



Universidad de León



Escuela Superior y Técnica  
de Ingenieros de Minas

# GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

## PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 10 kW CONECTADA A RED EN DIFERENTES REGÍMENES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CUBIERTA DE LA E.S.T.I.M. DE LEÓN

León, julio de 2015

Autora: Paula Álvarez González

Tutora: Ana María Díez Suárez

## **RESUMEN**

La Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas de la Universidad de León propone la ejecución de una instalación solar fotovoltaica de 10 kW, conectada a red en una de las cubiertas del edificio. En un principio, parte de la energía generada será consumida en el mismo edificio, reduciendo por tanto la importación de energía de la red eléctrica y dotando de autosuficiencia energética a la Escuela. La instalación estará preparada para operar en varios regímenes de funcionamiento, tanto autoconsumo instantáneo como balance neto.

Se propone además mejorar el acceso a la cubierta mediante escaleras y estudiar si es necesario disponer de elementos de seguridad adicionales a los existentes, como barandillas. También se comprueba el estado estructural del edificio, para saber si está preparado para soportar cargas adicionales.

## **ABSTRACT**

The Upper and Technical School of Mining Engineering in the University of León proposes the development of a 10 kW grid-connected solar photovoltaic system, located on the top of its building. At first, part of the self-produced energy will be consumed by the own building. This situation could reduce the energy dependency on the general grid and the School would be more self-sufficiency. The PV system is prepared to operate in several modes, such as self-consumption and net energy balance.

Another purpose of the project is to improve the access to the rooftop with stairs and study the need of more security elements there, for example railings. The structural state of the building will be checked too, because it is necessary to know if it can support additional loads.

# HOJA DE IDENTIFICACIÓN

## TÍTULO DEL PROYECTO

PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 10 KW CONECTADA A RED EN DIFERENTES REGÍMENES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CUBIERTA DE LA E.S.T.I.M. DE LEÓN

## EMPLAZAMIENTO GEOGRÁFICO CONCRETO

Coordenadas UTM:

X: 289.976,87

Y: 289.976,87

Coordenadas geográficas:

Longitud: 42° 36' 48" N

Latitud: 5° 33' 38" O

Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas, Campus de Vegazana, 24006, León

Término municipal: León.

Provincia: León

## PERSONA FÍSICA O JURÍDICA QUE HA ENCARGADO EL PROYECTO

Universidad de León

## DATOS DEL AUTOR DEL PROYECTO

Nombre de la autora: Paula Álvarez González.

NIF: 79342884 Z.

Estudios: Grado en Ingeniería de la Energía.

Correo electrónico: [palvag02@estudiantes.unileon.es](mailto:palvag02@estudiantes.unileon.es)

## RESPONSABLE DE LA TUTORÍA DEL PROYECTO

Nombre: Ana María Díez Suárez

## ÍNDICE

MEMORIA DESCRIPTIVA .....	1
ANEXOS .....	24
PLANOS .....	89
PLIEGO DE CONDICIONES .....	91
MEDICIONES Y PRESUPUESTO .....	113
ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	132

## ÍNDICE DE FIGURAS

### MEMORIA

Figura 3.1 Situación geográfica.....	5
Figura 4.1 Predimensionamiento de la instalación .....	6
Figura 8.1 Comparativa entre diferentes conexionados del generador .....	9
Figura 8.2 Situación de la cubierta actualmente .....	10
Figura 8.3 Acceso actual a la cubierta y lugar propuesto para la escalera exterior .....	12
Figura 9.1 Dimensiones del módulo .....	14
Figura 9.2 Perfil de la estructura soporte .....	15
Figura 9.3 Detalle de las dimensiones del inversor .....	16
Figura 9.4 Curva de eficiencia del inversor .....	17
Figura 10.1 Datos de partida.....	22

### ANEXOS

Figura 2.1 Estructura simplificada de una célula fotovoltaica de unión p-n. ....	32
Figura 2.2 Efecto fotoeléctrico .....	33
Figura 2.3 Curva I-V.....	33
Figura 2.4 Esquema de sistema fotovoltaico aislado .....	35
Figura 2.5 Estructura de una célula .....	36
Figura 2.6 Esquema de sistema conectado a red .....	38
Figura 2.7 Representación de un sistema fotovoltaico híbrido con un generador diésel ..	39
Figura 2.8 Evolución de la potencia fotovoltaica instalada en España.....	42
Figura 2.9 Potencia fotovoltaica instalada en 2011, 2012 y 2013 por CCAA .....	43
Figura 2.10 Radiación media diaria en España .....	43
Figura 2.1 Representación gráfica de la orientación e inclinación según el IDAE .....	59
Figura 2.2 Representación gráfica para el cálculo de pérdidas .....	60
Figura 3.1 Distancia entre filas de paneles .....	62
Figura 4.1 Curva de un módulo fotovoltaico formado por dos células, interconexiónadas en serie (izquierda) o en paralelo (derecha).....	63
Figura 4.2 Esquema del conexionado del generador fotovoltaico .....	64
Figura 5.1 Intensidades que influyen en la elección de un fusible.....	74
Figura 5.2 Ilustración del portafusible empleado.....	75
Figura 5.3 Representación del interruptor seccionador.....	76
Figura 6.1 Valores básicos de la velocidad del viento .....	80
Figura 6.2 Diagrama de fuerzas sobre la estructura.....	83
Figura 6.3 Comportamiento de la estructura según la dirección del viento .....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

### MEMORIA

Tabla 3.1 Datos geográficos.....	4
Tabla 4.1 Datos básicos de la instalación fotovoltaica .....	5
Tabla 9.1 Parámetros del módulo en condiciones estándar de medida .....	14
Tabla 9.2 Características físicas del módulo .....	14
Tabla 9.3 Parámetros eléctricos del inversor .....	17
Tabla 9.4 Resumen del cableado de la instalación .....	19
Tabla 9.5 Dimensiones de las escaleras de acceso a la cubierta .....	22
Tabla 10.1 Resumen de los cálculos financieros .....	23

### ANEXOS

Tabla 1.1 Producción energética anual esperada realizada por PVGIS .....	56
Tabla 1.2 Irradiación solar en diferentes regímenes realizado por PVGIS .....	57
Tabla 1.3 Porcentajes aproximados de pérdidas.....	58
Tabla 2.1 Pérdidas límite.....	60
Tabla 2.2 Parámetros para el cálculo de la distancia al muro .....	61
Tabla 4.1 Datos necesarios para el conexionado de módulos .....	63
Tabla 5.1 Intensidades admisibles (A) al aire 40°C. Nº de conductores con carga y naturaleza del aislamiento.....	68
Tabla 5.2 Características del cable P-Sun 2.0 .....	69
Tabla 5.3 Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir .....	69
Tabla 5.4 Resumen de los conductores seleccionados y su caída de tensión.....	71
Tabla 5.5 Parámetros del inversor .....	71
Tabla 5.6 Modos de instalación e instalaciones “TIPO” .....	72
Tabla 5.7 Intensidades admisibles (A) al aire 40°C. Nº de conductores con carga y naturaleza del aislamiento.....	73
Tabla 5.8 Características del cable Afumex Easy .....	73
Tabla 6.1 Perfiles de la estructura soporte.....	78
Tabla 6.2 Características físicas de cada rack .....	79
Tabla 6.3 Grados de aspereza del entorno .....	80
Tabla 6.4 Coeficientes de presión.....	81
Tabla 2.1 Precios de la tarifa de acceso 3.1 desde el 1 de febrero de 2014 .....	85
Tabla 4.1 Resumen de los cálculos financieros.....	88



# MEMORIA DESCRIPTIVA

PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 10 kW  
CONECTADA A RED EN DIFERENTES REGÍMENES DE  
FUNCIONAMIENTO EN LA CUBIERTA DE LA E.S.T.I.M. DE LEÓN

Autora: Paula Álvarez González



## ÍNDICE DE LA MEMORIA

1	Objeto y alcance .....	4
2	Antecedentes .....	4
3	Emplazamiento .....	4
4	Descripción de la instalación .....	5
5	Normas y referencias .....	6
5.1	Disposiciones legales.....	6
5.2	Programas de cálculo .....	7
6	Definiciones y abreviaturas .....	7
7	Requisitos de diseño .....	8
8	Análisis de soluciones .....	8
8.1	Conexión de módulos .....	8
8.2	Rehabilitación de la cubierta.....	10
8.2.1	Mejora de la transitabilidad.....	10
8.2.2	Acondicionamiento de la superficie .....	11
8.2.3	Mejora de la seguridad .....	11
8.3	Acceso a la cubierta .....	11
8.3.1	Acceso desde la biblioteca.....	11
8.3.2	Acceso desde la trampilla .....	12
8.4	Alternativas de sujeción de estructura soporte.....	12
8.4.1	Sistema de pesos .....	12
8.4.2	Perforación de la cubierta .....	12
9	Características de la instalación fotovoltaica .....	13
9.1	Módulos fotovoltaicos .....	13
9.2	Estructura soporte .....	15
9.3	Inversor .....	15
9.4	Cableado de la instalación .....	18
9.4.1	Cableado de corriente continua .....	18
9.4.2	Cableado de corriente alterna .....	19
9.4.3	Resumen de los tramos de cables .....	19

---

9.5	Protecciones eléctricas .....	19
9.5.1	Cuadro de protecciones de corriente continua .....	19
9.5.2	Cuadro de protecciones de corriente alterna .....	20
9.5.3	Cuadro general de protección y medida .....	20
9.6	Puesta a tierra .....	20
9.7	Contadores de medida .....	20
9.8	Punto de conexión a red .....	21
9.9	Otros dispositivos .....	21
9.10	Obra civil.....	21
9.10.1	Escaleras de acceso a la cubierta.....	21
9.10.2	Ampliación del hueco de la trampilla. ....	22
10	Justificación de la viabilidad técnica, económica y legal .....	22
10.1	Estudio económico .....	22
10.1.1	Datos de partida .....	22

## 1 Objeto y alcance

El presente documento detalla el estudio, dimensionamiento y ejecución de una instalación fotovoltaica de 10 kW conectada en diferentes regímenes de funcionamiento. La instalación se situará en la azotea superior de la Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas de la Universidad de León y constará 44 módulos repartidos en 6 racks con capacidad para 8 paneles en cada uno. También se procederá al acondicionamiento de la cubierta y a la creación de los accesos oportunos a ella, para así cumplir con la legislación vigente en materia de seguridad.

Con este proyecto se pretende fomentar el uso de la energía solar fotovoltaica como alternativa de producción de energía, reducir la emisión de gases de efecto invernadero y así también promover el aprendizaje, desarrollo e investigación de las energías renovables.

## 2 Antecedentes

El aprovechamiento de la energía proveniente del sol, el viento o el agua se ha realizado desde tiempos inmemoriales, pese a que muchas veces se tenga la percepción de que son nuevas formas de energías. El ser humano ha estado utilizando masivamente las energías renovables de forma masiva hasta a llegada de la Revolución Industrial, donde el bajo coste del carbón y del petróleo hicieron que las energías renovables fueron dejándose de lado poco a poco.

En nuestro país, tras el auge de las energías renovables a principios de siglo, el sector eléctrico español se encuentra en un punto de inflexión, puesto que se han reducido las inversiones en este tipo de instalaciones. Esto se debe en gran parte a la falta de ayudas gubernamentales que existen en la actualidad y al gran vacío legal que ha generado la dilación en el tiempo de la aprobación del real decreto de autoconsumo.

## 3 Emplazamiento

La E.S.T.I.M. se encuentra situada en el edificio de la antigua facultad de Ciencias de Trabajo, en el Campus de Vegazana de la Universidad de León, situado en el noroeste de la ciudad homónima.

Tabla 3.1 Datos geográficos

Latitud	42° 36' 48" N
Longitud	5° 33' 38" O
Altitud	839 m
Coordenada X	289.976,87
Coordenada Y	4.721.056,33

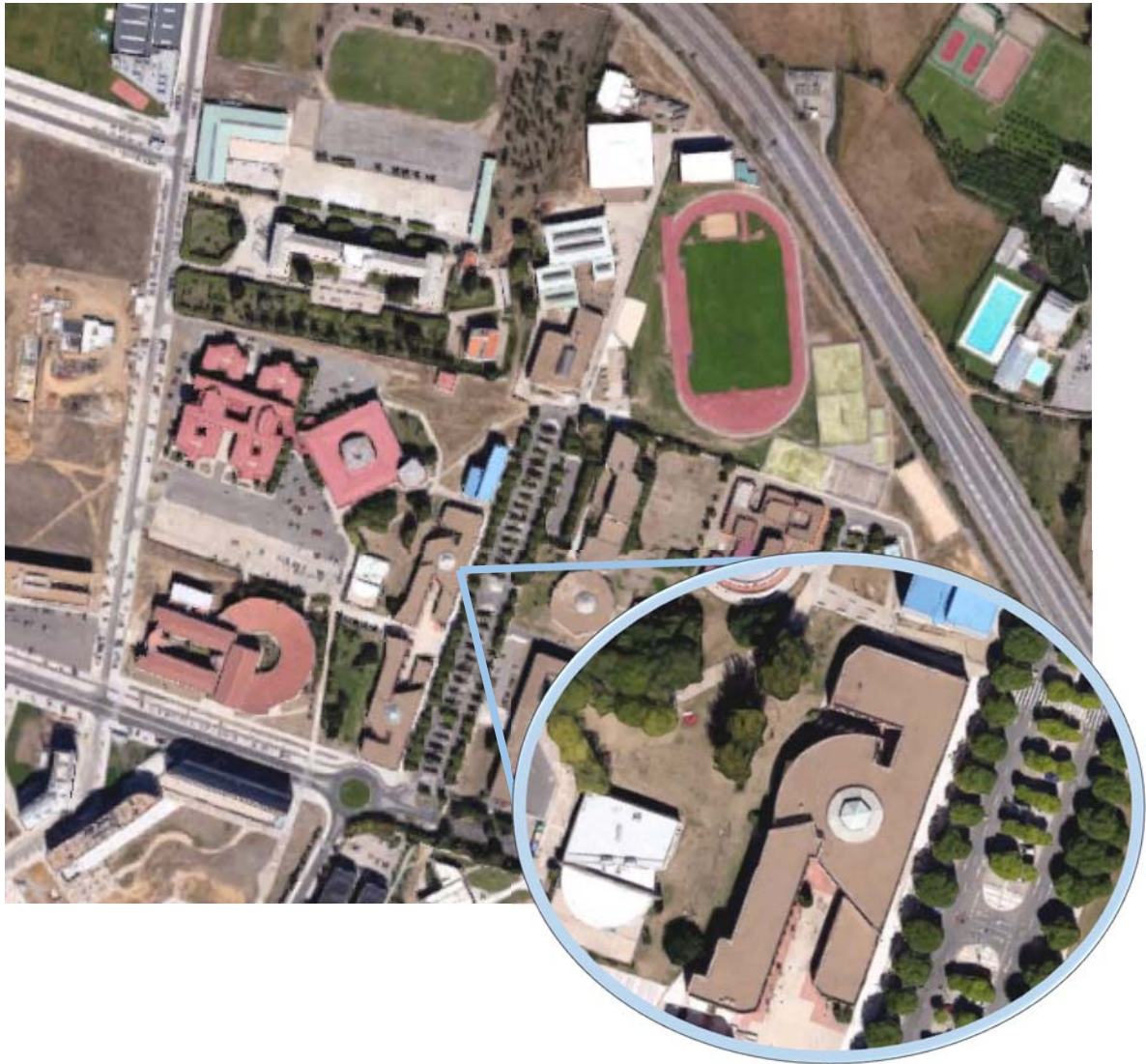


Figura 3.1 Situación geográfica

## 4 Descripción de la instalación

La instalación se realizará sobre una de las tres de cubiertas de las que dispone la Escuela. La cubierta que ubicará el proyecto se encuentra a mayor altura que el resto, a unos 10 metros del nivel de suelo, y tiene una superficie de 748,43 m<sup>2</sup>. Actualmente no es transitable, solo pudiendo acceder a su superficie mediante escaleras de mano. Su superficie está cubierta por grava y está rodeado por un murete de 90 cm de altura.

Tabla 4.1 Datos básicos de la instalación fotovoltaica

Datos básicos instalación fotovoltaica	
Inclinación	36°
Orientación	Sur
Desviación	-2°
Potencia nominal instalación	10.000 W

Potencia generador fotovoltaico	11.600 W
<b>Equipos principales</b>	
Módulos fotovoltaicos	Trina Solar TSM-265 DC05A.05
Potencia pico por módulo	265 W
Número de módulos	44
Módulos por serie	22
Inversor	SMA Sunny Tripower 10000 TL-20
Número de inversores	1
Potencia de inversor	10.000 W
Tipo de conexión eléctrica	Trifásica

A continuación se muestra un predimensionamiento de la instalación.



Figura 4.1 Predimensionamiento de la instalación

## 5 Normas y referencias

### 5.1 Disposiciones legales

- Ley 21/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales
- RD 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.
- RD 614/2000, de 8 de junio, por el que se establecen disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico
- RD 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.
- RD 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

- RD 842/2002, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Orden de 9 de septiembre de 2002, de la Consejería de Ciencia, Tecnología, Industria y Comercio, por la que se adoptan medidas de normalización en la tramitación de expedientes en materia de Industria, Energía y Minas.
- RD 314/2006 de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- RD 1110/2007, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de Puntos de Medida.
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- RD 1565/2010, de 19 de noviembre, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- RD-Ley 14/2010, de 23 de diciembre, por el que se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico.
- RD 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.
- RD-Ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico.
- Normas UNE, editadas por AENOR, y que se encuentran detalladas en el Pliego de Condiciones del presente proyecto.

## 5.2 Programas de cálculo

A continuación se mencionan los programas, modelos u otras herramientas utilizadas para desarrollar los diversos cálculos del Proyecto:

- *AutoCAD 2015*. Programa de dibujo 2D y modelado 3D para realizar los planos que componen el Proyecto.
- *Presto 8.8*. Utilizado para generar presupuestos y mediciones.
- *Prysmitool*. Herramienta para verificar que el cálculo de las secciones de cable era correcto.
- *Sunny Design Web*. Herramienta online de SMA para dimensionar instalaciones fotovoltaicas.

## 5.3 Lista de referencias

A continuación se detallan las referencias del proyecto:

- *Manual de energía solar fotovoltaica (Usos, aplicaciones y diseño)*, por Miguel D'Addario.
- *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red* del IDAE.
- *Energía solar fotovoltaica: Manual del proyectista para energía solar fotovoltaica* de la Junta de Castilla y León.

## 6 Definiciones y abreviaturas

Se describen a continuación las principales siglas y abreviaturas mencionadas en todos los documentos del proyecto. Por su extensión, las definiciones se encuentran en un anexo a la memoria.

- FV: fotovoltaico
- RD: Real Decreto
- CTE: Código Técnico de la Edificación
- MPP: Punto de Máxima Potencia
- STC: Standard Test Conditions. Es una medición se realiza en las condiciones internacionales estandarizadas que prevén una irradiación de 1000 W/m<sup>2</sup> en el plano del módulo, una temperatura homogénea celular/modular de 25°C, así como un espectro de la luz solar a una masa de aire 1,5.
- DB SUA: Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad.
- ITC: Instrucciones Técnicas Complementarias.
- IDAE: Instituto para la Diversificación y el Desarrollo de la Energía.

## 7 Requisitos de diseño

La idea que propone la E.S.T.I.M de la Universidad de León es una instalación solar fotovoltaica pensada para el autoconsumo de la Escuela. De esta forma esta configuración permitirá, a diferencia de una instalación convencional, que parte de la energía generada pueda ser consumida en el mismo edificio, reduciendo por tanto la importación de energía de la red eléctrica (se estima que un 10%) y dotando de autosuficiencia energética a la Escuela. Conscientes del futuro incierto en cuanto a la legislación en dicha materia, en principio se propone el estudio en diferentes regímenes de funcionamiento.

El mayor desafío al que se enfrenta el dimensionamiento de este proyecto es asegurar que la cubierta vaya a soportar todas las sobrecargas a las que va a ser sometida, tanto permanentes como ocasionales, y que la estética del edificio se vea modificada lo mínimamente posible.

También se requiere facilitar el acceso a la cubierta mediante escaleras fijas, puesto que en la actualidad no existe otra forma de llegar a la azotea que mediante escaleras de mano.

## 8 Análisis de soluciones

A continuación se disponen las alternativas estudiadas durante el desarrollo del proyecto, las ventajas e inconvenientes de cada una y cuál es la solución finalmente elegida y su justificación.

### 8.1 Conexión de módulos

Se presenta la alternativa de utilizar o las 2 entradas distintas del inversor o 1 solo una de ellas (preferiblemente la de mayor intensidad admisible). Los requisitos que se deben cumplir son:

- La intensidad por cada rama en la situación más desfavorable será menor que la intensidad máxima admisible que admite el inversor, 10 A para la entrada A y 18 A para la entrada B.
- La tensión por cada rama en la situación más desfavorable estará entre el rango de tensión de entrada del inversor (380-800 V).

En un principio, los inversores con entradas de diferentes MPPs están destinados para instalaciones con cargas desequilibradas (diferentes paneles, mismos paneles con distinta orientación o inclinación...). En este caso, al ser una instalación tan pequeña con todos los módulos orientados e inclinados igual, en teoría no necesitaríamos 2 MPPs. Sin embargo, en el caso de haber sombras, suciedad no homogénea o mismatching en una de las ramas, la otra podría seguir funcionando. Además, si se quisieran hacer pruebas con racks inclinados en distintos ángulos, se podría disponer de esa opción.

Mediante el software Sunny Design de SMA, se puede comprobar que el hecho de usar una o dos entradas no hace variar el rendimiento energético ni el coeficiente de rendimiento.

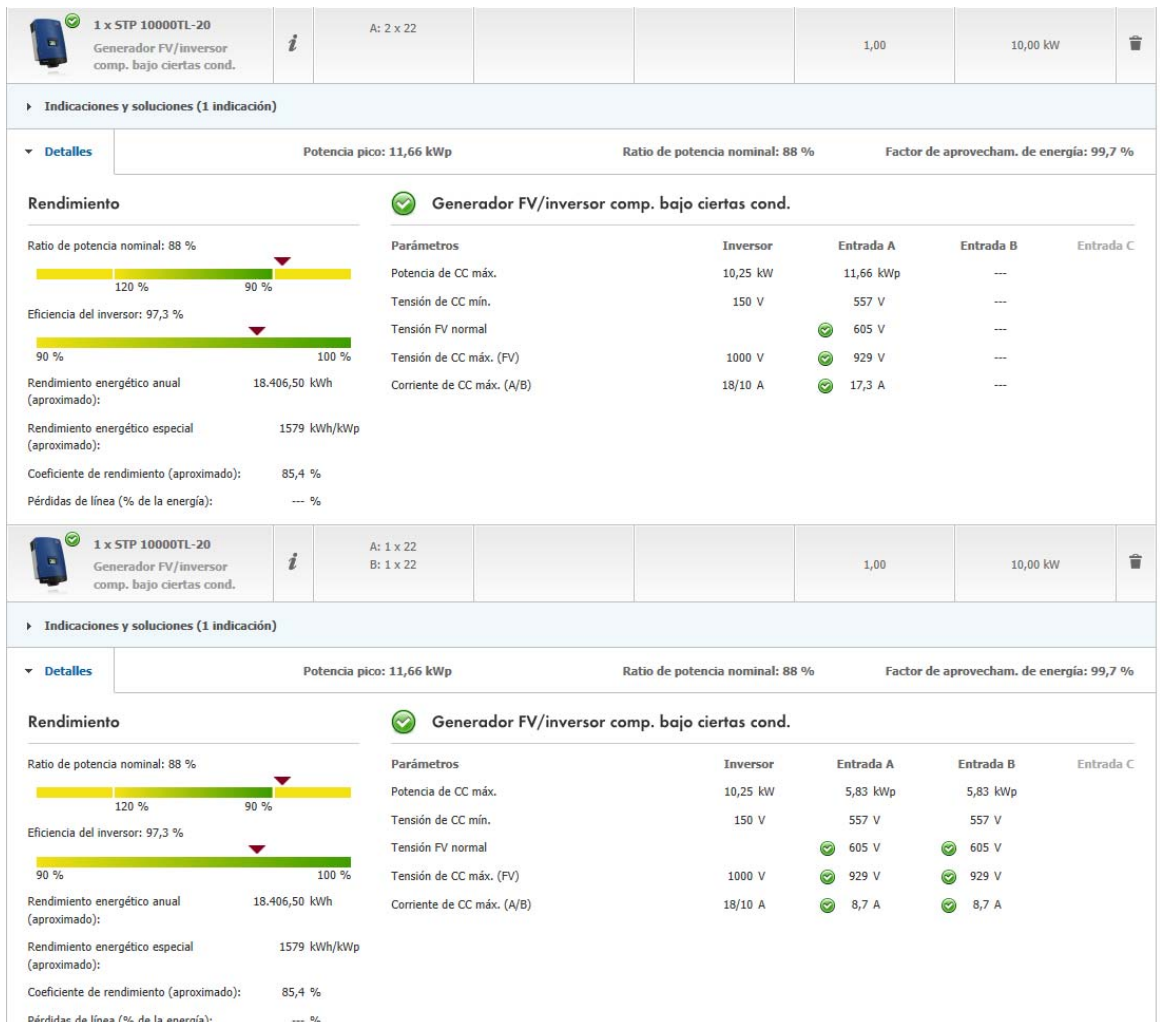


Figura 8.1 Comparativa entre diferentes conexiones del generador



Por lo tanto, la opción elegida será el uso de las dos entradas del inversor, una para cada rama del generador fotovoltaico. Lo más lógico será dividir los 44 módulos en 2 ramas de 22 paneles en cada una, tal como se explica en los Cálculos Justificativos.

## 8.2 Rehabilitación de la cubierta

En un principio, la prioridad antes de comenzar con la ejecución del presente proyecto es la rehabilitación de las cubiertas, asegurar su accesibilidad y acondicionamiento mediante escaleras y barandillas. Se sopesaron diferentes alternativas, analizando sus ventajas e inconvenientes para finalmente llegar a la solución más adecuada.

### 8.2.1 Mejora de la transitabilidad

Hacer toda la terraza transitable supone un alto coste, por lo que la opción del pasillo siempre estuvo presente. Se barajaron opciones como colocar una pasarela de tramex, baldosas aislantes o retirar la grava y cubrir la superficie con una pintura impermeabilizante.

El tramex o entramado metálico es una estructura metálica formada por pletinas portantes y pletinas transversales (igual o más pequeña que la portante) o varillas (entregiradas o lisas). Posee gran rigidez constructiva y es muy resistente a grandes cargas. Se suele utilizar en plataformas industriales, escaleras, pasarelas, o cerramientos. Para construir la pasarela eran necesarios perfiles de acero como apoyo, lo que encarecería el proyecto y sobrecargaría demasiado la cubierta, por lo que esta propuesta fue apartada.

Las baldosas aislantes propuestas estaban compuestas por una capa de hormigón poroso y otra de aislante con 35 mm de mortero y 30 de aislante. Esta alternativa también encarecía el proyecto y no compensaba su instalación en una cubierta solo accesible para mantenimiento.



Figura 8.2 Situación de la cubierta actualmente

### 8.2.2 Acondicionamiento de la superficie

Se revisaron las condiciones de impermeabilidad de la cubierta, puesto que una mejora se podría justificar con un ahorro energético a la larga. Se estudió la posibilidad de implantar sistemas sifónicos de evacuación. Estos recogen la lluvia en la cubierta durante hasta un sistema de drenaje subterráneo, sin riesgo de que entre agua de lluvia en el edificio. Finalmente, fue rechazada por su alto coste y el bajo riesgo de permeabilidad, puesto que en principio no se pretendía perforar la cubierta y no habría riesgo de filtraciones.

### 8.2.3 Mejora de la seguridad

Se hizo un estudio sobre la necesidad de colocar protección perimetral para la cubierta. Conforme al SUA 1-3 no será necesaria la instalación de barandilla, bastará con el murete de 90 cm, ya que si la cubierta es un lugar de trabajo sólo en el momento en el que hay trabajos de mantenimiento y si la cubierta en cuestión está calificada como “no transitable”, las medidas de seguridad en el trabajo serán necesarias también solo en esos momentos. De lo que se deduce que nada obliga a que los elementos de seguridad para los trabajos de mantenimiento deban ser permanentes, sino que basta con que existan en el momento de realizar dichos trabajos.

## 8.3 Acceso a la cubierta

Se plantea el inconveniente de hacer accesible la azotea donde se sitúa la instalación desde el edificio.

### 8.3.1 Acceso desde la biblioteca

El único acceso disponible para llegar a la cubierta de la instalación es una pequeña trampilla de 94x63 cm. Ante la imposibilidad de acondicionarla por limitaciones estructurales, se decidió realizar el acceso desde la biblioteca, es decir, comunicando las tres cubiertas. Se optó por dos escaleras metálicas de tipo restringido, dimensionadas según las especificaciones del CTE.

La primera escalera sería de dos tramos y comunicaría la terraza de la biblioteca con la intermedia. Se sopesaron diferentes tipos de escalera y emplazamientos, decantándose finalmente por una escalera con descansillo hacia la derecha situada entre la puerta de acceso y la esquina más cercana. La altura a salvar sería de 4,3 m y según los cálculos necesarios tendríamos 22 contrahuellas de 19,54 cm cada una. La longitud de la escalera será de 4,4 m divididos en dos tramos.

La escalera que daría acceso a la cubierta superior desde la intermedia será de un solo tramo. La altura que debería salvar, sin contar el murete, es de 2 m, por lo que realizando los cálculos oportunos la escalera contaría con 10 contrahuellas de 20 cm cada una y tendría una longitud de 2,2 m. Según el CTE, dicha escalera tendría una anchura de 80 cm y contaría con pasamanos de 90 cm de altura a ambos lados. Ambas escaleras serían comunicadas por una pasarela de tramex con barandillas a cada lado.

La opción de acceso desde la biblioteca fue desechada porque se buscaba un acceso más directo, desde la trampilla, y no era necesario comunicar todas las azoteas mediante una pasarela intermedia.

### 8.3.2 Acceso desde la trampilla

Finalmente, se optó por acceder desde el propio edificio, definiendo como entrada la trampilla situada en el segundo piso de la Escuela. El hueco mide 94x63 cm, por lo que con esas dimensiones es necesaria la ampliación del hueco para que el acceso se realice sin problemas.

Actualmente, no existe escalera fija que salve la altura de la trampilla, por lo que se diseñó una escalera metálica para salvar una altura de 2,6 m, adosada a la pared de la trampilla, con las mismas características constructivas que la escalera exterior. Pese a estar dentro del edificio, no será de uso general, por lo que cumplirá la normativa del CTE referente a escalera de uso restringido.



Figura 8.3 Acceso actual a la cubierta y lugar propuesto para la escalera exterior

En este caso también existe la problemática de comunicar la terraza intermedia con la superior, por lo que se propuso proyectar la misma escalera que en la primera opción, únicamente cambiando su orientación y adosándola a la pared.

## 8.4 Alternativas de sujeción de estructura soporte

La fijación de los racks a la superficie de la cubierta se debe realizar teniendo en cuenta el peso que puede soportar la cubierta y respetando la impermeabilidad de la misma. Se barajaron varias opciones

### 8.4.1 Sistema de pesos

Se pretende colocar la grava que se retire de la cubierta inferior en unas bandejas perforadas de tipo portacables ancladas a los soportes. El peso de la grava más la estructura soportará las acciones que se oponen al reposo de la estructura. Con esta alternativa se evita dañar la superficie de la cubierta, protegiendo su integridad.

### 8.4.2 Perforación de la cubierta

En caso de tener que perforar la superficie de la cubierta, se ha estudiado la sujeción con taco químico y varilla roscada inoxidable M8 o con tacos de nylon en su defecto.

El taco o anclaje químico se basa en fijar un elemento metálico a una superficie, en lugar de hacerlo mecánicamente por fricción o por enclavamiento utilizando un pegamento rígido. Este material puede actuar en la pared compacta para unión y enclavamiento en la rugosidad del orificio. Los requisitos de este material son: la resistencia mecánica y la velocidad de endurecimiento. Para este fin es necesario el uso de resinas de dos componentes, que se caracterizan por reacción de curado rápido y homogéneo en toda la masa. Para la aplicación de esta resina, el sistema más práctico en uso hoy en día es el cartucho de bicomponente, con el que la resina se suministra con una pistola especial, y el uso de un mezclador estático en el que los componentes se proporcionan en paralelo, se mezclan al pasar a través de una "espiral" (mezclador estático) interna a la boquilla.

El taco de nylon es útil para múltiples superficies con capacidad de carga media – baja.

La elección del método de sujeción de la estructura soporte se decidirá durante la puesta en marcha de la obra.

## 9 Características de la instalación fotovoltaica

A continuación se define la disposición final elegida para la instalación, incluyendo todas las características que componen el proyecto y las alternativas elegidas en el análisis anterior.

### 9.1 Módulos fotovoltaicos

El sistema de generación fotovoltaica está formada por 44 módulos de la marca Trina Solar, con una potencia de 265 Wp, y monocristalinos. Cada módulo está compuesto por 60 células, el cristal es templado de alta transmisión de 3,2 mm de espesor y la estructura está compuesta por una aleación de aluminio anodizado.

La caja de conexión trasera, con protección IP-65 lleva incorporados los diodos de derivación, que evitan la posibilidad de avería de las células y su circuito, por sombreados parciales de uno o varios módulos dentro de un conjunto.

En cuanto al conexionado de los módulos, el generador fotovoltaico estará compuesto por 2 ramas de 22 módulos en cada una. Una rama irá a la entrada A y otra a la entrada B del inversor, puesto que siempre es mejor tener dos MPPTs, por si hay sombras, suciedad no homogénea, mismatching (interconexionado de células), etc...

Tabla 9.1 Parámetros del módulo en condiciones estándar de medida

Parámetros eléctricos del módulo (STC)	Notación	Valor	Unidad
Potencia máxima	P max	265	W
Eficiencia del módulo	$\eta$	16,5	%
Intensidad en el punto máximo de potencia	I <sub>mpp</sub>	8,66	A
Tensión en el punto máximo de potencia	V <sub>mpp</sub>	30,6	V
Intensidad de cortocircuito	I <sub>sc</sub>	9,2	A
Tensión de circuito abierto	V <sub>oc</sub>	38,5	V
Rango de temperatura		-40 - 85	°C
Coefficiente de temperatura de I <sub>sc</sub>	$\alpha_{Isc}$	0,053	%/°C
Coefficiente de temperatura de V <sub>oc</sub>	$\alpha_{Uoc}$	-0,032	%/°C

Tabla 9.2 Características físicas del módulo

Características físicas	Valor	Unidad
Dimensiones	1650 x 812 x 35	mm
Peso	18,5	kg

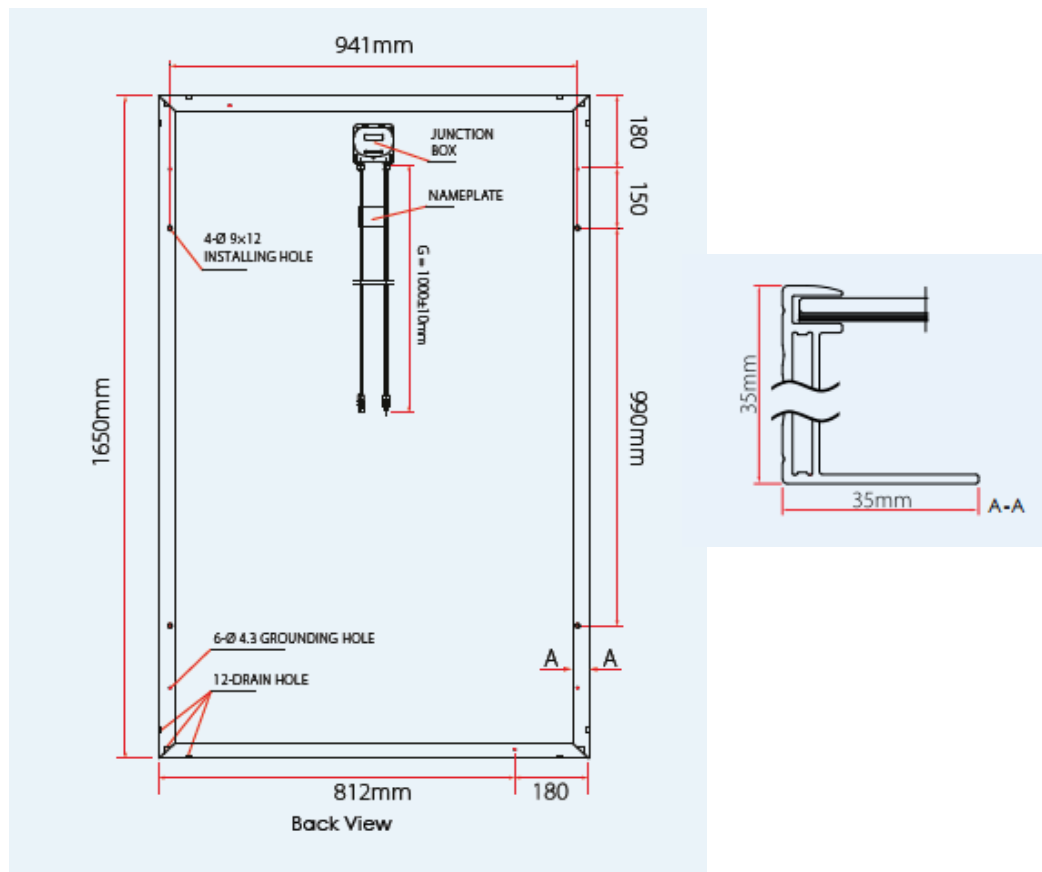


Figura 9.1 Dimensiones del módulo

## 9.2 Estructura soporte

La estructura que soportará los paneles estará compuesta por perfiles PUK de acero galvanizado, donde en cada rack se montan 8 paneles con orientación vertical. Dichos racks estarán dispuestos con una inclinación de  $36^\circ$ , y orientados  $2^\circ$  al sureste, de forma que los módulos fotovoltaicos optimicen la producción energética a lo largo del año. La distancia entre filas de paneles será de 3 m, puesto que la superficie de la cubierta es extensa. También se tendrá en cuenta que la cubierta está rodeada por un murete de 90 cm de altura, por lo que en la parte sur de la cubierta habrá una separación mínima de 2 m.

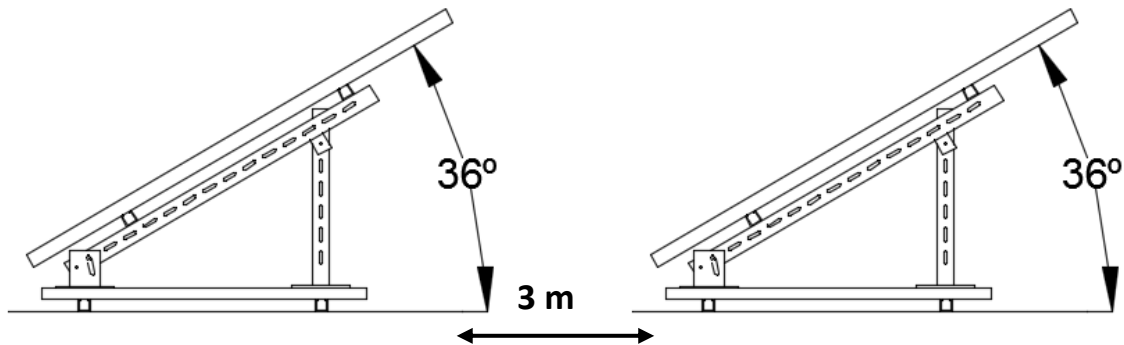


Figura 9.2 Perfil de la estructura soporte

La longitud de cada rack para los 8 paneles será 8,2 m, con un pie triangular en la mitad de la estructura. Lógicamente, al contar con 44 módulos y 6 racks para 8 módulos, sobrarán cuatro espacios, dos en el rack más lejano y otros dos en el rack más cercano al inversor.

En cuanto al método de fijación de la estructura soporte a la superficie de la cubierta, se decidirá en el momento de puesta en marcha de la obra.

## 9.3 Inversor

Una de las decisiones clave en la puesta en marcha de una instalación fotovoltaica es la correcta elección del inversor. En nuestro caso, se busca un inversor que funcione en diferentes modalidades, ya sea autoconsumo solamente o balance neto. Es el caso de los inversores dinámicos que permiten regular para tener vertido cero (cambiando el punto de funcionamiento de los paneles hasta ajustarlo a la demanda real) y también ajustar el punto de funcionamiento al MPP y por lo tanto, si hay excedentes, verterlos a red.

El inversor elegido es el SMA Sunny Tripower 10000 TL-20. Tiene una potencia nominal de 10000 W y dispone de tecnología de cadena múltiple (multi-string). Lo habitual es que un seguidor MPP controle varias entradas de corriente continua, pero en este caso cada entrada de corriente continua dispone de su propio seguidor MPP.

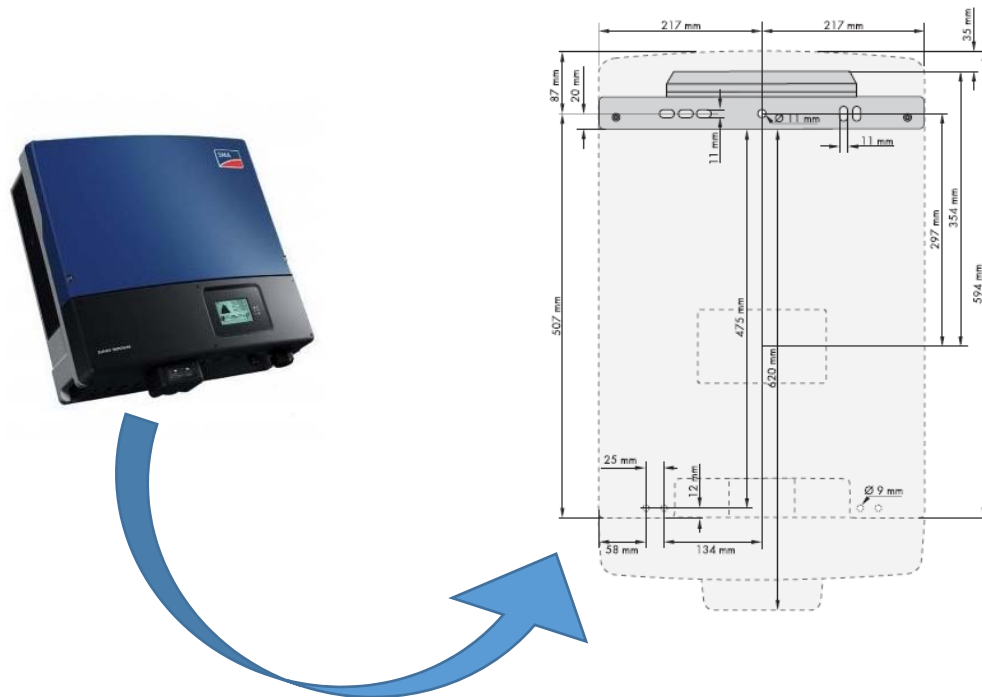


Figura 9.3 Detalle de las dimensiones del inversor

Cada una de las dos series que componen el generador fotovoltaico irá conectada a cada una de las entradas del inversor, pese a no tener la misma corriente de entrada. Se debe recordar que estos inversores están preparados para recibir cargas desequilibradas, de ahí a que el inversor tenga dos entradas independientes. El inversor incluye las siguientes protecciones:

- Protección contra polarización inversa (CC): diodo de cortocircuito.
- Relé de máxima y mínima frecuencia: conectado entre fases y ajustado en 50 y 48 Hz con una temporización máxima de 0,5 y 3 s respectivamente.
- Relé de máxima y mínima tensión: conectado entre fases y ajustado a 1,1Un y 1,15Un con una temporización máxima de 1,5 y 0,2 s respectivamente.
- Punto de desconexión en el lado de entrada: Electronic Solar Switch, conector de CC SUNCLIX.
- Protección contra sobretensión de la CC: varistores con control térmico.
- Resistencia al cortocircuito de CA: regulación de corriente.
- Monitorización de la red: SMA Grid Guard 4.
- Unidad de seguimiento de la corriente residual integrada.
- Monitorización de fallo a tierra: monitorización de aislamiento  $R > 200 \text{ k}\Omega$ .

Tabla 9.3 Parámetros eléctricos del inversor

Parámetros STP-10000 TL-20	Valor	Unidad
<b>Características físicas</b>		
Dimensiones	470 x 730 x 240	mm
Peso	37	kg
<b>Datos eléctricos</b>		
<b>Valores de entrada (DC)</b>		
Potencia máxima	10250	W
Tensión máxima de entrada	1000	V
Rango de tensión MPP	370-800	V
Intensidad máxima entrada A / entrada B	18/10	A
Nº de entradas MPP independientes	2	
<b>Valores de salida (AC)</b>		
Potencia nominal	10000	W
Potencia máxima AC	10000	VA
Intensidad máxima de salida	14,5	A
Tensión nominal	230	V
Factor de potencia	1	
Eficiencia máxima	97,6	%

En la siguiente gráfica podemos ver la curva de eficiencia del inversor para el rango de tensión en el punto de máxima potencia:

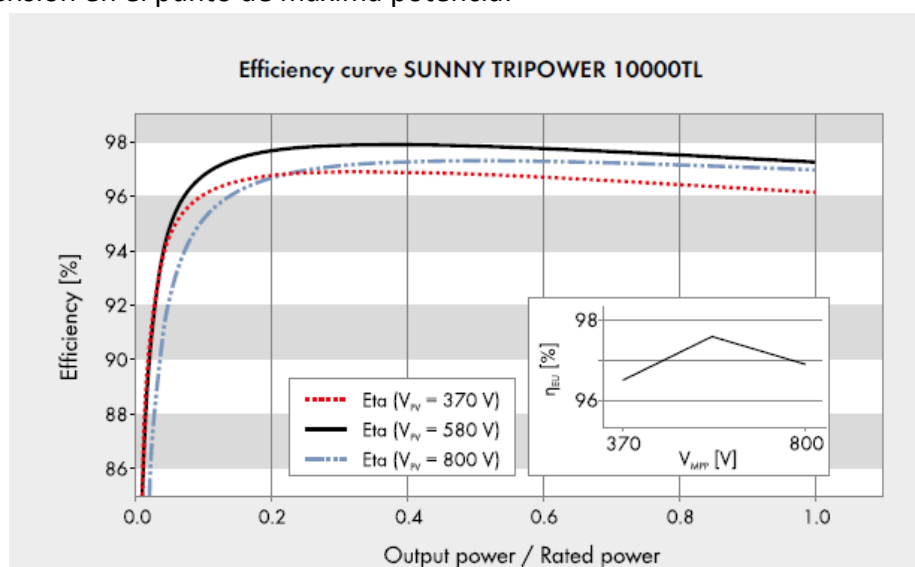


Figura 9.4 Curva de eficiencia del inversor



El inversor irá alojado en un armario ART-57-IP55 de la marca Uriarte, situado en la cubierta intermedia, al lado de la trampilla de acceso.

## 9.4 Cableado de la instalación

### 9.4.1 Cableado de corriente continua

Serán conductores unipolares de cobre de tensión asignada 0,6/1kV con recubrimiento XLPE que admiten una temperatura máxima de servicio de 90°C. Concretamente, el cable elegido será el P-Sun 2.0 de la empresa Prysmtool. Está especialmente pensado para soportar la radiación solar y otros agentes atmosféricos típicos de instalaciones fotovoltaicas. Será utilizado para todo el cableado de continua, menos para el conexionado entre paneles contiguos, que utilizarán los conductores incluidos con los módulos. El aislamiento será doble y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

Para el dimensionado de la sección de los cables se deben cumplir unos criterios que marca el Reglamento de Baja Tensión. En instalaciones FV se harán en este orden:

- Criterio de caída de tensión. Según el IDAE, la caída máxima que se puede producir en el cable de CC es de 1,5% y en el cable de CA es de 2%. En nuestro caso, la caída de tensión entre el panel fotovoltaico hasta la entrada al inversor no debe superar el 0,5%. Para alterna se tomará un límite de un 1% entre la salida del inversor hasta la acometida de la Escuela, situada en el sótano del edificio.
- Criterio térmico. Limita la máxima intensidad que puede circular por el cable. Se establece un margen de seguridad del 25%, por lo tanto el cable ha de resistir de manera continua una intensidad de 1,25 veces la intensidad máxima.

Su dimensionado se explica en profundidad en el documento de Cálculos justificativos.

Los tramos que componen los conductores de corriente continua son:

- Tramo 1: comprende el cableado que une los módulos entre sí. Cada cable tiene una longitud de 1 m y una sección de 4mm<sup>2</sup>. Estos cables discurrirán al aire libre y e irán atados a la estructura o sobre bandejas a ras de suelo si conexionan módulos adyacentes. Para los cables que unan módulos en diferentes racks se usará un cable P-Sun 2.0 de igual sección, suponiendo una longitud máxima de conductor de 6 m.
- Tramo 2: realmente no es un tramo diferente, se trata de los conductores que van desde los bornes de salida de los dos generadores fotovoltaicos (las dos series) hasta un cuadro de nivel compuesto por fusibles, para poder aislar los paneles en caso de que algo fallase. La sección seguirá siendo 4 mm<sup>2</sup>.
- Tramo 3: comprende los cables que van desde la salida de la caja de fusibles hasta el inversor. La sección será de 6 mm<sup>2</sup>.

#### 9.4.1.1 Canalizaciones

Las canalizaciones eléctricas son los elementos que se encargan de contener los conductores eléctricos. La función de las canalizaciones eléctricas son proteger a los conductores, ya sea de daños mecánicos, químicos, altas temperatura y humedad;

también, distribuirlo de forma uniforme, acomodando el cableado eléctrico en la instalación.

Se optó por tubos de PVC para proteger los conductores en todos los tramos, excepto el cableado de módulos adyacentes, que irá sin canalizar. El PVC es resistente y rígido, está libre de halógenos, puede estar en ambientes húmedos y soportar algunos químicos. Por las propiedades del termoplástico, es autoextinguible a las llamas, no se corroen y son muy ligeros.

Todo el cableado de corriente continua, salvo los conductores de módulos contiguos, contará con canalizaciones de PVC rígido de la marca AICSAN curvables en caliente y libres de halógenos. El diámetro exterior de los tubos será de 16 mm<sup>2</sup> tanto para la sección de 4 como de 6 mm<sup>2</sup>. Para los tubos se utilizarán tantos codos como sean necesarios.

#### 9.4.2 Cableado de corriente alterna

Corresponde a los conductores que salen del inversor y van hasta la acometida de la Escuela, situada en el sótano del edificio.

Se utilizarán cables unipolares de cobre, 0,6/1 kV, aislamiento XLPE, 10 mm<sup>2</sup> de sección y 75 m de longitud para cada fase. El cable elegido es el Afumex Easy (AS).

La caída de tensión máxima será del 1% por lo que solo se podrán perder 4 V de los 400 que salen del inversor.

#### 9.4.3 Resumen de los tramos de cables

La caída de tensión total en el cableado de la instalación será de 1,27%, siendo el límite de 1,5% (0,5 de CC y 1 de CA).

Tabla 9.4 Resumen del cableado de la instalación

Tramo	Longitud	Sección	Conductor	I de cálculo	I del conductor	% $\Delta V$
1 (CC)	6 m	4 mm <sup>2</sup>	Sunclix + P-Sun 2.0	11,86 A	34,1 A	0.074 %
2 (CC)	3 m	4 mm <sup>2</sup>	P-Sun 2.0	11,86 A	34,2 A	0,037%
3 (CC)	30 m	6 mm <sup>2</sup>	P-Sun 2.0	11,86 A	44,1 A	0,25 %
4 (CA)	75 m	10 mm <sup>2</sup>	Afumex Easy (AS)	14,5 A	60 A	0,91 %
						$\Sigma = 1,27 \%$

### 9.5 Protecciones eléctricas

Ahora se detallarán los sistemas de protección eléctrica empleados y su ubicación en la instalación.

#### 9.5.1 Cuadro de protecciones de corriente continua

Para albergar las protecciones, se dispondrá de un armario de polyester de la casa *Uriarte*, concretamente el modelo *Bres-325*, que cumple con las siguientes especificaciones:

- Armarios aislantes de polyester prensado en caliente, de color gris RAL-7035, según norma UNE-EN-62208.
- Material autoextinguible, hilo incandescente a 960º según norma UNE 20672 Material de clase térmica F según norma UNE 21305.
- Con grado de protección IP-66 según norma UNE 20324 e IK-10 de acuerdo con la norma UNE-EN-50102.
- Temperaturas extremas de utilización: -30º y +120 ºC.
- Elevada resistencia mecánica contra los golpes y a los agentes químicos y atmosféricos.
- Facilidad para el mecanizado.
- Facilidad para el movimiento por su reducido peso.
- Apertura de puerta superior a 180º.

Las protecciones a albergar serán 4 fusibles de  $I_n=10$  A de *DF Electrics* en ambos polos de las dos ramas que componen el generador. También se incluyen dos interruptores seccionadores de *Telergón* ( $I_n=13$  A) para facilitar las funciones de mantenimiento del generador fotovoltaico.

### 9.5.2 Cuadro de protecciones de corriente alterna

El armario de protección para las protecciones de alterna será el mismo que el de continua y albergará:

- Un interruptor magnetotérmico con una  $I_n= 40$  A, el 5SL6 440-6 de *Siemens*.
- Un interruptor diferencial de sensibilidad de 300 mA para evitar el paso de corriente de intensidad peligrosa por el cuerpo humano. Se optará por el 5SM2 632-6 de *Siemens*

### 9.5.3 Cuadro general de protección y medida

Interruptor magnetotérmico para el corte general. Deberá ser accesible para la empresa distribuidora. Se optará por un PIA con poder de corte de 25 kA de *Siemens*. El modelo es el 5SY8 640-7, con 3P+N,  $I_n=40$  A y U asignada de 400 V.

## 9.6 Puesta a tierra

Todas las masas metálicas se conectarán entre sí, para que sean equipotenciales y, además, se conectarán al conductor de tierra de la instalación como medida de seguridad para la instalación frente a descargas atmosféricas.

## 9.7 Contadores de medida

El contador será bidireccional, o en su defecto, se conectarán dos contadores unidireccionales. Se determinará que la energía eléctrica que se facturará a la empresa distribuidora será la diferencia entre la energía eléctrica de salida menos la de entrada a la instalación fotovoltaica. Estos contadores deberán ajustarse a la normativa meteorológica vigente y tendrán una precisión de Clase 2.

Las características del equipo de medida de salida serán tales que la intensidad correspondiente a la potencia nominal de la instalación se encuentre entre el 45% de la intensidad nominal y la intensidad máxima de precisión de dicho equipo.

Se ha elegido un contador eléctrico bidireccional de la marca ZIV, concretamente el 5CTD - E1F, de tipo 5 ( $P = < 15\text{kW}$ ) – Trifásico. Tiene clase de precisión B (UNE-EN 50470-3) para la energía activa y 2 (UNE-EN 62053-23) para la reactiva. Se alojarán en los cuadros de la propia Escuela.

## 9.8 Punto de conexión a red

La E.S.T.I.M. se alimenta de una red en estrella de 0,4 kV que parte de un CT que está en la facultad de Filosofía y Letras, y que distribuye a otras Facultades como Enfermería, Derecho y algún cuadro de alumbrado público.

Será necesaria la instalación de un relé antivertido, ya que es una condición de la compañía distribuidora y, en caso de funcionar la instalación en régimen autoconsumo instantáneo, se aseguraría una inyección cero. El relé antivertido será el CDP-0 de *Circuitor*, que necesitará un punto de conexión Ethernet.

## 9.9 Otros dispositivos

Para monitorizar la instalación se utilizará el Sunny WebBox de SMA. Recopila continuamente todos los datos del inversor y permite informarse del estado de la instalación en todo momento. Como registrador de datos multifuncional y de bajo consumo, la Sunny WebBox dispone de numerosas opciones para la visualización, el almacenamiento y el procesamiento de los datos incluso en redes con exigentes requisitos de seguridad. Si se produce un fallo, la WebBox informa inmediatamente por correo electrónico o SMS.

Para realizar mediciones se incorporarán los sensores SMA TEMPSSENSOR-AMBIENT-ES (mide  $T^a$  ambiente, por lo que se colocará en un lugar con sombra) y el SMA SUNNYSSENSOR-10 ES, para medir la radiación solar junto a uno de los módulos.

## 9.10 Obra civil

La obra civil comprende las acciones finales y los elementos estructurales necesarios que se han decidido incorporar para hacer posible el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica con total seguridad.

### 9.10.1 Escaleras de acceso a la cubierta

Finalmente, se ha decidido la opción de 2 escaleras para comunicar el edificio desde el interior con la cubierta. Ambas serán de uso restringido, puesto que el acceso a la azotea está limitado a mantenimiento, y cumplirá con los requisitos del CTE. Según el apartado 4 de la Sección SUA 1, no se especifica nada acerca de la altura máxima a salvar con un tramo de escalera, por lo que en principio la interior será de dos tramos y la exterior de uno.

En cuanto a los materiales, serán fabricadas con acero galvanizado, estando las huellas compuestas por tramex y con ausencia de tabicas, debido a que en escaleras de uso restringido no son necesarias. Los escalones no irán solapados. Llevarán un solo pasamanos, debido a que van adosadas a la pared.

Tabla 9.5 Dimensiones de las escaleras de acceso a la cubierta

ESCALERA EXTERIOR	Valor	Unidad
Altura a salvar (sin contar murete)	2	m
Anchura	80 (min)	cm
Huella	22 (min)	cm
Contrahuella	20 (max)	cm
Altura pasamanos	90	cm
Proporción huella (H)/ contrahuella(C)	$60 \leq H+2C < 66$	cm
ESCALERA INTERIOR	Valor	Unidad
Altura a salvar	2,6	m
Anchura	80 (min)	cm
Huella	22 (min)	cm
Contrahuella	20 (max)	cm
Altura pasamanos	90	cm
Proporción huella (H)/ contrahuella(C)	$60 \leq H+2C < 66$	cm

### 9.10.2 Ampliación del hueco de la trampilla.

Será necesario la apertura de hueco en forjado para acceso a cubierta, situado en el segundo piso del edificio. Las nuevas dimensiones serán de 1,00 x 2,10 m, suficiente para facilitar el paso a su través.

## 10 Justificación de la viabilidad económica

### 10.1 Estudio económico

Se realizarán unos básicos cálculos con el presupuesto final de la instalación, que se encuentra más detallado en el documento de Mediciones y Presupuesto, con el fin de comprobar cuál es el ahorro que supone producir 10 kW en la factura de la Escuela.

#### 10.1.1 Datos de partida

Figura 10.1 Datos de partida

Presupuesto inicial	
Instalación fotovoltaica	23.829,85 €
Obra civil	5.726,60 €
Seguridad y salud	649,42 €
<b>TOTAL (IVA, G.I. Y G.G. incluidos)</b>	<b>43.698,15 €</b>

La Universidad de León compra la energía en alta tensión con 3 periodos tarifarios, en los que se tarifica la energía a diferentes precios, para potencias contratadas inferiores o iguales a 450 kW en alguno de los periodos. Esta tarifa tiene diferentes precios de la energía según sea la hora a la que se consume. Para realizar los cálculos se hará una media entre los tres periodos para obtener el precio del kWh.

Tabla 10.1 Resumen de los cálculos financieros

Parámetro	Valor	Unidad
Presupuesto total	43698,15	€
Producción anual estimada	15.000	kWh
Precio compra energía	0,00927	€/kWh
Ahorro anual	1.350	€
Ahorro en 25 años	33750	€

En 25 años no será posible amortizar el coste de la instalación fotovoltaica, ya que solo se ahorrarían 1350 € al año. De todas formas, la finalidad del proyecto es más bien académica, por lo que el análisis económico es solamente orientativo. Obviamente se busca un ahorro mediante el autoconsumo, pero para la Escuela es una forma de promocionar el desarrollo de la energía solar fotovoltaica.



# ANEXOS

PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 10 kW  
CONECTADA A RED EN DIFERENTES REGÍMENES DE  
FUNCIONAMIENTO EN LA CUBIERTA DE LA E.S.T.I.M. DE LEÓN

Autora: Paula Álvarez González

## ÍNDICE DE LOS ANEXOS

Anexo 1: Introducción a la energía solar fotovoltaica .....	29
1 Conceptos fundamentales .....	29
1.1 Irradiancia .....	29
1.2 Irradiación .....	29
1.3 Radiación solar .....	29
1.4 Instalaciones fotovoltaicas interconectadas.....	29
1.5 Línea y punto de conexión y medida .....	29
1.6 Interruptor automático de la interconexión.....	29
1.7 Interruptor general .....	29
1.8 Generador fotovoltaico.....	29
1.9 Rama fotovoltaica .....	29
1.10 Rack.....	29
1.11 Potencia nominal del generador.....	29
1.12 Potencia de la instalación fotovoltaica o potencia nominal.....	30
1.13 Célula solar o fotovoltaica.....	30
1.14 Módulo o panel fotovoltaico.....	30
1.15 Seguidor de MPP .....	30
1.16 Condiciones Estándar de Medida (CEM).....	30
1.17 HES (Horas equivalentes de Sol) .....	30
1.18 Temperatura de Operación Nominal de la Célula (TONC).....	30
2 La célula solar, estructura y parámetros característicos .....	30
2.1.1 Introducción.....	30
2.1.2 Estructura de una célula .....	31
2.1.3 Efecto fotoeléctrico .....	32
2.1.4 Parámetros característicos .....	33
2.2 Tipos de sistemas fotovoltaicos .....	34
2.2.1 Sistemas aislados .....	34
2.2.2 Sistemas conectados a red .....	38
2.2.3 Sistemas híbridos .....	39



2.3	Factores de pérdidas en la energía solar fotovoltaica .....	40
2.3.1	Pérdidas por incumplimiento de la potencia nominal. ....	40
2.3.2	Pérdidas de conexionado o <i>mismatch</i> .....	40
2.3.3	Pérdidas por polvo y suciedad .....	40
2.3.4	Pérdidas angulares y espectrales.....	40
2.3.5	Pérdidas por caídas óhmicas en el cableado .....	41
2.3.6	Pérdidas por temperatura .....	41
2.3.7	Pérdidas por sombreado .....	41
2.3.8	Pérdidas por rendimiento del inversor.....	41
2.3.9	Pérdidas por rendimiento de seguimiento del MPP del generador fotovoltaico.....	41
2.4	Desarrollo de la energía solar fotovoltaica en España.....	42
2.4.1	Situación actual.....	42
2.4.2	Potencial solar en España .....	43
2.4.3	Impacto medioambiental .....	43
2.4.4	Investigación y desarrollo en tecnologías fotovoltaicas.....	44
2.4.5	El sector industrial fotovoltaico en España .....	44
2.4.6	El autoconsumo en España .....	45
Anexo 2: Cronología de la normativa solar fotovoltaica en España.....		46
1	Los comienzos .....	46
2	La liberalización del mercado eléctrico .....	46
3	El Plan de Fomento de las Energías Renovables.....	46
4	El auge de las energías renovables .....	48
5	Limitaciones a las energías renovables.....	48
5.1	Últimos años de las energías renovables.....	50
5.2	Marco legislativo actual .....	53
5.3	Posible propuesta de decreto de autoconsumo .....	54
Anexo 3: Cálculos justificativos.....		56
1	Estudio energético .....	56
1.1	Producción energética anual esperada con PVGIS .....	56
1.2	Cálculo de la irradiación solar con PVGIS.....	57

---

1.3	Performance Ratio .....	58
2	Cálculo de las pérdidas de la instalación .....	59
2.1	Pérdidas por orientación e inclinación.....	59
2.2	Pérdidas por sombras .....	61
3	Cálculo de distancia entre filas .....	62
4	Dimensionamiento del generador fotovoltaico .....	62
4.1	Datos de partida .....	62
4.2	Conexión entre módulos.....	62
4.3	Cálculo de la variación de la tensión e intensidad con la temperatura.....	65
5	Cálculos eléctricos.....	66
5.1	Cálculo de las secciones de CC.....	66
5.1.1	Tramo 1, cableado entre paneles .....	66
5.1.2	Tramo 2, desde el generador fotovoltaico hasta la caja de protección .....	70
5.1.3	Tramo 3, desde la salida de la caja de protección al inversor .....	70
5.1.4	Resumen de conductores seleccionados.....	71
5.2	Cálculo de las secciones de AC.....	71
5.2.1	Criterio de caída de tensión.....	72
5.2.2	Criterio térmico.....	72
5.3	Cálculo de las protecciones.....	73
5.3.1	Protecciones en corriente continua .....	73
5.3.2	Protecciones en corriente alterna .....	76
6	Cálculos estructurales.....	78
6.1	Cálculo del peso de la estructura soporte .....	78
6.1.1	Acciones de cálculo.....	78
6.1.2	Acciones permanentes .....	78
6.2	Acciones variables .....	79
6.2.1	Sobrecargas de viento .....	79
6.2.2	Sobrecargas de nieve .....	82
6.3	Fuerzas soportadas por la estructura soporte.....	82
6.3.1	Peso propio estructura .....	82
6.3.2	Acción del viento.....	82

---

6.3.3	Sobrecarga necesaria .....	83
	Anexo 4: Estudio de viabilidad económica .....	85
1	Introducción .....	85
2	Consideraciones previas .....	85
3	Parámetros utilizados en el análisis económico .....	86
3.1	Cuenta de resultados .....	86
3.2	Valor Actual Neto (VAN).....	86
3.3	Tasa Interna de Retorno (TIR) .....	87
3.4	Flujo de Caja .....	87
3.5	Periodo de retorno .....	87
4	Cálculos financieros .....	88

## Anexo 1: Introducción a la energía solar fotovoltaica

### 1 Conceptos fundamentales

#### 1.1 Irradiancia

Densidad de potencia incidente en una superficie o la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en kW/m<sup>2</sup>.

#### 1.2 Irradiación

Energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto período de tiempo. Se mide en kWh/m<sup>2</sup>, o bien en MJ/m<sup>2</sup>.

#### 1.3 Radiación solar

Energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto período de tiempo. Se mide en kWh/m<sup>2</sup>, o bien en MJ/m<sup>2</sup>.

#### 1.4 Instalaciones fotovoltaicas interconectadas

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

#### 1.5 Línea y punto de conexión y medida

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

#### 1.6 Interruptor automático de la interconexión

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

#### 1.7 Interruptor general

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

#### 1.8 Generador fotovoltaico

Asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas.

#### 1.9 Rama fotovoltaica

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

#### 1.10 Rack

Es la estructura soporte de acero galvanizado a la que van sujetos los módulos fotovoltaicos.

#### 1.11 Potencia nominal del generador

Suma de las potencias máximas de los módulos fotovoltaicos.

### 1.12 Potencia de la instalación fotovoltaica o potencia nominal

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

### 1.13 Célula solar o fotovoltaica

Dispositivo que transforma la radiación solar en energía eléctrica.

### 1.14 Módulo o panel fotovoltaico

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

### 1.15 Seguidor de MPP

Es el que se encarga de buscar la tensión correcta. En general, se trata de un código de programa relativamente sencillo que impulsa a la electrónica del inversor a modificar constantemente la tensión, formando siempre el producto de tensión y corriente. Cuando se reduce la potencia, el programa reconoce que no va en la buena dirección y cambia de rumbo. Si este control funciona con rapidez y precisión, el seguidor MPP (del inversor se encuentra siempre cerca del punto óptimo. De hecho, los modernos equipos tienen eficiencias MPPT de cerca del 100 por ciento. Lo habitual es que un seguidor MPP controle varias entradas de corriente continua.

### 1.16 Condiciones Estándar de Medida (CEM)

También conocido como STC, las CEM son las condiciones de irradiancia y temperatura en la célula solar, utilizadas universalmente para caracterizar células, módulos y generadores solares y definidas del modo siguiente:

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

### 1.17 HES (Horas equivalentes de Sol)

Son los kilovatios hora producidos al año por cada kilovatio pico instalado. También representa el número de horas al año que funcionará la instalación suponiendo unas condiciones estándar de medida.

### 1.18 Temperatura de Operación Nominal de la Célula (TONC)

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

## 2 La célula solar, estructura y parámetros característicos

### 2.1.1 Introducción

Una célula solar fotovoltaica es un dispositivo electrónico de estado sólido capaz de convertir de forma directa la radiación solar en energía eléctrica. Aunque su funcionamiento es muy distinto, podemos pensar inicialmente que una célula solar se comporta, cuando recibe la radiación solar, de forma similar a una pequeña pila o batería (de las que utilizamos en nuestras radios, por ejemplo) que es capaz de suministrar una cierta cantidad de corriente mientras mantiene entre sus bornes una diferencia de

potencial determinada. La energía eléctrica producida se suministra en forma de una corriente eléctrica continua (CC) a una carga externa conectada mediante un circuito a uno o varios grupos de células que se ensamblan en unidades compactas que denominamos módulos fotovoltaicos. Al igual que hacemos con las pilas, las células que constituyen un módulo se asocian entre sí mediante conexiones en serie y en paralelo hasta alcanzar los niveles de corriente y tensión adecuados.

El efecto fotovoltaico está basado en la propiedad que tienen los materiales semiconductores de aumentar la densidad de electrones libres bajo ciertos estímulos externos como, por ejemplo, cuando se eleva su temperatura o cuando se les ilumina. En este último caso, la energía de los fotones incidentes sobre el semiconductor es absorbida por los electrones de valencia, que pueden romper el enlace con sus átomos y quedan libres para desplazarse en el seno del material. La densidad de electrones libres (a los que nos referiremos simplemente como electrones) creados por la absorción de la luz incidente representa una población en exceso respecto a la concentración existente en equilibrio térmico, siendo ésta última estable y característica a una temperatura dada.

La ausencia de un electrón en el enlace atómico roto se denomina hueco, y su comportamiento se asimila al de una partícula de carga positiva, que puede desplazarse de un átomo a otro en el seno de la red cristalina. Las propiedades de conducción eléctrica de un material semiconductor deben entenderse como debidas a la contribución de ambos tipos de cargas (electrones y huecos), aspecto que los diferencia respecto al comportamiento de materiales conductores y aislantes. A electrones y huecos se le engloba normalmente con la denominación más genérica de portadores de carga. Es importante observar que la concentración de electrones y de huecos en un material puro o intrínseco será la misma, puesto que ambos tipos de portadores se crean simultáneamente, en el mismo instante.

### 2.1.2 Estructura de una célula

La estructura simplificada de una célula fotovoltaica será mostrada en la siguiente figura, en la que podemos apreciar los principales elementos o secciones que la conforman. Desde el punto de vista de los fotones incidentes, comenzando por su cara anterior, encontramos por este orden:

- Una capa anti-reflexiva (capa AR), diseñada para reducir al máximo las pérdidas por reflexión superficial. El espesor y el índice de refracción de esta capa (puede ser una capa compuesta de varias) se diseñan de forma que la reflectancia sea mínima a cierta longitud de onda y en un intervalo lo más amplio posible del espectro. Además de estas capas, muchas células presentan superficies dotadas de surcos, micro-pirámides y otras texturas creadas para reducir aún más las pérdidas por reflexión.
- Una malla de metalización, representada en forma de peine en la figura, pero que puede presentar formas diversas. El diseño de esta malla de metalización es crítico puesto que debe garantizar una colección adecuada de los electrones del dispositivo, sin introducir una resistencia eléctrica elevada, pero al mismo tiempo debe dejar pasar la mayor cantidad de luz posible al interior del dispositivo. Su parámetro más característico es el factor de sombra, FS, que mide la cantidad de superficie ocupada por los dedos metálicos respecto al área total del dispositivo.

- Las capas activas de material semiconductor, en el que distinguimos entre las dos regiones que forman la unión p-n (denominadas emisor y base). Habitualmente, estas capas activas aparecen depositadas o crecidas sobre un sustrato más grueso que confiere mayor resistencia mecánica al conjunto. Además del tipo y la calidad del semiconductor empleados, el espesor de las capas (emisor y base) y la densidad o concentración de impurezas influyen notablemente en el rendimiento final del dispositivo.
- El contacto metálico posterior, que suele realizarse metalizando toda la superficie del dispositivo cuando no existe el requisito de que ésta reciba luz por su parte posterior.

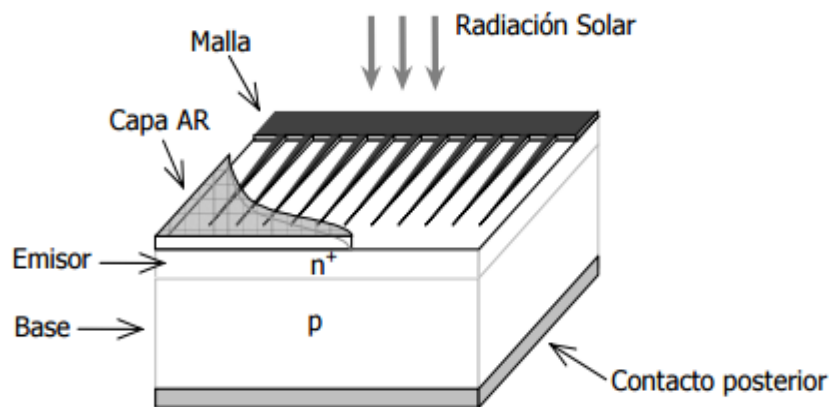


Figura 2.1 Estructura simplificada de una célula fotovoltaica de unión p-n.

### 2.1.3 Efecto fotoeléctrico

Como ya se mencionó, las células fotovoltaicas funcionan según un fenómeno físico básico denominado “efecto fotoeléctrico”.

1. Cuando un número suficiente de fotones impacta en una placa semiconductor, como el silicio, pueden ser absorbidos por los electrones que se encuentran en la superficie de ésta.
2. La absorción de energía adicional permite a los electrones (cargados negativamente) liberarse de sus átomos. Los electrones se empiezan a mover y el espacio que dejan libre lo ocupa otro electrón de una parte más profunda del semiconductor.

- Como resultado, una parte de la lámina tiene una mayor concentración de electrones que la otra, lo que origina voltaje entre ambos lados. Al unir ambos lados con un cable eléctrico se permite que los electrones fluyan de un lado al otro de la lámina, lo que se conoce como corriente eléctrica.

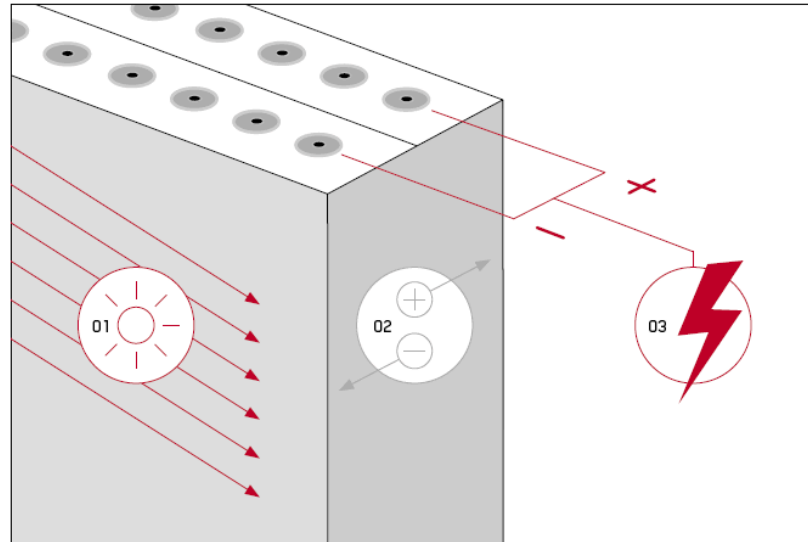


Figura 2.2 Efecto fotoeléctrico

### 2.1.4 Parámetros característicos

La curva de Intensidad – Tensión (I - V) define el comportamiento de una célula fotovoltaica.

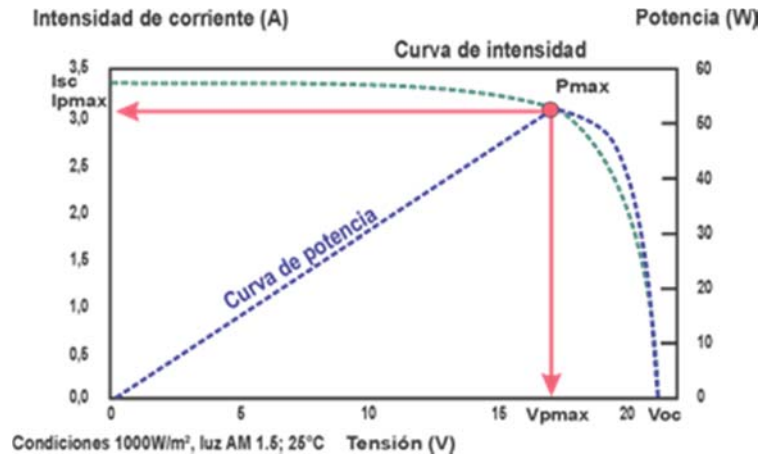


Figura 2.3 Curva I-V

— La corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ) es la intensidad obtenida entre los bornes del panel cuando no hay resistencia, la diferencia de potencial también será nula.

— La tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ ) La tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ ) es el máximo valor de tensión cuando no hay conectada ninguna carga entre los bornes del panel y dichos bornes están al aire.

— El punto de máxima potencia (MPP) es un punto de trabajo en el que la potencia entregada por la célula a la carga externa es máxima. Para una carga resistiva, la potencia  $P$  entregada viene dada por el producto:  $P=V \cdot I$ . El punto de trabajo correspondiente, ( $V_{mpp}$ ,  $I_{mpp}$ ) son los valores nominales de la tensión y la corriente en el punto de máxima potencia (no confundir con tensión y corriente máximas), de forma que:  $P_{mpp}= V_{mpp} \cdot I_{mpp}$ .



Junto a estos parámetros de operación, existen otros dos de enorme importancia:

— El factor de forma (FF) es la relación entre la potencia máxima (o el producto de la corriente y la tensión en el punto de máxima potencia) y el producto entre  $I_{sc}$  y  $V_{oc}$  y se usa para cuantificar la forma de la curva característica. Aunque en la práctica es siempre menor que la unidad, su valor es más alto cuando el codo de la curva es más prominente o agudo. Por lo general, un valor bajo de FF está asociado con la existencias de pérdidas en el dispositivo mientras que una célula de buena calidad suele tener valores de FF elevados ( $FF > 0.70$ ).

$$FF = \frac{I_M \cdot V_M}{V_{oc} \cdot I_{sc}}$$

— La eficiencia de conversión energética ( $\eta$ ), expresada como un porcentaje, viene dada por la relación entre la potencia eléctrica que puede entregar la célula y la potencia PL de la radiación que incide sobre ella:

$$\eta = \frac{P_M}{P_L} = \frac{I_M \cdot V_M}{P_L}$$

Como indicación de carácter general, puede apreciarse cómo un aumento de la corriente de cortocircuito  $I_{sc}$  y/o de la tensión de circuito abierto  $V_{oc}$  de la célula conducen (siempre que no se perjudiquen otros parámetros de funcionamiento) a una mayor eficiencia del dispositivo.

## 2.2 Tipos de sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos pueden llegar a ser muy simples, contando con un solo módulo y carga, como en la alimentación directa de una bomba de agua, que solo necesita operar cuando el sol luce. Sin embargo, si una casa entera necesita ser alimentada, el sistema debe estar operativo día y noche. También debe ser capaz de alimentar tanto a las cargas de corriente alterna como de corriente continua, tener energía de reserva e incluso poder tener un generador de respaldo. Dependiendo de la configuración del sistema, podemos distinguir tres tipos principales de sistemas fotovoltaicos: aislados, conectados a red e híbridos. Los principios y elementos del sistema PV básico siguen siendo los mismos. Estos sistemas se adaptan para satisfacer las necesidades particulares variando el tipo y cantidad de los elementos básicos. Así mismo, un diseño modular del sistema permitirá una fácil expansión cuando la demanda de energía cambia.

### 2.2.1 Sistemas aislados

Los sistemas aislados se utilizan normalmente para proporcionar electricidad a los usuarios con consumos de energía muy bajos para los cuales no compensa pagar el coste de la conexión a la red, y para los que sería muy difícil conectarlos debido a su posición poco accesible (a partir de 3 kilómetros de la red eléctrica podría resultar conveniente instalar un sistema fotovoltaico para alimentar una vivienda). Estos sistemas consisten, además de los propios módulos y la carga, de sistemas de acumulación de la energía producida. Las baterías deben tener capacidad suficiente para almacenar la energía producida durante el día para ser utilizado en la noche y durante los períodos de mal tiempo. Los sistemas fotovoltaicos autónomos más habituales son de poca potencia,

habitualmente de entre 3 y 10 kWp pero también nos encontramos casos muy rentables como son el bombeo de agua, alimentación de equipos de medida, de telecomunicaciones, iluminación y señalización en lugares aislados etc. Los principales componentes que forman un sistema fotovoltaico aislado son: módulos fotovoltaicos, reguladores de carga o de tensión, acumuladores de energía y/o inversores.

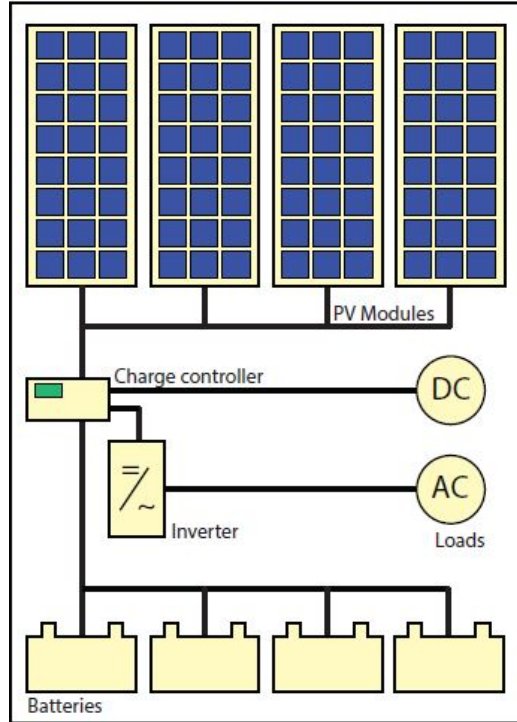


Figura 2.4 Esquema de sistema fotovoltaico aislado

### 2.2.1.1 Módulos fotovoltaicos

Los módulos son los encargados de la generación eléctrica. Pueden ser de varios tipos, entre ellos, los más utilizados para este tipo de instalación son los paneles con tecnología monocristalina y policristalina. Los paneles solares monocristalinos y policristalinos, con uniones en serie de sus células, rondan los 12-18 voltios para uniones de 36 células y los 24-34 voltios para uniones de 72 células. Es importante fijarnos siempre en la curva I-V que proporciona cada fabricante en sus hojas técnicas y en la influencia de la temperatura en la corriente y tensión del módulo. El aumento de temperatura hace aumentar ligeramente la corriente y en mayor medida, disminuir la tensión de salida del módulo.

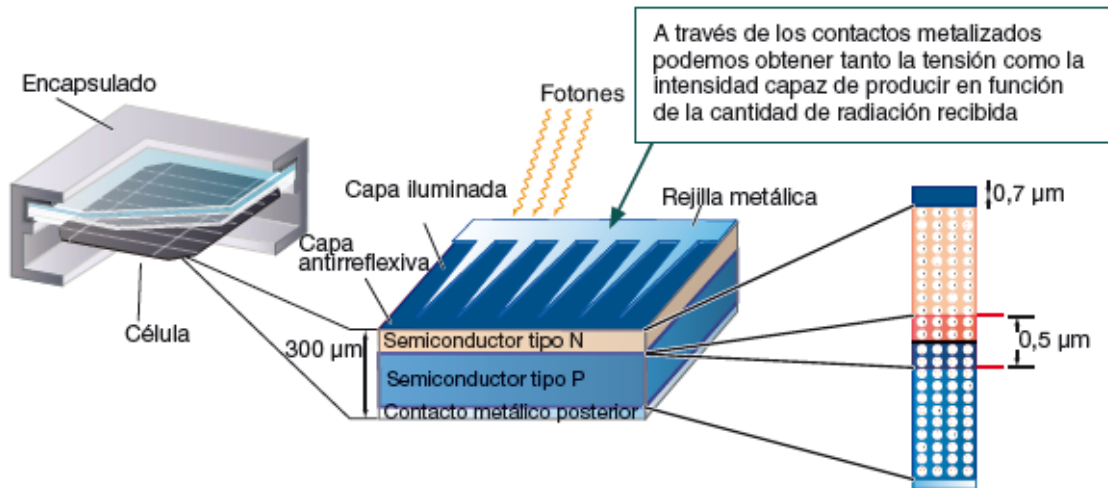


Figura 2.5 Estructura de una célula

### 2.2.1.2 Reguladores de carga o tensión

El regulador de carga es el dispositivo encargado de proteger a la batería frente a sobrecargas y sobredescargas profundas. Es una especie de interruptor, cerrado y conectado en serie entre paneles y batería para el proceso de carga y abierto cuando la batería está totalmente cargada. Las intensidades máximas de entrada y salida del regulador adecuado para cada aplicación dependerán de la corriente de máxima que pueda producir el sistema de generación fotovoltaico para la entrada y la corriente máxima de las cargas para la salida. Para tener en cuenta los posibles picos de irradiancia o los cambios de temperatura, es recomendable que, a la hora de escoger el regulador, sea aquel con un 15-25% superior a la corriente de cortocircuito que le puede llegar del sistema de generación fotovoltaico ( $I_{\text{entrada}}$ ) o bien, de la que puede consumir la carga del sistema ( $I_{\text{salida}}$ ). La elección del regulador será aquel que soporte la mayor de las dos corrientes calculadas.

### 2.2.1.3 Baterías

Se encargan de acumular la energía eléctrica generada por el sistema de generación fotovoltaico para poder disponer de ella en las horas del día que no luzca el sol. Las más recomendadas para este tipo de instalaciones son las estacionarias de plomo ácido, con vasos de 2V cada uno, que se dispondrán en serie y/o paralelo para completar los 12, 24 o 48 Vcc que sea adecuado en cada caso. El criterio que podemos utilizar a la hora de escoger el nivel de voltaje del módulo fotovoltaico que necesitamos para nuestro sistema fotovoltaico se podría resumir, de modo genérico, en la siguiente tabla:

Este tipo de baterías pueden permanecer largos periodos de tiempo cargadas y soportar descargas profundas esporádicamente. Para definir el tamaño necesario de las baterías es necesario tener en cuenta una serie de parámetros, como es la profundidad de descarga máxima, que es el nivel máximo de descarga que se le permite a la batería antes de la desconexión del regulador, para proteger la duración de la misma. Las profundidades de descarga máximas que se suelen considerar para un ciclo diario (profundidad de descarga máxima diaria) están en torno al 15-20%. Para el caso del ciclo estacional, que es el número máximo de días que podrá una batería estar descargándose sin recibir los módulos radiación solar suficiente, están en torno a 4-10 días y una profundidad de descarga del 70% aproximadamente. En instalaciones fotovoltaicas no se buscan descargas agresivas, sino más bien progresivas, por esta razón las baterías a utilizar suelen ser con

descarga de 100 horas (C100), pues cuanto más intensa es la descarga de una batería menos energía es capaz de suministrarnos. Además, se suelen especificar con tiempos de descarga de 100 horas por que al hablar de tiempos de autonomía de 5 o más días la descarga se produciría en, por ejemplo,  $24 \times 5 = 120\text{h}$ , y por defecto, se escogen entonces las 100 horas.

#### 2.2.1.4 Inversor

El inversor es un dispositivo electrónico que transforma la tensión y la corriente de continua (como llega de los módulos y como es acumulada en las baterías) en alterna. De esa manera el usuario puede tener la libertad de utilizar aparatos que requieran 220 V, como se suele usar en nuestras habitaciones.

Se pueden distinguir entre:

- Inversores de conmutación natural. También son conocidos como inversores conmutados por la red, por ser esta la que determina el fin del estado de conducción en los dispositivos electrónicos. Su aplicación es para sistemas FV conectados a la red. Actualmente están siendo desplazados por los inversores de conmutación forzada tipo PWM, conforme se desarrollan los transistores de tipo IGBT para mayores niveles de tensión y corriente.
- Inversores de conmutación forzada o autoconmutados. Son para sistemas FV aislados. Permiten generar CA mediante conmutación forzada, que se refiere a la apertura y cierre forzados por el sistema de control. Pueden ser de salida escalonada (onda cuadrada) o de modulación por anchura de pulsos (PWM), con los que se pueden conseguir salidas prácticamente senoidales y por tanto con poco contenido de armónicos. Con los inversores tipo PWM se consiguen rendimientos por encima del 90%, incluso con bajos niveles de carga.

Los inversores se basan en el empleo de dispositivos electrónicos que actúan a modo de interruptores permitiendo interrumpir las corrientes e invertir su polaridad. Las principales características del inversor vienen determinadas por la tensión de entrada del mismo, que se debe adaptar a la del sistema, la potencia máxima que puede proporcionar la forma de onda en la salida (sinusoidal pura o modificada, etc), la frecuencia de trabajo y la eficiencia, próxima al 85%. La eficiencia de un inversor no es constante y depende del régimen de carga al que esté sometido. Para regímenes de carga próximos a la potencia nominal, la eficiencia es mayor que para regímenes de carga bajos.

### 2.2.2 Sistemas conectados a red

Los sistemas fotovoltaicos conectados a red han incrementado su popularidad para aplicaciones integradas en edificios. Estos se conectan a la red a través de los inversores, que convierten la corriente continua en corriente alterna. En pequeños sistemas, como los instalados en viviendas, el inversor se conecta al cuadro de distribución, desde donde la energía generada es transferida a la red o a los aparatos de corriente alterna que posea la vivienda. Estos sistemas no requieren baterías, ya que la energía producida durante las horas de mayor radiación es canalizada a la red eléctrica; al contrario, durante las horas de radiación escasa o nula, la carga viene alimentada por la red. En cuanto a grandes instalaciones fotovoltaicas, la cantidad íntegra de energía producida es directamente transportada a la red. Estos pueden alcanzar potencias de pico de hasta varios cientos de MWp. En este tipo de instalaciones es necesario cumplir con los requisitos de la compañía eléctrica distribuidora, garantizando una cantidad de tensión, un tipo de frecuencia y una calidad de onda. Los principales componentes que lo suelen formar son: módulos fotovoltaicos, dispositivo de intercambio con la red eléctrica, inversor para la conexión a red y un contador de energía bidireccional.

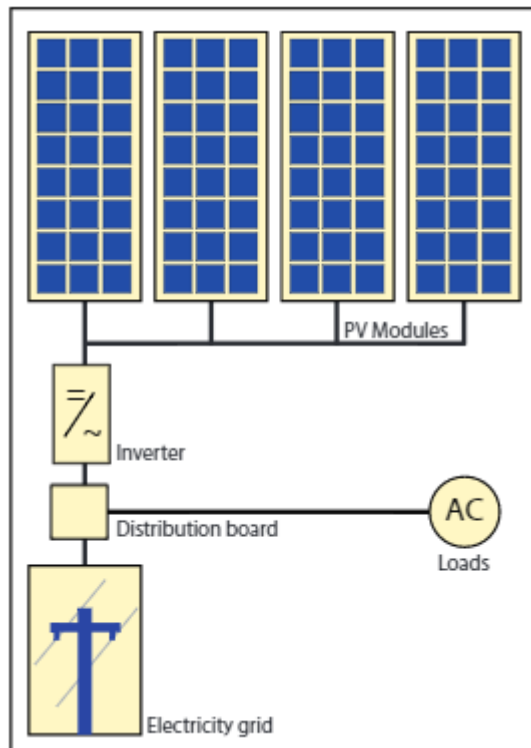


Figura 2.6 Esquema de sistema conectado a red

### 2.2.3 Sistemas híbridos

Los sistemas híbridos consisten en una combinación de módulos fotovoltaicos y una fuente auxiliar de generación eléctrica, como el diésel, el gas o un aerogenerador. Con la finalidad de optimizar los diferentes métodos de producción de energía, los sistemas híbridos suelen requerir controles más sofisticados que los sistemas aislados o conectados a red. Por ejemplo, en el caso de un sistema fotovoltaico y diésel, el motor diésel debe iniciarse cuando los la batería alcance un nivel de descarga dada y detenerse de nuevo cuando la batería alcanza un adecuado estado de carga. El generador de emergencia se puede utilizar para recargar las baterías o para suministrar la carga. Otro caso son los sistemas híbridos fotovoltaica-eólica, que optimizan las mejores condiciones del viento y el sol, complementándose entre sí. Los días fríos y de viento, normalmente nublados, apenas permiten aprovechar la luz solar, mientras que son ideales para los aerogeneradores. Por su parte, los días de anticiclón suelen provocar cielos despejados con poco viento, y por tanto, más adecuados para las placas fotovoltaicas.

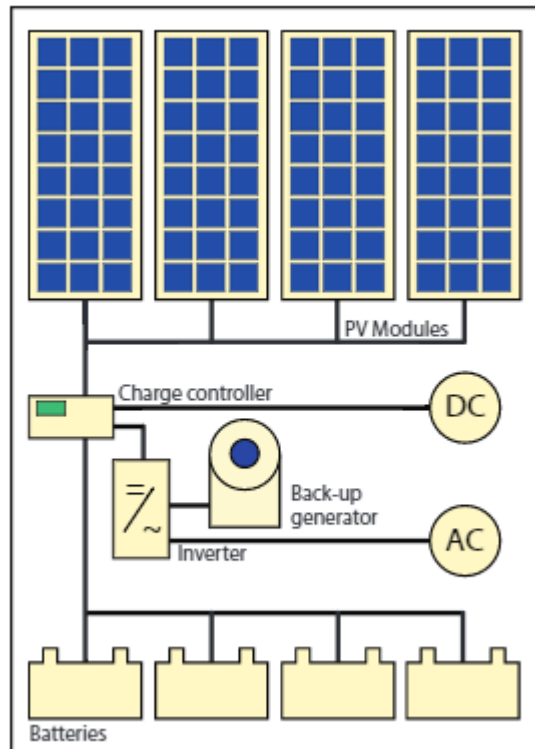


Figura 2.7 Representación de un sistema fotovoltaico híbrido con un generador diésel

## 2.3 Factores de pérdidas en la energía solar fotovoltaica

### 2.3.1 Pérdidas por incumplimiento de la potencia nominal.

Los módulos fotovoltaicos obtenidos de un proceso de fabricación industrial no son todos idénticos, sino que su potencia nominal referida a las condiciones estándar de medida, CEM (en inglés, STC), presenta una determinada dispersión. En general los fabricantes garantizan que la potencia de un módulo fotovoltaico de potencia nominal,  $P^*$ , está dentro de una banda que oscila entre  $P^* \pm 3\%$ ,  $P^* \pm 5\%$  o  $P^* \pm 10\%$ . Lamentablemente en algunas ocasiones suele darse el caso de que la potencia de cada uno de los módulos fotovoltaicos se sitúa dentro de la banda inferior de potencias garantizadas por el fabricante. Esto es, la potencia real suministrada por el fabricante, entendida como la suma de las potencias de cada uno de los módulos que componen el generador fotovoltaico, de una instalación de 1kWp nominal cuyo fabricante garantice el  $\pm 10\%$  debería ser cualquier valor entre 0.9 kWp y 1.1 kWp. Sin embargo, en general, se sitúa entre 0.9 kWp y 1 kWp.

### 2.3.2 Pérdidas de conexionado o mismatch

Son pérdidas energéticas originadas por la conexión de módulos fotovoltaicos de potencias ligeramente diferentes para formar un generador fotovoltaico. Esto tiene su origen en que si conectamos dos módulos en serie con diferentes corrientes, el módulo de menor corriente limitará la corriente de la serie. De modo semejante ocurre para la tensión de la conexión de módulos en paralelo. Resultando que la potencia de un generador fotovoltaico es inferior (o en un caso ideal, igual) a la suma de las potencias de cada uno de los módulos fotovoltaicos que lo componen. Las pérdidas de mismatch se pueden reducir mediante una instalación ordenada en potencias (o en corrientes en el punto de máxima potencia) de los módulos fotovoltaicos, así como la utilización de diodos de "bypass".

### 2.3.3 Pérdidas por polvo y suciedad

Tienen su origen en la disminución de la potencia de un generador fotovoltaico por la deposición de polvo y suciedad en la superficie de los módulos fotovoltaicos. Cabría destacar dos aspectos, por un lado la presencia de una suciedad uniforme da lugar a una disminución de la corriente y tensión entregada por el generador fotovoltaico y por otro lado la presencia de suciedades localizadas (como puede ser el caso de excrementos de aves) da lugar a un aumento de las pérdidas de mismatch y a las pérdidas por formación de puntos calientes.

### 2.3.4 Pérdidas angulares y espectrales

La potencia nominal de un módulo fotovoltaico suele estar referida a unas condiciones estándar de medida, STC, que, además de 1000 W/m<sup>2</sup> de irradiancia y 25°C de temperatura de célula, implican una incidencia normal y un espectro estándar AM1.5G. No obstante en la operación habitual de un módulo fotovoltaico ni la incidencia de la radiación es normal, ni el espectro es estándar durante todo el tiempo de operación. El que la radiación solar incida sobre la superficie de un módulo FV con un ángulo diferente de 0° implica unas pérdidas adicionales (mayores pérdidas a mayores ángulos de incidencia). Las pérdidas angulares se incrementan con el grado de suciedad. Por otro lado los dispositivos fotovoltaicos son espectralmente selectivos. Esto es, la corriente generada es diferente para cada longitud de onda del espectro solar de la radiación incidente (respuesta espectral). La variación del espectro solar en cada momento respecto del espectro normalizado puede afectar la respuesta de las células fotovoltaicas dando lugar a ganancias o pérdidas energéticas.

### 2.3.5 Pérdidas por caídas óhmicas en el cableado

Tanto en la parte DC como en la parte AC (desde la salida de los inversores hasta los contadores de energía) de la instalación se producen unas pérdidas energéticas originadas por las caídas de tensión cuando una determinada corriente circula por un conductor de un material y sección determinados. Estas pérdidas se minimizan dimensionando adecuadamente la sección de los conductores en función de la corriente que por ellos circula.

### 2.3.6 Pérdidas por temperatura

Los módulos fotovoltaico presentan unas pérdidas de potencia del orden de un 4% por cada 10 °C de aumento de su temperatura de operación (este porcentaje varía ligeramente en función de cada tecnología). La temperatura de operación de los módulos fotovoltaico depende de los factores ambientales de irradiancia, temperatura ambiente y velocidad del viento y de la posición de los módulos o aireación por la parte posterior. Esto implica que por ejemplo a igualdad de irradiación solar incidente un mismo sistema fotovoltaico producirá menos energía en un lugar cálido que en un clima frío.

### 2.3.7 Pérdidas por sombreado

Los sistemas FV de conexión a red se suelen instalar en entornos urbanos en los que en muchas ocasiones es inevitable la presencia de sombras en determinadas horas del día sobre el generador FV que conducen a unas determinadas pérdidas energéticas causadas en primer lugar por la disminución de captación de irradiación solar y por los posibles efectos de mismatch a las que puedan dar lugar. También pueden producirse sombras importantes de unos campos fotovoltaicos sobre otros. Además de las pérdidas consideradas anteriormente puede haber otras específicas para cada instalación, como pueden ser: averías o mal funcionamiento, los efectos de la disminución del rendimiento de los módulos FV a bajas irradiancias, etc...

### 2.3.8 Pérdidas por rendimiento del inversor

El inversor fotovoltaico se puede caracterizar por la curva de rendimiento en función de la potencia de operación. Es importante seleccionar un inversor de alto rendimiento en condiciones nominales de operación y también es importante una selección adecuada de la potencia del inversor en función de la potencia del generador fotovoltaico (por ejemplo, la utilización de un inversor de una potencia excesiva en función de la potencia del generador fotovoltaico dará lugar a que el sistema opera una gran parte del tiempo en valores de rendimiento muy bajos, con las consecuentes pérdidas de generación).

### 2.3.9 Pérdidas por rendimiento de seguimiento del MPP del generador fotovoltaico.

Como se ha comentado con anterioridad, el inversor cuenta con un dispositivo electrónico de seguimiento del MPP del generador fotovoltaico, para lo cual emplea unos determinados algoritmos. La curva de rendimiento de MPPT se define como el cociente entre la energía que el inversor extrae del generador FV y la que extraería en un seguimiento ideal.



## 2.4 Desarrollo de la energía solar fotovoltaica en España

### 2.4.1 Situación actual

El parque fotovoltaico español conectado a la red, con más de 4.500 MW instalados y más de 60.000 instalaciones, representa un 4% de la potencia total instalada en España. Las instalaciones conectadas antes de 2009 representan el 74% del parque fotovoltaico.

En cuanto al volumen de fotovoltaica aislada, se calcula que hay alrededor de 24,6 MW. De acuerdo con estos datos, en España habría 97,8 Wp fotovoltaicos por habitante, lo que nos situaría en el octavo puesto de la UE, por detrás de Alemania, Italia, Bélgica, la República Checa, Grecia, Bulgaria y Eslovenia.

Como se puede observar en la figura siguiente, la evolución de la potencia instalada a lo largo de los años no ha sido constante. El 97% de la potencia se ha instalado en los últimos 7 años y cabe destacar que el 60% de la misma se instaló durante el año 2008.

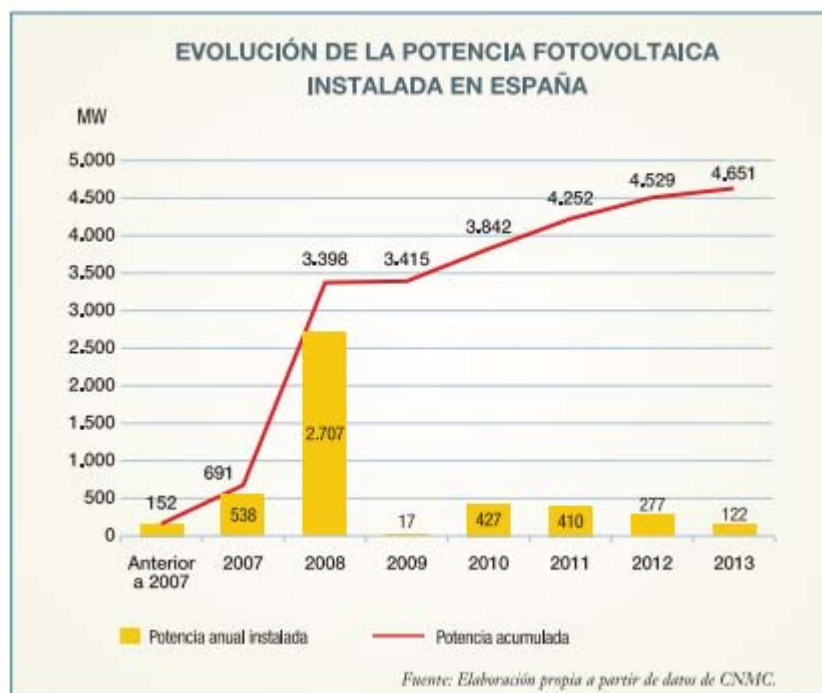


Figura 2.8 Evolución de la potencia fotovoltaica instalada en España

Analizando el reparto de la potencia por Comunidades Autónomas durante los tres últimos años, destacan Andalucía, Castilla y León, Extremadura y Murcia como las que más potencia instalaron en 2011. En el año 2012, aunque con crecimientos bastante menores, estas CC.AA. también se mantuvieron liderando el ranking. Durante 2013, nos encontramos con crecimientos menores que el año anterior y mucho menores comparados con el año 2011. Las comunidades con mayor potencia instalada en 2013 fueron Andalucía, Castilla-La Mancha y Extremadura. En el otro extremo, Cantabria, Asturias, Ceuta y Melilla se sitúan a la cola del ranking.

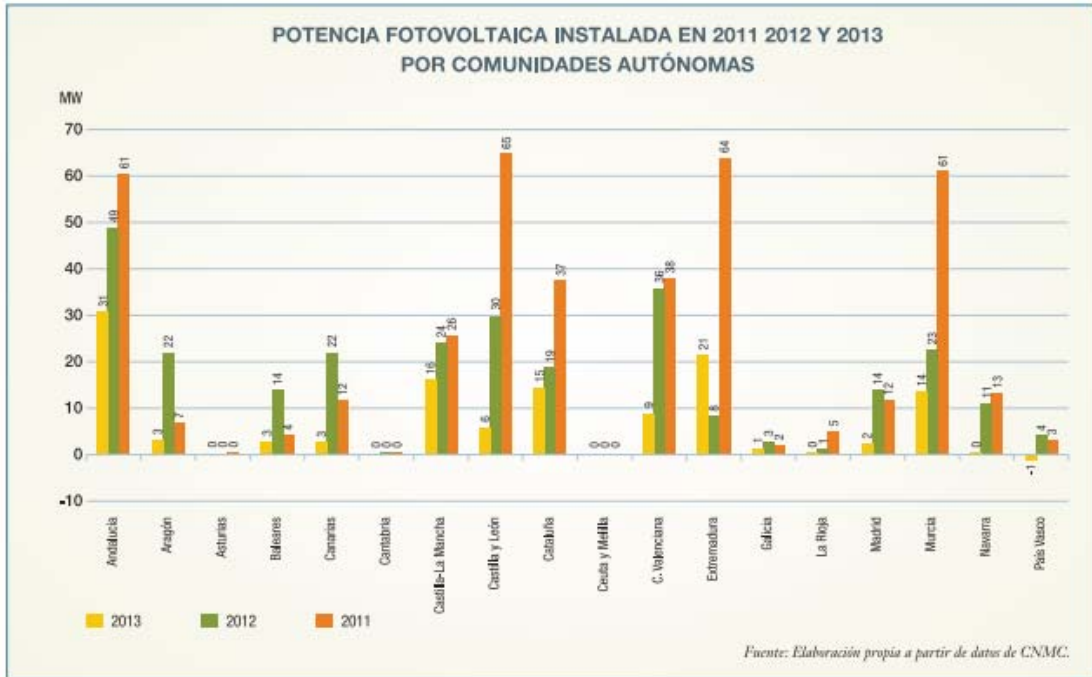


Figura 2.9 Potencia fotovoltaica instalada en 2011, 2012 y 2013 por CCAA

### 2.4.2 Potencial solar en España

La situación geográfica de España favorece con creces el desarrollo fotovoltaico del país, puesto que recibe una abundante radiación en buena parte del territorio. La mayor parte de la Península Ibérica recibe más de 4 kWh/m<sup>2</sup>, lo cual convierte a España en uno de los mejores países de la Unión Europea para el aprovechamiento de este tipo de energía, como se muestra en la imagen siguiente.

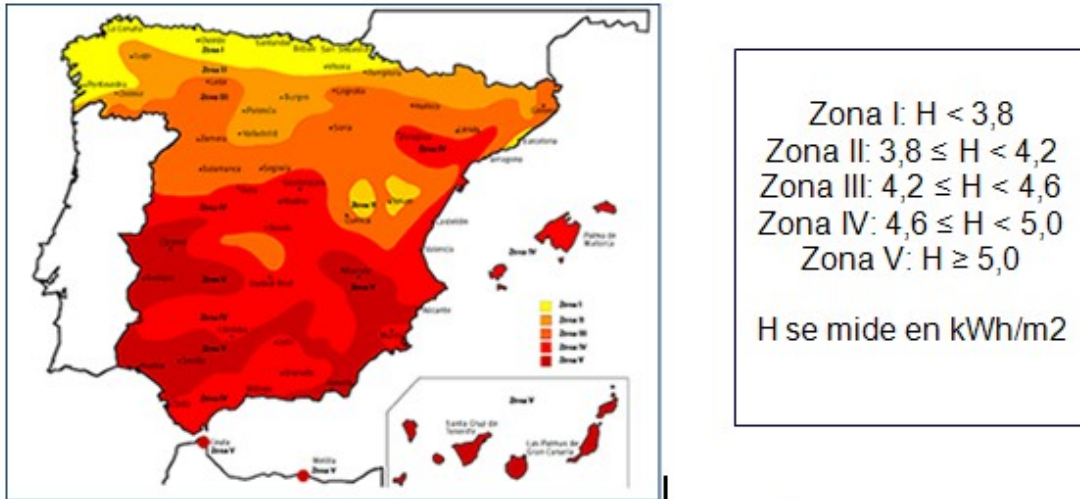


Figura 2.10 Radiación media diaria en España

### 2.4.3 Impacto medioambiental

Desde el punto de vista medioambiental, los 8.156 GWh producidos por el sector fotovoltaico han supuesto un ahorro de 1.973.752 toneladas de CO<sub>2</sub>, equivalente a la emisión de 68.000 coches funcionando durante un año en España. El ahorro producido al evitar la compra de bonos de carbono asciende a más de 14,4 millones de euros, de acuerdo con el precio medio del CO<sub>2</sub> en 2012.

Durante 2012 se importaron 10.653 millones de euros de gas. Esa factura podría haber sido 576 millones de euros más alta de no ser por la energía fotovoltaica.

#### 2.4.4 Investigación y desarrollo en tecnologías fotovoltaicas

La energía solar, con el 43,6%, es la tecnología con más patentes españolas, seguida de cerca por la energía eólica. España es el quinto país del mundo con más patentes en energías renovables, por detrás de EE UU, Japón, Alemania y Reino Unido.

#### 2.4.5 El sector industrial fotovoltaico en España

Los datos analizados muestran que la moratoria ha impactado de lleno sobre la estructura sociolaboral del sector fotovoltaico en España y que, sumada a la competencia internacional, está desmantelando una industria que se encontraba entre las líderes mundiales hace apenas tres años.

Mientras que en 2011 el sector superaba los 12.000 puestos, a mediados de 2013 ese volumen se ha reducido en unos 4.500 empleos, de modo que ahora el sector ronda los 7.500 empleos, la gran mayoría en labores de operación y mantenimiento y en dar soporte a las actividades en el extranjero.

Hasta hace dos años había más de 50 empresas con fábricas en España de silicio de grado solar, obleas, células, módulos, inversores y seguidores, de modo que se cubrían todos los eslabones de la cadena de valor de la tecnología. En la actualidad, un 90% de los fabricantes de módulos y de sus componentes ha cerrado, está en concurso de acreedores o en procesos de ajuste laboral.

Como resultado, se han perdido actividades enteras, como la fabricación de paneles de capa delgada –operaban tres fábricas con tres tecnologías distintas– o la fabricación de obleas. Únicamente las actividades centradas en la fabricación de inversores y equipos de electrónica de potencia se mantienen, con su actividad enfocada al extranjero.

Sin embargo, hay que recalcar que España ha sido uno de los pocos países que han llegado a cubrir industrialmente toda la cadena del silicio cristalino, desde el silicio metalúrgico hasta el ensamblado de módulos (quizás habría que matizar que en el caso de la purificación de silicio no se dio realmente el salto a la producción industrial, aunque sí se pusieron en marcha una serie de iniciativas, de las que sobreviven en la actualidad algunas en escala de planta piloto). Además, es un sector en el que existe una gran imbricación entre industria y centros de investigación. Desde sus inicios (no hay más que recordar que Isofotón, la empresa de fabricación de células y módulos con más historia en España, surgió del Instituto de Energía Solar de la Universidad Politécnica de Madrid a principios de los años ochenta) a la actualidad, en la que se acometen multitud de proyectos de investigación conjuntos, y muchos doctores salidos de centros españoles han formado parte de los departamentos de I+D de las empresas del sector.

España cuenta con el principal productor mundial de silicio metalúrgico, Ferroatlántica, y en el momento más álgido del fotovoltaico en nuestro país (finales de la década del 2000) había en España dos productores de lingotes y obleas, cuatro productores de células solares y una quincena de ensambladores de módulos. Desgraciadamente, esta potencia industrial se ha visto truncada cuando aún era incipiente, y no ha podido sobrevivir a la falta de mercado español y a la competencia asiática, como ya se ha comentado.

## 2.4.6 El autoconsumo en España

A la espera del famoso “*Decreto de Autoconsumo*” desde el verano de 2013, en España la legislación da cobertura a tres tipos de instalaciones de autoconsumo:

- Autoconsumo instantáneo.
- Autoconsumo fuera de la red (Off-Grid).
- Autoconsumo con Medición Neta de conexión a red.

### 2.4.6.1 Autoconsumo instantáneo

Consiste en generar energía eléctrica y consumirla en el mismo momento en el que se produce. Aunque la instalación fotovoltaica está conectada a la red, no hay inyección a la misma. El inversor fotovoltaico regula su potencia a la demanda real sin consumir energía de la red. Esta forma particular de la generación de electricidad está aumentando significativamente ya que permite autorizar las instalaciones de generación como cualquier tipo de instalación eléctrica. Esto simplifica y reduce el coste de su gestión administrativa. Según la ley española, una instalación fotovoltaica para autoconsumo debe cumplir tres requisitos:

- No se debe inyectar la electricidad generada en las líneas de distribución eléctrica.
- Debe cumplir con la normativa europea "anti-isla".
- Debe cumplir con las normas de seguridad vigentes.

### 2.4.6.2 Autoconsumo Off-Grid

Consiste en consumir y almacenar toda la energía proveniente del generador fotovoltaico, no siendo necesario registrar la instalación.

### 2.4.6.3 Autoconsumo con Medición Neta de conexión a red

Bajo este esquema, el consumo es tratado por separado de la producción. Esto significa que el propietario consume la electricidad autogenerada por un lado, compra la energía que demanda a la red y, por otro lado, vende los excesos de energía.

## Anexo 2: Cronología de la normativa solar fotovoltaica en España

### 1 Los comienzos

La Regulación de las energías renovables en España no empieza a desarrollarse hasta la década de 1980, con una ley que fomenta la minihidráulica (Ley 82/1980 de conservación de la energía) con el fin de hacer frente a la crisis del petróleo y mejorar la eficiencia energética, reduciendo así la dependencia del exterior. Ya en la década siguiente, el Plan Energético Nacional 1991-2000 incentiva la producción con energías renovables y, mediante la Ley 40/1994 del sistema eléctrico nacional (LOSEN), se consolida el concepto de régimen especial. Así, el Real Decreto 2366/1994 sobre producción de energía eléctrica por instalaciones hidráulicas, de cogeneración y otras abastecidas por recursos o fuentes renovables, regula la energía eléctrica del régimen especial. Este Real Decreto incluye en el régimen especial instalaciones, de residuos, plantas de cogeneración, plantas que utilizan calor residual y centrales hidráulicas, todas con una potencia menor o igual a 100 MVA. En virtud de este Real Decreto, la empresa distribuidora más cercana tiene la obligación de adquirir la energía excedentaria de estas instalaciones siempre que sea técnicamente viable. El precio de venta de la energía se fija en función de las tarifas eléctricas, en función de la potencia instalada y del tipo de instalación, constando de un término de potencia y de un término de energía, además de otros complementos.

### 2 La liberalización del mercado eléctrico

La Ley 54/1997 del Sector Eléctrico distingue la producción en régimen ordinario de la producción en régimen especial e identifica también el marco económico de retribución para cada uno de estos modelos de generación de electricidad. La actividad de generación en régimen especial recoge la generación de energía eléctrica en instalaciones de potencia no superior a 50 MW que utilicen como energía primaria energías renovables o residuos, y aquellas otras como la cogeneración que implican una tecnología con un nivel de eficiencia y ahorro energético considerable.

El Real Decreto 2818/1998, sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energías renovables, residuos y cogeneración (derogado por el Real Decreto 436/2004), establece que las primas del régimen especial deberían ser actualizadas anualmente y revisadas cada 4 años.

### 3 El Plan de Fomento de las Energías Renovables

El Plan de Fomento de las Energías Renovables (PFER), de 1999, señala objetivos de crecimiento de cada tecnología renovable de forma que las fuentes de energía renovable cubran al menos el 12% del consumo de energía primaria en España en el año 2010.

El Real Decreto-ley 6/2000, de medidas urgentes de intensificación de la competencia en mercados de bienes y servicios, incentiva la participación en el mercado de las instalaciones del régimen especial, previendo la posibilidad de contratos de venta de energía con comercializadores.

El Real Decreto 1663/2000 sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión, da un paso más al simplificar las condiciones de conexión de estas instalaciones de hasta 100 kVA.

El Real Decreto 841/2002 por el que se regula, para las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial, su incentivación en la participación en el mercado de producción, determinadas obligaciones de información de sus previsiones de producción y al adquisición por los comercializadores de su energía eléctrica producida, desarrolla el Real Decreto Ley 6/2000, y establece la obligatoriedad de participación en el mercado para las instalaciones de potencia >50 MW, que quedan así incluidas en el régimen ordinario. Además, se permite la opción de contratación entre generadores en régimen especial y comercializadores, percibiendo la prima correspondiente por la energía vendida.

El Real Decreto 436/2004, (que deroga al Real Decreto 2818/1998) por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, desarrolla la Ley del Sector Eléctrico y establece el esquema legal y económico para el régimen especial, con el fin de consolidar el marco regulador y crear así un sistema estable y previsible. El titular de la instalación tiene dos alternativas para la remuneración de la energía eléctrica generada:

- Vender la electricidad a la empresa distribuidora a tarifa regulada, cuyo importe depende de la potencia y de los años transcurridos desde la fecha de puesta en marcha de la instalación, imputándose el coste de los desvíos.
- Vender la electricidad libremente en el mercado, acudiendo directamente al mismo o bien a través de un contrato bilateral o a plazo con una comercializadora, percibiendo por ello el precio de mercado más un incentivo por participar en él, así como una prima.

El Plan de Energías Renovables (PER) 2005-2010 sustituye al PFER, cuyos resultados fueron insuficientes. Con esta revisión se trató de mantener el compromiso de cubrir con fuentes renovables al menos el 12% del consumo total de energía primaria en 2010, así como la incorporación de los otros dos objetivos comunitarios indicativos de 29,4% de generación eléctrica con renovables y 5,75% de biocarburantes en transporte para 2010. Con esta idea se aumentó el objetivo de las energías eólica (de 9.000 MW a 20.155 MW) y solar (en la solar fotovoltaica se pasó de 135 a 400 MW; en la solar térmica de 309 MW a 809 MW; y la solar termoeléctrica multiplicó sus objetivos pasando de 200 MW a 500 MW), y disminuyó el de la potencia instalada de biomasa en 154 MW, fijándose en 1.695 MW.

En esta línea, el Real Decreto 314/2006 por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE), establece la obligatoriedad de incorporar instalaciones solares térmicas y paneles fotovoltaicos en ciertas edificaciones.

El Real Decreto-ley 7/2006 por el que se adoptan medidas urgentes en el sector energético, desvincula la variación de las primas del régimen especial de la Tarifa media eléctrica o de Referencia.

## 4 El auge de las energías renovables

El Real Decreto 661/2007, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, deroga al Real Decreto 436/2004, pero manteniendo su esquema básico. Así, se mantiene la doble opción de retribución, es decir, venta a tarifa regulada, que es el precio fijo que recibe el productor por la energía vertida al sistema, o directamente en el mercado, percibiendo el precio negociado en el mismo más una prima, teniendo la retribución total unos límites superior e inferior horarios (*cap and floor*). Este Real Decreto también elimina el incentivo a participar en el mercado.

Según el Real Decreto 661/2007, la condición de instalación de régimen especial la otorga la Comunidad Autónoma correspondiente, siendo la inscripción definitiva de la instalación en el Registro administrativo de instalaciones de producción en régimen especial la condición necesaria para acceder al régimen económico regulado por dicho Real Decreto, siempre que el objetivo de potencia instalada fijado para cada tecnología en el propio Real Decreto no haya sido cubierto.

Una vez alcanzado el 85% del objetivo de potencia se definirá, mediante Resolución, el plazo máximo durante el cual las instalaciones que obtengan su inscripción definitiva tendrán derecho al régimen económico del Real Decreto 661/2007, que en ningún caso será inferior a 1 año. La Comisión Nacional de la Energía (CNE) estableció un sistema de información en su web que determinaba en cada momento y para cada tecnología la potencia total con inscripción definitiva, el grado de avance con respecto a los objetivos de potencia y el plazo estimado de cumplimiento de dichos objetivos.

La Ley 17/2007 por la que se modifica la Ley 54/1997, adapta la Ley del Sector Eléctrico a la Directiva 2003/54/CE sobre normas comunes para el mercado interior de electricidad. Así, el Gobierno podrá establecer una prima para las instalaciones de energías renovables aun cuando la potencia instalada sea superior a 50 MW.

## 5 Limitaciones a las energías renovables

El Real Decreto 1578/2008 modifica el régimen económico de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para las instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007 para dicha tecnología, clasifica las nuevas instalaciones en dos tipologías según estén ubicadas en cubiertas (tipo I) o en el suelo (tipo II). La retribución de estas instalaciones se basa en diferentes convocatorias anuales con cupo de potencia por tipología y se ajusta a la curva de aprendizaje de la tecnología (para cada convocatoria se especifica el precio y el cupo de potencia), lo que se traduce en un abaratamiento del coste de la electricidad en relación al modelo anterior. También, este Real Decreto 1578/2008 limita la aplicación del Real Decreto 661/2007.

Debido al impacto económico que sobre el sistema tarifario tienen las energías renovables, se aprueba el Real Decreto Ley 6/2009 con el fin de establecer unos mecanismos respecto al sistema retributivo de las instalaciones de régimen especial (salvo para tecnología fotovoltaica, ya regulado en el Real Decreto 1578/2008), y así garantizar la sostenibilidad del sistema, tanto desde el punto de vista técnico como económico.

Así, se crea un Registro de Preasignación de Retribución que permite conocer qué proyectos cumplen con las condiciones de poder ejecutarse, su volumen de potencia, el impacto en los costes de la tarifa eléctrica y su calendario. De esta manera, la inscripción en dicho Registro de Preasignación pasa a ser condición necesaria para obtener el régimen

económico establecido en el Real Decreto 661/2007. Posteriormente, las instalaciones inscritas en el Registro de Preasignación deberán ser inscritas en el Registro administrativo de instalaciones de producción en régimen especial.

Se prevé así mismo un régimen transitorio para garantizar la seguridad jurídica de aquéllos que ya habían realizado inversiones bajo el amparo del Real Decreto 661/2007 antes de la entrada en vigor del Real Decreto-ley 6/2009. Así, los proyectos que a la entrada en vigor de este Real Decreto-ley 6/2009 cumplieran todos los requisitos del Registro de Preasignación, salvo el referido al depósito del aval en favor de la Dirección General de Política Energética y de Minas, podrán presentar su solicitud de inscripción en un plazo determinado, y contarán con un plazo adicional para cumplir con el requisito del aval. Cuando la potencia inscrita sea inferior al objetivo previsto en el Real Decreto 661/2007, el régimen económico previsto en el mismo se extenderá hasta su cumplimiento. Pero si la potencia inscrita es mayor al objetivo previsto, el régimen económico se aplicará y se agotará con dichas instalaciones inscritas. En este caso se podrán establecer restricciones anuales a la ejecución y entrada en operación de las instalaciones inscritas y la priorización de las mismas para no comprometer la sostenibilidad técnica y económica del sistema.

La potencia solicitada para las tecnologías termosolar y eólica excede ya los objetivos fijados en el Real Decreto 661/2007, y con el fin de no comprometer el sistema, sólo se podrán incorporar al sistema 3.100 MW (porque son los que realmente cumplen las condiciones) de nueva potencia renovable al año hasta 2014, según establece la Resolución de 19 de noviembre de 2009 sobre la ordenación de los proyectos o instalaciones presentados al registro de preasignación.

Así, se acuerda ordenar los proyectos atendiendo a un criterio cronológico, y se dispone la puesta en marcha de las instalaciones en fases sucesivas de acuerdo al siguiente ritmo acumulado de implantación:

- Fase 1:
  - Solar termoeléctrica: 850 MW
  - Eólica: 3.719 MW
- Fase 2: vertido de energía > 1.1.2011; inscripción definitiva < 1.1.2013
  - Solar termoeléctrica: 1.350 MW
  - Eólica: 5.419 MW
- Fase 3: vertido de energía >1.1.2012; inscripción definitiva < 1.1.2013
  - Solar termoeléctrica: 1.850 MW
  - Eólica: resto de potencia inscrita al amparo de DT 5ª Real Decreto Ley 6/2009
- Fase 4: vertido de energía > 1.1.2013; inscripción definitiva < 1.1.2014
  - Solar termoeléctrica: resto de potencia inscrita al amparo de DT 5ª Real Decreto Ley 6/2009

El régimen económico del Real Decreto 661/2007 se agotará cuando el objetivo de potencia sea alcanzado, y se aprobará, mediante Real Decreto, un nuevo marco jurídico económico.

En junio de 2010 se presentó en la Comisión Europea el Plan de Acción Nacional de Energías Renovables 2010-2020 (PANER) que incorporaba los objetivos marcados por la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al fomento del uso



de energía procedente de fuentes renovables (ver ficha Objetivos de producción con fuentes renovables en la UE y en España).

Finalmente, en noviembre de 2011 se aprobó el nuevo Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020, que sustituye tanto al PER 2005-2010 como al PANER 2010-2020, atendiendo a los mandatos del Real Decreto 661/2007, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial y de la Ley 2/2011 de Economía Sostenible. El PER 2011-2020 propone que las energías renovables representen en 2020 un 20,8% del consumo final bruto de energía en España, con una contribución de estas fuentes al consumo del transporte del 11,3% en ese mismo año, superando así los objetivos mínimos obligatorios establecidos para España en la directiva de energías renovables, que coinciden con los objetivos globales medios de la Unión Europea. Este 20,8% de consumo final bruto de energía mediante contribución de energías renovables, supone un consumo de un 39% sobre el total del consumo eléctrico (ver Objetivos de producción con fuentes renovables en la UE y en España). Debido a la coyuntura económica actual este documento se encuentra de nuevo en revisión.

Anteriormente, la normativa que se ha ido aprobando en relación a las energías renovables se ha destinado a su desarrollo y fomento, sin embargo, en estos momentos de crisis económica y de tendencia creciente del déficit de tarifa del sector eléctrico, las medidas que el Gobierno está aprobando están orientadas a la reducción del coste que suponen estas tecnologías al sistema.

## 5.1 Últimos años de las energías renovables

En enero de 2012, con el fin de que acometer la resolución del problema del elevado déficit tarifario del sistema eléctrico en un entorno más favorable, se aprobó el Real Decreto-ley 1/2012, por el cual se suspenden los incentivos económicos para los proyectos encaminados a la instalación de nuevas plantas de producción de energía eléctrica por medio de fuentes renovables, cogeneración y residuos. Además, suspende de forma indefinida los procedimientos de inscripción en el Registro de preasignación de retribución previstos en el Real Decreto-ley 6/2009 y deja sin efecto, para las instalaciones fotovoltaicas, la celebración de convocatorias de preasignación de retribución para los años 2012 y sucesivos del Real Decreto-ley 1578/2008.

A esta primera reforma del sector (Real Decreto-ley 1/2012), le siguieron el Real Decreto-ley 13/2012, por el que se transponen directivas en materia de mercados interiores de electricidad y gas y en materia de comunicaciones electrónicas y por el que se adoptan medidas para la corrección de las desviaciones por desajustes entre los costes e ingresos de los sectores eléctrico y gasista y el Real Decreto-ley 20/2012 de medidas para garantizar la estabilidad presupuestaria y de fomento de la competitividad. Más tarde, se adoptó la ley 15/2012 de medidas fiscales para la sostenibilidad energética, en donde se marca la creación de nuevos impuestos para el sector eléctrico con fines estrictamente recaudatorios con la intención de reducir el déficit eléctrico. En él, se establece un impuesto para la producción de la energía eléctrica, que grava la actividad de generación y la incorporación de la energía al sistema eléctrico con un tipo impositivo de un 7%. A su vez, se crea un canon por utilización de aguas continentales para la producción de energía eléctrica con un tipo impositivo de un 22%, el cual se reduce un 90% en los casos en los que las centrales hidroeléctricas sean iguales o inferiores a 50 MW y para el bombeo. Esta ley también excluye del régimen económico primado a la electricidad generada a partir de

combustibles fósiles en instalaciones renovables (ya sean instalaciones híbridas o no híbridas).

A finales del año 2012, se aprobó el Real Decreto-Ley 29/2012 para la eliminación del límite de déficit tarifario en 2012 y 2013 en el que se corrige o suprime del régimen económico primado para las instalaciones de régimen especial (renovables y cogeneración) que incumplan las obligaciones requeridas para su inscripción definitiva en el registro de preasignación.

Tras establecerse las medidas urgentes de 2012, unos meses más tarde se continuó con la reforma eléctrica por medio del Real Decreto-ley 2/2013. En él se sustituye la metodología por la que se actualizan las retribuciones, tarifas y primas de las actividades del sistema eléctrico vinculadas al IPC, IPC que se sustituye por el IPC subyacente a impuestos constantes. También, se modifica el Real Decreto 661/2007, por el cual se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, suprimiendo las primas existentes y eliminando la posibilidad de poder de acogerse con posterioridad a la opción de retribución a tarifa a aquellas instalaciones que a la entrada en vigor de este Real Decreto-ley opten por vender su energía en el mercado.

Se mantienen las retribuciones fijadas por las instalaciones adjudicatarias del concurso de tecnología solar termoeléctrica con carácter innovador.

El 16 de febrero de 2013 se aprobó la Orden IET/221/2013, por la que se establecen los peajes de acceso a partir del 1 de enero de 2013 y las tarifas y primas de las instalaciones de régimen especial.

El 13 de julio de 2013 se aprobó el Real Decreto-ley 9/2013, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico. Este nuevo marco normativo establece un nuevo régimen jurídico y económico para las instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de energías renovables, cogeneración y residuos. Se abandona el modelo de incentivo basado en la producción eléctrica establecido desde la Ley 54/1997.

En primer lugar, desaparece el régimen especial, pasando todas las instalaciones a regirse por la misma normativa y asumir las obligaciones del mercado.

El nuevo régimen económico se basa en la percepción, en el caso en el que proceda, de los ingresos derivados de la participación en el mercado, con una retribución adicional específica articulada en:

- Un término por unidad de potencia instalada (€/MW) que cubra, cuando proceda, los costes de inversión de una instalación tipo que no puedan ser recuperados por la venta de energía. Esta retribución a la inversión permite a la instalación poder alcanzar la rentabilidad razonable definida por el Gobierno. La instalación de energías renovables, cogeneración o residuos percibirá esta retribución a la inversión siempre que no haya alcanzado en el momento de la publicación del Real Decreto-ley 9/2013 la rentabilidad razonable definida.
- Un término a la operación (€/MWh) que cubra la diferencia entre costes de explotación y los ingresos por la participación en el mercado de dicha instalación tipo. Esta retribución a la operación persigue hacer el EBITDA de la instalación nulo con el objetivo de que no tenga pérdidas de operación durante el proceso de generación de electricidad. La instalación de energías renovables, cogeneración o

residuos no percibirá esta retribución a la operación siempre y cuando sus ingresos por venta de electricidad en el sistema sean superiores a sus costes de explotación.

Para las instalaciones con derecho a prima, con anterioridad a esta Ley el nuevo sistema retributivo garantiza una rentabilidad razonable para una instalación tipo que se estima, antes de impuestos, como las Obligaciones del Estado a 10 años (media de los últimos 10 años) incrementada con un diferencial de 300 puntos básicos y que en todo caso, podrá ser revisada a los seis años. Además, este nuevo marco suprime el complemento por eficiencia para las instalaciones que estuvieran percibiéndolo y la bonificación por energía reactiva.

La Ley 24/2013 consagra estos principios y establece que el régimen retributivo de las instalaciones con derecho a prima, con anterioridad a esta Ley, se referenciará a las Obligaciones del Estado a diez años más un diferencial de 300 puntos básicos durante el primer periodo regulatorio que finalizará el 31 de diciembre de 2019. A partir del 1 de enero de 2020 se sucederán los siguientes periodos regulatorios de forma consecutiva.

Excepcionalmente, el Gobierno podrá establecer un régimen retributivo específico para fomentar la producción a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración de alta eficiencia y residuos, cuando exista una obligación de cumplimiento de objetivos energéticos derivados de Directivas u otras normas de Derecho de la Unión Europea o cuando su introducción suponga una reducción del coste energético y de la dependencia energética exterior, en los términos establecidos a continuación:

- El otorgamiento de este régimen retributivo específico se establecerá mediante procedimientos de concurrencia competitiva. Este régimen retributivo, adicional a la retribución por la venta de la energía generada valorada al precio del mercado de producción, estará compuesto por un término por unidad de potencia instalada que cubra, cuando proceda, los costes de inversión para cada instalación tipo que no pueden ser recuperados por la venta de la energía en el mercado, y un término a la operación que cubra, en su caso, la diferencia entre los costes de explotación y los ingresos por la participación en el mercado de producción de dicha instalación tipo.
- Para el cálculo de dicha retribución específica se considerarán, para una instalación tipo, a lo largo de su vida útil regulatoria y en referencia a la actividad realizada por una empresa eficiente y bien gestionada, los valores que resulten de considerar:
  - Los ingresos estándar por la venta de la energía generada valorada al precio del mercado de producción.
  - Los costes estándar de explotación.
  - El valor estándar de la inversión inicial.

En cada periodo regulatorio de seis años se podrá modificar todos los parámetros retributivos (incluido la rentabilidad razonable) sin que se pueda modificar la vida útil y el valor estándar de la inversión inicial de una instalación; cada tres años se revisarán para el resto del periodo regulatorio las estimaciones de ingresos por la venta de la energía generada, valorada al precio del mercado de producción en función de la evolución de los precios del mercado y las previsiones de horas de funcionamiento. Al menos anualmente, se actualizarán los valores de retribución a la operación para aquellas tecnologías cuyos costes de explotación que dependan esencialmente del precio del combustible.

## 5.2 Marco legislativo actual

Finalmente, y desarrollando el Real Decreto-ley 9/2013 se publica el Real Decreto 413/2014 por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos y la Orden Ministerial 1045/2014 por la que se aprueban los parámetros retributivos de las instalaciones tipo aplicables a determinadas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. En esta misma Orden Ministerial también se indica la retribución a la operación y la retribución a la inversión para el primer semiperiodo regulatorio que termina en 2016 para todas las instalaciones tipo definidas.

De forma resumida, deben destacarse las siguientes cuestiones del nuevo marco económico:

1. Las instalaciones se clasificarán, mediante Orden Ministerial, en instalaciones tipo (en función de su tecnología, potencia, antigüedad, etc.).

Las instalaciones tipo percibirán una retribución por la venta de la energía valorada a precio de mercado; y, en su caso, una retribución adicional por costes de inversión (RI, Retribución a la inversión) y de operación (RO, Retribución a la Operación) no cubiertos con el precio de mercado.

Los criterios para el cálculo de esa retribución específica, para cada instalación tipo a lo largo de su vida útil regulatoria, son los de la actividad de una empresa eficiente y bien gestionada, considerando los ingresos estándar por la venta de energía a precio de mercado y los costes de inversión y de explotación estándar, siempre que estos costes respondan exclusivamente a la actividad de producción de energía eléctrica y vengan determinados por normas o actos administrativos de aplicación en todo el territorio español.

Asimismo, son parámetros retributivos de la retribución específica: la retribución a la inversión, la retribución a la operación, la vida útil regulatoria, el umbral de funcionamiento, el número de horas de funcionamiento mínimo y máximo (con correcciones anuales y trimestrales), el precio medio del mercado, otros ingresos de explotación (por ejemplo, para cogeneración los ingresos procedentes de la producción de calor útil asociado,) el valor neto del activo, un coeficiente de ajuste, etc.

2. La rentabilidad razonable de las instalaciones girará, antes de impuestos, sobre el rendimiento medio en el mercado secundario de las Obligaciones del Estado a diez años aplicando el diferencial adecuado. Y, para instalaciones existentes, girará, antes de impuestos, sobre el rendimiento medio en el mercado secundario, de los diez años anteriores al 14 de julio de 2013, de las Obligaciones del Estado a diez años incrementado en 300 puntos básicos (7'398%).
3. Existirán las siguientes revisiones del marco económico: (i) anualmente se revisarán los valores de retribución a la operación para tecnologías cuyos costes de explotación dependan esencialmente del precio del combustible; (ii) cada tres años, se podrán revisar las estimaciones de ingresos estándar de las instalaciones tipo por la venta de energía al precio de mercado, así como los parámetros retributivos directamente relacionados; y (iii) cada seis años, y salvo la vida útil regulatoria y el valor estándar de la inversión inicial, podrán modificarse todos los valores de los parámetros retributivos y sus definiciones, así como el valor sobre el que girará la rentabilidad razonable.

El primer semiperíodo regulatorio (tres años) comprende desde el 14 de julio de 2013 al 31 de diciembre de 2016 y el primer período regulatorio (seis años) del 14 de julio de 2013 al 31 de diciembre de 2019.

### 5.3 Posible propuesta de decreto de autoconsumo

Pese que Industria asegura que el decreto de autoconsumo eléctrico llegará en el primer trimestre de 2015., casi dos años después de su publicación, el borrador del autoconsumo sigue pendiente de aprobación definitiva. Este borrador forma parte de un paquete de reformas del Sector eléctrico, en el que la propia Ley 54/1997 fue derogada casi en su totalidad a finales de 2013, y que ha ido acompañada de otros textos legales en forma de Reales Decretos.

Los objetivos que pretende conseguir dicho borrador son los siguientes:

- Garantizar el suministro eléctrico.
- Garantizar la mayor calidad posible del suministro y al menor coste posible: eliminando las trabas de la generación distribuida, y mientras ésta sea eficiente para todo el sistema.

Además recuerda la necesidad de proteger el medioambiente, teniendo en cuenta del sector del que se está tratando, el eléctrico: emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, recursos necesarios para su producción, etc.

Por otro lado, se mencionan Directivas Europeas que establecen una serie de obligaciones con el fin de acelerar los procedimientos administrativos para autorizar y llevar a cabo la conexión a redes de distribución y transporte de energía eléctrica de las instalaciones interiores de producción de energía eléctrica con energías renovables en relación al fomento del uso de energías procedentes de fuentes renovables, y teniendo en cuenta su futuro desarrollo.

Además, se incluye la obligación de regular el suministro de la energía eléctrica, producida por el propio consumidor (RD 1699/2011) y consumida por él mismo, para instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña escala.

Continúa recordando que se modifica la definición de sujeto productor y consumido restablecida en la ley ya derogada, y que se habilita al Gobierno para establecer modalidades singulares de suministro a determinados consumidores, con el objetivo de fomentar la producción individual de energía eléctrica destinada al consumo en el mismo lugar en el que se produce. Esta habilitación implica el establecimiento de un régimen de derechos y de obligaciones para estos consumidores.

También menciona que existirá un Registro de Autoconsumo (como ya se dijo en normativas anteriores), cuya tarea será realizar el seguimiento de los consumidores con autoconsumo, y también a los consumidores asociados a instalaciones que produzcan energía para autoconsumo, con excedentes. La diferencia entre ambos consumidores consiste en que unos consumen el total de la energía producida por su instalación, y otros consumidores se encuentran asociados a una instalación de producción (nuevo concepto de productor). Ambos con acceso a la red general: suministro de energía eléctrica con autoconsumo, no instalaciones aisladas.

La cogeneración también es mencionada, e insta a crear un marco que incremente el fomento y desarrollo de esta tecnología (cogeneración de alta tecnología), para la producción de electricidad y de calor. Un objetivo claro en este sentido implica la promoción de instalaciones de pequeño tamaño (micro-cogeneración), ya introducido como objetivo en Directiva Europea 2004/8/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

Por último, hace mención a la “compleja situación económica que afecta al sistema eléctrico” y explica que las medidas tomadas tienen como objeto reducir costes del sistema y aumentar los ingresos. Para ello, afirma que “la evolución tecnológica y comercial de las energías renovables en la actualidad y la prevista para el futuro, está permitiendo la reducción de sus costes de inversión”.

El documento continúa explicando que los consumidores acogidos a la modalidad de autoconsumo también tendrán que hacer frente a todos los costes del sistema eléctrico, incluso al coste necesario para financiar las tecnologías de respaldo. Este peaje se determinará en función de la cantidad de energía suministrada por la instalación de generación asociada.

En cuanto a la contraprestación económica por los excedentes de energía cedidos al sistema, dependerá de la modalidad de suministro:

- Los consumidores acogidos a modalidades de suministro para autoconsumo, pagarán el peaje de respaldo por la energía consumida procedente de la instalación de generación, y peaje de acceso y otros precios, por el resto de la energía consumida. Si el consumidor cediera energía generada en su instalación, a la red general, porque no se consume de manera instantánea, esta cesión no irá acompañada de contraprestación económica.
- Los consumidores asociados a una instalación productora acogidos a una modalidad de autoconsumo, pagarán por la energía consumida procedente de la instalación productora, el peaje de respaldo, y por el resto de la energía consumida deberá pagar el peaje de acceso y otros precios que sean de aplicación. El productor acogido a esta modalidad de autoconsumo, podrá ceder al sistema la energía excedentaria. No especifica si habrá contraprestación económica. Además la instalación de producción deberá satisfacer Peaje de Generación o peaje de acceso a la red, por la energía excedentaria vertida a la red. En esta modalidad hay que diferenciar productor y consumidor asociado al productor.

## Anexo 3: Cálculos justificativos

### 1 Estudio energético

#### 1.1 Producción energética anual esperada con PVGIS

Mediante la base de datos de PVGIS obtendremos los valores de radiación solar para la instalación, pudiendo así estimar el recurso solar y la producción fotovoltaica. Esta base dispone de datos de radiación y de meteorología basados en imágenes satélite.

Se introduce la ubicación del edificio, la potencia pico instalada, y se dejan las pérdidas estimadas que aparecen por defecto. El software nos dará la inclinación y orientación óptima, 36 grados y -2 grados respectivamente. Estos serán los parámetros que usaremos para dimensionar la instalación.

Tabla 1.1 Producción energética anual esperada realizada por PVGIS

<b>Sistema fijo: inclinación=36 grados, orientación=-2 grados (óptimo)</b>				
<b>Mes</b>	<b>Ed</b>	<b>Em</b>	<b>Hd</b>	<b>Hm</b>
Ene	24.40	756	2.98	92.5
Feb	36,30	1020	4,51	126
Mar	44.50	1380	5.72	177
Abr	45.50	1370	5.93	178
Mayo	48,70	1510	6,46	200
Jun	51.10	1530	6.92	207
Jul	53.80	1670	7.36	228
Ago	52.10	1620	7.11	221
Sep	47.90	1440	6.40	192
Oct	37.20	1150	4.80	149
Nov	28,90	866	3,58	107
Dic	23.90	742	2.92	90.6
Año	41.20	1250	5.39	164
Total para el año		15000		1970

Siendo:

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 m<sup>2</sup> por los módulos del sistema dado (kWh/m<sup>2</sup>)

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

El programa también nos proporciona las siguientes pérdidas:

- Pérdidas estimadas debido a la temperatura y niveles bajos de irradiancia: 8.6%
- Pérdidas estimadas debido a los efectos de la reflectancia regular: 2,6%
- Otras pérdidas (cables, inversor, etc.): 14%
- Pérdidas combinadas del sistema FV: 23,4%

Según la tabla, la producción energética estimada para un año será de 15000 kWh, y la suma media de la irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos será 1970 kWh/m<sup>2</sup>.

## 1.2 Cálculo de la irradiación solar con PVGIS

Lugar: Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas (León)

Latitud: 42°36'48"

Longitud: 5°33'38"

Elevación: 839 m

Tabla 1.2 Irradiación solar en diferentes regímenes realizado por PVGIS

**El ángulo de inclinación óptimo es: 36 grados**

**Irradiación anual perdida a causa de las sombras (horizontal): 0.0 %**

Mes	Hh	Hopt	H(36)	DNI	lopt	T24h
Ene	1740	2990	2990	2570	64	3.1
Feb	2900	4510	4510	4000	58	4.1
Mar	4430	5720	5720	4900	45	6.7
Abr	5380	5930	5930	5380	30	8.7
Mayo	6550	6450	6450	6230	16	12.7
Jun	7410	6910	6910	7440	9	17.4
Jul	7690	7350	7350	8540	13	19.5
Ago	6670	7110	7110	7590	25	19.6
Sep	5120	6410	6410	6330	41	16.5
Oct	3310	4800	4800	4210	53	11.5
Nov	2110	3580	3580	3160	63	6.3
Dic	1580	2920	2920	2630	67	3.5
Año	4580	5390	5390	5260	36	10.8

Siendo:

Hh: Irradiación sobre plano horizontal (Wh/m<sup>2</sup>/día)

Hopt: Irradiación sobre un plano con la inclinación óptima (Wh/m<sup>2</sup>/día)

H (36): Irradiación sobre plano inclinado (36°) (Wh/m<sup>2</sup>/día)

DNI: Irradiación directa normal



lopt: Inclinación óptima (°)

T24h: Temperatura media diaria (24h) (°C)

De la tabla se deducen los siguientes datos:

- La irradiación solar media anual para una inclinación óptima de 36 grados será de 5390 Wh/m<sup>2</sup>/día.
- El mes con más irradiación será julio, con 7350 Wh/m<sup>2</sup>/día.
- El mes con menos irradiación será diciembre, con 2920 Wh/m<sup>2</sup>/día.

### 1.3 Performance Ratio

El coeficiente de rendimiento (en inglés performance ratio) es una magnitud, independiente del lugar de ubicación, de la calidad de una instalación fotovoltaica y, por ello, constituye a menudo también un factor de calidad. El coeficiente de rendimiento se indica en porcentaje y expresa la relación entre el rendimiento real y el rendimiento nominal de la instalación fotovoltaica. De esta forma indica qué proporción de la energía está realmente disponible para la alimentación tras haber descontado las pérdidas energéticas (p. ej. debido a pérdidas térmicas y a pérdidas por cableado) y el consumo propio para la operación.

Cuanto más cercano al 100 % sea el valor del coeficiente de rendimiento calculado para una instalación fotovoltaica, de forma más efectiva trabajará esta instalación fotovoltaica. Normalmente las instalaciones fotovoltaicas eficientes alcanzan un coeficiente de rendimiento de hasta el 80 %.

Para poder calcular el coeficiente de rendimiento de su instalación fotovoltaica, se precisan de diferentes magnitudes. Por un lado, los valores de irradiación solar del lugar de ubicación de la instalación fotovoltaica y por otro, la magnitud de la superficie de los módulos de la instalación fotovoltaica, así como del rendimiento de dichos módulos fotovoltaicos.

Para este proyecto, puesto que es una instalación en fase de construcción, no se pueden definir exactamente las pérdidas necesarias para el PR, ya que no se pueden tomar mediciones sobre la instalación. Así pues, se han estimado de forma orientativa a través de las tablas dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones Fotovoltaicas conectadas a Red.

Tabla 1.3 Porcentajes aproximados de pérdidas

Tipo de pérdidas	Porcentaje de pérdidas
Suciedad y polvo 3%	3 %
Angulares y espectrales	3 %
Pérdidas rendimiento y dispersión módulos	2 %
Óhmicas DC/AC	3 %
No cumplimiento de la potencia nominal	5 %
Temperatura	3 %
Orientación	5 %

Rendimiento SNMP	3 %
Otros	2 %
PERFORMANCE RATIO (TOTAL)	74 %

Este dato serviría para estimar la producción de la instalación, pero en este caso será irrelevante, ya que se ha calculado la producción energética mediante PVGIS.

## 2 Cálculo de las pérdidas de la instalación

### 2.1 Pérdidas por orientación e inclinación

Se deberán determinar los límites en la orientación e inclinación de los módulos de acuerdo a las pérdidas máximas permisibles por el pliego de condiciones técnicas del IDAE. Dichas pérdidas serán calculadas en función del ángulo de inclinación  $\beta$  y del ángulo de azimut  $\alpha$ , que serán los óptimos calculados por el PVGIS.

Con esos datos se calcularán los límites de inclinación aceptables de acuerdo a las pérdidas máximas respecto a la inclinación óptima establecidas en el PCT. Para ello se utilizará la figura de la esfera, válida para una latitud de  $41^\circ$ , de la siguiente forma:

- Conocido el azimut, determinamos los límites para la inclinación en el caso de  $\phi=41^\circ$ . Para el caso general, las pérdidas máximas por este concepto son del 10 %; para superposición, del 20 %, y para integración arquitectónica del 40 %. Los puntos de intersección del límite de pérdidas con la recta de azimut nos proporcionan los valores de inclinación máxima y mínima.
- Si no hay intersección entre ambas, las pérdidas son superiores a las permitidas y la instalación estará fuera de los límites. Si ambas curvas se intersectan, se obtienen los valores para latitud  $\phi = 41^\circ$  y se corrigen tal como se muestra a continuación.

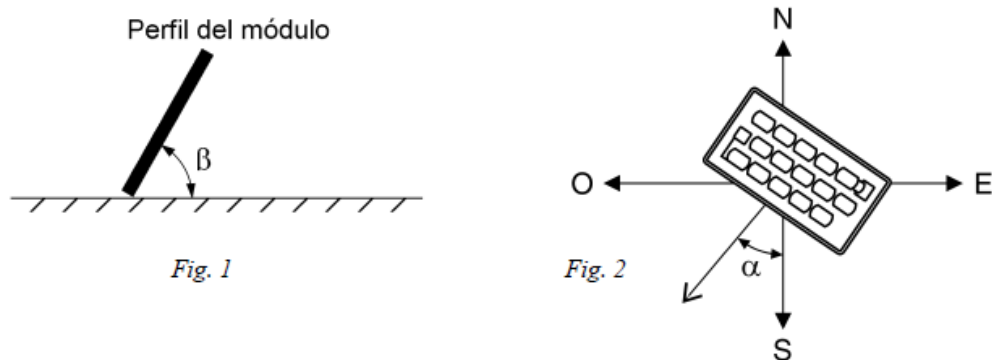


Figura 2.1 Representación gráfica de la orientación e inclinación según el IDAE

Se corregirán los límites de inclinación aceptables en función de la diferencia entre la latitud del lugar en cuestión y la de  $41^\circ$ , de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\text{Inclinación máxima} = \text{Inclinación}(\varphi = 41^\circ) - (41^\circ - \text{latitud})$$

$$\text{Inclinación mínima} = \text{Inclinación}(\varphi = 41^\circ) - (41^\circ - \text{latitud}), 0^\circ \text{ su valor mínimo}$$

En casos cerca del límite, y como instrumento de verificación, se utilizará la siguiente fórmula:

$$Pérdidas(\%) = 100x[1,2x10^{-4}(\beta - \varphi + 10)^2 + 3,5x10^{-5}\alpha^2] \text{ para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

$$Pérdidas(\%) = 100x[1,2x10^{-4}(\beta - \varphi + 10)^2] \text{ para } \beta \leq 15^\circ$$

[Nota:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\varphi$  se expresan en grados, siendo  $\varphi$  la latitud del lugar]

A continuación, procederemos al cálculo, teniendo en cuenta estos parámetros:

- Inclinación ( $\beta$ ):  $36^\circ$
- Azimut ( $\alpha$ ):  $-2^\circ$
- Latitud ( $\varphi$ ):  $42^\circ$

Nuestra instalación pertenecerá al caso general, por lo tanto se nos permiten unas pérdidas límite por orientación e inclinación del 10%.

Tabla 2.1 Pérdidas límite

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

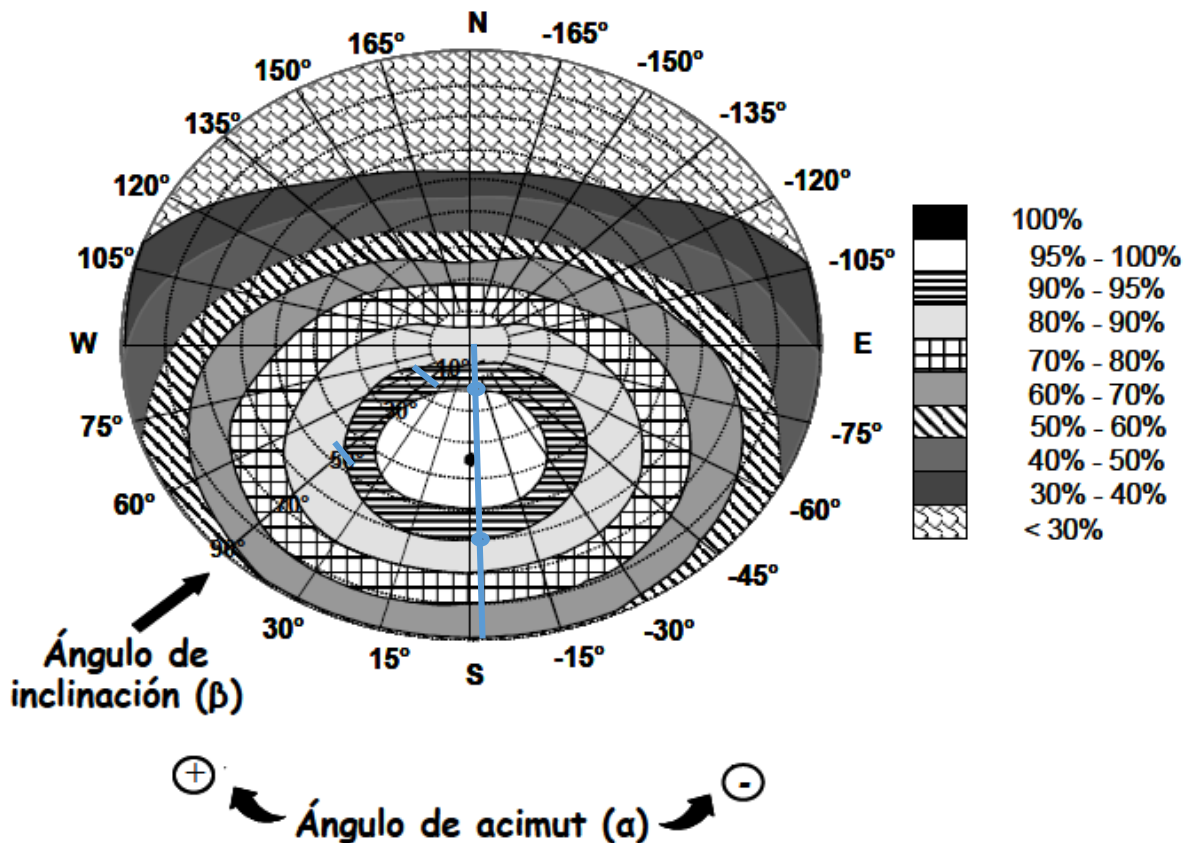


Figura 2.2 Representación gráfica para el cálculo de pérdidas

En la figura anterior se hace intersectar la línea correspondiente al azimut elegido con las circunferencias que muestran un 10% de pérdidas, obteniendo así los valores máximos y mínimos de inclinación para una latitud de  $41^\circ$ .

A continuación, se corregirán dichos límites para nuestra latitud:

$$\beta \text{ máxima} = 45 - (41 - 42) = 46^\circ$$

$$\beta \text{ mínima} = 15 - (41 - 42) = 16^\circ$$

El ángulo de inclinación elegido ( $\beta=36^\circ$ ) está dentro del rango, es decir, cumplirá los requisitos de pérdidas por orientación e inclinación.

Se calcula ahora el porcentaje de pérdidas para  $15^\circ < \beta < 90^\circ$ :

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100[1,2 \cdot 10^{-4}(36 - 42 + 10)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5}(-2)^2] = 0.206 \%$$

Las pérdidas son menores que el 10% del caso general.

## 2.2 Pérdidas por sombras

El procedimiento consiste en la comparación del perfil de obstáculos que afecta a la superficie de estudio con el diagrama de trayectorias del sol. De esta forma se obtendrá el perfil de obstáculos y posteriormente su representación. En este caso, el edificio no tiene ningún obstáculo a su alrededor que pueda proyectar sombra, por lo que las pérdidas por sombras se considerarán nulas.

Se debe tener en cuenta que la cubierta está rodeada por un murete de 90 cm de altura, por lo que hay que comprobar si proyectará sombra, sobretodo en la parte sur de la cubierta. En instalaciones que se utilicen todo el año, como es el caso que nos ocupa, el día más desfavorable corresponde al 21 de diciembre, donde la altura solar es mínima, y al mediodía solar tiene el valor siguiente:

$$h_o = 90 - \text{Latitud} + \delta$$

$\delta$  se calcula según el día del año y para el 21 de diciembre vale  $-23,45^\circ$

$$d = \frac{H}{\tan h_o}$$

Tabla 2.2 Parámetros para el cálculo de la distancia al muro

Parámetros	Valor	Unidad
Latitud	42,36	°
Día juliano	355	d
Declinación, $\delta$	-23,45	°
Altura solar, $h_o$	24,19	m
Altura de edificio, H	0,90	m
Distancia, d	2	m

La distancia de los paneles al muro perimetral será de 2 metros, como mínimo.

### 3 Cálculo de distancia entre filas

Según el PCT del IDAE, se define la distancia  $d$ , medida sobre la horizontal, como la separación entre filas de módulos o entre una fila y un obstáculo de altura  $h$  que pueda proyectar sombras. Se recomienda que sea tal que se garanticen al menos 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno.

Dicha distancia,  $d$ , ha de ser como mínimo igual a  $hk$ , siendo  $k$  un factor adimensional al que, en este caso, se le asigna el valor:

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

$$h = 1,65 \cdot \sin 36^\circ = 0,97 \text{ m de altura}$$

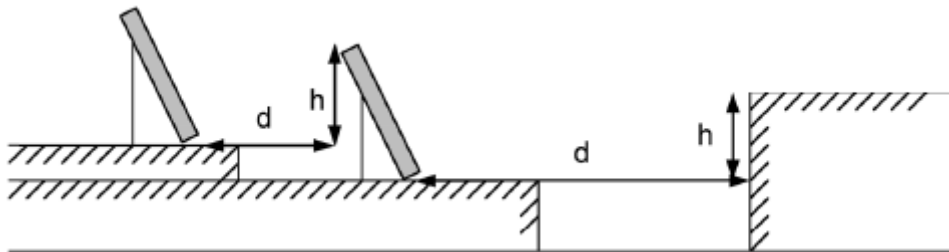


Figura 3.1 Distancia entre filas de paneles

$$d = h k = h \frac{1}{\tan(61^\circ - \varphi)} = 0,97 \frac{1}{\tan(61^\circ - 42^\circ)} = 2,81 \text{ m}$$

Finalmente se optará por una distancia de 3 m entre racks, debido a la gran superficie de la que se dispone.

## 4 Dimensionamiento del generador fotovoltaico

### 4.1 Datos de partida

Como requisito de diseño, se dispone de 44 módulos Trina Solar TSM-265 DC05A.05 de 265 kWp cada uno y de un inversor SMA Sunny Tripower 10000 TL-20.

### 4.2 Conexión entre módulos

Para realizar la conexión entre módulos, simplemente se conectará el positivo de uno con el negativo de otro, y así sucesivamente. No existirá ninguna dificultad, ya que todos los paneles son iguales (misma potencia y fabricante). Se pueden realizar tres tipos de conexión en función de las necesidades:

- Conexión serie: para elevar la tensión del generador.
- Conexión paralelo: para elevar la intensidad del generador.

- Conexión serie/paralelo: para elevar la tensión y la intensidad del generador.

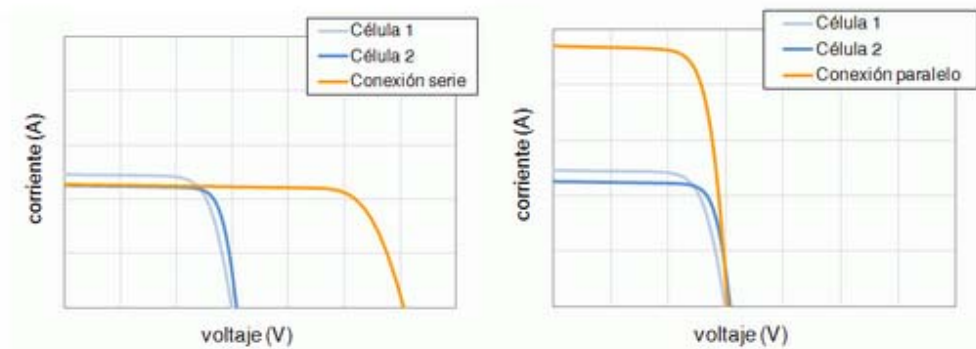


Figura 4.1 Curva de un módulo fotovoltaico formado por dos células, interconexionadas en serie (izquierda) o en paralelo (derecha)

Se debe recordar que los módulos fotovoltaicos están pensados para formar una estructura modular, obteniendo así la tensión e intensidad deseada. Debemos diseñar el número de módulos por rama de modo que se cumpla que la tensión para el punto de máxima potencia (MPP) de la rama sea siempre menor que el valor de la tensión a la entrada al inversor y comprobando además que el resto de parámetros de diseño se cumplen también. En la tabla siguiente se definen los datos que se utilizarán para el conexionado de módulos:

Tabla 4.1 Datos necesarios para el conexionado de módulos

	Valor	Unidad
<b>Inversor SMA TP 10000 TL-20</b>		
Tensión de entrada máxima	800	V
Tensión de entrada mínima	370	V
I máx. entrada A	18	A
I máx. entrada B	10	A
<b>Módulos Trina Solar</b>		
V <sub>mpp</sub>	30,6	V
I <sub>mpp</sub>	8,66	A

$$N_{serie(mín)} = \frac{V_{mpp\ inversor\ mín.}}{V_{mpp\ panel}} = \frac{370}{30,6} = 12,09 \approx 12$$

$$N_{serie(máx)} = \frac{V_{mpp\ inversor\ máx.}}{V_{mpp\ panel}} = \frac{800}{30,6} = 26,14 \approx 24$$

El número de paneles en serie tiene que estar entre los dos valores anteriormente calculados y a su vez tiene que ser múltiplo de 44, por lo tanto elegimos 22 paneles. Ahora

vamos a comprobar cuantas ramas podemos asociar en paralelo. Se debe recordar que el inversor tiene dos entradas de corriente, con puntos de máxima potencia independientes. La entrada A admite hasta 18 A y la entrada B admite 10 A.

$$N_{\text{paralelo A}} = \frac{I_{\text{máx. entrada A inversor}}}{I_{\text{mpp panel}}} = \frac{18}{8,66} = 2,07 \approx 2$$

$$N_{\text{paralelo B}} = \frac{I_{\text{máx. entrada B inversor}}}{I_{\text{mpp panel}}} = \frac{10}{8,66} = 1,33 \approx 1$$

La entrada A del inversor admite 2 ramas en paralelo, mientras que la entrada B del inversor admite 1 sola rama. Finalmente se ha elegido una disposición de 2 ramas de 2 paneles, que como se puede comprobar, cumple con las especificaciones del inversor:

$$V_{oc} = 38,5 V \times 22 \text{ paneles} = 847 V < 1000 V \text{ de entrada que admite el inversor}$$

$$I_{sc} = 9,2 \times 1 = 9,2 A < 18 A \text{ (Entrada A)}$$

$$I_{sc} = 9,2 \times 1 = 9,2 A < 10 A \text{ (Entrada B)}$$

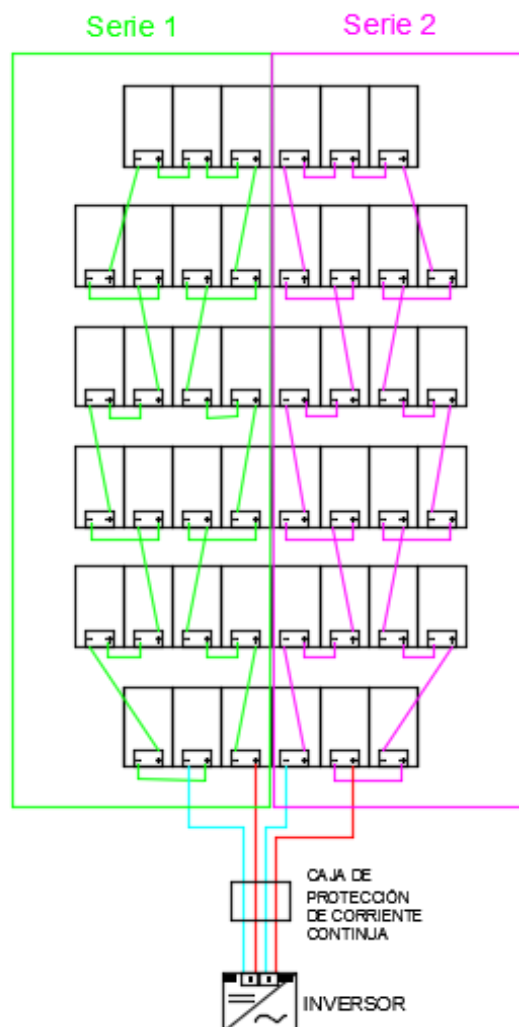


Figura 4.2 Esquema del conexionado del generador fotovoltaico

Se aprecia en el esquema de conexionado cómo será la disposición final de los módulos, buscando minimizar lo más posible las longitudes de cable entre módulos y sobretodo en los bornes de salida del generador, para que la caída de tensión no sobrepase los límites establecidos.

#### 4.3 Cálculo de la variación de la tensión e intensidad con la temperatura

La tensión y la corriente en los módulos fotovoltaicos se verán afectadas por la temperatura, por lo que se debe comprobar si el inversor admite la tensión del generador fotovoltaico para la temperatura máxima de los paneles.

Parámetros	Notación	Valor	Unidad
Coefficiente de temperatura de $U_{oc}$	$\alpha U_{oc}$	-0.32	%/°C
Coefficiente de temperatura de $I_{sc}$	$\alpha I_{sc}$	0.053	%/°C

Según la hoja de características de los módulos, la tensión disminuye el 0,32% cada vez que aumenta la temperatura de la célula 1°C. De 25°C a 85°C (60°C de incremento), la tensión de circuito abierto caerá un 18% (0,31x60).

$$U_{oc}(85^{\circ}C) = U_{oc}(STC) + [\Delta U \cdot (T(^{\circ}C) - 25^{\circ}C)]$$

$$\Delta U = U_{oc} \frac{\alpha U_{oc}}{100} = -0,123$$

Donde  $\Delta U =$  Coeficiente por temperatura en función de la tensión y que también lo podemos encontrar expresado en %/V.

$$U_{oc} (85^{\circ}C) = 38,5V + [-0,123 \cdot (85^{\circ}C - 25^{\circ}C)] = 31,11 V$$

Como tenemos 22 módulos por rama,  $22 \times 31,11 = 684,38 V > 370 V$ , está por encima del rango mínimo de  $V_{mpp}$  del inversor.

También se debe cumplir que la corriente de cortocircuito máxima (la que se da a la máxima temperatura de los módulos del ramal) sea menor que la Intensidad máxima admisible de entrada al inversor, según la expresión:

$$I_{sc} (85^{\circ}C) = I_{sc}(STC) + \Delta I \cdot (T(^{\circ}C) - 25^{\circ}C)$$

$$\Delta I = I_{sc}(STC) \cdot \left(\frac{\alpha I_{sc}}{100}\right) = 9,2 \cdot \frac{0,053}{100} = 4,88 \cdot 10^{-3}$$



Donde  $\Delta I =$  Coeficiente por temperatura en función de la corriente (A/°C).

$$I_{sc}(85^{\circ}\text{C}) = 9,2 + 4,88 \cdot 10^{-3} \cdot (85 - 25^{\circ}\text{C}) = 9,49 \text{ A}$$

$$1 \times 9,49 \leq 18 \text{ A (entrada A)}$$

$$1 \times 9,49 \leq 10 \text{ A (entrada B)}$$

## 5 Cálculos eléctricos

El Reglamento Eléctrico de Baja Tensión establece las condiciones para el dimensionado del cableado eléctrico. En éste se indica el tipo de conductor a emplear, su sección, aislamiento y tipo de instalación. Para el dimensionado de la sección se deben cumplir unos criterios que marca el Reglamento de Baja Tensión.

- Criterio de caída de tensión. Se recomendará que la caída máxima que se puede producir en el cable de CC no debe superar el 0,5%.
- Criterio térmico. Limita la máxima intensidad que puede circular por el cable. Se establece un margen de seguridad del 25%, por lo tanto el cable ha de resistir de manera continua una intensidad de 1.25 veces la intensidad máxima.
- Criterio de cortocircuito. Este criterio no es determinante en baja tensión para el cálculo de cableado, ya que las protecciones limitan la duración del cortocircuito a tiempos muy breves.

Es importante destacar que solo en instalaciones fotovoltaicas se realiza en este orden, siendo lo más usual en instalaciones de BT empezar por el criterio térmico.

### 5.1 Cálculo de las secciones de CC

El lado de corriente continua de la instalación está dividido a su vez en varios tramos que se describen a continuación. Se instalarán conductores unipolares de cobre de tensión asignada 0,6/1kV que admiten una temperatura máxima de servicio de 90°C.

#### 5.1.1 Tramo 1, cableado entre paneles

El primer tramo comprende el cableado que une los módulos entre sí. Cada cable tiene una longitud de 1 m, con una sección de 4mm<sup>2</sup> y vendrán incluidos con los paneles. Para los módulos contiguos no habrá ninguna dificultad. Estos cables discurrirán al aire libre y e irán atados a la estructura o en tubos de PVC. Sin embargo, para los cables que unan módulos en diferentes racks se buscará un cable con las especificaciones comentadas al principio del apartado y de igual sección que la de los contiguos (4mm<sup>2</sup>). Para ello se realizarán los cálculos que vienen a continuación.

##### 5.1.1.1 Criterio de caída de tensión

La primera condición que ha de cumplir el cable es que la caída de tensión entre el panel fotovoltaico hasta la entrada al inversor no debe superar el 0,5%. Las tensiones e intensidades de cálculo serán las del punto de máxima potencia, a la máxima temperatura alcanzable por el panel, por ser estos los valores más desfavorables. La tensión de máxima potencia del módulo es 30,6 V, como tenemos 22 módulos en serie:

$$22 \text{ módulos} \cdot 30,6 \text{ V} = 673,2 \text{ V}$$

$$U = 673,2 \text{ V} \cdot 0,005 = 3,37 \text{ V}, \text{ que es lo máximo que se podría perder.}$$

Sabiendo que la sección debe ser de  $4\text{mm}^2$ :

$$\Delta U = \frac{2 L P_c}{\sigma U n S \eta} = \frac{2 \cdot 6 \cdot 5830}{51,5 \cdot 673,2 \cdot 4} = 0,5 \text{ V}$$

$$\% \Delta U = \frac{0,33 \cdot 100}{673,2} = 0,074 \% \text{ de caída}$$

0,5 V está por debajo de los 3,37 V, cumplimos con el criterio de caída de tensión.

Y siendo:

U: caída de tensión (V) en la rama.

P<sub>c</sub>: potencia de cálculo (W), que será la potencia pico por el número de paneles.

S: sección del cable.

L: longitud del cable, suponemos una longitud de 6 m.

N: nº de conductores por fase, igual a 1.

η: rendimiento, igual a 1.

σ: conductividad del cobre a la Tª máxima del conductor, según la tabla del fabricante. En el caso de conductores de cobre con recubrimiento XLPE la temperatura es de 90°C.

#### 5.1.1.2 Cálculo de la conductividad para una Tª de 40°C:

Sabemos que la conductividad es la inversa de la resistividad (ρ).

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

La ρ del material no es constante, varía con la temperatura, por lo que para temperaturas mayores de 20 °C se utiliza la siguiente fórmula.

$$\rho_T = \rho_{20} * (1 + \alpha_{20} * \Delta T)$$

Donde ρ<sub>T</sub> es la resistividad del conductor a la temperatura T (Ω·mm<sup>2</sup>/m)

ρ<sub>20</sub> es la resistividad del conductor a 20° C (Ω·mm<sup>2</sup>/m),

α<sub>20</sub> es el coeficiente térmico para 20° C (K<sup>-1</sup>)

ΔT es la diferencia de temperaturas (ΔT = T – 20 ).

Para el cobre, ρ<sub>20</sub> = 0.018 Ω·mm<sup>2</sup>/m; α<sub>20</sub> = 0.00393.

$$\rho_T = 0.018 * (1 + 0.00393 * 20) = 0.0194148$$

$$\sigma = \frac{1}{0.0194148} = 51.51 \Omega \cdot \text{mm}^2$$

5.1.1.3 Criterio térmico

La generación de energía se realiza en unas condiciones de tensión e intensidad que varían según las condiciones de Irradiancia (I) y de la temperatura de operación (t). Así pues, para el cálculo de la sección de los cables por este criterio se tendrá en cuenta la situación más desfavorable, que corresponde a la intensidad de cortocircuito a la máxima temperatura del panel, alcanzándose el valor de  $I_{sc} = 9,49 \text{ A}$ . Según el RBT, en la ICT-BT-40, los cables de conexión en instalaciones generadores de baja tensión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador.

$$I_{\text{cálculo}} = 9,49 \cdot 1,25 = 11,86 \text{ A}$$

Tabla 5.1 Intensidades admisibles (A) al aire 40°C. Nº de conductores con carga y naturaleza del aislamiento

			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes											
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared						3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre*. Distancia a la pared no inferior a 0,3 D						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo*. Distancia a la pared no inferior a D						3x PVC				3x XLPE o EPR	
G		Cables unipolares separados mínimo D									3x PVC	3x XLPE o EPR	
		mm <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Cobre</b>		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	—	18	21	24	—
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	—	25	29	33	—
		4	20	21	23	24	27	30	—	34	38	45	—
		6	25	27	30	32	36	37	—	44	49	57	—
		10	34	37	40	44	50	52	—	60	68	76	—
		16	45	49	54	59	66	70	—	80	91	105	—
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
		150				236	260	278	310	338	363	404	525
		185				268	297	317	354	386	415	464	601
	240				315	350	374	419	455	490	552	711	
	300				360	404	423	484	524	565	640	821	

En la anterior tabla del REBT ITC-19 se muestran las intensidades admisibles al aire a una T<sub>a</sub> de 40°C. Se elegirá el caso de “cables multiconductores directamente sobre la

pared". Vamos a la columna de 2xXLPE, ya que estamos en corriente continua, y bajamos hasta seleccionar la sección de 4 mm<sup>2</sup>. En resumen, un cable de cobre de 4 mm<sup>2</sup> de sección soportará 38 A 40°C.

En zonas en las que la radiación solar es muy fuerte, se deberá tener en cuenta el calentamiento de la superficie de los cables con relación a la temperatura ambiente, por lo que en estos casos se aplica un factor de corrección 0,9 o inferior, tal como recomiendan las normas de la serie UNE 20.435 y el REBT ITC-06.

$$38 A \cdot 0,9 = 34,2 A \text{ soportará el cable.}$$

$$34,2 A > 11,86 A, \text{ cumple con los requisitos}$$

El cable elegido será el P-Sun 2.0 de la empresa Prysmatool. Es un conductor de cobre de aislamiento de XLPE (termoestable, soportará hasta 90°C). Está especialmente pensado para soportar la radiación solar y otros agentes atmosféricos típicos de instalaciones fotovoltaicas. Sus características más significativas se describen a continuación:

Tabla 5.2 Características del cable P-Sun 2.0

Tensión nominal	0,6/1 kV
Norma de diseño	DKE/VDE AK 411.2.3
Designación genérica	ZZ-F

En cuanto a las canalizaciones, se optará por tubos de PVC para cada par de cables (positivo y negativo). Según el ITC-BT-21 Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados.

La tabla determina que para una sección nominal de conductor unipolar de 4 mm<sup>2</sup> y para dos conductores, el diámetro exterior de los tubos será de 16 mm<sup>2</sup>.

Tabla 5.3 Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir

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

### 5.1.2 Tramo 2, desde el generador fotovoltaico hasta la caja de protección

Este tramo comprende el cableado desde los bornes de salida de los dos generadores fotovoltaicos (las dos series) hasta un cuadro de protección compuesto por fusibles, para poder aislar los paneles en caso de que algo fallase. Estos cables discurrirán al aire libre canalizados en tubos de PVC. La sección seguirá siendo 4 mm<sup>2</sup>.

#### 5.1.2.1 Criterio de caída de tensión

Aplicamos la siguiente fórmula, sabiendo que la sección debe ser de 4 mm<sup>2</sup>:

$$\Delta U = \frac{2 L P c}{\sigma U n S \eta} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 5830}{51,5 \cdot 673,2 \cdot 4} = 0,25 V \text{ (0,037 \% de caída)}$$

0,25 V está por debajo de los 3,37 V, cumplimos con el criterio de caída de tensión.

#### 5.1.2.2 Criterio térmico

Al igual que el caso anterior:

$$38 A \cdot 0,9 = 34,2 A \text{ soportará el cable.}$$

$$34,2 A > 11,86 A, \text{ cumple con los requisitos}$$

En resumen, los parámetros son los mismos que en el tramo 1, así que el cable elegido para el tramo 2 será el P-Sun 2.0 con una sección de 4 mm<sup>2</sup> con recubierto de un tubo de PVC de 16 mm<sup>2</sup>.

### 5.1.3 Tramo 3, desde la salida de la caja de protección al inversor

Este tramo comprende el cableado desde la salida de la caja de fusibles hasta el inversor. La caja de fusibles irá dispuesta detrás de la fila de paneles más cercana al inversor. En este tramo también se utilizará el cable P-Sun e irá canalizado en tubos de PVC.

#### 5.1.3.1 Criterio de caída de tensión

En este caso se necesita saber la sección mínima que soporta el cableado con un máximo de 0,5% de caída de tensión:

$$S = \frac{2 L P c}{\sigma U n \Delta U \eta} = \frac{2 \times 50 \times 5830}{51,5 \times 673,2 \times 3,37} = 4,98 \text{ mm}^2$$

Por norma debe ser como mínimo de 6 mm<sup>2</sup>. Además el inversor también limita la sección de entrada de 2,5 a 6 mm<sup>2</sup>. Por lo tanto, la caída de tensión en este tramo será:

$$\Delta U = \frac{2 L P c}{\sigma U n S \eta} = \frac{2 \cdot 30 \cdot 5830}{51,5 \cdot 673,2 \cdot 6} = 1,68 V \text{ (0,25\% de caída)}$$

#### 5.1.3.2 Criterio térmico

La intensidad de cálculo sigue siendo 11,86 A. En la tabla anterior, siguiendo el mismo procedimiento, un cable de cobre de 6 mm<sup>2</sup> de sección soportará 49 A a 40°C, aplicando el factor de corrección:

$$49 A \cdot 0,9 = 44,1 A \text{ soportará el cable.}$$

44,1 A > 11,86 A, cumple los requisitos

Por lo tanto, el tramo 3 estará formado por conductores P-Sun de 6 mm<sup>2</sup> y tubos de PVC de 16 mm<sup>2</sup> (según la tabla de la ITC-BT 21).

#### 5.1.4 Resumen de conductores seleccionados

La suma de la caída de tensión en los tramos de corriente continua no supera el 0,5 %, tal como se había propuesto. Se debe tener en cuenta que el tramo 1 de unión entre paneles es el de mayor longitud, es decir, el que une dos módulos de diferentes racks.

Tabla 5.4 Resumen de los conductores seleccionados y su caída de tensión

Tramo	Longitud	Sección	Conductor	I de cálculo	I del conductor	% $\Delta V$
1	6 m	4 mm <sup>2</sup>	Cable módulo + P-Sun 2.0	11,86 A	34,1 A	0.074 %
2	3 m	4 mm <sup>2</sup>	P-Sun 2.0	11,86 A	34,2 A	0,037%
3	30 m	6 mm <sup>2</sup>	P-Sun 2.0	11,86 A	44,1 A	0,25 %
						$\Sigma = 0,36 \%$

## 5.2 Cálculo de las secciones de AC

El cableado en corriente alterna irá desde la salida del inversor hasta la acometida de la Escuela, situada en el sótano del edificio, por lo que los conductores irán alojados dentro de las paredes de la Escuela. Se buscará un cable RZ1-K con tensión asignada de 0.6/1 KV.

A la salida del inversor, la línea ha de ser trifásica, según la normativa vigente (según el RD 1699/2011 en instalaciones con potencia superior a 5 kW). La caída de tensión durante este tramo tendrá que ser menor de un 1%.

Tabla 5.5 Parámetros del inversor

Valores de salida del inversor (AC)	Valor	Unidad
Potencia nominal	10000	W
Potencia máxima AC	10000	VA
Potencia pico	11500	W
Intensidad máxima de salida	14,5	A
Tensión nominal entre fase/entre fase y neutro	230/400	V
Factor de potencia	1	
Eficiencia máxima	97,6	%

Se utilizarán las siguientes fórmulas:

$$\Delta U_{AC} = \frac{L P c}{U S \sigma} \quad S = \frac{L P c}{U \Delta U_{AC} \sigma}$$

**5.2.1 Criterio de caída de tensión**

$U = 400 V \cdot 0,01 = 4 V$  es lo máximo que se puede perder en corriente alterna.

$$S = \frac{75 \cdot 10000}{400 \cdot 4 \cdot 51,5} = 9,1 \text{ mm}^2$$

La sección comercial inmediatamente superior a 9,1 es de 10 mm<sup>2</sup>. Se comprobará cual sería la caída de tensión con esa sección.

$$\Delta U_{AC} = \frac{75 \cdot 10000}{400 \cdot 10 \cdot 51,5} = 3,64 V$$

$$\% \Delta U = \frac{3,64 \cdot 100}{400} = 0,91\% \text{ de caída}$$

0,91% < 1%, es una caída de tensión asequible.

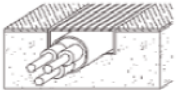




**5.2.2 Criterio térmico**

El caso más desfavorable será cuando circule la intensidad máxima de salida del inversor, I<sub>max</sub>=14,5 A. Como ya se dijo, según el RBT, en la ICT-BT-40, los cables de conexión en instalaciones generadores de baja tensión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador.

$$I_{\text{cálculo}} = 14,5 \cdot 1,25 = 18,13 A$$





Se seguirá tomando como instalación tipo la C porque se considera que los cables están empotrados directamente en las paredes de mampostería.

Tabla 5.6 Modos de instalación e instalaciones "TIPO"

Ref.	Modos de instalación	Descripción	Tipo
56		Cables unipolares o multipolares en canalizaciones abiertas o ventiladas de recorrido horizontal o vertical.	B1
57		Cables unipolares o multipolares empotrados directamente en las paredes de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) de resistividad inferior a 2 K·m/W <u>sin</u> protección contra los daños mecánicos complementaria.	C
58		Cables unipolares o multipolares empotrados directamente en las paredes de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) de resistividad inferior a 2 K·m/W <u>con</u> protección contra los daños mecánicos complementaria.	C
59		Conductores aislados o cables unipolares en conductos empotrados en una pared de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...).	B1
60		Cables multiconductores en conductos empotrados en una pared de mampostería.	B2

Con la tabla del REBT ITC-19, y para una sección de 10 mm<sup>2</sup>, un cable con aislamiento termoestable (3xXLPE), soportará 60 A. En este caso, al ir empotrado sobre la pared no necesitará la aplicación del factor de corrección para intemperie.

Tabla 5.7 Intensidades admisibles (A) al aire 40°C. Nº de conductores con carga y naturaleza del aislamiento

C		Cables multiconductores directamente sobre la pared <sup>3</sup>												
			3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR								
E		Cables multiconductores al aire libre <sup>4</sup> . Distancia a la pared no inferior a 0,3 D <sup>1</sup>												
F		Cables unipolares en contacto mutuo <sup>4</sup> . Distancia a la pared no inferior a D <sup>1</sup>												
G		Cables unipolares separados mínimo D <sup>1</sup>												
			mm <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Cobre</b>			1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	—	18	21	24	—
			2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	—	25	29	33	—
			4	20	21	23	24	27	30	—	34	38	45	—
			6	25	27	30	32	36	37	—	44	49	57	—
			10	34	37	40	44	50	52	—	60	68	76	—
			16	45	49	54	59	66	70	—	80	91	105	—
			25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
			35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
			50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
			70				149	160	171	188	202	224	244	321
			95				180	194	207	230	245	271	296	391
			120				208	225	240	267	284	314	348	455
			150				236	260	278	310	338	363	404	525
185				268	297	317	354	386	415	464	601			
240				315	350	374	419	455	490	552	711			
300				360	404	423	484	524	565	640	821			

Como la máxima intensidad que soporta el cable, 60 A >> 18,13 A, que es la intensidad de cálculo, cumple los requisitos. En resumen, el conductor elegido que cumple con todas las características dispuestas es el Afumex Easy (AS) 0,6/1 kV.

Tabla 5.8 Características del cable Afumex Easy

Tensión nominal	0,6/1 kV
Norma de diseño	UNE 21123-4
Designación genérica	RZ1-K (AS)

## 5.3 Cálculo de las protecciones

### 5.3.1 Protecciones en corriente continua

La interrupción de la corriente presenta mayores problemas con redes en corriente continua que en corriente alterna. En la corriente alterna existe un paso natural de la corriente por el cero en cada semiperíodo, al cual corresponde un apagado espontáneo del arco que se forma cuando se abre el circuito. En la corriente continua esto no sucede y, para extinguir el arco, es preciso que la corriente disminuya hasta anularse. Es necesario que la interrupción se realice gradualmente, sin bruscas anulaciones de la corriente que darían lugar a elevadas sobretensiones.



### 5.3.1.1 Fusibles

Los fusibles se encargarán de interrumpir cualquier corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que se produzca un calentamiento que pudiese dañar el aislamiento, las conexiones, los extremos o al entorno de las canalizaciones (IEC 60364). Se instalarán fusibles en cada uno de las ramas de módulos del generador fotovoltaico. Cada rama poseerá dos fusibles de idénticas características eléctricas, uno para el conductor de polaridad positiva y otro para el de polaridad negativa. Para ello se definirán las siguientes corrientes:

$I_b$ : corriente de empleo del circuito

$I_z$ : corriente admisible del conductor

$I_n$ : corriente asignada del dispositivo de protección

$I_2$ : corriente que garantiza efectivamente el funcionamiento de los dispositivos de protección, en la práctica  $I_2$  se considera igual a:

- La corriente de funcionamiento en el tiempo convencional para los automáticos.
- La corriente de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles de tipo gG.

En resumen, los conductores estarán protegidos si se reúnen las dos condiciones:

1.  $I_b \leq I_n \leq I_z$
2.  $I_2 \leq 1,45 I_z$ , siendo  $I_2 = 1,6 I_n$

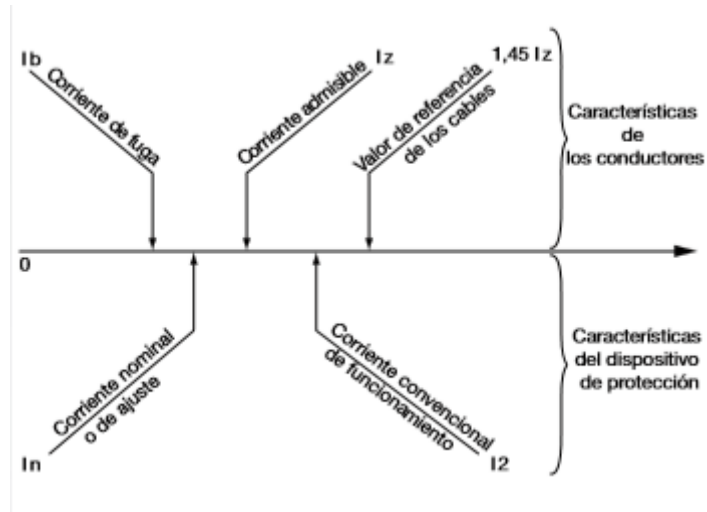


Figura 5.1 Intensidades que influyen en la elección de un fusible

Las protecciones irán situadas en el tramo 2, por lo que la intensidad máxima admisible del conductor será 34,2 A. La de empleo será la de cortocircuito.

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$9,2 A \leq I_n \leq 34,2 A$$

$$I_2 = 1,6 I_n \leq 1,45 \cdot 34,2$$

$$I_n \leq \frac{45,49}{1,6} = 31 A$$

Dentro del rango (9,2 – 34,2 A) y sabiendo que nunca llegará los 34,2 A porque las entradas admiten 10 y 18 A, se seleccionará un fusible de  $I_n = 10$  A de la marca *df Electric*. Son de clase gPV, específicos para fotovoltaica y de acuerdo a la nueva Norma IEC60269-6. Están contruidos con tubo cerámico de alta resistencia a la presión interna y a los choques térmicos lo que permite un alto poder de corte en un reducido espacio. Los contactos están realizados en cobre plateado y los elementos de fusión son de plata, lo que evita el envejecimiento y mantiene inalterables las características. Su poder de corte es de 30 kA, con lo cual se cumple la condición  $PdC \gg I_{ccmax}$  (9,2 A).

Como las dos ramas de paneles van a tener la misma sección y el mismo conductor, por comodidad los dos pares de fusibles de las dos ramas serán iguales, por lo tanto se alojarán 4 fusibles de 10 A en la caja (2 positivos y 2 negativos).

Escogiendo fusibles de 10 A se fuerza a que esta sea la máxima intensidad que tendría que soportar el cableado.

En cuanto al portafusibles, se elegirá de la misma marca, para cada polo y con indicador de fusión. Sus dimensiones se reflejan a continuación.

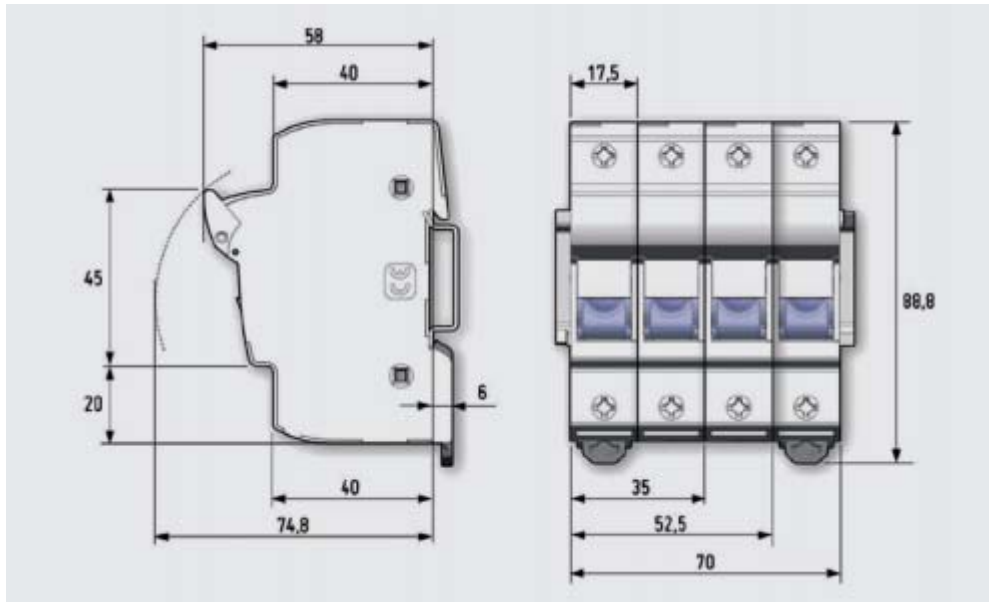


Figura 5.2 Ilustración del portafusible empleado

### 5.3.1.2 Interruptor-seccionador

Se requerirá un interruptor-seccionador para facilitar las funciones de mantenimiento en el generador fotovoltaico. Estos dispositivos son capaces de cerrar, interrumpir corrientes en condiciones nominales e incluso condiciones de sobrecarga en servicio, y condiciones de cortocircuito durante tiempos especificados por el fabricante. Debe observarse con claridad la posición de abierto y cerrado, así como evitar maniobras involuntarias a fin de garantizar la seguridad del operario y de la instalación.

Se elegirán dos seccionadores bipolares S5000 DC21B de la marca *Telergón*, porque tenemos que proteger las dos ramas.

- Su tensión de aislamiento es de 1000 V, mucho mayor que la  $U_{oc}$  máxima, que es de 781 V (22 paneles) y se considera como la tensión máxima de empleo.
- Intensidad de 13 A, mucho mayor que la  $I_{cc}$  (9,2 A).

- Están especialmente indicados para instalaciones generadoras de energía fotovoltaica, donde se requiera un seccionamiento seguro. El mando de accionamiento estándar se suministra con bloqueo por candado en posición “O” para operaciones de mantenimiento.

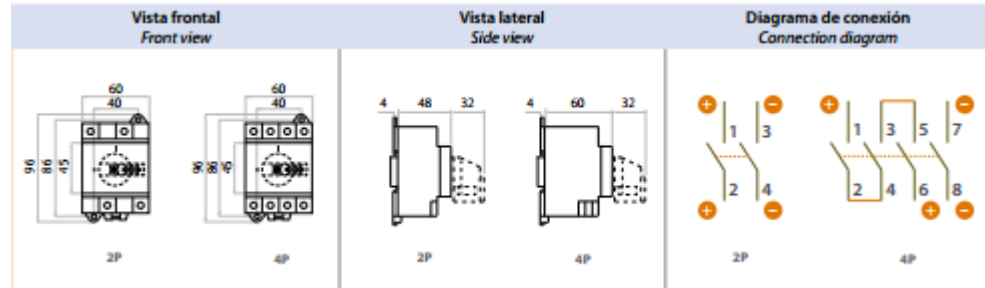


Figura 5.3 Representación del interruptor seccionador

### 5.3.2 Protecciones en corriente alterna

Todas estas protecciones irán alojadas en la caja de aparamenta de protecciones específica para corriente alterna.

#### 5.3.2.1 Interruptores automáticos

El interruptor automático o seccionador es la única aparamenta capaz de satisfacer simultáneamente todas las funciones básicas necesarias en una instalación eléctrica. Además, mediante unidades auxiliares, puede proporcionar otras muchas funciones, como por ejemplo señalización (abierto/cerrado, disparo por defecto), disparo por mínima tensión, etc. Debido a estas funciones, un interruptor automático/seccionador es un elemento básico en cualquier instalación eléctrica.

El más utilizado es el interruptor magnetotérmico, cuyo funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica en un circuito: el magnético y el térmico (efecto Joule). El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga. No se debe confundir con un interruptor diferencial o disyuntor.

La instalación de un interruptor automático en una instalación de baja tensión debe cumplir una de las dos condiciones siguientes:

- Tener una capacidad nominal de corte de cortocircuito  $I_{dC}$  igual o mayor que la corriente de cortocircuito prevista calculada para su punto de instalación (nuestro caso).
- Estar asociado a otro dispositivo situado aguas arriba que disponga de la capacidad de corte de cortocircuito necesaria.

Al igual que en los fusibles, para elegir el magnetotérmico se debe cumplir que:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$I_b$ : corriente de empleo del circuito

$I_z$ : corriente admisible del conductor (la máxima que soporta el cable, según norma)

$I_n$ : corriente nominal del interruptor (calibre)

Es decir, el calibre del magnetotérmico debe ser menor o igual que la máxima intensidad admisible por el conductor instalado con objeto de que al superarse esa intensidad, se interrumpa el circuito en un tiempo tal que no se dañe el conductor. Además, el calibre se escogerá de un valor superior a la corriente de empleo, que es la corriente que se consume en el circuito a proteger durante su funcionamiento normal, para que no se interrumpa el circuito durante dicho funcionamiento.

#### Procedimiento de cálculo

Dentro del interruptor, se seleccionará la curva B, que dispara instantáneamente cuando se alcanza entre 3 y 5 veces la intensidad nominal.

- La sección del cable en corriente alterna es de 10 mm<sup>2</sup>.
- La I max admisible por el cable (Iz) es 60 A (con el factor de corrección).
- La I de empleo del circuito (Ib) viene dado por el inversor, y será de 14,5 A.  
$$14,5 A \leq 40 A \leq 60 A$$

El interruptor elegido será el 5SL6 440-6 de la *Siemens*, con una In= 40 A, 3 polos más neutro y una U asignada de empleo en alterna de 400 V.

#### **5.3.2.2 Interruptor diferencial**

Un interruptor diferencial es un interruptor automático que evita el paso de corriente de intensidad peligrosa por el cuerpo humano. La peligrosidad de los efectos que se pueden producir depende de la intensidad de la corriente y de su duración. Los diferenciales se basan en una característica de los circuitos bifásicos o trifásicos, en los que la suma de las intensidades debe ser cero cuando no existen fugas. Cuando por algún motivo la suma de intensidades no es cero, en la bobina auxiliar aparece una tensión que aplicada a una pequeña bobina, acciona un pivote que a su vez acciona el dispositivo mecánico que abre los contactos principales del circuito. Según sea el valor de la intensidad de desequilibrio que acciona el diferencial, así se definirá su sensibilidad.

Según la norma ITC-BT-25 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, los interruptores diferenciales deben poseer una intensidad diferencial-residual máxima de 30mA para aplicaciones domésticas y 300mA para otras aplicaciones. En este caso se optará por uno de 300 mA, el 5SM2 632-6 de *Siemens*, con In=40 A y que irá acoplado al interruptor magnetotérmico. Irá alojado en la caja de protección de corriente alterna.

#### **5.3.2.3 Elemento de corte general**

Es un magnetotérmico que deberá ser accesible para la empresa distribuidora, por lo que irá alojado en el armario de la compañía. Su intensidad de cortocircuito tendrá que ser mayor que la facilitada por la compañía en el punto de acceso a la red concedido. Se optará por un PIA con poder de corte de 25 kA de *Siemens*. El modelo es el 5SY8 640-7, con 3P+N, In=40 A y U asignada de 400 V.

## 6 Cálculos estructurales

### 6.1 Cálculo del peso de la estructura soporte

La estructura que va a soportar los módulos fotovoltaicos debe resistir las sobrecargas de viento y nieve, tal como indica el DB SE-A del CTE.

#### 6.1.1 Acciones de cálculo

- Cargas fijas: peso propio de los materiales que forman la estructura y peso de materiales que soportan éstas.
- Cargas de viento: cargas de presión y succión producidas por la fuerza del viento perpendicular a la superficie vertical, determinada por la situación topográfica y características de la estructura. En este caso se considera la estructura como una marquesina a un agua.
- Cargas de nieve: es la carga producida por la nieve, determinada por la situación topográfica de la estructura.

#### 6.1.2 Acciones permanentes

Será la suma de la carga de los paneles y de la estructura soporte.

##### 6.1.2.1 Carga permanente

La carga permanente estará compuesta por 44 módulos Trina Solar de 265 Wp, siendo el peso de cada módulo de 18,5 kg.

$$\text{Área} = 8 \text{ paneles} \cdot 1,65 \cdot \text{Cos}36^\circ = 10,67 \text{ m}^2$$

##### 6.1.2.2 Peso propio de los elementos estructurales

Los perfiles que conforman la estructura soporte son los siguientes:

Tabla 6.1 Perfiles de la estructura soporte

	Perfil	Peso por unidad (kg)	Longitud (m)	Unidades	Peso total (kg)
1	KHU60-12F	4,2	1200	3	12,6
2	KDU60-06F	2,8	600	3	8,4
3	KHA41-11F	2,9	1100	3	8,7
4	KHA41F	0,3	80	2	48
5	BGUDWF	1,4		3	4,2
6	BL5F	0,2		3	0,6
					82,5

Tabla 6.2 Características físicas de cada rack

Características físicas de cada rack	
Filas de paneles	1
Inclinación	36°
Dimensiones	8x1650x812x35 mm
Distancia entre triángulos	1500 mm

La suma del peso de los paneles que irían alojados en un rack más el peso de la propia estructura dará lugar al peso propio:

$$(18,5kg \cdot 8\text{paneles}) + 82,5kg = 230,5 kg$$

$$\frac{230,5}{10,67} \cdot \frac{9,81}{1000} = 0,2119 \frac{kN}{m^2} \text{ de peso propio}$$

## 6.2 Acciones variables

### 6.2.1 Sobrecargas de viento

La acción de viento, en general una fuerza de presión o de succión perpendicular a la superficie de cada punto expuesto,  $q_e$  puede expresarse según el CTE SE-AE como:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

Siendo:

$q_b$  la presión dinámica del viento. De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse 0,5 kN/m<sup>2</sup>.

$c_e$  el coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción. Se determina de acuerdo con lo establecido en 3.3.3., estableciéndose un valor de 1,7 por estar en zona urbana a una altura aproximada de 9 metros.

$c_p$  el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión.

#### 6.2.1.1 Presión dinámica

El valor de la presión dinámica del viento puede obtenerse con la expresión:

$$q_v = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2$$

Considerando como densidad del aire  $\delta = 1,25 \text{ kg/m}^3$ . El valor básico de la velocidad del viento  $v_b$  en cada localidad puede obtenerse del mapa de la figura siguiente. El de la presión dinámica es, respectivamente de 0,42 kN/m<sup>2</sup>, 0,45 kN/m<sup>2</sup> y 0,52 kN/m<sup>2</sup> para las zonas A, B y C de dicho mapa.

$$q_b = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 27^2 = 0,45 \text{ kN/m}^2$$



Figura 6.1 Valores básicos de la velocidad del viento

6.2.1.2 Coeficiente de exposición

El coeficiente de exposición tiene en cuenta los efectos de las turbulencias originadas por el relieve y la topografía del terreno. Su valor se puede tomar de la tabla siguiente, siendo la altura del punto considerado la medida respecto a la rasante media de la fachada a barlovento.

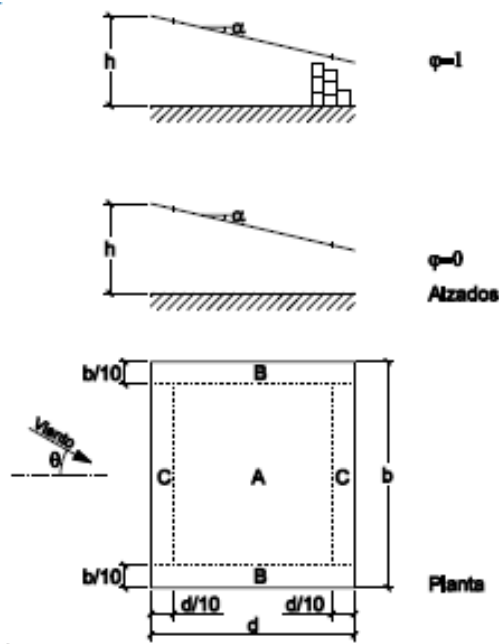
Se tomará la categoría 4, y una altura de 9 m, por lo que  $ce = 1,7$

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Tabla 6.3 Grados de aspereza del entorno

6.2.1.3 Coeficiente eólico o de presión

Los paneles están colocados con una inclinación de 36°, con un factor de obstrucción de 1, ya que el viento sale por los laterales y la parte inferior entre los módulos y el suelo. Por lo tanto se cogerá como coeficiente de presión 1,5 ya que 30° es el que más se aproxima.



Pendiente de la cubierta $\alpha$	Efecto del viento hacia	Factor de obstrucción $\varphi$	Coeficientes de presión exterior		
			$C_{pe,10}$		
			Zona (según figura)		
			A	B	C
0°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,5	1,8	1,1
	Arriba	0	-0,6	-1,3	-1,4
	Arriba	1	-1,5	-1,8	-2,2
5°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,8	2,1	1,3
	Arriba	0	-1,1	-1,7	-1,8
	Arriba	1	-1,6	-2,2	-2,5
10°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,2	2,4	1,6
	Arriba	0	-1,5	-2,0	-2,1
	Arriba	1	-2,1	-2,6	-2,7
15°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,4	2,7	1,8
	Arriba	0	-1,8	-2,4	-2,5
	Arriba	1	-1,6	-2,9	-3,0
20°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,7	2,9	2,1
	Arriba	0	-2,2	-2,8	-2,9
	Arriba	1	-1,6	-2,9	-3,0
25°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	2,0	3,1	2,3
	Arriba	0	-2,6	-3,2	-3,2
	Arriba	1	-1,5	-2,5	-2,8
30°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	2,2	3,2	2,4
	Arriba	0	-3,0	-3,8	-3,6
	Arriba	1	-1,5	-2,2	-2,7

Tabla 6.4 Coeficientes de presión

Por lo tanto, la acción del viento será:

$$q_e = 0,45 \cdot 1,7 \cdot 1,5 = 1,14 \text{ kN/m}^2$$



### 6.2.2 Sobrecargas de nieve

Según el CTE DB SE-AE, la fórmula para determinar la carga de nieve es:

$$qn = \mu \cdot sk$$

Siendo:

$\mu$  coeficiente de forma de la cubierta. Tiene el valor de 0,5, ya que la inclinación del panel está entre 30 y 60 °.

$sk$  el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal. Tomará el valor de 1,2 kN/m<sup>2</sup> para la ciudad de León.

$$qn = 0,5 \cdot 1,2 = 0,6 \text{ kN/m}^2$$

## 6.3 Fuerzas soportadas por la estructura soporte

Ahora, la estructura tiene que ser capaz de soportar los esfuerzos que pueden actuar sobre ella. De todas las acciones, la única que se opone a que se mantenga sobre la cubierta es la acción del viento, que es lo que se pretende contrarrestar. Se barajan las siguientes opciones para fijar la estructura a la cubierta:

- Sistema de pesos, mediante bandejas de grava.
- Sujeción con taco químico y varilla roscada inoxidable M8 o con tacos de nylon en su defecto.

En caso de elegir el sistema de pesos, la fuerza de la grava más la estructura de soporte más la bandeja donde se deposite la grava tendrá que ser superior a la que ejerza el viento en el peor de los casos.

### 6.3.1 Peso propio estructura

Al peso de los perfiles de la estructura se le añadirá el de las bandejas que albergarán la grava. Estas bandejas son de tipo portacables SKS de la casa OBBO BETTERMANN de 3000x550x110 con un peso de 804.700 kg/100 metros. Con 6 metros de bandeja estas pesarán 48,282 kg.

$$82,5 + 48,28 = 130,78 \text{ kg de peso propio (estructura + bandejas)}$$

### 6.3.2 Acción del viento

Los módulos estarán orientados hacia el sur, por lo que los vientos que mayor carga ofrecerán sobre los apoyos serán los procedentes del norte, generando una fuerza sobre la estructura. En su camino, el viento encontrara una superficie obstáculo de altura definida por las dimensiones de los paneles solares y la inclinación a la que se encuentran. Cuanta mayor sea la inclinación de los paneles solares, mayor será la superficie obstáculo para el viento y por tanto, mayor será la carga que ejerza el viento sobre la estructura

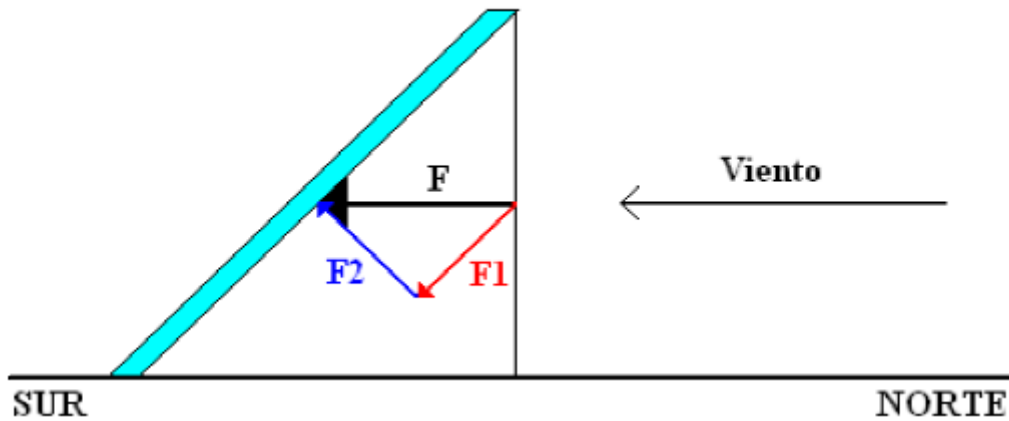


Figura 6.2 Diagrama de fuerzas sobre la estructura

Siendo la acción del viento:

$$q_e = 1,14 \text{ kN/m}^2$$

Y siendo superficie de los módulos de  $8,2 \times 1,65 = 13,53 \text{ m}^2$ , multiplicando por la acción del viento, la fuerza total será de 15,42 kN.

### 6.3.3 Sobrecarga necesaria

Este valor tendrá dos componentes; una en el eje Y y perpendicular al suelo de la cubierta que intentara levantar la estructura y otra en el eje X que intentara desplazarla horizontalmente. El contrapeso que se coloque tendrá que ser el suficiente para contrarrestar esta acción.

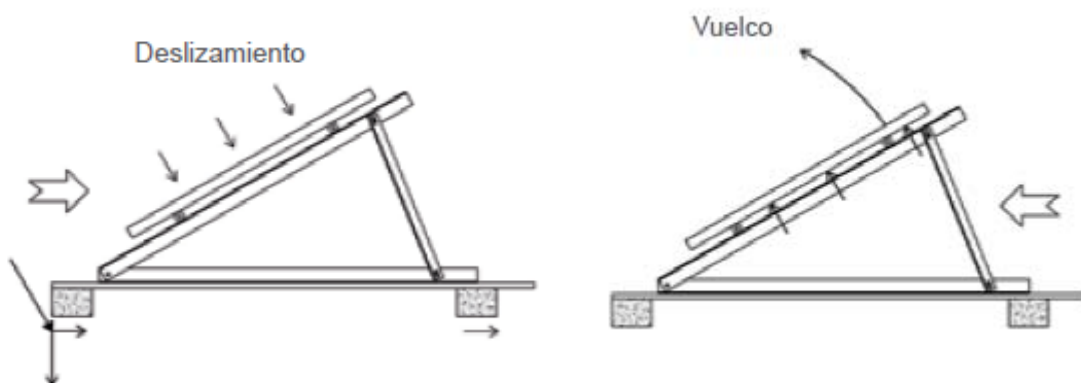


Figura 6.3 Comportamiento de la estructura según la dirección del viento

#### 6.3.3.1 Fuerza vertical

$$F_y = F \cdot \sin(36^\circ) = 15,42 \text{ kN} \cdot \sin(36^\circ) = 9,06 \text{ kN}$$

$$9,06 \text{ kN} \equiv 9,06 \text{ kN} \cdot \frac{1000 \text{ N}}{\text{kN}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{9,81 \text{ N}} \equiv 923,92 \text{ kg}$$

Restándole a 923,92 el peso propio de la estructura (130,78 kg), nos dará el peso que tiene que aportar la sobrecarga, en este caso la grava.

$$923,92 - 130,78 = 793,14 \text{ kg}$$

La densidad de la grava es 20 kN/m<sup>3</sup>, obtenido del CTE, que será 2038 kg/m<sup>3</sup>.

Así pues necesitaremos:

$$\frac{793,14 \text{ kg}}{2038 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,39 \text{ m}^3 \text{ de grava.}$$

Siendo la capacidad de las bandejas de 0,363 m<sup>3</sup>

### 6.3.3.2 Fuerza horizontal

$$F_x = F \cdot \cos(36^\circ) = 15,42 \text{ kN} \cdot \cos(36^\circ) = 12,48 \text{ kN}$$

$$12,48 \text{ kN} \equiv 12,48 \text{ kN} \cdot \frac{1000 \text{ N}}{\text{kN}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{9,81 \text{ N}} \equiv 1271,67 \text{ kg}$$

El coeficiente de rozamiento estático entre el geotextil en el que se apoya la estructura y el acero de la propia estructura es 0,22.

$$12,48 \text{ kN} \cdot 0,22 = 2,75 \text{ kN}$$

$$2,75 \text{ kN} \equiv 2,75 \text{ kN} \cdot \frac{1000 \text{ N}}{\text{kN}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{9,81 \text{ N}} \equiv 279,88 \text{ kg}$$

El peso de la grava más el de la estructura multiplicado por el coeficiente de rozamiento estático tendrá que ser mayor que la fuerza del viento. Sería suficiente con el peso de la estructura para vencer el empuje del viento.

En resumen, se colocarán como mínimo 793,14 kg de grava como mínimo. Para su contención en las bandejas se utilizarán elementos de finalización de la propia marca. En caso de no haber grava suficiente se utilizarían bloques de hormigón.

## Anexo 4: Estudio de viabilidad económica

### 1 Introducción

En un proyecto técnico es fundamental contar con un correcto estudio de viabilidad económica para determinar la conveniencia de efectuar una inversión, simular su comportamiento y de esta forma estar preparado para evitar o limitar posibles perjuicios económicos.

Para ellos se realizará una previsión de la cuenta de resultados de la instalación durante los 25 años de vida útil estimada, se simula el flujo de caja anual y se estimarán los parámetros VAN, TIR y PR, indicadores utilizados habitualmente para el análisis de viabilidad de inversiones.

Dentro del estudio económico no se contemplará el IVA soportado por el inversor, quién deberá regular su situación con la Agencia Tributaria a este respecto, trimestral y anualmente, dependiendo de sus rendimientos y actividades económicas.

### 2 Consideraciones previas

En el presente estudio se tomarán las siguientes consideraciones.

Se tomará como producción de energía el dato obtenido mediante PVGIS, que será de 15000 kWh anuales.

Se tendrá en cuenta que la Universidad de León compra la energía en alta tensión con 3 periodos tarifarios. Las tarifas eléctricas que ofrecen 3 periodos horarios, en los que se tarifica la energía a diferentes precios, no son habituales en suministros domésticos, ya que son aquellos que son en alta tensión, con potencias contratadas inferiores o iguales a 450 kW en alguno de los periodos, es decir, tarifas de acceso 3.1.

Esta tarifa tiene diferentes precios de la energía según sea la hora a la que se consume, es decir, cuenta con contadores de electricidad para cada uno de los periodos, con lo que en la factura de luz vendrá reflejada la energía en cada uno de los periodos con su precio por periodo correspondiente, siendo el P1 el periodo más caro y el P3 el más barato.

Los precios y franjas horarias de los periodos en la península son:

Tabla 2.1 Precios de la tarifa de acceso 3.1 desde el 1 de febrero de 2014

TARIFA 3.1	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
TÉRMINO DE POTENCIA (€/kW y año)	59,173468	36,490689	8,367731
TÉRMINO DE ENERGIA (€/kWh)	0,014335	0,012754	0,007805

Para realizar los cálculos se hará una media entre los tres periodos para obtener el precio del kWh.

### 3 Parámetros utilizados en el análisis económico

#### 3.1 Cuenta de resultados

La cuenta de resultados es aquella que recoge las diferencias surgidas en el transcurso de un periodo contable entre los flujos de ingresos y gastos, imputables al mismo periodo. Resume las operaciones de la empresa en el período acotado, generalmente se toma el año como periodo de estudio.

$$BDI = I - G - A - INT - IMP$$

(Beneficios después de Impuestos = Ingresos – Gastos – Amortizaciones - Intereses – Impuestos).

- En el apartado de ingresos tenemos que tener en cuenta un posible incremento anual de la tarifa eléctrica de referencia.
- En el apartado de gastos se reflejarán los costes de operación y mantenimiento anuales, incluyendo el contrato de mantenimiento suscrito con el contratista y el desembolso anual de la prima del seguro de la instalación.
- En el apartado de amortizaciones se refleja la amortización anual de la inversión.
- En el apartado de intereses se deducen unos desembolsos anuales en concepto de interés del préstamo financiero suscrito, según la tabla de amortización del préstamo.
- Del apartado de Impuestos se deduce el pago del Impuesto de Sociedades, supone un 30% de los beneficios anuales.

#### 3.2 Valor Actual Neto (VAN)

El valor actual neto trata de medir si el proyecto de inversión de una empresa aumenta o disminuye el valor de la misma. Por lo general, hablamos de proyectos a largo plazo, de más de dos años, aunque también es aplicable a proyectos de inversión de duración más corta. La fórmula para calcularlo es la siguiente:

$$VAN = -Inversión + \sum_{i=0}^n \frac{FC_n}{(1+r)^n}$$

Donde:

- FC= Flujo de Caja de cada año
- r= Tasa de descuento
- n= Años

Para calcularlo, se tendrá que estimar los flujos de caja anual, o la diferencia entre ingresos y gastos netos que le reportará la inversión cada año, y sumarlos para conocer cuáles el flujo de caja total. Finalmente, le restamos el coste de llevar a cabo la inversión para conocer si esa inversión es rentable.

Pero los costes de adquisición de los activos para llevar a cabo la inversión no son los únicos. En el mundo empresarial, existe otro tipo de coste que no se suele tener en cuenta, pero que en realidad tendría que contabilizarse como un coste más; es el coste de oportunidad, o bien el valor de la mejor opción no realizada.

Y es que si nuestro dinero lo utilizamos en un proyecto de inversión, ya no podremos invertirlo, por ejemplo, en un producto de renta fija al 3%, con menos riesgo. Y esto se debe tener en cuenta en el cálculo, ya que para ejecutar el proyecto de inversión tendremos que exigir una rentabilidad de, al menos, la rentabilidad que nos proporciona la inversión en un producto seguro. Es lo que se llama tasa de descuento  $k$ , que tendrá que ser actualizada cada año  $t$ .

Si el VAN es mayor que cero, el proyecto será rentable y por tanto se llevará a cabo; en cambio, si el VAN es negativo, ejecutar ese proyecto supondrá pérdidas para la empresa, y por tanto no se ejecutará. En caso de ser cero, la rentabilidad de la inversión se corresponde con la rentabilidad mínima exigida, y por tanto es indiferente elegir la inversión o un producto de bajo riesgo con esa rentabilidad. Es lo que se llama Tasa Interna de Retorno (TIR).

### 3.3 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se define la Tasa Interna de Retorno como la tasa de descuento o tipo de interés que iguala el VAN a cero.

Para la realización de este cálculo se evalúa con procesos iterativos o ayudados de software de cálculo matemático. Se considera que si el TIR es superior a la tasa de descuento aplicada, el proyecto será rentable.

### 3.4 Flujo de Caja

También denominado “Cash-Flow” se trata de una estimación anual del saldo neto del efectivo de la empresa, desglosando la diferencia entre los ingresos de las ventas previstas y los pagos mensuales previstos.

A diferencia de la Cuenta de Resultados, este análisis no incorpora elementos contables, representa las entradas o salidas netas de dinero anuales. Su principal utilidad radica en la previsión de los momentos de necesidad de aportar capital, y en cuales, se producirán ingresos debido a la actividad productiva. Se emplea, asimismo para el cálculo del VAN, TIR o PR.

### 3.5 Periodo de retorno

Se conoce como el periodo de tiempo en que la inversión inicial retorna gracias a los flujos de caja generados por el proyecto. Esto se produce en el año en que los flujos de caja acumulados superan la inversión inicial.

## 4 Cálculos financieros

Sabiendo la potencia nominal de la instalación y el beneficio que puede aportar anualmente, se procede a calcular el periodo de recuperación y las características económicas de la inversión.

Tabla 4.1 Resumen de los cálculos financieros

Parámetro	Valor	Unidad
Presupuesto total	43698,15	€
Producción anual estimada	15.000	kWh
Precio compra energía	0,00927	€/kWh
Ahorro anual	1.350	€
Ahorro en 25 años	33750	€

Se puede observar que en 25 años no se amortizaría el presupuesto total de la instalación fotovoltaica, suponiendo que el ahorro anual es constante en el tiempo, es decir, que el precio del kilovatio al que se compra la energía no varíe en ese tiempo.

Si se tuvieran los datos del consumo energético del edificio se podría saber el porcentaje exacto de energía que la Escuela se ahorra con el autoconsumo de la instalación.

Con una hoja de Excel se dedujo tanto el VAN como el TIR y, suponiendo una tasa de descuento del 2% se obtuvo un valor de VAN muy negativo, por lo que realmente no sería viable el proyecto.

Cabe destacar que la finalidad del proyecto es más bien académica, obviamente se busca un ahorro mediante el autoconsumo, pero para la Escuela es una forma de promocionar el desarrollo de la energía solar fotovoltaica.



# PLANOS

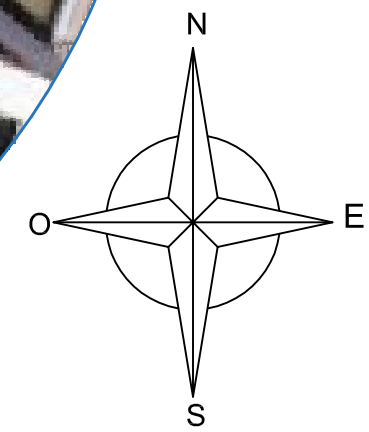
PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 10 kW  
CONECTADA A RED EN DIFERENTES REGÍMENES DE  
FUNCIONAMIENTO EN LA CUBIERTA DE LA E.S.T.I.M. DE LEÓN

Autora: Paula Álvarez González

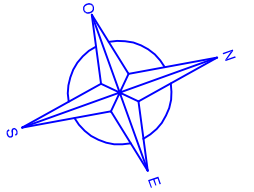


## ÍNDICE DE PLANOS

1. Situación y emplazamiento de la instalación
2. Situación de las cubiertas de la E.S.T.I.M.
3. Instalación en la cubierta
4. Conexionado de los módulos
5. Esquema unifilar
6. Estructura soporte metálica para módulos
7. Escalera exterior de 1 tramo
8. Escalera interior de 2 tramos





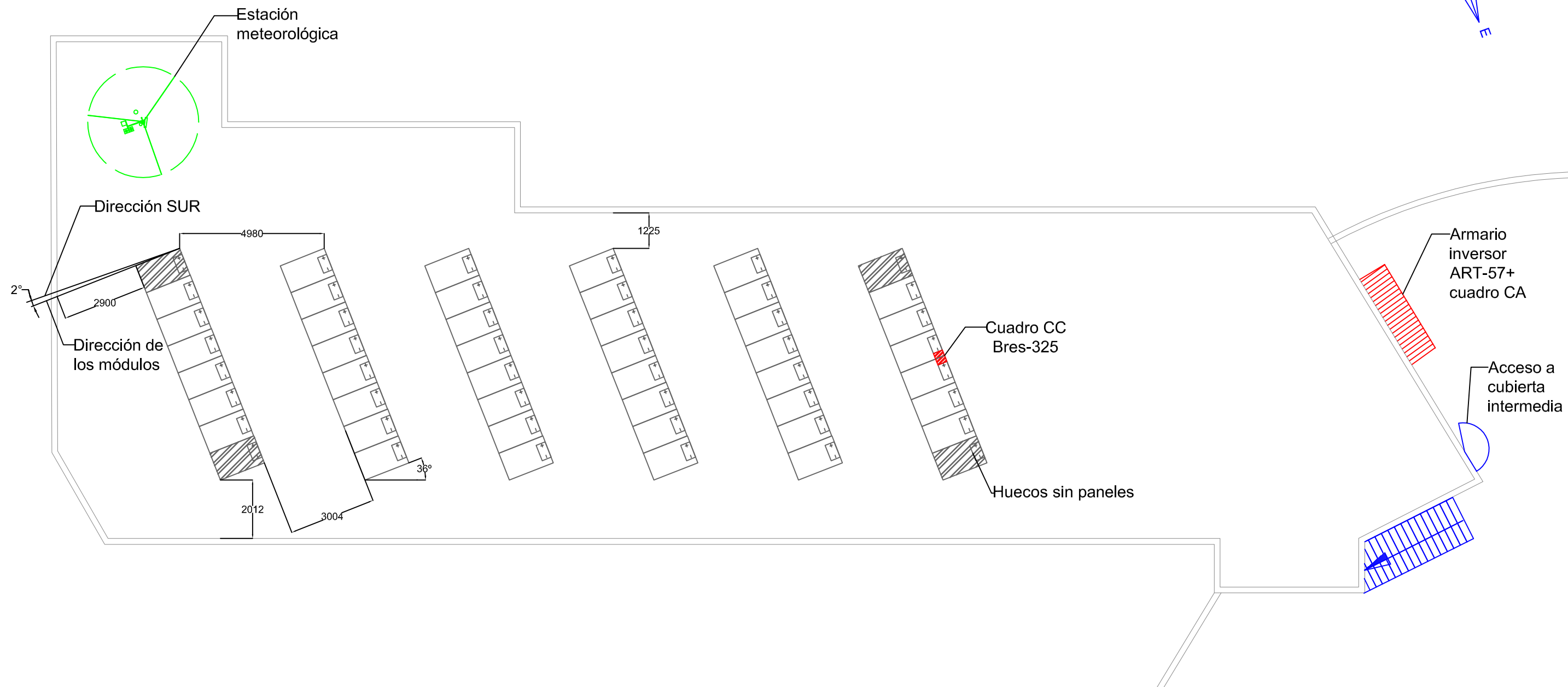
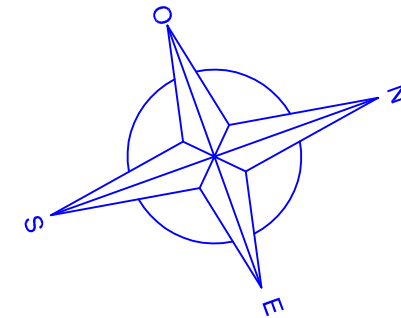
 <b>UNIVERSIDAD DE LEÓN</b> 	
<b>ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS</b>	
<b>GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA</b>	
PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 10 kW CONECTADA A RED EN DIFERENTES REGÍMENES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CUBIERTA DE LA E.S.T.I.M. DE LEÓN	
PLANO DE	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
ESCALA	VARIAS
FECHA	JULIO 2015
Fdo.:...PAULA ÁLVAREZ GONZÁLEZ.....	
PLANO Nº	
<b>1</b>	





748,43 m<sup>2</sup>



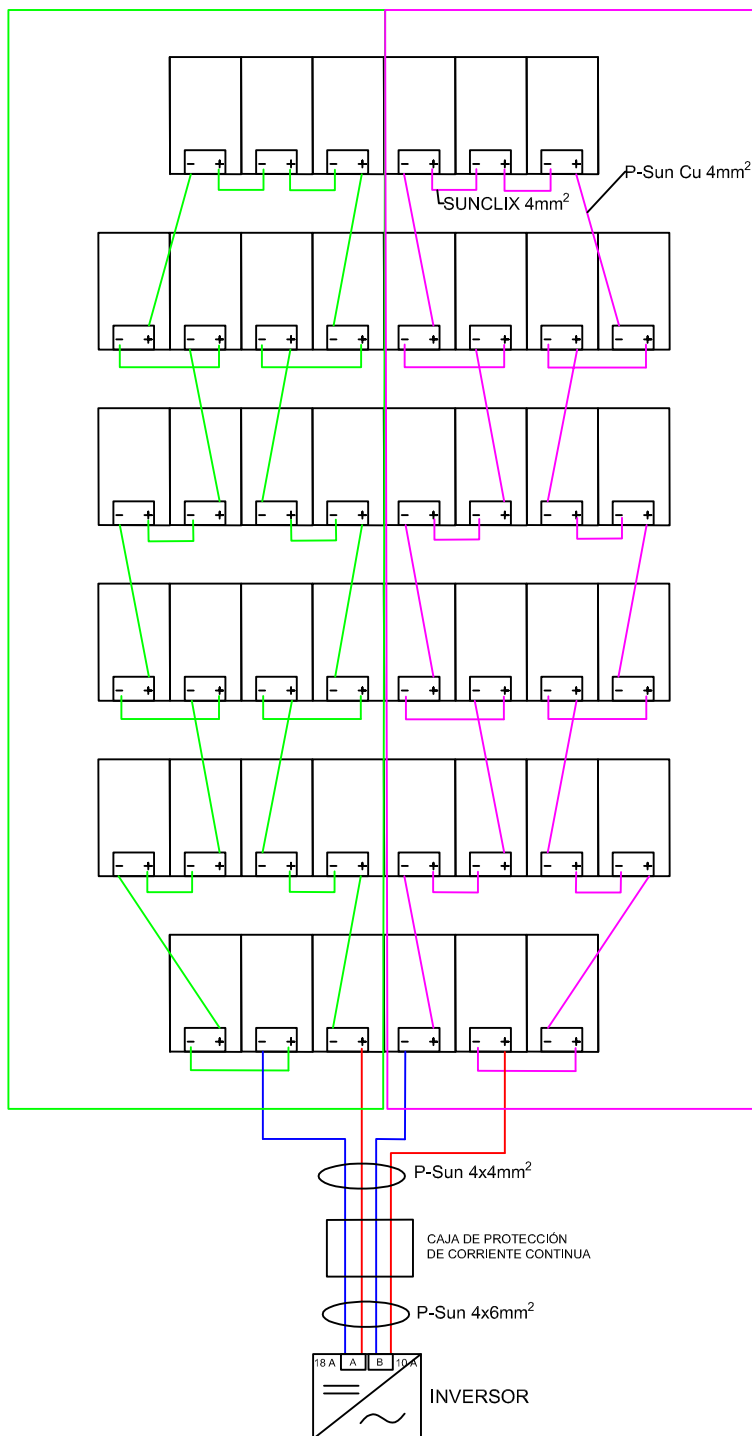
	<b>UNIVERSIDAD DE LEÓN</b>		
<b>ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS</b>			
GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA			
PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 10 KW CONECTADA A RED EN DIFERENTES REGÍMENES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CUBIERTA DE LA E.S.T.I.M. DE LEÓN			
PLANO DE	CUBIERTAS DE LA E.S.T.I.M. DE LEÓN		
ESCALA	1:250		PLANO Nº
FECHA	JULIO 2015	Fdo.:...PAULA ÁLVAREZ GONZÁLEZ.....	<b>2</b>



 <b>UNIVERSIDAD DE LEÓN</b> 	
<b>ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS</b>	
<b>GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA</b>	
PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 10 KW CONECTADA A RED EN DIFERENTES REGÍMENES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CUBIERTA DE LA E.S.T.I.M. DE LEÓN	
PLANO DE	SITUACIÓN DE LA INSTALACIÓN EN LA CUBIERTA
ESCALA	1:75
FECHA	JULIO 2015
Fdo.:...PAULA ÁLVAREZ GONZÁLEZ.....	
PLANO Nº	
<b>3</b>	

Serie 1

Serie 2



**UNIVERSIDAD DE LEÓN**  
**ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS**



**GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA**

PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 10 kW CONECTADA EN DIFERENTES  
 RÉGIMENES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CUBIERTA DE LA E.S.T.I.M. DE LEÓN

PLANO DE ESQUEMA DE CONEXIONADO DE MÓDULOS

ESCALA S.E.

PLANO Nº

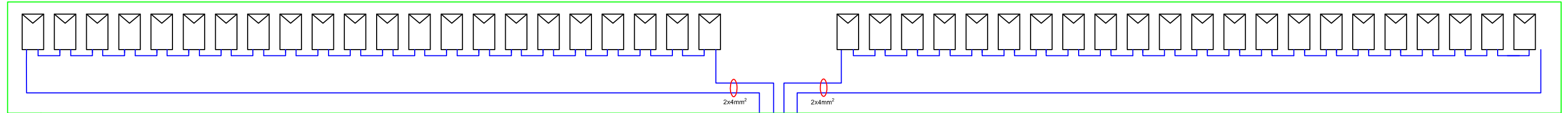
FECHA JULIO 2015

Fdo.: PAULA ÁLVAREZ GONZÁLEZ.....

**4**

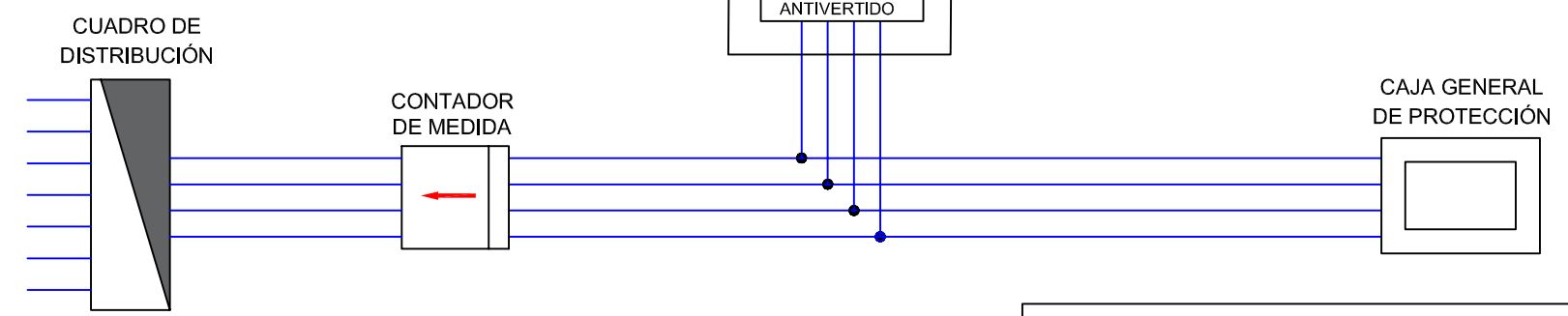
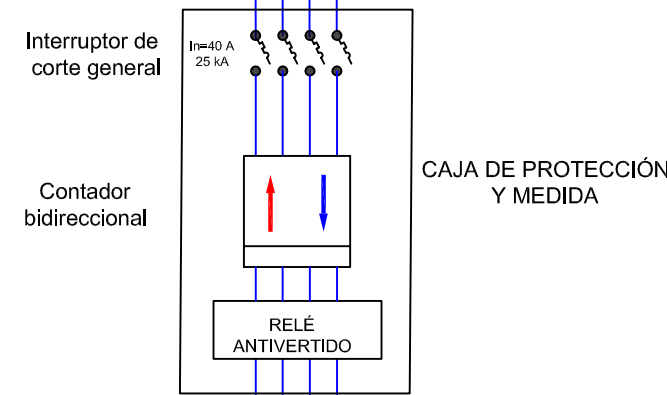
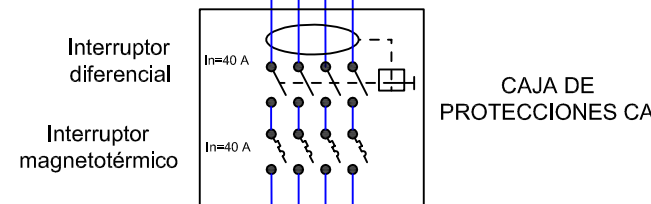
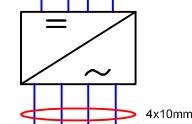
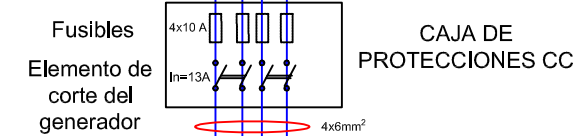
SERIE DE 22 PANELES

SERIE DE 22 PANELES

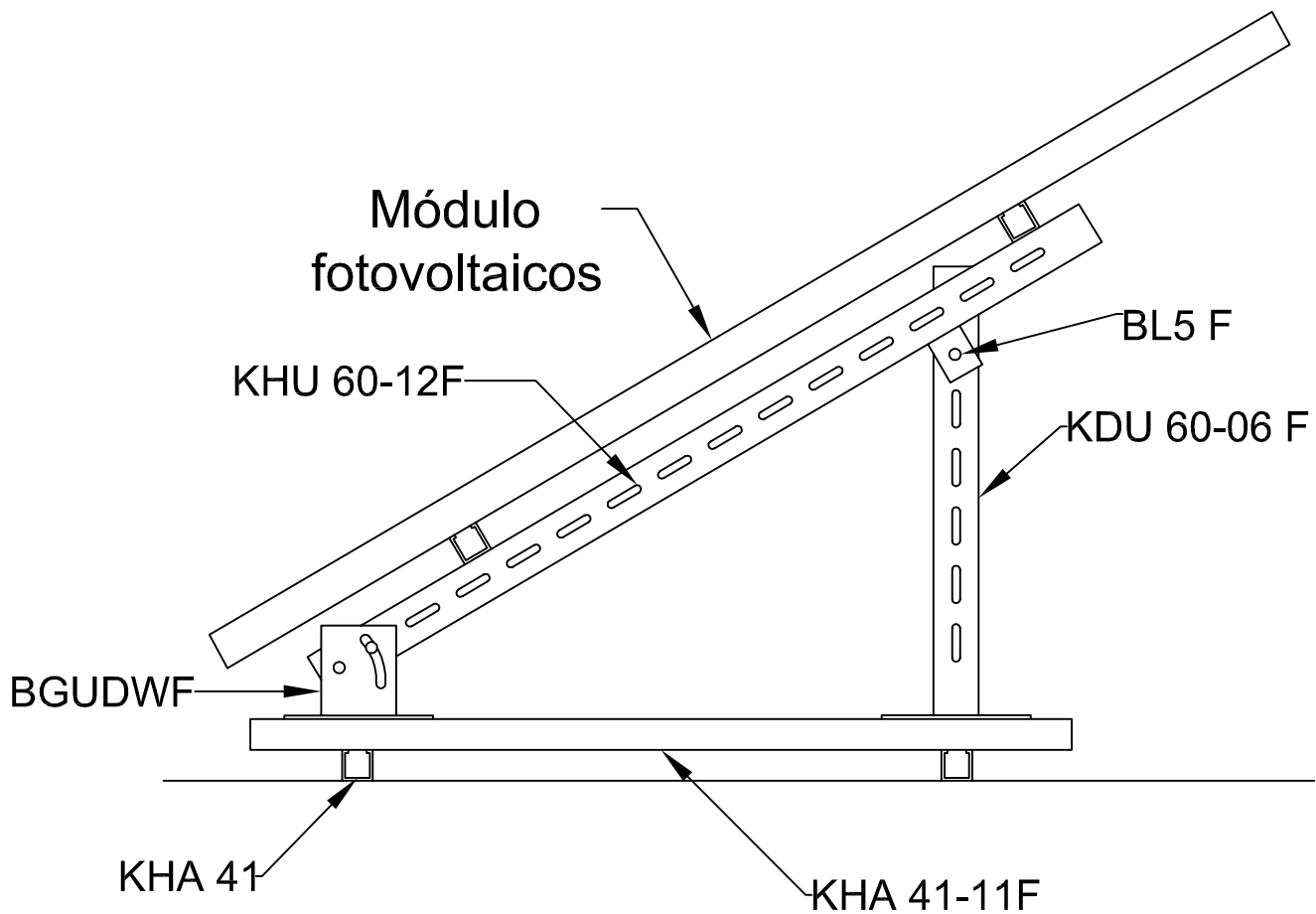


El inversor cumplirá con los requisitos respecto a la conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión requeridos en el RD 1699/2011, en cuanto a:

- 1) Relé de máxima y mínima frecuencia: conectado entre fases y ajustado en 50 y 48 Hz con una temporización máxima de 0,5 y 3 s respectivamente.
- 2) Relé de máxima y mínima tensión: conectado entre fases y ajustado a 1,1Un y 1,15Un con una temporización máxima de 1,5 y 0,2 s respectivamente.



<b>UNIVERSIDAD DE LEÓN</b>	
<b>ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS</b>	
GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA	
PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 10 kW CONECTADA A RED EN DIFERENTES REGÍMENES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CUBIERTA DE LA E.S.T.I.M. DE LEÓN	
PLANO DE	ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN
ESCALA	S. E.
FECHA	JULIO 2015
Fdo.: PAULA ÁLVAREZ GONZÁLEZ.....	
<b>PLANO Nº</b> <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">5</span>	



**UNIVERSIDAD DE LEÓN**  
**ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS**



**GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA**

PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 10 kW CONECTADA EN DIFERENTES  
 REGÍMENES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CUBIERTA DE LA E.S.T.I.M. DE LEÓN

PLANO DE      ESTRUCTURA SOPORTE FIJA PARA MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

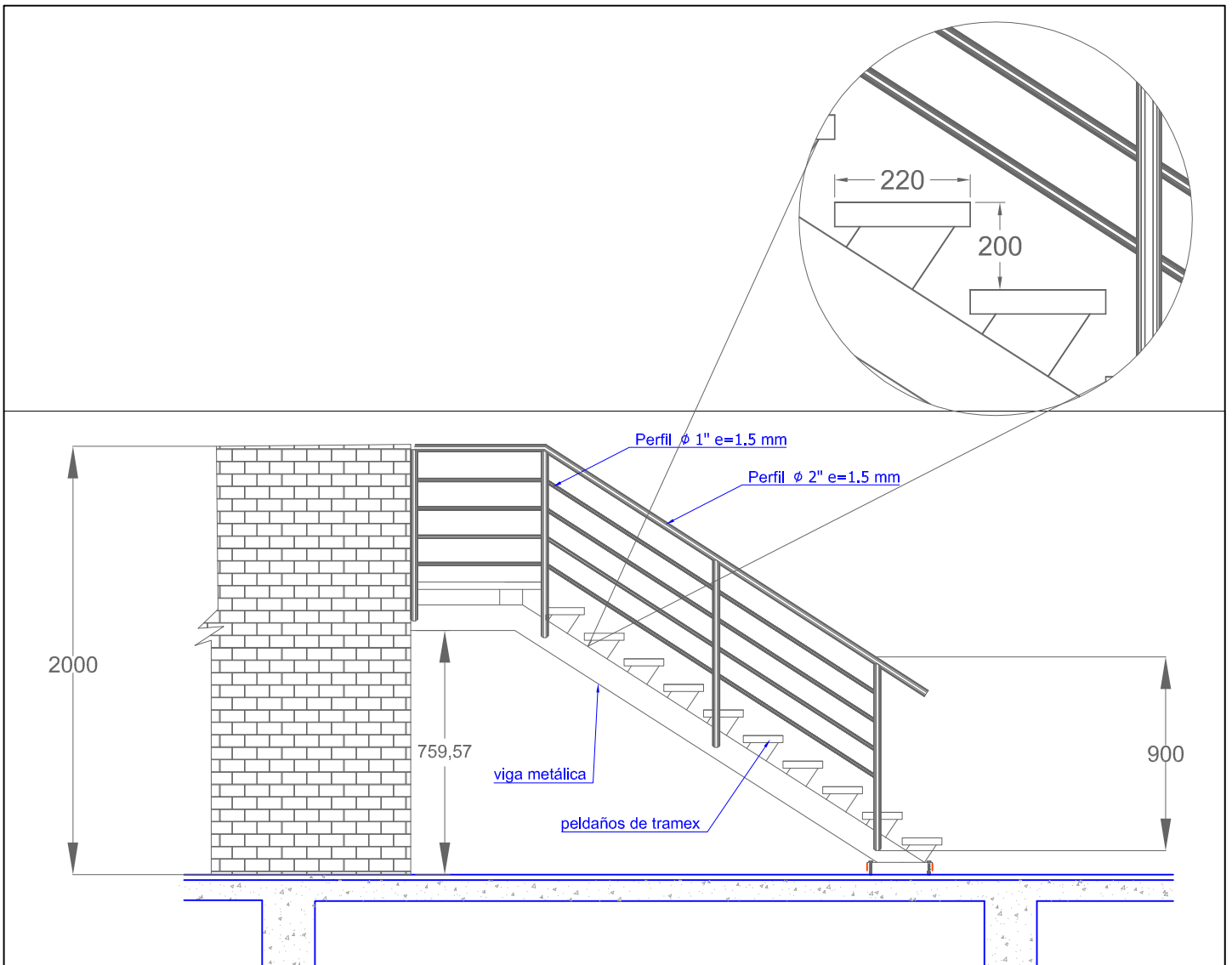
ESCALA      1:10

FECHA      JULIO 2015

Fdo.: PAULA ÁLVAREZ GONZÁLEZ.....

PLANO Nº

**6**



**UNIVERSIDAD DE LEÓN**  
**ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS**

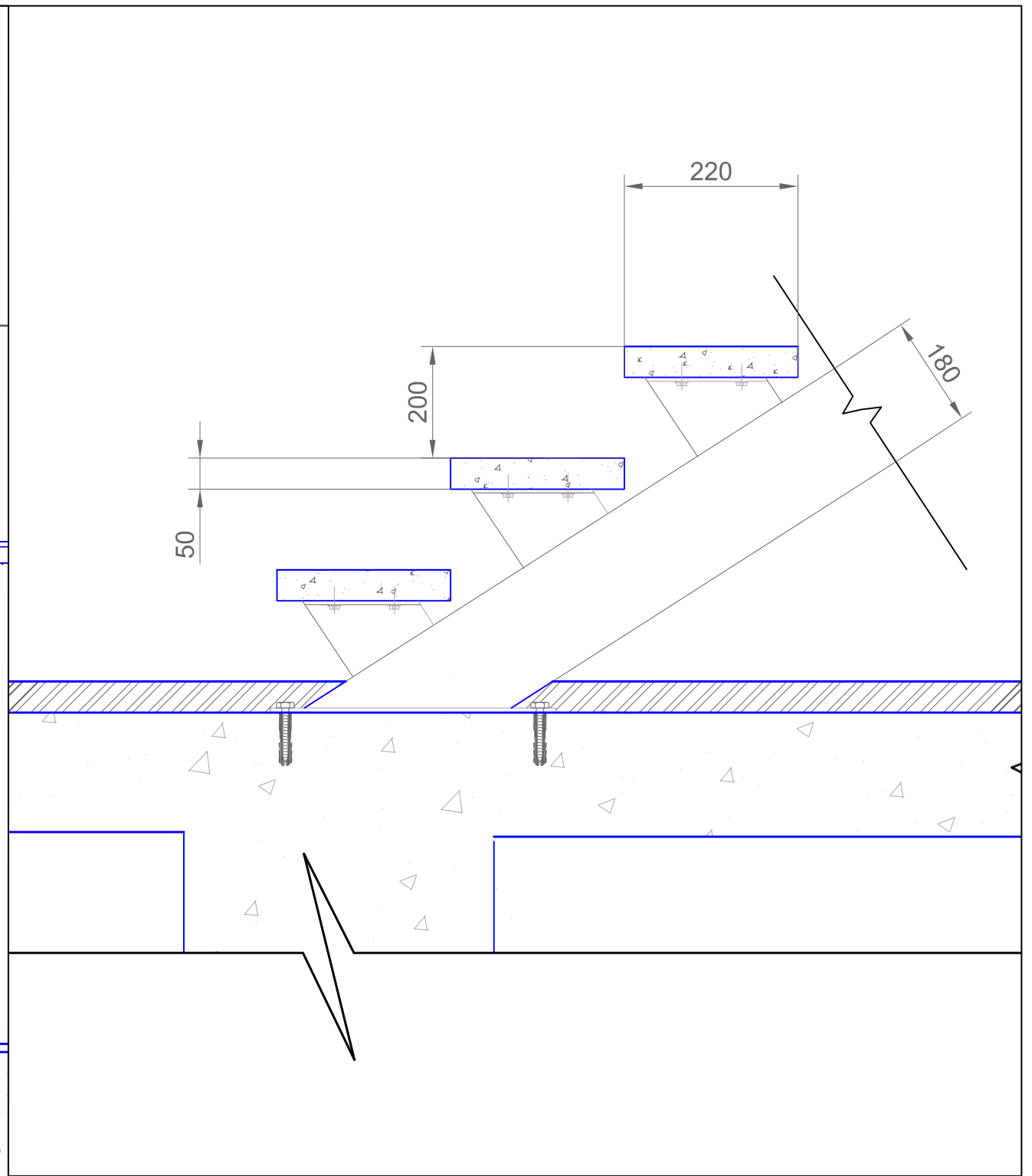
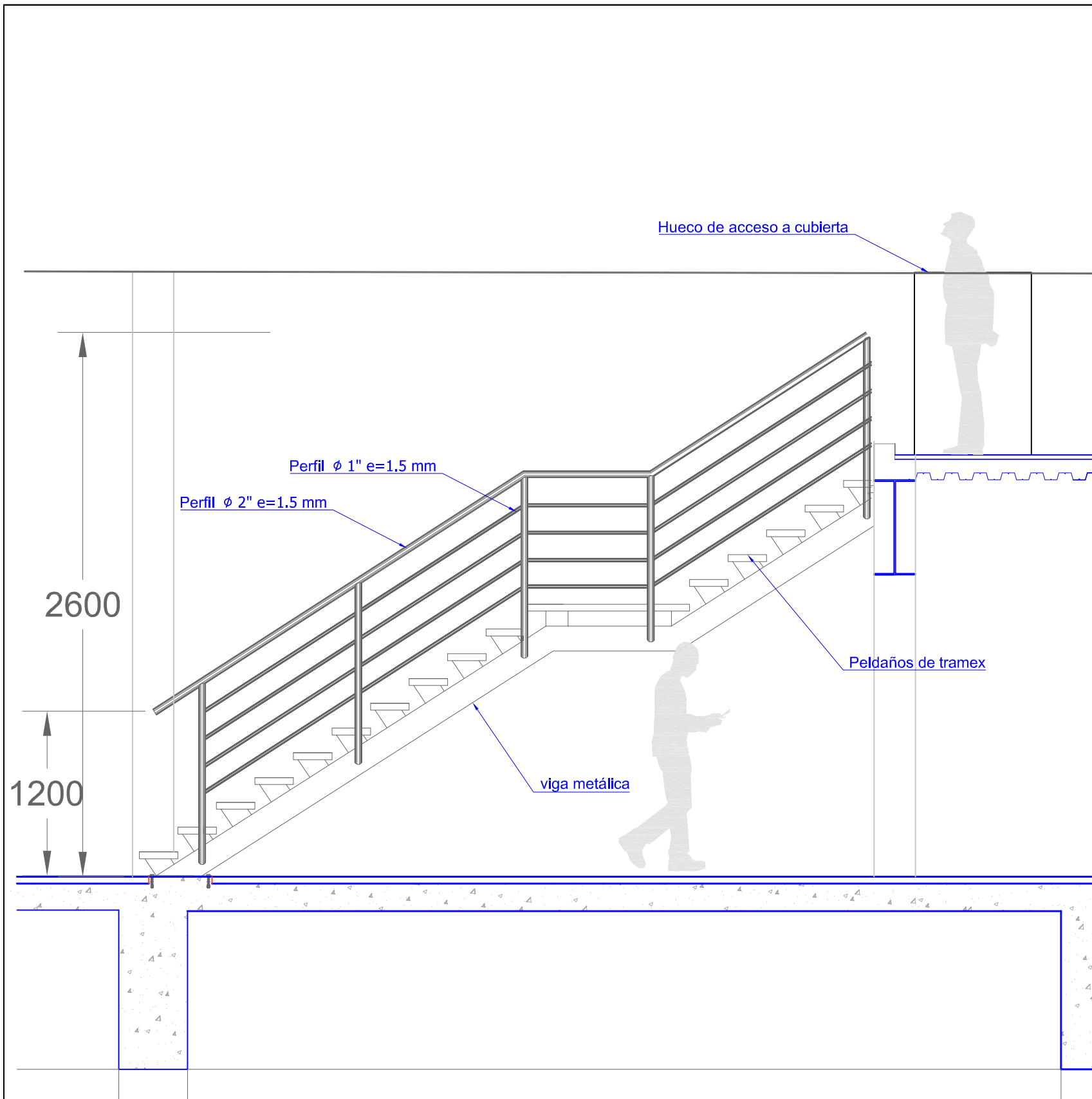


**GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA**

PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 10 kW CONECTADA EN DIFERENTES  
 REGÍMENES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CUBIERTA DE LA E.S.T.I.M. DE LEÓN

PLANO DE	ESCALERA EXTERIOR 1 TRAMO	
ESCALA	1:20	PLANO N° <b>7</b>
FECHA	JULIO 2015	
Fdo.: PAULA ÁLVAREZ GONZÁLEZ.....		





 <b>UNIVERSIDAD DE LEÓN</b> 	
<b>ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS</b>	
<b>GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA</b>	
PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 10 kW CONECTADA A RED EN DIFERENTES REGÍMENES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CUBIERTA DE LA E.S.T.I.M. DE LEÓN	
PLANO DE	ESCALERA INTERIOR CON 2 TRAMOS
ESCALA	VARIAS
FECHA	JULIO 2015
Fdo.: PAULA.ÁLVAREZ.GONZÁLEZ.....	
PLANO Nº	
<b>8</b>	



# PLIEGO DE CONDICIONES

PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 10 kW  
CONECTADA A RED EN DIFERENTES REGÍMENES DE  
FUNCIONAMIENTO EN LA CUBIERTA DE LA E.S.T.I.M. DE LEÓN

Autora: Paula Álvarez González

## ÍNDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

1	Objeto .....	94
2	Normas de obligado cumplimiento .....	94
3	Ejecución de las obras.....	94
3.1	Comienzo.....	94
3.2	Replanteo .....	95
3.3	Ejecución de la obra .....	95
3.4	Plazos de ejecución .....	95
3.5	Libro de órdenes .....	95
3.6	Interpretación y desarrollo del proyecto .....	95
3.7	Obras complementarias .....	96
3.8	Modificaciones .....	96
3.9	Obra defectuosa .....	96
3.10	Medios auxiliares .....	96
3.11	Conservación de las obras.....	97
3.12	Recepción provisional .....	97
4	Descripción y situación de la instalación .....	97
5	Condiciones técnicas de la instalación fotovoltaica .....	97
5.1	Módulos fotovoltaicos .....	98
5.1.1	Normativa .....	98
5.1.2	Montaje.....	99
5.1.3	Estructura soporte .....	99
5.2	Inversor .....	100
5.3	Cableado.....	102
5.4	Canalizaciones eléctricas.....	102
5.5	Cajas de empalme .....	103
5.6	Elementos de protección .....	104
5.7	Cajas de protección .....	105
5.8	Conexión a red .....	105
5.9	Medidas y facturación.....	106
5.10	Puesta a tierra .....	106

---

6	Recepción y pruebas .....	107
6.1	Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento.....	107
6.1.1	Programa de mantenimiento .....	107
6.1.2	Garantías.....	108
6.2	Obra civil.....	109
6.2.1	Habilitación de la cubierta .....	109
6.2.2	Escaleras.....	110
7	Condiciones económicas .....	110
7.1	Abono de la obra .....	110
7.2	Precios .....	111
7.3	Revisión de precios.....	111
7.4	Penalizaciones .....	111
7.5	Contrato .....	111
7.6	Responsabilidades.....	111
7.7	Rescisión del contrato .....	112
7.8	Liquidación en caso de rescisión de contrato.....	112

## 1 Objeto

El presente documento tiene por objeto definir las obras, fijar las condiciones técnicas y económicas, tanto de los materiales a emplear como de su ejecución, al igual que las condiciones generales y contractuales que deben seguirse en la ejecución de las obras de la instalación fotovoltaica mencionada.

## 2 Normas de obligado cumplimiento

La legislación que debemos tener en cuenta para el cumplimiento del presente proyecto es la siguiente:

- Normas UNE, que serán detalladas en cada parte del documento donde sea pertinente.
- RD 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.
- RD 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- RD 842/2002 – Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Orden de 9 de septiembre de 2002, de la Consejería de Ciencia, Tecnología, Industria y Comercio, por la que se adoptan medidas de normalización en la tramitación de expedientes en materia de Industria, Energía y Minas.
- RD 314/2006 de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- RD 1110/2007 – Reglamento Unificado de Puntos de Medida.
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- RD 1565/2010, de 19 de noviembre, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- RD-Ley 14/2010, de 23 de diciembre, por el que se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico.
- RD 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.
- RD-Ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico.

## 3 Ejecución de las obras

### 3.1 Comienzo

El Contratista dará comienzo la obra en el plazo que figure en el contrato establecido con la Propiedad o en su defecto a los quince días de la adjudicación definitiva o de la firma del contrato.

El Contratista está obligado a notificar por escrito o personalmente en forma directa al Técnico directos la fecha de comienzo de los trabajos.

### **3.2 Replanteo**

Antes de comenzar las obras, el Contratista deberá hacer el replanteo de la mismas, con especial interés en los puntos singulares, detallando la situación de las cimentaciones y arquetas, situación de los puntos de anclaje de la estructura de soporte en el tejado, distribución de los módulos etc., de manera que se fije completamente la ubicación de todas las instalaciones antes de comenzar las obras

### **3.3 Ejecución de la obra**

Durante el transcurso de las obras se realizará, entre otras cosas, las siguientes comprobaciones:

- Comprobación de los distintos equipos, tales como módulos, inversores, equipos auxiliares y conductores.
- Comprobación de la calidad y alineamiento de los soportes y estructuras, pernos de anclaje, tuercas y arandelas, etc.
- Verificación de la alineación, orientación, altura y nivelación de los equipos, teniendo en cuenta el entorno en el que se ubican.
- Comprobación de la instalación y estética general.
- Corresponde al contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberá realizarse conforme a criterios de calidad reconocidos.

### **3.4 Plazos de ejecución**

La obra se ejecutará en el plazo que se estipule en el contrato suscrito con la propiedad o en su defecto en el que figure en las condiciones de este pliego.

Cuando el Contratista, de acuerdo, con alguno de los extremos contenidos en el presente Pliego de Condiciones, o bien en el contrato establecido con la propiedad, solicite una inspección para poder realizar algún trabajo ulterior que este condicionado por la misma, vendrá obligado a tener preparada para dicha inspección, una cantidad de obra que corresponda a un ritmo normal de trabajo.

Cuando el ritmo de trabajo establecido por el Contratista, no sea el normal, o bien a petición de una de las partes, se podrá convenir una programación de inspecciones obligatorias de acuerdo con el plan de obra.

### **3.5 Libro de órdenes**

El Contratista dispondrá en la obra de un Libro de Órdenes en el que se escribirán las que el Técnico Director estime darle a través del encargado o persona responsable sin perjuicio de las que le dé por oficio cuando lo crea necesario y que tendrá la obligación de firmar el enterado.

### **3.6 Interpretación y desarrollo del proyecto**

La interpretación técnica de los documentos del Proyecto, corresponde al Técnico Director. El Contratista está obligado a someter a éste cualquier duda, aclaración o contradicción que surja durante la ejecución de la obra por causa del proyecto o circunstancias ajenas, siempre con la suficiente antelación en función de la importancia del asunto.

El Contratista se hace responsable de cualquier error de la ejecución motivado por la omisión de ésta obligación y consecuentemente deberá rehacer a su costa los trabajos que correspondan a la correcta interpretación del Proyecto.

El Contratista está obligado a realizar todo cuanto sea necesario para la buena ejecución de la obra, aun cuando no se haya explícitamente expresado en el pliego de condiciones o en los documentos del proyecto.

El Contratista notificará por escrito o personalmente en forma directa al Técnico Director y con suficiente antelación las fechas en que quedarán preparadas para inspección, cada una de las partes de obra para las que se ha indicado la necesidad o conveniencia de la misma o para aquellas que, total o parcialmente deban posteriormente quedar ocultas. De las unidades de obra que deben quedar ocultas, se tomarán antes de ello, los datos precisos para su medición, a los efectos de liquidación y que sean suscritos por el Técnico Director de hallarlos correctos. De no cumplirse este requisito, la liquidación se realizará en base a los datos o criterios de medición aportados por éste.

### **3.7 Obras complementarias**

El Contratista tiene la obligación de realizar todas las obras complementarias que sean indispensables para ejecutar cualquiera de las unidades de obra especificadas en cualquiera de los documentos de dichas obras complementarias. Todo ello sin variación del importe contratado.

### **3.8 Modificaciones**

El Contratista está obligado a realizar las obras que se le encarguen resultantes de modificaciones del proyecto, tanto en aumento como en disminución o simplemente variación, siempre y cuando el importe de las mismas no se altere en más o menos de un 25 % del valor contratado.

La valoración de las mismas se hará de acuerdo, con los valores establecidos en el presupuesto entregado por el Contratista y que ha sido tomado como base del contrato. El Técnico Director de obra está facultado para introducir las modificaciones de acuerdo con su criterio, en cualquier unidad de obra, durante la construcción, siempre que cumplan las condiciones técnicas referidas en el proyecto y de modo que ello no varíe el importe de la obra.

### **3.9 Obra defectuosa**

Cuando el Contratista halle cualquier unidad de obra que no se ajuste a lo especificado en el proyecto o en este Pliego de Condiciones, el Técnico Director podrá aceptarlo o rechazarlo; en el primer caso, éste fijará el precio que crea justo con arreglo a las diferencias que hubiera, estando obligado el Contratista a aceptar dicha valoración, en el otro caso, se reconstruirá a expensas del Contratista la parte mal ejecutada sin que ellos sea motivo de reclamación económica o de ampliación del plazo de ejecución.

### **3.10 Medios auxiliares**

Serán por cuenta del Contratista todos los medios y máquinas que sean precisos para la ejecución de la obra. En el uso de los mismos estará obligado a hacer cumplir todos los Reglamentos de Seguridad en el trabajo vigentes y a utilizar los medios de protección a sus operarios.

### 3.11 Conservación de las obras

Es obligación del Contratista la conservación en perfecto estado de las unidades de obra hasta la fecha de la recepción definitiva por la Propiedad, y corren a su cargo los gastos derivados de ello.

### 3.12 Recepción provisional

Una vez terminadas las obras, tendrá lugar la recepción provisional. El instalador entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Las pruebas a realizar por el instalador, serán, como mínimo, las siguientes:

- Funcionamiento y puesta en marcha del sistema.
- Prueba de las protecciones del sistema y de las medidas de seguridad.

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de la recepción provisional de la Instalación. El Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que el sistema ha funcionado correctamente durante un mínimo de 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas causadas por fallos del sistema suministrado. Además se deben cumplir los siguientes requisitos:

- Entrega de la documentación.
- Retirada de obra de todo el material sobrante.
- Limpieza de las zonas ocupadas, con transporte de todos los desechos a vertedero.

Durante este período el suministrador será el único responsable de la operación del sistema, aunque deberá adiestrar al usuario.

## 4 Descripción y situación de la instalación

La producción de energía eléctrica en esta instalación se realizará mediante 44 módulos fotovoltaicos dispuestos en 2 series de 22 paneles cada una. Cada una de estas series será conducida a su respectiva entrada del inversor, uno a la entrada A y otro a la entrada B, es decir, no habrá conexión en paralelo.

Localización	Campus de Vegazana (León)
Inclinación	36°
Orientación	-2°
Potencia nominal	10 kW
Potencia generador fotovoltaico	11,66 kW

## 5 Condiciones técnicas de la instalación fotovoltaica

Como principio general se ha de asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico clase I en lo que afecta tanto a equipos (módulos e inversores), como a materiales (conductores, cajas y armarios de conexión), exceptuando el cableado de continua, que será de doble aislamiento de clase 2 y un grado de protección mínimo de IP65.



La instalación incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.

El funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas no deberá provocar en la red averías, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable. Asimismo, el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.

En la Memoria se incluirán las fotocopias de las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante de todos los componentes.

Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc. de los mismos estarán en castellano y además, si procede, en alguna de las lenguas españolas oficiales del lugar de la instalación.

## 5.1 Módulos fotovoltaicos

### 5.1.1 Normativa

Los módulos fotovoltaicos deberán incorporar el marcado CE, según la Directiva 2006/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión. Además, deberán cumplir la norma UNE-EN 61730, armonizada para la Directiva 2006/95/CE, sobre cualificación de la seguridad de módulos fotovoltaicos, y la norma UNE-EN 50380, sobre informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos. Adicionalmente, en función de la tecnología del módulo, éste deberá satisfacer las siguientes normas:

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

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

Aquellos módulos que no puedan ser ensayados según estas normas citadas, deberán acreditar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos en las mismas

por otros medios, y con carácter previo a su inscripción definitiva en el registro de régimen especial dependiente del órgano competente.

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

Todos los módulos fotovoltaicos llevarán de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, potencia pico, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.

Los módulos serán Clase II y tendrán un grado de protección mínimo IP65. Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales.

Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o acero inoxidable.

Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del  $\pm 3 \%$  de los correspondientes valores nominales de catálogo.

Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador. La estructura del generador se conectará a tierra.

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

### 5.1.2 Montaje

Todo sistema fotovoltaico debe ser instalado sólo por personal técnico cualificado y entrenado, dado que son necesarios conocimientos específicos para la instalación. El instalador montará las células y paneles de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Tendrá en cuenta las recomendaciones de éste en relación con los periodos prolongados expuestos al sol y la forma de mantener el conexionado para que no entre suciedad en los circuitos.

Los módulos deben estar bien anclados a la estructura soporte, de forma que puedan resistir cualquier carga, incluido el viento y el peso de la nieve, manteniendo una separación entre cada uno de ellos de forma que permita una correcta dilatación térmica de los materiales y una ventilación adecuada.

### 5.1.3 Estructura soporte

La estructura soporte que albergará los módulos deberá soportar las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el código técnico de la edificación CTE.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de los módulos deberán estar preparados para soportar dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante. Dichas estructuras no tendrán ningún elemento cortante que pueda afectar a la Impermeabilización de cubierta, y cualquier taladro que se realizara será sellado de forma segura.

Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo

En estructuras sobre cubiertas planas se construirán muretes de hormigón armado con varilla metálica, que garanticen la total sujeción y eviten el vuelco del módulo. Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.

Es más conveniente utilizar estructuras de perfiles atornillados y partes roscadas para simplificar las labores de mantenimiento, que encarecerían la instalación, sobre todo en instalaciones aisladas. Sin embargo, cuando haya riesgo de filtraciones en cubiertas, se intentará evitar perforaciones para fijar la estructura a la superficie

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 estructura soporte se debe proteger contra la corrosión, por lo que es conveniente utilizar en función del tamaño y la cercanía al mar estructuras con materiales más adecuados técnica y económicamente a cada situación (aluminio anodizado, acero inoxidable...).

Las estructuras de dos o más filas de la misma línea se montarán perfectamente alineadas y la distancia entre ellas será suficiente para poder realizar las conexiones de cableado entre los módulos y la colocación de los elementos necesarios, y para permitir el paso del aire y disminuir las cargas de viento sobre los módulos.

La estructura será del tipo galvanizada en caliente, por lo que cumplirá las normas UNE-EN ISO 14713 (partes 1, 2 y 3) y UNE-EN ISO 10684 y los espesores cumplirán con los mínimos exigibles en la norma UNE-EN ISO 1461.

## 5.2 Inversor

El inversor cumplirá con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica en Baja Tensión y Compatibilidad Electromagnética.

Sus características básicas serán las siguientes:

- Principio de funcionamiento: fuente de corriente
- Autoconmutado
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador
- No funcionará en isla o modo aislado
- La potencia del inversor será como mínimo el 80% de la potencia pico real del generador fotovoltaico.

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

- UNE-EN 62093: Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.
- UNE-EN 61683: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- IEC 62116. Testing procedure of islanding prevention measures for utility interactive photovoltaic inverters.

Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (certificadas por el fabricante), incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuitos en alterna
- Tensión de red fuera de rango
- Frecuencia de red fuera de rango
- Sobretensiones, mediante varistores u otros
- Perturbaciones en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

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

- Encendido y apagado general del inversor
- Conexión y desconexión del inversor a la interfaz CA. Podrá ser externo al inversor.

Sus características eléctricas serán las siguientes:

- El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar unos 10 % superiores a las CEM. Además soportará picos de magnitud un 30 % superior a las CEM durante períodos de hasta 10 segundos.
- Los valores de eficiencia al 25 % y 100 % de la potencia de salida nominal deberán ser superiores al 90 % y al 92 % respectivamente (valores medidos incluyendo el transformador de salida, si lo hubiere).
- El autoconsumo del inversor en modo nocturno ha de ser inferior al 0,5% de su potencia nominal.
- El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25 y 100% de su potencia nominal.
- A partir de potencias mayores del 10% de su potencia nominal, el inversor deberá inyectar en red.

El inversor tendrá un grado de protección mínima IP 65, por estar instalado a la intemperie.

Los inversores estarán garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre 0 y 40°C de temperatura y entre 0 y 85% de humedad relativa.

Los inversores para instalaciones fotovoltaicas estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 3 años.

### 5.3 Cableado

Los cables utilizados para la interconexión de los módulos FV estarán protegidos contra la degradación por efecto de la intemperie: radiación solar, UV, y condiciones ambientales de elevada temperatura ambiente. Los cableados estarán adecuadamente etiquetados, identificados, de acuerdo con los esquemas eléctricos. De acuerdo a la normativa vigente, los bornes positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos.

Los conductores eléctricos de la instalación fotovoltaica serán de cobre y serán de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Deberán cumplir las siguientes condiciones:

1. La intensidad que pueda soportar la instalación será mayor que la intensidad de uso previamente calculada. La intensidad que pueda soportar la instalación será 1,25 veces mayor que la intensidad de cortocircuito en esa línea.
2. La caída de tensión en el punto más desfavorable de la instalación será inferior a 0,5%, considerando los casos más desfavorables, tales como tener todos los elementos conectados y en condiciones ambientales extremas.

La longitud del cableado será la necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos y ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

El cableado de continua será el adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, según la norma UNE 21123.

La conexión entre conductores, se realizará, mediante accesorios adecuados a su clase. En ningún caso se permitirá la unión de conductores por medio de un simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberán utilizarse siempre utilizando bornas de conexión montadas individualmente o en forma de regletas. Las secciones mínimas de estos conductores serán las fijadas en la Tabla V de la instrucción ITC-BT-18, en función de los conductores activos de la instalación

Los conductores de conexión a tierra serán de cobre e irán equipados con los mismos aislantes que los correspondientes a los conductores activos a los que estén asociados. Los conductores de protección se podrán instalar por las mismas canalizaciones por las que discurren los conductores activos o bien independientemente. Deberán garantizar que en caso de contacto indirecto la tensión de descarga máxima no supere los 50V. Las secciones mínimas de estos conductores serán las fijadas en la Tabla V de la instrucción ITC-BT-18, en función de los conductores activos de la instalación

Los conductores de la instalación se identificarán por el color de sus aislamientos:

1. Negro, marrón o gris, para el conductor activo o fase.
2. Azul para el conductor neutro.
3. Amarillo y verde para el conductor de toma a tierra.

### 5.4 Canalizaciones eléctricas

Los tubos protectores empleados serán aislantes de PVC rígido curvables en caliente. Deberán cumplir con los ensayos indicados en la norma UNE-EN 50.086-2-1. En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y en casos especiales podrán usarse tubos curvables.

La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados. Las características de protección de la unión entre el tubo y sus accesorios no deben ser inferiores a los declarados para el sistema de tubos. Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. Los diámetros interiores nominales mínimos en milímetros para los tubos protectores, en función del número, clase y sección de los conductores, que han de alojar, quedan reflejados en la tabla 2 de la instrucción ITC BT-21.

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores de sección diferente a instalar para un mismo tubo, la sección interior será como mínimo, igual a 2,5 veces la sección total ocupada, por los conductores.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos
- metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.
- En ningún caso se permitirá la unión de conductores como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión. El retorcimiento o arrollamiento de conductores no se refiere a aquellos casos en los que se utilice cualquier dispositivo conector que asegure una correcta unión entre los conductores aunque se produzca un retorcimiento parcial de los mismos y con la posibilidad de que puedan desmontarse fácilmente. Los bornes de conexión para uso doméstico o análogo serán conformes a lo establecido en la correspondiente parte de la norma UNE-EN 60998.

## 5.5 Cajas de empalme

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material plástico resistente incombustible o metálicas, en cuyo caso estarán aisladas interiormente y protegidas contra la oxidación. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será igual, por lo menos, a una vez y media el diámetro del tubo mayor, con un mínimo de 40 mm; el lado o diámetro de la caja será de al menos 80 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas adecuados.

En ningún caso se permitirá la unión de conductores, como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión.

Los conductos se fijarán firmemente a todas las cajas de salida, de empalme y de paso, mediante contratuerca y casquillos. Se tendrá cuidado de que quede al descubierto el número total de hilos de rosca al objeto de que el casquillo pueda ser perfectamente apretado contra el extremo del conducto, después de lo cual se apretará la contratuerca para poner firmemente el casquillo en contacto eléctrico con la caja.

## 5.6 Elementos de protección

Los elementos de protección en corriente continua consistirán en fusibles encargados de interrumpir cualquier corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que se produzca un calentamiento que pudiese dañar el aislamiento, las conexiones, los extremos o al entorno de las canalizaciones

El sistema de protecciones en corriente alterna deberá incluir lo siguiente:

- 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. Eventualmente, las funciones del elemento de corte general pueden ser cubiertas por otro dispositivo de la instalación generadora, que proporcione el aislamiento indicado entre el generador y la red.
- Interruptor automático diferencial, con el fin de proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento a tierra.
- 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. Eventualmente la función desarrollada por este interruptor puede ser desempeñada por el interruptor o interruptores de los equipos generadores. Eventualmente, las funciones del interruptor automático de la conexión y el interruptor de corte general pueden ser cubiertas por el mismo dispositivo.
- Protecciones de la conexión máxima y mínima frecuencia (50,5 Hz y 48 Hz con una temporización máxima de 0.5 y de 3 segundos respectivamente) y máxima y mínima tensión entre fases (1,15 Un y 0,85 Un) como se recoge en la siguiente tabla, donde lo propuesto para baja tensión se generaliza para todos los demás niveles. En los sistemas eléctricos insulares y extrapeninsulares, los valores anteriores serán los recogidos en los procedimientos de operación correspondientes. La tensión para la medida de estas magnitudes se deberá tomar en el lado red del interruptor automático general para las instalaciones en alta tensión o de los interruptores principales de los generadores en redes en baja tensión. En caso de actuación de la protección de máxima frecuencia, la reconexión sólo se realizará cuando la frecuencia alcance un valor menor o igual a 50 Hz.

Parámetro	Umbral de protección	Tiempo máximo de actuación
Sobretensión – fase 1.	Un + 10%	1,5 s
Sobretensión – fase 2.	Un + 15%	0,2 s
Tensión mínima.	Un - 15%	1,5 s

<b>Frecuencia máxima.</b>	50,5 Hz	0,5 s
<b>Frecuencia mínima.</b>	48 Hz	3 s

Además para tensión mayor de 1 kV y hasta 36 kV, inclusive, se deberá añadir el criterio de desconexión por máxima tensión homopolar.

Estas protecciones pueden actuar sobre el interruptor general o sobre el interruptor o interruptores del equipo o equipos generadores.

Las protecciones deberán ser precintadas por la empresa distribuidora, tras las verificaciones necesarias sobre el sistema de conmutación y sobre la integración en el equipo generador de las funciones de protección.

En caso en el que el equipo generador o el inversor incorporen las protecciones anteriormente descritas, éstas deberán cumplir la legislación vigente, en particular, 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, para instalaciones que trabajan en paralelo con la red de distribución. En este caso no será necesaria la duplicación de las protecciones.

## 5.7 Cajas de protección

Los elementos de protección estarán alojados en diferentes cajas de conexión destinadas a la protección contra manipulación y agentes atmosféricos dañinos para los mismos. Estas cajas están diseñadas con un grado de protección IP55 y de Clase I.

## 5.8 Conexión a red

Los esquemas de conexión deben responder al principio de minimizar pérdidas en el sistema, favoreciendo el mantenimiento de la seguridad y calidad de suministro y posibilitando el trabajo en isla, sobre sus propios consumos, nunca alimentando a otros usuarios de la red.

Las configuraciones de conexión deberán asegurar la fiabilidad de las medidas de energía producida y consumida.

Si la potencia nominal de la instalación de generación a conectar a la red de distribución es superior a 5 kW, la conexión de la instalación a la red será trifásica con un desequilibrio entre fases inferior a 5 kW.

La contribución de los generadores al incremento o la caída de tensión en la línea de distribución de baja o media tensión, entre el centro de transformación o la subestación de origen donde se efectúe la regulación de la tensión y el punto de conexión, en el escenario más desfavorable para la red, no debe ser superior al 2,5 por ciento de la tensión nominal de la red de baja o media tensión, según corresponda.

El factor de potencia de la energía suministrada a la red de la empresa distribuidora debe ser lo más próximo posible a la unidad y, en todo caso, superior a 0,98 cuando la instalación trabaje a potencias superiores al 25 por ciento de su potencia nominal.



## 5.9 Medidas y facturación

Los puntos de medida se ajustarán a los requisitos y condiciones establecidos en el Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico, y en la reglamentación vigente en materia de medida y seguridad y calidad industrial, cumpliendo los requisitos necesarios para permitir y garantizar la correcta medida y facturación de la energía producida.

Será requisito necesario para la facturación del régimen económico asociado a la condición de instalación de régimen especial, la existencia de un punto de medida de generación propio, e independiente.

Con carácter general, para las instalaciones conectadas a una red interior, los circuitos de generación y consumo habrán de ser independientes y estarán dotados cada uno de su correspondiente equipo de medida, instalados ambos en paralelo y en la misma ubicación.

En los casos en los que la instalación de producción vaya a vender exclusivamente la energía excedentaria, se permitirá la opción de instalar un único equipo de medida con registros de generación y consumo independientes. En este caso, se requerirá la suscripción de dos contratos de acceso, uno para generación y otro para consumo.

Exclusivamente, cuando se trate de una instalación conectada en el lado de baja de un transformador propiedad del consumidor, el equipo de medida de la instalación de producción se instalará en dicho punto de conexión. En este caso el encargado de la lectura deberá dar conformidad a la configuración de medida.

Los procedimientos para la fijación de puntos de medida alternativos y las correcciones a efectuar en las medidas de forma que la medida corregida pueda considerarse igual a la energía circulada por el punto frontera serán los establecidos en las instrucciones técnicas complementarias del Reglamento unificado de medidas del sistema eléctrico.

La clase de precisión de los puntos de medida de generación y consumo será conforme a lo establecido en la normativa de aplicación, garantizando el suministro de los datos requeridos para la facturación de las tarifas o peajes que correspondan.

La instalación de todos los equipos de medida se efectuará de forma que el encargado de la lectura disponga permanentemente de libre acceso a los mismos, debiendo garantizarse la veracidad e integridad de la medida.

Para las instalaciones de régimen especial de potencia igual o inferior a 10 kW, conectadas a una red interior, no será de aplicación el complemento por energía reactiva previsto en el artículo 29 del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo.

## 5.10 Puesta a tierra

El artículo 15 del RD 1699/2011 dictamina que la puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas 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.

Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección continua como de la alterna, estarán conectadas a una única tierra. Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora de acuerdo con el Reglamento electrotécnico para baja tensión, así como de las masas del resto del suministro.

## 6 Recepción y pruebas

El instalador entregará al usuario y documento en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en alguna de las lenguas oficiales españolas para facilitar su correcta interpretación.

### 6.1 Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento

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

#### 6.1.1 Programa de mantenimiento

El objeto de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a red. Se definen dos escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la producción y prolongar la duración de la misma:

- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

#### *Plan de mantenimiento preventivo*

Son las operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la misma.

El mantenimiento preventivo ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles o desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

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

- a) comprobación de las protecciones eléctricas
- b) comprobación del estado de los módulos: comprobar la situación respecto al proyecto original y verificar el estado de las conexiones

#### *6.1.1.1 Plan de mantenimiento correctivo:*

Son todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funciona correctamente durante su vida útil. Incluye:

- La visita a la instalación en los plazos indicados y cada vez que el usuario lo requiera por avería grave en la misma.
- El análisis y elaboración del presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación.
- Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra ni las reposiciones de equipos necesarias más allá del período de garantía.

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

El mantenimiento preventivo de la instalación incluirá, al menos, una visita (anual para el caso de instalaciones de potencia de hasta 100 kWp y semestral para el resto) en la que se realizarán las siguientes actividades:

- Comprobación de las protecciones eléctricas.
- Comprobación del estado de los módulos: comprobación de la situación respecto al proyecto original y verificación del estado de las conexiones.
- Comprobación del estado del inversor: funcionamiento, lámparas de señalizaciones, alarmas, etc.
- Comprobación del estado mecánico de cables y terminales (incluyendo cables de tomas de tierra y reapriete de bornes), pletinas, transformadores, ventiladores/extractores, uniones, reaprietes, limpieza.

Se debe realizar un informe técnico de cada una de las visitas, en el que se refleje el estado de las instalaciones y las incidencias acaecidas. 8.2.8 Registro de las operaciones de mantenimiento realizadas en un libro de mantenimiento, en el que constará la identificación del personal de mantenimiento (nombre, titulación y autorización de la empresa).

## **6.1.2 Garantías**

### **6.1.2.1 Ámbito general**

La instalación fotovoltaica será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones. La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación.

### **6.1.2.2 Plazos**

El suministrador garantizará la instalación durante un período mínimo de 3 años, para todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado en su montaje. Para los módulos fotovoltaicos, la garantía mínima será de 10 años. Si hubiera de interrumpirse la explotación del suministro debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que el suministrador haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

### **6.1.2.3 Condiciones económicas**

La garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía. Quedan expresamente incluidos todos los demás gastos, tales como tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante. Asimismo, se deben incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

#### **6.1.2.4 Anulación de la garantía**

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador, salvo excepciones.

#### **6.1.2.5 Lugar y tiempo de la prestación**

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente, lo comunicará fehacientemente al fabricante.

El suministrador atenderá cualquier incidencia en el plazo máximo de una semana y la resolución de la avería se realizará en un tiempo máximo de 10 días, salvo causas de fuerza mayor debidamente justificadas.

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios

## **6.2 Obra civil**

### **6.2.1 Habilitación de la cubierta**

#### **6.2.1.1 Estado de la superficie**

La cubierta debe ser capaz de resistir la carga de los elementos de la instalación y de las personas que accedan a ella. En un principio, las tres cubiertas que componen el edificio están compuestas por las siguientes capas (de arriba a abajo):

- Grava
- Geotextil
- Poliestireno
- Tela asfáltica
- Forjado

Para evitar problemas de infiltraciones no se pretende perforar la cubierta.

#### **6.2.1.2 Necesidad de elementos de seguridad**

El ámbito de aplicación del DB SUA son las exigencias básicas relacionadas con el requisito básico "Seguridad de utilización y accesibilidad". También deben cumplirse las exigencias básicas de los demás requisitos básicos, lo que se posibilita mediante la aplicación del DB correspondiente a cada uno de ellos. La protección frente a los riesgos específicos de: - las instalaciones de los edificios; - las actividades laborales; - las zonas y elementos de uso reservado a personal especializado en mantenimiento, reparaciones, etc.; - los elementos para el público singulares y característicos de las infraestructuras del transporte, tales como andenes, pasarelas, pasos inferiores, etc.; así como las condiciones de accesibilidad en estos últimos elementos, se regulan en su reglamentación específica.

Conviene recordar que el DB SUA no es aplicable a los elementos del edificio cuyo uso esté reservado a personal especializado de mantenimiento, inspección, reparación, etc. ya que dichas personas no se consideran “usuarios del edificio”, que son los contemplados en el objeto del requisito básico “Seguridad de utilización y accesibilidad”. Dichos elementos deben cumplir la reglamentación de seguridad en el trabajo que en cada caso les sea aplicable

Conforme a ello, en las cubiertas a las que únicamente deba acceder personal especializado para su inspección y mantenimiento no son exigibles barreras de protección en sus bordes conforme a SUA 1-3. De esta forma se justifica la ausencia de barandilla en el perímetro de la cubierta.

En resumen, si la cubierta de un edificio en uso es un lugar de trabajo sólo en el momento en el que hay trabajos de mantenimiento y si la cubierta en cuestión está calificada como “no transitable”, las medidas de seguridad en el trabajo serán necesarias también solo en esos momentos. De lo que se deduce que nada obliga a que los elementos de seguridad para los trabajos de mantenimiento deban ser permanentes, sino que basta con que existan en el momento de realizar dichos trabajos. Si dichos elementos no precisan ser permanentes y no han sido previstos en proyecto (el Código Técnico de la Edificación no los exige) no queda otra alternativa que sea la propiedad del edificio o la empresa encargada de dichos trabajos quien los provea.

## 6.2.2 Escaleras

Puesto que la cubierta se considera “*accesible únicamente para conservación y con una inclinación inferior a 20°*” (clase G1 en el CTE), tanto la escalera interior como la exterior serán dimensionadas como escaleras de uso restringido. Es necesario recordar que el acceso a dicha cubierta solo estará reservado a personal de mantenimiento de la instalación.

En la Sección SUA del Documento Básico SUA (Seguridad de Utilización y Accesibilidad) del CTE, para escaleras de uso restringido, se exige que la anchura de cada tramo será de 0,80 m, como mínimo. La contrahuella será de 20 cm, como máximo, y la huella de 22 cm, como mínimo. La dimensión de toda huella se medirá, en cada peldaño, según la dirección de la marcha. En escaleras de trazado curvo, la huella se medirá en el eje de la escalera, cuando la anchura de esta sea menor que 1 m y a 50 cm del lado más estrecho cuando sea mayor. Además la huella medirá 5 cm, como mínimo, en el lado más estrecho y 44 cm, como máximo, en el lado más ancho. 3 Podrán disponerse mesetas partidas con peldaños a 45 ° y escalones sin tabica. En este último caso la proyección de las huellas se superpondrá al menos 2,5 cm. La medida de la huella no incluirá la proyección vertical de la huella del peldaño superior. Dispondrán de barandilla en sus lados abiertos. Cada tramo de escalera tendrá 3 peldaños como mínimo y salvará una altura de 3,20 m como máximo.

## 7 Condiciones económicas

### 7.1 Abono de la obra

En el contrato se deberá fijar detalladamente la forma y plazos que se abonarán las obras. Las liquidaciones parciales que puedan establecerse tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a las certificaciones que resulten de una

liquidación final. No suponiendo, dichas liquidaciones, aprobación ni recepción de las obras que comprenden. Terminadas las obras se procederá a la liquidación final que se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el contrato.

## 7.2 Precios

El Contratista presentará, al formalizarse el contrato, relación de los precios de las unidades de obra que integran el proyecto, los cuales de ser aceptados tendrán valor contractual y se aplicaran a las posibles variaciones que pueda haber.

Estos precios unitarios, se entiende que comprenden la ejecución total de la unidad de obra, incluyendo todos los trabajos aún los complementarios y los materiales así como la parte proporcional de imposición fiscal, las cargas laborales y otros gastos repercutibles.

En caso de tener que realizarse unidades de obra no previstas en el proyecto, se fijará su precio entre el Técnico Director y el Contratista antes de iniciar la obra y se presentará a la propiedad para su aceptación o no.

## 7.3 Revisión de precios

En el contrato se establecerá si el Contratista tiene derecho a la revisión de precios y la formula a aplicar para calcularla. En defecto de esta última, se aplicara a juicio del Técnico Director algunos de los criterios aceptados.

## 7.4 Penalizaciones

Por retaso en el plazo de entrega de las obras, se podrán establecer tablas de penalización cuyas cuantías y demoras se fijaran en el contrato.

## 7.5 Contrato

El contrato se formalizará mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes. Comprenderá la adquisición de todos los materiales, transporte, mano de obra, medios auxiliares para la ejecución de la obra proyectada en el plazo estipulado, así como la reconstrucción de las unidades defectuosas, la realización de las obras complementarias y las derivadas de las modificaciones que se introduzcan durante la ejecución, estas últimas en los términos previstos.

La totalidad de los documentos que componen el Proyecto Técnico de la obra serán incorporados al contrato y tanto el Contratista como la propiedad deberán firmarlos en testimonio de que los conocen y aceptan.

## 7.6 Responsabilidades

El Contratista es el responsable de la ejecución de la obra en las condiciones establecidas en el proyecto y en el contrato. Como consecuencia de ello vendrá obligado a la demolición de lo mal ejecutado y a su reconstrucción correctamente sin que sirva de excusa el que el Técnico Director haya examinado y reconocido las obras.

El Contratista es el único responsable de todas las contravenciones que él o su personal cometan durante la ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas.

El contratista es el único responsable del incumplimiento de las disposiciones vigentes en la materia laboral respecto de su personal y por tanto los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de ellos.

### **7.7 Rescisión del contrato**

Se considerarán causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

- Primero: Muerte o incapacitación del Contratista.
- Segunda: La quiebra del Contratista.
- Tercera: Modificación del proyecto cuando alteración en más o menos 25% del valor contratado.
- Cuarta: Modificación de las unidades de obra en número superior al 40% del original.
- Quinta: La no iniciación de las obras en el plazo estipulado cuando sea por causas ajenas a la propiedad.
- Sexta: La suspensión de las obras ya iniciadas siempre que el plazo de suspensión sea mayor de seis meses.
- Séptima: Incumplimiento de las condiciones del contrato cuando implique mala fe.
- Octava: Terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar ésta.
- Novena: Actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.
- Décima: Destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin autorización del Técnico Director y la propiedad.

### **7.8 Liquidación en caso de rescisión de contrato**

Siempre que se rescinda el contrato por causas anteriores o bien por acuerdo de ambas partes, se abonará al contratista las unidades de obra ejecutadas y los materiales acopiados a pie de obra y que reúnan las condiciones y sean necesarios para la misma.

Cuando se rescinde el contrato llevará implícito la retención de la fianza para obtener los posibles gastos de conservación del periodo de garantía y los derivados del mantenimiento hasta la fecha de nueva adjudicación.



# MEDICIONES Y PRESUPUESTO

PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 10 kW  
CONECTADA A RED EN DIFERENTES REGÍMENES DE  
FUNCIONAMIENTO EN LA CUBIERTA DE LA E.S.T.I.M. DE LEÓN

Autora: Paula Álvarez González



## ÍNDICE DE MEDICIONES Y PRESUPUESTO

1	Mediciones.....	115
2	Listado de materiales valorado.....	118
3	Cuadro de precios 1 .....	119
4	Cuadro de precios 2 .....	12121
5	Cuadro de descompuestos .....	125
6	Presupuesto .....	131



02.05	<b>u ANALIZADOR DE RED TRIFÁSICA CARLO GAVAZZI EM24 DIN</b>				
	Ud. Equipo de medida trifásico bidireccional hasta 65 A, con características según marca el RD 1663/2000, certificación MID, precisión +/- 0.5 lectura, grado de protección IP50. incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando.				
	Analizador de red	2		2,00	
					2,00
02.06	<b>u Canalizaciones PVC</b>				
	Tubo de PVC rígido curvables AISCAN-REXA-EHF para canalización de conductores en exteriores, libre de halógenos, blindado y roscable. Fácil acoplamiento a las cajas de protección. Diámetro exterior nominal de 16 mm				
	Tubo de PVC	1	606,00	606,00	
	Codo d=16	50		50,00	
					656,00
02.20	<b>u CONTADOR BIDIRECCIONAL ZIV 5CTD</b>				
	Contador electrónico multifunción bidireccional y combinado de energía activa y reactiva de la marca ZIV Medida , modelo 5CTD E1F, tipo 5, trifásico. Precisión B (UNE-EN 50470-3) para la energía activa y 2 (UNE-EN 62053-23) para la reactiva.				
	CONTADOR BIDIRECCIONAL ZIV MEDIDA/5CTM	1		1,00	
					1,00
02.19	<b>U MAGNETOTÉRMICO SIEMENS In=40 A</b>				
	Interruptor automático magnetotérmico SIEMENS, de 3 módulos, tripolar (3P), intensidad nominal 40 A, poder de corte 10 kA, curva B, de 54x86x77 mm, grado de protección IP 20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60898-1.				
	MAGNETOTÉRMICO SIEMENS In=40 A	2		2,00	
					1,00
02.18	<b>u DIFERENCIAL SIEMENS 300 mA In=40 A</b>				
	Interruptor diferencial instantáneo, de 4 módulos, 3P, intensidad nominal 40 A, sensibilidad 300 mA, poder de corte 10 kA, clase AC, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP 20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 61008-1.				
	DIFERENCIAL SIEMENS 300 mA In=40 A	1		1,00	
					1,00
02.11	<b>u FUSIBLES In=10 A</b>				
	Conjunto fusible formado por fusible cilíndrico gPV de df Electric, específicos para fotovoltaica y de acuerdo a la nueva Norma IEC60269-6. , intensidad nominal 10 A, poder de corte 30 kA, tamaño C10 (10x38 mm) y base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P)				
	FUSIBLES In=10 A	4		4,00	
	Base modular fusibles	1		1,00	
					5,00
02.12	<b>U INTERRUPTOR-SECCIONADOR TELERGÓN</b>				
	Interruptor-seccionador, intensidad nominal 13 A, poder de apertura y cierre 3 x In, poder de corte 20 x In durante 0,1 s, intensidad de cortocircuito 12 x In durante 1 s, vida útil en vacío 8500 maniobras, vida útil en carga 1500 maniobras, de 36x86x75 mm, grado de protección IP 20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60947-3.				
	INTERRUPTOR-SECCIONADOR TELERGÓN	1		1,00	
					1,00

02.13	<b>U Cajas de protección</b>				
	Caja general de protección Uriarte tipo BRES, equipada con bornes de conexión, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP 66 según UNE 20324 e IK 10 según UNE-EN 50102.				
	Caja para inversor Uriarte ART-57-IP55	1			1,00
	Caja de protección Uriarte BRES	2			2,00
					3,00
02.14	<b>u Bandejas de chapa perforada</b>				
	Bandeja portacables de chapa perforada de OBO BETTERMANN o similar tipo SKS 110 FT de dimensiones 3000x550x110 mm incluso colocación.				
	Bandeja portacables perforada	6			6,00
					6,00
02.15	<b>m Conductor aislado UNE 0,6/1 kV 6mm2</b>				
	Conductor flexible de Cu, aislado con polietileno, reticulado (XLPE), y cubierta de poli cloruro de vinilo (PVC), instalado al aire de sección 2 mm2, especialmente pensado para instalaciones fotovoltaicas. Tramo correspondiente desde la salida del cuadro de protección de corriente continua al inversor.				
	P-Sun 6mm2	2	30,00		60,00
					60,00
02.16	<b>m Conductor aislado UNE 0,6/1 kV 4mm2</b>				
	Conductor flexible de Cu, aislado con polietileno, reticulado (XLPE), y cubierta de poli cloruro de vinilo (PVC), instalado al aire de sección 2 mm2, especialmente pensado para instalaciones fotovoltaicas. Destinado para para cables que unen módulos no adyacentes (tramo 1) y para los cables de salida del generador fotovoltaico (tramo 2).				
	P-Sun 4 mm2	2	120,00		240,00
	P-Sun 4 mm2	2	3,00		6,00
					246,00
02.17	<b>m Conductor trifásico aislado UNE 0,6/1 kV 10mm2</b>				
	Conductor flexible de Cu Afumex Easy RZ1-K (AS), instalado al aire de sección 10 mm2, RZ1-K (AS)				
	XLPE RZ1-k;k 10 mm2	4	75,00		300,00
					300,00
02.08	<b>u SMA TEMPESENSOR-AMBIENT-ES sensor de temperatura ambiente</b>				
	Ud. Sensor de temperatura ambiente de SMA, para conectar con SMA WEBBOX, tipo de protección IP65, tolerancia +/- 0,7°C. incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando.				
	Sensor de temperatura SMA	1			1,00
					1,00
02.09	<b>u SMA WEBBOX-RS485</b>				
	Ud. Sistema de monitorización Sunny WebBox con Bluetooth para datos de inversores y sensores, para montaje en interiores, 255x130x57 mm, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando.				
	Datalogger para instalación fotovoltaica	1			1,00
					1,00
02.10	<b>u SMA SUNNYSSENSOR-10ES</b>				
	Ud. Sensor de radiación solar, para montaje en interiores, 255x130x57 mm, protección clase IP65, dimensiones 120x50x90 mm, para montaje en exteriores, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando.				
	Sensor de radiación SMA	1			1,00



### 3 Cuadro de precios 1

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>CAPÍTULO 01 OBRA CIVIL</b>			
01.01	u	Escalera exterior 1 tramo Módulo de escalera de emergencia, recta estándar de un tramo por planta de 3 m. de altura máxima, con un ancho útil de 1,2 m., realizada la estructura con perfiles de acero laminado S 275JR, zancas de perfil conformado en frío de 4 mm. de espesor, peldaños de chapa lagrimada de 3 mm. de espesor o tramex perforado, y barandilla de 1,10 m. de altura de tubo de acero laminado en frío de 40x20x1,5 y 20x20x1,5 en todo su perímetro, para una sobre-carga de uso de 400 kg/m2., incluso imprimación antioxidante, resistente al fuego, según CTE-DB-SI 3.	962,22
EUROS con VEINTIDOS			NOVECIENTOS SESENTA Y DOS
			CÉNTIMOS
01.02	u	Escalera interior 1 tramo Módulo de escalera de emergencia, recta estándar de 3 m. de altura máxima y dos pilares intermedios, con un ancho útil de 0,8m., realizada la estructura con perfiles de acero laminado S 275JR, zancas de perfil conformado en frío de 4 mm. de espesor, peldaños de chapa lagrimada de 3 mm. de espesor o tramex perforado, y barandilla de 1,10 m. de altura de tubo de acero laminado en frío de 40x20x1,5 y 20x20x1,5 en todo su perímetro y en el ojo de la escalera, para una sobre-carga de uso de 400 kg/m2., incluso imprimación antioxidante, resistente al fuego, según CTE-DB-SI 3, realizada en taller y montaje en obra.	1.224,72
EUROS con SETENTA			MIL DOSCIENTOS VEINTICUATRO
			Y DOS CÉNTIMOS
01.03	u	Ampliación acceso a cubierta Apertura de hueco en forjado para acceso a cubierta, incluso parte proporcional de refuerzo de estructura en la zona afectada, reposición de los elementos de cubierta afectados, retirada de escombros a vertedero, colocación de escalera y puerta de acceso al exterior, pintura de los paramentos afectados	3.802,16
EUROS con DIECISEIS			TRES MIL OCHOCIENTOS DOS
			CÉNTIMOS
<b>CAPÍTULO 02 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA</b>			
02.02	u	MÓDULO FOTOVOLTAICO TSM-265 DC05A.05 Módulo fotovoltaico de silicio monocristalino, marca Trina Solar, modelo TSM-265 DC05A.05, potencia nominal 265 Wp con tolerancia +/- 5W %, características eléctricas principales Vmpp=63.6V, Voc=86V, Impp=2.28A, Icc=2.62A, eficiencia 13.3 en condiciones STC, grado de protección IP67, de 1656x656x35 mm. Incluso montaje. Incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material para amarre a estructura (no incluida)	225,18
con DIECIOCHO			DOSCIENTOS VEINTICINCO EUROS
			CÉNTIMOS
02.03	u	SMA SUNNY TRIPOWER 10000 TL-20 INVERSOR Inversor central trifásico SMA Sunny Tripower 10000 TL-20, voltaje de entrada máximo 1000 V, potencia nominal 10 kW, 2 MPPs, eficiencia máxima 97,6%, rango de voltaje de entrada de 300 a 800V, dimensiones 470x730x240mm.	782,78
EUROS con SETENTA Y			SETECIENTOS OCHENTA Y DOS
			OCHO CÉNTIMOS
02.04	u	ESTRUCTURA SOPORTE Ud. Soporte para 8 captadores solares en cubiertas planas, montada a base de perfiles metálicos acero inoxidable PUK, lastre a base de grava rodada, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material. Completamente montada.	480,18
EUROS con DIECIOCHO			CUATROCIENTOS OCHENTA
			CÉNTIMOS
02.05	u	ANALIZADOR DE RED TRIFÁSICA CARLO GAVAZZI EM24 DIN Ud. Equipo de medida trifásico bidireccional hasta 65 A, con características según marca el RD 1663/2000, certificación MID, precisión +/- 0.5 lectura, grado de protección IP50. incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando.	626,96
con NOVENTA Y SEIS			SEISCIENTOS VEINTISEIS EUROS
			CÉNTIMOS
02.06	u	Canalizaciones PVC Tubo de PVC rígido curvables AISCAN-REXA-EHF para canalización de conductores en exteriores, libre de halógenos, blindado y roscable. Fácil acoplamiento a las cajas de protección. Diámetro exterior nominal de 16 mm	4,22

			CUATRO EUROS con VEINTIDOS
CÉNTIMOS			
02.20	u	<b>CONTADOR BIDIRECCIONAL ZIV 5CTD</b> Contador electrónico multifunción bidireccional y combinado de energía activa y reactiva de la marca ZIV Medida , modelo 5CTD E1F, tipo 5, trifásico. Precisión B (UNE-EN 50470-3) para la energía activa y 2 (UNE-EN 62053-23) para la reactiva.	189,47
			CIENTO OCHENTA Y NUEVE
EUROS con CUARENTA Y			
			SIETE CÉNTIMOS
02.19	U	<b>MAGNETOTÉRMICO SIEMENS In=40 A</b> Interrupor automático magnetotérmico SIEMENS, de 3 módulos, tripolar (3P), intensidad nominal 40 A, poder de corte 10 kA, curva B, de 54x86x77 mm, grado de protección IP 20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60898-1.	243,31
			DOSCIENTOS CUARENTA Y TRES
EUROS con TREINTA Y			
			UN CÉNTIMOS
02.18	u	<b>DIFERENCIAL SIEMENS 300 mA In=40 A</b> Interrupor diferencial instantáneo, de 4 módulos, 3P, intensidad nominal 40 A, sensibilidad 300 mA, poder de corte 10 kA, clase AC, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP 20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 61008-1.	163,17
			CIENTO SESENTA Y TRES EUROS
con DIECISIETE			
			CÉNTIMOS
02.11	u	<b>FUSIBLES In=10 A</b> Conjunto fusible formado por fusible cilíndrico gPV de df Electric, específicos para fotovoltaica y de acuerdo a la nueva Norma IEC60269-6. , intensidad nominal 10 A, poder de corte 30 kA, tamaño C10 (10x38 mm) y base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P)	23,78
			VEINTITRES EUROS con SETENTA
Y OCHO CÉNTIMOS			
02.12	U	<b>INTERRUPTOR-SECCIONADOR TELERGÓN</b> Interrupor-seccionador, intensidad nominal 13 A, poder de apertura y cierre 3 x In, poder de corte 20 x In durante 0,1 s, intensidad de cortocircuito 12 x In durante 1 s, vida útil en vacío 8500 maniobras, vida útil en carga 1500 maniobras, de 36x86x75 mm, grado de protección IP 20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60947-3.	93,27
			NOVENTA Y TRES EUROS con
VEINTISIETE CÉNTIMOS			
02.13	U	<b>Cajas de protección</b> Caja general de protección Uriarte tipo BRES, equipada con bornes de conexión, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP 66 según UNE 20324 e IK 10 según UNE-EN 50102.	468,18
			CUATROCIENTOS SESENTA Y
OCHO EUROS con			
			DIECIOCHO CÉNTIMOS
02.14	u	<b>Bandejas de chapa perforada</b> Bandeja portacables de chapa perforada de OBO BETTERMANN o similar tipo SKS 110 FT de dimensiones 3000x550x110 mm incluso colocación.	117,87
			CIENTO DIECISIETE EUROS con
OCHENTA Y SIETE			
			CÉNTIMOS
02.15	m	<b>Conductor aislado UNE 0,6/1 kV 6mm2</b> Conductor flexible de Cu, aislado con polietileno, reticulado (XLPE), y cubierta de poli cloruro de vinilo (PVC), instalado al aire de sección 2 mm2, especialmente pensado para instalaciones fotovoltaicas. Tramo correspondiente desde la salida del cuadro de protección de corriente continua al inversor.	4,87
			CUATRO EUROS con OCHENTA Y
SIETE CÉNTIMOS			
02.16	m	<b>Conductor aislado UNe 0,6/1 kV 4mm2</b> Conductor flexible de Cu, aislado con polietileno, reticulado (XLPE), y cubierta de poli cloruro de vinilo (PVC), instalado al aire de sección 2 mm2, especialmente pensado para instalaciones fotovoltaicas. Destinado para para cables que unen módulos no adyacentes (tramo 1) y para los cables de salida del generador fotovoltaico (tramo 2).	4,56
			CUATRO EUROS con CINCUENTA Y
SEIS CÉNTIMOS			
02.17	m	<b>Conductor trifásico aislado UNE 0,6/1 kV 10mm2</b> Conductor flexible de Cu Afumex Easy RZ1-K (AS), instalado al aire de sección 10 mm2, RZ1-K (AS)	3,96
			TRES EUROS con NOVENTA Y SEIS

CÉNTIMOS			
02.08	u	SMA TEMPESENSOR-AMBIENT-ES sensor de temperatura ambiente	48,12
		Ud. Sensor de temperatura ambiente de SMA, para conectar con SMA WEBBOX, tipo de protección IP65, tolerancia +/- 0,7°C. incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando.	
			CUARENTA Y OCHO EUROS con
DOCE CÉNTIMOS			
02.09	u	SMA WEBBOX-RS485	21,57
		Ud. Sistema de monitorización Sunny WebBox con Bluetooth para datos de inversores y sensores, para montaje en interiores, 255x130x57 mm, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando.	
			VEINTIUN EUROS con CINCUENTA
Y SIETE CÉNTIMOS			
02.10	u	SMA SUNNYSSENSOR-10ES	3,69
		Ud. Sensor de radiación solar, para montaje en interiores, 255x130x57 mm, protección clase IP65, dimensiones 120x50x90 mm, para montaje en exteriores, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando.	
			TRES EUROS con SESENTA Y
NUEVE CÉNTIMOS			
02.21	u	Rele antivertido Circutor CDP 0	796,56
			SETECIENTOS NOVENTA Y SEIS
			EUROS con
			CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS
<b>CAPÍTULO 03 SEGURIDAD Y SALUD</b>			
03.01	U	Dotación de sistemas de seguridad y salud para la obra	649,42
			SEISCIENTOS CUARENTA Y NUEVE
			EUROS con
			CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS

## 4 Cuadro de precios 2

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>CAPÍTULO 02 OBRA CIVIL</b>			
01.01	u	Escalera exterior 1 tramo	
		Módulo de escalera de emergencia, recta estándar de un tramo por planta de 3 m. de altura máxima, con un ancho útil de 1,2 m., realizada la estructura con perfiles de acero laminado S 275JR, zancas de perfil conformado en frío de 4 mm. de espesor, peldaños de chapa lagrimada de 3 mm. de espesor o tramex perforado, y barandilla de 1,10 m. de altura de tubo de acero laminado en frío de 40x20x1,5 y 20x20x1,5 en todo su perímetro, para una sobre-carga de uso de 400 kg/m2., incluso imprimación antioxidante, resistente al fuego, según CTE-DB-SI 3.	
			Mano de
obra			..... 53,30
			Resto de obra y
materiales			..... 908,92
			Suma la
partida			..... 1.212,22
			Redondeo
			..... -250,00
			<b>TOTAL</b>
PARTIDA			..... <b>962,22</b>
01.02	u	Escalera interior 1 tramo	
		Módulo de escalera de emergencia, recta estándar de 3 m. de altura máxima y dos pilares intermedios, con un ancho útil de 0,8m., realizada la estructura con perfiles de acero laminado S 275JR, zancas de perfil conformado en frío de 4 mm. de espesor, peldaños de chapa lagrimada de 3 mm. de espesor o tramex perforado, y barandilla de 1,10 m. de altura de tubo de acero laminado en frío de 40x20x1,5 y 20x20x1,5 en todo su perímetro y en el ojo de la escalera, para una sobre-carga de uso de 400 kg/m2., incluso imprimación antioxidante, resistente al fuego, según CTE-DB-SI 3, realizada en taller y montaje en obra.	
			Mano de
obra			..... 53,30
			Resto de obra y
materiales			..... 1.171,42



		<b>TOTAL</b>	
<b>PARTIDA</b>			..... 1.224,72
01.03	<b>u Ampliación acceso a cubierta</b>		
	Apertura de hueco en forjado para acceso a cubierta, incluso parte proporcional de refuerzo de estructura en la zona afectada, reposición de los elementos de cubierta afectados, retirada de escombros a vertedero, colocación de escalera y puerta de acceso al exterior, pintura de los paramentos afectados		
		Mano de	
obra			..... 17,42
		Resto de obra y	
materiales			..... 3.784,74
		<b>TOTAL</b>	
<b>PARTIDA</b>			..... 3.802,16
<b>CAPÍTULO 02 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA</b>			
02.02	<b>u MÓDULO FOTOVOLTAICO TSM-265 DC05A.05</b>		
	Módulo fotovoltaico de silicio monocristalino, marca Trina Solar, modelo TSM-265 DC05A.05, potencia nominal 265 Wp con tolerancia +/- 5W %, características eléctricas principales Vmp=63.6V, Voc=86V, Imp=2.28A, Icc=2.62A, eficiencia 13.3 en condiciones STC, grado de protección IP67, de 1656x656x35 mm. Incluso montaje. Incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material para amarre a estructura (no incluida)		
		Mano de	
obra			..... 6,78
		Resto de obra y	
materiales			..... 218,40
		<b>TOTAL</b>	
<b>PARTIDA</b>			..... 225,18
02.03	<b>u SMA SUNNY TRIPOWER 10000 TL-20 INVERSOR</b>		
	Inversor central trifásico SMA Sunny Tripower 10000 TL-20, voltaje de entrada máximo 1000 V, potencia nominal 10 kW, 2 MPPs, eficiencia máxima 97,6%, rango de voltaje de entrada de 300 a 800V, dimensiones 470x730x240mm.		
		Mano de	
obra			..... 7,77
		Resto de obra y	
materiales			..... 775,01
		<b>TOTAL</b>	
<b>PARTIDA</b>			..... 782,78
02.04	<b>u ESTRUCTURA SOPORTE</b>		
	Ud. Soporte para 8 captadores solares en cubiertas planas, montada a base de perfiles metálicos acero inoxidable PUK, lastre a base de grava rodada, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material. Completamente montada.		
		Mano de	
obra			..... 10,18
		Resto de obra y	
materiales			..... 470,00
		<b>TOTAL</b>	
<b>PARTIDA</b>			..... 480,18
02.05	<b>u ANALIZADOR DE RED TRIFÁSICA CARLO GAVAZZI EM24 DIN</b>		
	Ud. Equipo de medida trifásico bidireccional hasta 65 A, con características según marca el RD 1663/2000, certificación MID, precisión +/- 0.5 lectura, grado de protección IP50. incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando.		
		Mano de	
obra			..... 6,96
		Resto de obra y	
materiales			..... 620,00
		<b>TOTAL</b>	
<b>PARTIDA</b>			..... 626,96

02.06	<b>u</b>	<b>Canalizaciones PVC</b> Tubo de PVC rígido curvables AISCAN-REXA-EHF para canalización de conductores en exteriores, libre de halógenos, blindado y roscable. Fácil acoplamiento a las cajas de protección. Diámetro exterior nominal de 16 mm		
			Mano de obra	3,56
			Resto de obra y materiales	0,66
			<b>TOTAL</b>	<b>4,22</b>
<b>PARTIDA 02.20</b>	<b>u</b>	<b>CONTADOR BIDIRECCIONAL ZIV 5CTD</b> Contador electrónico multifunción bidireccional y combinado de energía activa y reactiva de la marca ZIV Medida, modelo 5CTD E1F, tipo 5, trifásico. Precisión B (UNE-EN 50470-3) para la energía activa y 2 (UNE-EN 62053-23) para la reactiva.		
			Mano de obra	4,47
			Resto de obra y materiales	185,00
			<b>TOTAL</b>	<b>189,47</b>
<b>PARTIDA 02.19</b>	<b>U</b>	<b>MAGNETOTÉRMICO SIEMENS In=40 A</b> Interruptor automático magnetotérmico SIEMENS, de 3 módulos, tripolar (3P), intensidad nominal 40 A, poder de corte 10 kA, curva B, de 54x86x77 mm, grado de protección IP 20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60898-1.		
			Mano de obra	5,36
			Resto de obra y materiales	237,95
			<b>TOTAL</b>	<b>243,31</b>
<b>PARTIDA 02.18</b>	<b>u</b>	<b>DIFERENCIAL SIEMENS 300 mA In=40 A</b> Interruptor diferencial instantáneo, de 4 módulos, 3P, intensidad nominal 40 A, sensibilidad 300 mA, poder de corte 10 kA, clase AC, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP 20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 61008-1.		
			Mano de obra	5,36
			Resto de obra y materiales	157,81
			<b>TOTAL</b>	<b>163,17</b>
<b>PARTIDA 02.11</b>	<b>u</b>	<b>FUSIBLES In=10 A</b> Conjunto fusible formado por fusible cilíndrico gPV de df Electric, específicos para fotovoltaica y de acuerdo a la nueva Norma IEC60269-6., intensidad nominal 10 A, poder de corte 30 kA, tamaño C10 (10x38 mm) y base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P)		
			Mano de obra	3,58
			Resto de obra y materiales	20,20
			<b>TOTAL</b>	<b>23,78</b>
<b>PARTIDA 02.12</b>	<b>U</b>	<b>INTERRUPTOR-SECCIONADOR TELERGÓN</b> Interruptor-seccionador, intensidad nominal 13 A, poder de apertura y cierre 3 x In, poder de corte 20 x In durante 0,1 s, intensidad de cortocircuito 12 x In durante 1 s, vida útil en vacío 8500 maniobras, vida útil en carga 1500 maniobras, de 36x86x75 mm, grado de protección IP 20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60947-3.		
			Mano de obra	4,47
			Resto de obra y materiales	88,80

		<b>TOTAL</b>	
<b>PARTIDA</b>		.....	<b>93,27</b>
<b>02.13</b>	<b>U Cajas de protección</b>		
	Caja general de protección Uriarte tipo BRES, equipada con bornes de conexión, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP 66 según UNE 20324 e IK 10 según UNE-EN 50102.		
		Mano de	
obra		.....	13,13
		Resto de obra y	
materiales		.....	455,05
		<b>TOTAL</b>	
<b>PARTIDA</b>		.....	<b>468,18</b>
<b>02.14</b>	<b>u Bandejas de chapa perforada</b>		
	Bandeja portacables de chapa perforada de OBO BETTERMANN o similar tipo SKS 110 FT de dimensiones 3000x550x110 mm incluso colocación.		
		Mano de	
obra		.....	3,56
		Resto de obra y	
materiales		.....	114,31
		<b>TOTAL</b>	
<b>PARTIDA</b>		.....	<b>117,87</b>
<b>02.15</b>	<b>m Conductor aislado UNE 0,6/1 kV 6mm2</b>		
	Conductor flexible de Cu, aislado con polietileno, reticulado (XLPE), y cubierta de poli cloruro de vinilo (PVC), instalado al aire de sección 2 mm2, especialmente pensado para instalaciones fotovoltaicas. Tramo correspondiente desde la salida del cuadro de protección de corriente continua al inversor.		
		Mano de	
obra		.....	2,72
		Resto de obra y	
materiales		.....	2,15
		<b>TOTAL</b>	
<b>PARTIDA</b>		.....	<b>4,87</b>
<b>02.16</b>	<b>m Conductor aislado UNE 0,6/1 kV 4mm2</b>		
	Conductor flexible de Cu, aislado con polietileno, reticulado (XLPE), y cubierta de poli cloruro de vinilo (PVC), instalado al aire de sección 2 mm2, especialmente pensado para instalaciones fotovoltaicas. Destinado para para cables que unen módulos no adyacentes (tramo 1) y para los cables de salida del generador fotovoltaico (tramo 2).		
		Mano de	
obra		.....	2,72
		Resto de obra y	
materiales		.....	1,84
		<b>TOTAL</b>	
<b>PARTIDA</b>		.....	<b>4,56</b>
<b>02.17</b>	<b>m Conductor trifásico aislado UNE 0,6/1 kV 10mm2</b>		
	Conductor flexible de Cu Afumex Easy RZ1-K (AS), instalado al aire de sección 10 mm2, RZ1-K (AS)		
		Mano de	
obra		.....	2,72
		Resto de obra y	
materiales		.....	1,24
		<b>TOTAL</b>	
<b>PARTIDA</b>		.....	<b>3,96</b>
<b>02.08</b>	<b>u SMA TEMPESENSOR-AMBIENT-ES sensor de temperatura ambiente</b>		
	Ud. Sensor de temperatura ambiente de SMA, para conectar con SMA WEBBOX, tipo de protección IP65, tolerancia +/- 0,7°C. incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material.		

	Completamente montado, probado y funcionando.			
obra		Mano de	.....	3,56
materiales		Resto de obra y	.....	44,56
		<b>TOTAL</b>	.....	<b>48,12</b>
<b>PARTIDA</b> 02.09	<b>u SMA WEBBOX-RS485</b> Ud. Sistema de monitorización Sunny WebBox con Bluetooth para datos de inversores y sensores, para montaje en interiores, 255x130x57 mm, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando.			
obra		Mano de	.....	3,56
materiales		Resto de obra y	.....	18,01
		<b>TOTAL</b>	.....	<b>21,57</b>
<b>PARTIDA</b> 02.10	<b>u SMA SUNNYSSENSOR-10ES</b> Ud. Sensor de radiación solar, para montaje en interiores, 255x130x57 mm, protección clase IP65, dimensiones 120x50x90 mm, para montaje en exteriores, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando.			
obra		Mano de	.....	3,56
materiales		Resto de obra y	.....	0,13
		<b>TOTAL</b>	.....	<b>3,69</b>
<b>PARTIDA</b> 02.21	<b>u Rele antivertido Circutor CDP 0</b>			
obra		Mano de	.....	4,47
materiales		Resto de obra y	.....	792,09
		<b>TOTAL</b>	.....	<b>796,56</b>
<b>CAPÍTULO 03 SEGURIDAD Y SALUD</b>				
03.01	U	Dotación de sistemas de seguridad y salud para la obra		
		<b>TOTAL</b>	.....	<b>649,42</b>

## 5 Cuadro de descompuestos

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 01 OBRA CIVIL</b>				
01.01	u	Escalera exterior 1 tramo		
ancho		Módulo de escalera de emergencia, recta estándar de un tramo por planta de 3 m. de altura máxima, con		
frío		útil de 1,2 m., realizada la estructura con perfiles de acero laminado S 275JR, zancas de perfil conformado en		
		de 4 mm. de espesor, peldaños de chapa lagrimada de 3 mm. de espesor o tramex perforado, y barandilla de		
		1,10 m. de altura de tubo de acero laminado en frío de 40x20x1,5 y 20x20x1,5 en todo su perímetro, para una		
so-				
P15ESCINT	1,000 U	Escalera interior	1.100,00	1.100,00
MO.01	1,500 h	Oficial 1º cerrajero	18,31	27,47
MO.02	1,500 h	Ayudante cerrajero	17,22	25,83
P15P01.01	10,000 u	Pequeño material	1,31	13,10
%CI30	5,000 %	Medios auxiliares y costes indirectos	916,40	45,82

partida	Suma la	.....	1.212,22
	Redondeo	.....	-250,00

**TOTAL**  
..... 962,22

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NOVECIENTOS SESENTA Y DOS EUROS con VEINTIDOS CÉNTIMOS

<b>01.02</b>	<b>u</b>	<b>Escalera interior 1 tramo</b>		
		Módulo de escalera de emergencia, recta estándar de 3 m. de altura máxima y dos pilares intermedios, con un ancho útil de 0,8m., realizada la estructura con perfiles de acero laminado S 275JR, zancas de perfil conformado en frío de 4 mm. de espesor, peldaños de chapa lagrimada de 3 mm. de espesor o tramex perforado, y barandilla de 1,10 m. de altura de tubo de acero laminado en frío de 40x20x1,5 y 20x20x1,5 en todo su perímetro y en el ojo de la escalera, para una sobre-carga de uso de 400 kg/m2., incluso imprimación antioxidante, resistente al fuego,		
se-				
P15ESCINT	1,000 U	Escalera interior	1.100,00	1.100,00
MO.01	1,500 h	Oficial 1º cerrajero	18,31	27,47
MO.02	1,500 h	Ayudante cerrajero	17,22	25,83
P15P01.01	10,000 u	Pequeño material	1,31	13,10
%CI30	5,000 %	Medios auxiliares y costes indirectos	1.166,40	58,32

**TOTAL**  
..... 1.224,72

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL DOSCIENTOS VEINTICUATRO EUROS con SETENTA Y DOS CÉNTIMOS

<b>01.03</b>	<b>u</b>	<b>Ampliación acceso a cubierta</b>		
		Apertura de hueco en forjado para acceso a cubierta, incluso parte proporcional de refuerzo de estructura en la zona afectada, reposición de los elementos de cubierta afectados, retirada de escombros a vertedero, colocación de		
CUB01	2,000 m3	Demolición	678,00	1.356,00
CUB02	200,000 kg	Refuerzo de la estructura	3,00	600,00
CUB03	2,000 m3	Retirada de escombros	123,00	246,00
CUB04	2,000 m2	Remate de cubierta	55,00	110,00
CUB05	6,000 m2	Remate de paramentos	32,00	192,00
CUB06	1,000 u	Puerta salida exterior	332,00	332,00
CUB07	12,000 m2	Forro de pladur	32,00	384,00
CUB08	1,000 u	Puerta inferior	232,00	232,00
CUB09	1,000 u	Acabado y pintura	124,00	124,00
CUB10	1,000 u	Iluminación	98,00	98,00
MO010A070	2,000 h	PEON	8,71	17,42
%03	3,000 %	COSTES INDIRECTOS S/TOTAL	3.691,40	110,74

**TOTAL**  
..... 3.802,16

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES MIL OCHOCIENTOS DOS EUROS con DIECISEIS CÉNTIMOS

## CAPÍTULO 02 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

<b>02.02</b>	<b>u</b>	<b>MÓDULO FOTOVOLTAICO TSM-265 DC05A.05</b>		
		Módulo fotovoltaico de silicio monocristalino, marca Trina Solar, modelo TSM-265 DC05A.05, potencia nominal 265 Wp con tolerancia +/- 5W %, características eléctricas principales Vmpp=63.6V, Voc=86V, Impp=2.28A, Icc=2.62A, eficiencia 13.3 en condiciones STC, grado de protección IP67, de 1656x656x35 mm. Incluso montaje. Incluso		
ac-				
P15P265	1,000 u	Módulo fotovoltaico Trina Solar 265 Wp	218,40	218,40
MO008	0,200 h	Oficial 1º instalador E.S.F.	17,82	3,56
MO106	0,200 h	Ayudante instalador E.S.F.	16,10	3,22
%CI030.3	0,000 %	MEDIOS AUXILIARES Y COSTES INDIRECTOS S/TOTAL	225,20	0,00

				<b>TOTAL</b>	
<b>PARTIDA</b>				..... 225,18	
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS VEINTICINCO EUROS con DIECIOCHO CÉNTIMOS					
<b>02.03</b>	<b>u</b>	<b>SMA SUNNY TRIPOWER 10000 TL-20 INVERSOR</b>			
Inversor central trifásico SMA Sunny Tripower 10000 TL-20, voltaje de entrada máximo 1000 V, potencia nominal					
10 kW, 2 MPPs, eficiencia máxima 97,6%, rango de voltaje de entrada de 300 a 800V, dimensiones					
P1510000TL	1,000 u	Inversor monofásico SMA SB 130TL		775,01	775,01
MO008	0,300 h	Oficial 1ª instalador E.S.F.		17,82	5,35
MO106	0,150 h	Ayudante instalador E.S.F.		16,10	2,42
%CI030.3	0,000 %	MEDIOS AUXILIARES Y COSTES INDIRECTOS S/TOTAL		782,80	0,00

				<b>TOTAL</b>	
<b>PARTIDA</b>				..... 782,78	
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETECIENTOS OCHENTA Y DOS EUROS con SETENTA Y OCHO CÉNTIMOS					
<b>02.04</b>	<b>u</b>	<b>ESTRUCTURA SOPORTE</b>			
Ud. Soporte para 8 captadores solares en cubiertas planas, montada a base de perfiles metalicos acero inoxidable					
PUK, lastre a base de grava rodada, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material.					
Completamente					
P15LA080	1,000 ud	Estruc. superf. horizontal panel fotov.		470,00	470,00
MO008	0,300 h	Oficial 1ª instalador E.S.F.		17,82	5,35
MO106	0,300 h	Ayudante instalador E.S.F.		16,10	4,83
%CI030.3	0,000 %	MEDIOS AUXILIARES Y COSTES INDIRECTOS S/TOTAL		480,20	0,00

				<b>TOTAL</b>	
<b>PARTIDA</b>				..... 480,18	
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS OCHENTA EUROS con DIECIOCHO CÉNTIMOS					
<b>02.05</b>	<b>u</b>	<b>ANALIZADOR DE RED TRIFÁSICA CARLO GAVAZZI EM24 DIN</b>			
Ud. Equipo de medida trifásico bidireccional hasta 65 A, con características según marca el RD 1663/2000, certifi- pequeño cación MID, precision +/- 0.5 lectura, grado de protección IP50. incluso accesorios y parte proporcional de					
P15CGEM24	2,000 u	Analizador de red trifasica		310,00	620,00
MO008	0,300 h	Oficial 1ª instalador E.S.F.		17,82	5,35
MO106	0,100 h	Ayudante instalador E.S.F.		16,10	1,61
%CI030.3	0,000 %	MEDIOS AUXILIARES Y COSTES INDIRECTOS S/TOTAL		627,00	0,00

				<b>TOTAL</b>	
<b>PARTIDA</b>				..... 626,96	
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEISCIENTOS VEINTISEIS EUROS con NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS					
<b>02.06</b>	<b>u</b>	<b>Canalizaciones PVC</b>			
Tubo de PVC rígido curvables AISCAN-REXA-EHF para canalización de conductores en exteriores, libre de haló-					
P15CPVCAC	1,000 u	Codos PVC D=16 mm		0,25	0,25
P15CPVCOB	1,000 m	Tubo rígido PVC D=16 mm		0,41	0,41
MO008	0,200 h	Oficial 1ª instalador E.S.F.		17,82	3,56
%CI030.3	0,000 %	MEDIOS AUXILIARES Y COSTES INDIRECTOS S/TOTAL		4,20	0,00

				<b>TOTAL</b>	
<b>PARTIDA</b>				..... 4,22	
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO EUROS con VEINTIDOS CÉNTIMOS					
<b>02.20</b>	<b>u</b>	<b>CONTADOR BIDIRECCIONAL ZIV 5CTD</b>			
Medida , Contador electrónico multifunción bidireccional y combinado de energía activa y reactiva de la marca ZIV					
modelo 5CTD E1F, tipo 5, trifásico. Precisión B (UNE-EN 50470-3) para la energía activa y 2 (UNE-EN 62053-23)					
P1502.08.CB	1,000 u	CONTADOR BIDIRECCIONAL ZIV 5CTD E1F		185,00	185,00
MOE.01	0,251 h	Oficial 1º electricista		17,82	4,47
%CI030.3	0,000 %	MEDIOS AUXILIARES Y COSTES INDIRECTOS S/TOTAL		189,50	0,00

		<b>TOTAL</b>			
<b>PARTIDA</b>				.....	<b>189,47</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO OCHENTA Y NUEVE EUROS con CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS					
<b>02.19</b>	<b>U</b>	<b>MAGNETOTÉRMICO SIEMENS In=40 A</b>			
Interruptor automático magnetotérmico SIEMENS, de 3 módulos, tripolar (3P), intensidad nominal 40 A, poder de corte 10 kA, curva B, de 54x86x77 mm, grado de protección IP 20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a					
P1502.09.MG	2,000 u	MAGNETOTÉRMICO SIEMENS In=40 A	118,37		236,74
MOE.01	0,301 h	Oficial 1º electricista	17,82		5,36
%005	0,500 %	Pequeño material eléctrico	242,10		1,21
%CI030.3	0,000 %	MEDIOS AUXILIARES Y COSTES INDIRECTOS S/TOTAL	243,30		0,00

		<b>TOTAL</b>			
<b>PARTIDA</b>				.....	<b>243,31</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS CUARENTA Y TRES EUROS con TREINTA Y UN CÉNTIMOS					
<b>02.18</b>	<b>u</b>	<b>DIFERENCIAL SIEMENS 300 mA In=40 A</b>			
Interruptor diferencial instantáneo, de 4 módulos, 3P, intensidad nominal 40 A, sensibilidad 300 mA, poder de corte 10 kA, clase AC, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP 20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a					
P1502.10.DF	1,000 u	DIFERENCIAL SIEMENS 300 mA In=40 A	157,00		157,00
MOE.01	0,301 h	Oficial 1º electricista	17,82		5,36
%005	0,500 %	Pequeño material eléctrico	162,40		0,81
%CI030.3	0,000 %	MEDIOS AUXILIARES Y COSTES INDIRECTOS S/TOTAL	163,20		0,00

		<b>TOTAL</b>			
<b>PARTIDA</b>				.....	<b>163,17</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO SESENTA Y TRES EUROS con DIECISIETE CÉNTIMOS					
<b>02.11</b>	<b>u</b>	<b>FUSIBLES In=10 A</b>			
Conjunto fusible formado por fusible cilíndrico gPV de df Electric, específicos para fotovoltaica y de acuerdo a nueva Norma IEC60269-6, intensidad nominal 10 A, poder de corte 30 kA, tamaño C10 (10x38 mm) y base					
P1502.11.FU	4,000 u	FUSIBLES In=10 A	0,73		2,92
P1502.11.PFU	4,000 u	Base modular fusibles	4,29		17,16
MOE.01	0,201 h	Oficial 1º electricista	17,82		3,58
%005	0,500 %	Pequeño material eléctrico	23,70		0,12
%CI030.3	0,000 %	MEDIOS AUXILIARES Y COSTES INDIRECTOS S/TOTAL	23,80		0,00

		<b>TOTAL</b>			
<b>PARTIDA</b>				.....	<b>23,78</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTITRES EUROS con SETENTA Y OCHO CÉNTIMOS					
<b>02.12</b>	<b>U</b>	<b>INTERRUPTOR-SECCIONADOR TELERGÓN</b>			
Interruptor-seccionador, intensidad nominal 13 A, poder de apertura y cierre 3 x In, poder de corte 20 x In durante 0,1 s, intensidad de cortocircuito 12 x In durante 1 s, vida útil en vacío 8500 maniobras, vida útil en carga 1500 maniobras, de 36x86x75 mm, grado de protección IP 20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril					
P1502.12.INT	1,000 U	INTERRUPTOR-SECCIONADOR TELERGÓN	88,34		88,34
MOE.01	0,251 h	Oficial 1º electricista	17,82		4,47
%005	0,500 %	Pequeño material eléctrico	92,80		0,46
%CI030.3	0,000 %	MEDIOS AUXILIARES Y COSTES INDIRECTOS S/TOTAL	93,30		0,00

		<b>TOTAL</b>			
<b>PARTIDA</b>				.....	<b>93,27</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NOVENTA Y TRES EUROS con VEINTISIETE CÉNTIMOS					
<b>02.13</b>	<b>U</b>	<b>Cajas de protección</b>			
Caja general de protección Uriarte tipo BRES, equipada con bornes de conexión, formada por una envolvente lante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-					
P1502.13.CP	2,000 U	Caja de protección Uriarte BRES	37,95		75,90
P1502.13.CI	1,000 u	Caja para inversor Uriarte ART-57-IP55	379,15		379,15
MO008	0,300 h	Oficial 1º instalador E.S.F.	17,82		5,35
MO106	0,150 h	Ayudante instalador E.S.F.	16,10		2,42

MOE.01	0,301 h	Oficial 1º electricista	17,82	5,36
%CI030.3	0,000 %	MEDIOS AUXILIARES Y COSTES INDIRECTOS S/TOTAL	468,20	0,00

**TOTAL**

..... 468,18

**PARTIDA**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS SESENTA Y OCHO EUROS con DIECIOCHO CÉNTIMOS

<b>02.14</b>	<b>u</b>	<b>Bandejas de chapa perforada</b>		
		Bandeja portacables de chapa perforada de OBO BETTERMANN o similar tipo SKS 110 FT de dimensiones		
P15BPOBOB	1,000 u	Bandeja portacables perforada	55,00	55,00
MO008	0,200 h	Oficial 1ª instalador E.S.F.	17,82	3,56
P15RWEB	2,000 u	Cierre final bandeja Ref: 7107552	27,94	55,88
%03	3,000 %	COSTES INDIRECTOS S/TOTAL	114,40	3,43

**TOTAL**

..... 117,87

**PARTIDA**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO DIECISIETE EUROS con OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS

<b>02.15</b>	<b>m</b>	<b>Conductor aislado UNE 0,6/1 kV 6mm2</b>		
		Conductor flexible de Cu, aislado con polietileno, reticulado (XLPE), y cubierta de poli cloruro de vinilo (PVC),		
ins-		talado al aire de sección 2 mm2, especialmente pensado para instalaciones fotovoltaicas. Tramo		
correspondiente				
P15CCU.01.6	1,000 m	P-Sun 6mm2	2,15	2,15
MOE.01	0,080 h	Oficial 1º electricista	17,82	1,43
MOE.02	0,080 h	Ayudante electricista	16,10	1,29
%CI030.3	0,000 %	MEDIOS AUXILIARES Y COSTES INDIRECTOS S/TOTAL	4,90	0,00

**TOTAL**

..... 4,87

**PARTIDA**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO EUROS con OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS

<b>02.16</b>	<b>m</b>	<b>Conductor aislado UNE 0,6/1 kV 4mm2</b>		
		Conductor flexible de Cu, aislado con polietileno, reticulado (XLPE), y cubierta de poli cloruro de vinilo (PVC),		
ins-		talado al aire de sección 2 mm2, especialmente pensado para instalaciones fotovoltaicas. Destinado para		
para ca-				
P15CCU.02.4	1,000 m	P-Sun 4 mm2	1,84	1,84
MOE.01	0,080 h	Oficial 1º electricista	17,82	1,43
MOE.02	0,080 h	Ayudante electricista	16,10	1,29
%CI030.3	0,000 %	MEDIOS AUXILIARES Y COSTES INDIRECTOS S/TOTAL	4,60	0,00

**TOTAL**

..... 4,56

**PARTIDA**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO EUROS con CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS

<b>02.17</b>	<b>m</b>	<b>Conductor trifásico aislado UNE 0,6/1 kV 10mm2</b>		
		Conductor flexible de Cu Afumex Easy RZ1-K (AS), instalado al aire de sección 10 mm2, RZ1-K (AS)		
P15CC.03.10	1,000 m	Conductor trifásico 4x10mm2 XPLE RZ1-K (AS)	1,24	1,24
MOE.01	0,080 h	Oficial 1º electricista	17,82	1,43
MOE.02	0,080 h	Ayudante electricista	16,10	1,29
%CI030.3	0,000 %	MEDIOS AUXILIARES Y COSTES INDIRECTOS S/TOTAL	4,00	0,00

**TOTAL**

..... 3,96

**PARTIDA**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES EUROS con NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS

<b>02.08</b>	<b>u</b>	<b>SMA TEMPSENSOR-AMBIENT-ES sensor de temperatura ambiente</b>		
		Ud. Sensor de temperatura ambiente de SMA, para conectar con SMA WEBBOX, tipo de proteccion IP65,		
tolerancia		+/- 0,7°C. incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y		
fun-		cionando.		
P15SMATEMPAMB	1,000 u	Sensor de temperatura ambiente	42,93	42,93
MO008	0,200 h	Oficial 1ª instalador E.S.F.	17,82	3,56
%005	0,500 %	Pequeño material eléctrico	46,50	0,23
%03	3,000 %	COSTES INDIRECTOS S/TOTAL	46,70	1,40





## 6 Presupuesto

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
01	OBRA CIVIL .....	5.726,60	24,06
02	INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA .....	23.972,02	100,72
03	SEGURIDAD Y SALUD .....	649,42	2,73
		<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>30.348,04</b>
		13,00 % Gastos generales .....	3.945,25
		6,00 % Beneficio industrial .....	1.820,88
		SUMA DE G.G. y B.I.	5.766,13
		21,00 % I.V.A. ....	7.583,98
		<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>	<b>43.698,15</b>
		<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>43.698,15</b>

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CUARENTA Y TRES MIL SEISCIENTOS NOVENTA Y OCHO EUROS con QUINCE CÉNTIMOS

, a 10 de junio de 2015.

El promotor

La dirección facultativa



# ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 10 kW  
CONECTADA A RED EN DIFERENTES REGÍMENES DE  
FUNCIONAMIENTO EN LA CUBIERTA DE LA E.S.T.I.M. DE LEÓN

Autora: Paula Álvarez González

## ÍNDICE DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

1	Memoria .....	136
1.1	Consideraciones preliminares.....	136
1.1.1	Justificación.....	136
1.1.2	Objeto .....	136
1.1.3	Normativa .....	137
1.2	Características de la instalación .....	137
1.2.1	Agentes .....	137
1.2.2	Descripción general de proyecto y emplazamiento.....	137
1.2.3	Características generales de la obra.....	138
1.3	Medios de auxilio .....	138
1.3.1	Medios de auxilio en obra .....	138
1.3.2	Medios de auxilio en caso de accidente.....	138
1.4	Instalaciones de higiene y bienestar de los trabajadores.....	139
1.5	Identificación de riesgos y medidas preventivas a adoptar.....	139
1.5.1	Riesgos durante los trabajos previos a la ejecución de la obra.....	141
1.5.2	Durante las fases de ejecución de la obra .....	142
1.5.3	Durante la utilización de medios auxiliares.....	145
1.5.4	Durante la utilización de maquinaria y herramientas .....	146
1.6	Identificación de los riesgos laborales evitables.....	150
1.6.1	Caídas al mismo nivel.....	150
1.6.2	Caídas a distinto nivel .....	150
1.6.3	Polvo y partículas .....	150
1.6.4	Ruido .....	150
1.6.5	Esfuerzos .....	150
1.6.6	Incendios.....	150
1.6.7	Intoxicación por emanaciones.....	150
1.7	Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse .....	151
1.7.1	Caída de objetos .....	151

1.8	Condiciones de seguridad y salud, en trabajos posteriores de reparación y mantenimiento .....	152
1.8.1	Trabajos en cubiertas.....	152
1.8.2	Trabajos en instalaciones.....	152
1.8.3	Trabajos con pinturas y barnices .....	152
1.9	Trabajos que implican riesgos especiales .....	152
1.10	Medidas en caso de emergencia.....	152
1.11	Presencia de los recursos preventivos del contratista .....	153
2	Pliego de cláusulas administrativas .....	154
2.1	Objeto.....	154
2.2	Disposiciones legales de aplicación.....	154
2.3	Disposiciones facultativas .....	154
2.3.1	Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación....	154
2.3.2	El Promotor .....	155
2.3.3	El Proyectista.....	155
2.3.4	El Contratista y Subcontratista .....	155
2.3.5	La Dirección Facultativa .....	156
2.3.6	Coordinador de Seguridad y Salud en Proyecto .....	156
2.3.7	Coordinador de Seguridad y Salud en Ejecución .....	156
2.3.8	Trabajadores Autónomos .....	157
2.3.9	Trabajadores por cuenta ajena.....	157
2.3.10	Fabricantes y suministradores de equipos de protección y materiales de construcción.....	157
2.3.11	Recursos preventivos.....	158
2.4	Formación en Seguridad .....	158
2.5	Reconocimientos médicos .....	158
2.6	Salud e higiene en el trabajo.....	158
2.6.1	Primeros auxilios.....	158
2.6.2	Actuación en caso de accidente .....	159
2.7	Documentación de obra.....	159
2.7.1	Estudio Básico de Seguridad y Salud .....	159

2.7.2	Plan de seguridad y salud .....	159
2.7.3	Acta de aprobación del plan .....	159
2.7.4	Comunicación de apertura de centro de trabajo .....	160
2.7.5	Libro de incidencias .....	160
2.7.6	Libro de órdenes .....	160
2.7.7	Libro de visitas .....	160
2.7.8	Libro de subcontratación .....	161
2.8	Disposiciones Económicas.....	161
3	Pliego de condiciones técnicas particulares .....	162
3.1	Medios de protección colectiva .....	162
3.2	Medios de protección individual.....	163
3.2.1	Casco .....	163
3.2.2	Botas .....	163
3.2.3	Guantes .....	164
3.2.4	Cinturones de seguridad .....	164
3.2.5	Dispositivos contra caídas.....	164
3.2.6	Protectores auditivos.....	165
3.2.7	Protectores de la vista .....	165
3.2.8	Protectores de las vías respiratorias.....	165
3.2.9	Ropa de trabajo.....	165
3.2.10	Cables de fijación de los cinturones de seguridad y puntos fuertes de anclaje 165	
3.2.11	Herramientas manuales para trabajos eléctricos en B.T.....	166

# 1 Memoria

## 1.1 Consideraciones preliminares

### 1.1.1 Justificación

La obra proyectada requiere la redacción de un estudio básico de seguridad y salud debido a su reducido volumen y sencillez de ejecución, cumpliéndose el artículo 4 del Real Decreto 1627/97, de 24 de octubre “obligatoriedad del estudio de seguridad y salud o del estudio básico de seguridad y salud en las obras”, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, al verificarse que:

- a) El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 450.760,00 euros.
- b) No se cumple que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) El volumen estimado de mano de obra, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, no es superior a 500 días.
- d) No se trata de una obra de túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas.

### 1.1.2 Objeto

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud tiene como objeto establecer las medidas a adoptar encaminadas a la prevención de los riesgos de accidente y enfermedades profesionales que pueden ocasionarse durante la ejecución de la obra, así como las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

Se exponen unas directrices básicas de acuerdo con la legislación vigente, en cuanto a las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud, con el fin de que el contratista cumpla con sus obligaciones en cuanto a la prevención de riesgos profesionales.

Los objetivos que se pretenden alcanzar con el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud son:

- Garantizar la salud e integridad física de los trabajadores.
- Evitar acciones o situaciones peligrosas por improvisación, o por insuficiencia o falta de medios.
- Establecer las normas de utilización de los elementos de seguridad.
- Delimitar y esclarecer atribuciones y responsabilidades en materia de seguridad de las personas que intervienen en el proceso constructivo.
- Determinar los costes de las medidas de protección y prevención.
- Referir la clase de medidas de protección a emplear en función del riesgo.
- Detectar a tiempo los riesgos que se derivan de la ejecución de la obra.
- Aplicar técnicas de ejecución que reduzcan al máximo estos riesgos.
- Servir de base para la realización del plan de seguridad y salud en el trabajo

### 1.1.3 Normativa

La relación de normativa que a continuación se presenta no pretende ser exhaustiva, se trata únicamente de recoger la normativa legal vigente en el momento de la edición de este documento, que sea de aplicación y del mayor interés para la realización de los trabajos objeto del estudio al que se adjunta este Estudio Básico de Seguridad y Salud.

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborables.
- Decreto del 28/11/69 Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.
- Decreto 842/2002 del 2 de Agosto. Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y las Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 3275/1982 Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, y las Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero. Reglamento de los Servicios de Prevención
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

## 1.2 Características de la instalación

### 1.2.1 Agentes

Los responsables en materia de seguridad en la obra objeto del presente estudio básico de seguridad y salud son:

**Promotor:** Universidad de León

**Autor del proyecto:** Paula Álvarez González

**Constructor:** Se desconoce por ahora

**Coordinador de seguridad y salud en fase de proyecto:** Se desconoce por ahora

### 1.2.2 Descripción general de proyecto y emplazamiento.

**Denominación del proyecto:** PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 10 KW CONECTADA A RED EN DIFERENTES REGÍMENES DE FUNCIONAMIENTO EN LA CUBIERTA DE LA E.S.T.I.M DE LEÓN

**Presupuesto:** El presupuesto total de adjudicación asciende a la cantidad de CUARENTA Y TRES MIL QUINIENTOS NOVENTA Y NUEVE EUROS con DIEZ CÉNTIMOS

**Plazo de Ejecución:** Se desconoce por ahora

**Número máximo de operarios:** Se desconoce por ahora

**Dirección:** UNIVERSIDAD DE LEÓN Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas Campus de Vegazana 24071 LEÓN

**Accesos a la obra:** Se realizará por las zonas de acceso que se habiliten para la realización de la obra.



### 1.2.3 Características generales de la obra.

Descripción de las características de las unidades de la obra que pueden influir en la previsión de los riesgos laborales.

- Montaje de sistemas para asegurar la seguridad de las personas y los objetos
- Construcción de las escaleras de acceso a cubierta
- Acondicionamiento de la cubierta mediante pasarela y barandillas
- Montaje de la estructura soporte de los módulos fotovoltaicos
- Montaje de los módulos
- Tendido de cables
- Conexiones de puesta a tierra
- Instalación de inversores
- Instalación del cuadro de contadores, protección y medida
- Pruebas y puesta en marcha

## 1.3 Medios de auxilio

La evacuación de heridos a los centros sanitarios se llevará a cabo exclusivamente por personal especializado, en ambulancia. Tan solo los heridos leves podrán trasladarse por otros medios, siempre con el consentimiento y bajo la supervisión del responsable de emergencias de la obra.

### 1.3.1 Medios de auxilio en obra

En la obra se dispondrá de un armario botiquín portátil modelo B con destino a empresas de 5 a 25 trabajadores, en un lugar accesible a los operarios y debidamente equipado, según la Orden TAS/2947/2007, de 8 de octubre, por la que se establece el suministro a las empresas de botiquines con material de primeros auxilios en caso de accidente de trabajo.

Su contenido se limitará, como mínimo, al establecido en el anexo VI. A). 3 del Real Decreto 486/97, de 14 de abril:

- Desinfectantes y antisépticos autorizados
- Gasas estériles
- Algodón hidrófilo
- Vendas
- Esparadrapo
- Apósitos adhesivos
- Tijeras
- Pinzas y guantes desechables

El responsable de emergencias revisará periódicamente el material de primeros auxilios, reponiendo los elementos utilizados y sustituyendo los productos caducados.

### 1.3.2 Medios de auxilio en caso de accidente

Se aporta la información de los centros sanitarios más próximos a la obra, que puede ser de gran utilidad si se llegara a producir un accidente laboral.

NIVEL ASISTENCIAL	NOMBRE, TELÉFONO	EMPLAZAMIENTO Y DISTANCIA (KM)	APROX.
Primeros auxilios	Botiquín portátil		En la obra
Asistencia primaria (Urgencias)	Hospital Universitario de León Altos de Nava s/n 24071 León 987 23 74 00		1,7 km

La distancia al centro asistencial más próximo Hospital Universitario de León se estima en 5 minutos, en condiciones normales de tráfico.

#### 1.4 Instalaciones de higiene y bienestar de los trabajadores

Los servicios higiénicos de la obra cumplirán las "Disposiciones mínimas generales relativas a los lugares de trabajo en las obras" contenidas en la legislación vigente en la materia.

Dadas las características y el volumen de la obra, no se ha previsto la colocación de instalaciones los vestuarios y aseos debido a la existencia de los mismos en el propio centro donde se realiza la ejecución del proyecto en cuestión.

#### 1.5 Identificación de riesgos y medidas preventivas a adoptar

A continuación se exponen los riesgos más frecuentes que pueden surgir en las distintas fases de ejecución de la obra, con las medidas preventivas y de protección colectiva a adoptar con el fin de eliminar o reducir al máximo dichos riesgos, así como los equipos de protección individual (EPI) imprescindibles para mejorar las condiciones de seguridad y salud en la obra.

Riesgos generales más frecuentes.

- Caída de objetos y/o materiales al mismo o a distinto nivel
- Desprendimiento de cargas suspendidas
- Exposición a temperaturas ambientales extremas
- Exposición a vibraciones y ruido
- Cortes y golpes en la cabeza y extremidades
- Cortes y heridas con objetos punzantes
- Sobreesfuerzos, movimientos repetitivos o posturas inadecuadas
- Electrocuciões por contacto directo o indirecto
- Dermatitis por contacto con yesos, escayola, cemento, pinturas, pegamentos, etc.
- Intoxicación por inhalación de humos y gases
- Accidentes por el uso de herramientas
- Quemaduras por contactos térmicos

Medidas preventivas y protecciones colectivas de carácter general

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada
- Se colocarán carteles indicativos de las medidas de seguridad en lugares visibles de la obra

- Se prohibirá la entrada a toda persona ajena a la obra
- Los recursos preventivos de la obra tendrán presencia permanente en aquellos trabajos que entrañen mayores riesgos, en cumplimiento de los supuestos regulados por el Real Decreto 604/06 que exigen su presencia.
- Las operaciones que entrañen riesgos especiales se realizarán bajo la supervisión de una persona cualificada, debidamente instruida
- Se suspenderán los trabajos en caso de tormenta y cuando llueva con intensidad o la velocidad del viento sea superior a 50 km/h
- Cuando las temperaturas sean extremas, se evitará, en la medida de lo posible, trabajar durante las horas de mayor insolación
- La carga y descarga de materiales se realizará con precaución y cautela, preferentemente por medios mecánicos, evitando movimientos bruscos que provoquen su caída
- La manipulación de los elementos pesados se realizará por personal cualificado, utilizando medios mecánicos o palancas, para evitar sobreesfuerzos innecesarios
- No se realizará ningún trabajo dentro del radio de acción de las máquinas o vehículos
- Los operarios no desarrollarán trabajos, ni permanecerán, debajo de cargas suspendidas
- Se evitarán o reducirán al máximo los trabajos en altura
- Se utilizarán escaleras normalizadas, sujetas firmemente, para el descenso y ascenso a las zonas excavadas
- Los huecos horizontales y los bordes de los forjados se protegerán mediante la colocación de barandillas o redes homologadas

Equipos de protección individual (EPI) a utilizar en las distintas fases de ejecución de la obra

- Casco de seguridad homologado. Cuando exista riesgo de golpe en la cabeza. Lo utilizarán todas las personas que participen en la instalación, incluidas las visitas
- Cinturón de seguridad con dispositivo anticaída: Cuando exista riesgo de caída. Lo utilizarán todas las personas que participen en la instalación, incluidas las visitas
- Cinturón portaherramientas
- Guantes de goma.
- Guantes de cuero.
- Guantes aislantes: Para trabajos en presencia de corriente eléctrica
- Calzado con puntera reforzada: Para trabajos con riesgo de aplastamiento
- Calzado de seguridad con suela aislante y anticlavos. Para trabajos con riesgo de punzamiento y/o aplastamiento.
- Botas de caña alta de goma: Para trabajos en presencia de humedad.
- Mascarilla con filtro mecánico para el corte de ladrillos con sierra
- Ropa de trabajo impermeable: Para trabajos en presencia de humedad.
- Faja antilumbago

- Gafas de seguridad antiimpactos: Para trabajos con proyecciones de partículas y/o polvo.
- Protectores auditivos: trabajar con nivel de ruido elevado (cuando superen los 80 dBA).

### 1.5.1 Riesgos durante los trabajos previos a la ejecución de la obra.

Se expone la relación de los riesgos más frecuentes que pueden surgir en los trabajos previos a la ejecución de la obra, con las medidas preventivas, protecciones colectivas y equipos de protección individual (EPI), específicos para dichos trabajos.

#### 1.5.1.1 Instalación eléctrica provisional

Teniendo en cuenta que la ejecución de la obra se realizara en la cubierta de un edificio con suministro eléctrico la conexión provisional durante la realización de las obras se realizara mediante una prolongación eléctrica u otro sistema a decisión del constructor.

Riesgos más frecuentes

- Electrocutaciones por contacto directo o indirecto
- Incendios

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Cumplir las limitaciones impuestas en las prescripciones técnicas de la prolongación eléctrica u sistema a utilizar.
- Examinar regularmente el cable para comprobar su estado, sobre todo antes de comenzar su trabajo. Si está gastado o dañado, se pedirá uno nuevo, sin intentar arreglarlo.
- No tirar de los cables de las máquinas para moverlas y mucho menos de los cables prolongadores.
- Manejar el cable eléctrico de prolongación con cuidado, evitando tirones, aplastamientos, rozaduras, cortes, corrosiones, etc.
- No debe extenderse sobre una zona de paso donde las personas puedan pisarlo o tropezar con él, o los vehículos puedan deteriorarlo. Si es inevitable extender el cable por una zona de paso, debe protegerse con carcasas suficientemente resistentes.
- Para guardarlo, se enrollará en su bobina. Si el cable no tuviera bobina se enrollará realizando círculos relativamente grandes, deshaciendo los lazos o cocas que hayan podido formarse.

#### 1.5.1.2 Vallado de obra

Riesgos más frecuentes

- Cortes y heridas con objetos punzantes
- Proyección de fragmentos o de partículas
- Exposición a temperaturas ambientales extremas
- Exposición a vibraciones y ruido

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Se retirarán los clavos y todo el material punzante resultante del vallado

Equipos de protección individual (EPI)

- Calzado con puntera reforzada
- Guantes de cuero
- Ropa de trabajo reflectante

## 1.5.2 Durante las fases de ejecución de la obra

### 1.5.2.1 Acondicionamiento de cubierta

Riesgos más frecuentes:

- Caída por los bordes de cubierta.

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- El acopio de los materiales de cubierta se realizará en zonas alejadas de los bordes o aleros, y fuera de las zonas de circulación.
- El acceso a la cubierta se realizará mediante escaleras de mano homologadas, ubicadas en huecos protegidos y apoyadas sobre superficies horizontales, sobrepasando 1,0 m la altura de desembarque
- Se instalarán anclajes en la cumbrera para amarrar los cables y/o los cinturones de seguridad

Equipos de protección individual (EPI)

- Calzado con suela antideslizante
- Ropa de trabajo impermeable
- Cinturón de seguridad con dispositivo anticaída

### 1.5.2.2 Ensamblado de las mesas de los paneles

Riesgos más frecuentes

- Caída de objetos y/o materiales al mismo o a distinto nivel
- Desprendimiento de cargas suspendidas
- Exposición a temperaturas ambientales extremas
- Exposición a vibraciones y ruido
- Cortes y golpes en la cabeza y extremidades
- Cortes y heridas con objetos punzantes
- Sobreesfuerzos, movimientos repetitivos o posturas inadecuadas
- Accidentes por el uso de herramientas

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- El personal encargado de realizar trabajos en instalaciones estará formado y adiestrado en el empleo del material de seguridad y de los equipos y herramientas específicas para cada labor
- Se utilizarán herramientas portátiles con doble aislamiento
- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada

- Se suspenderán los trabajos en caso de tormenta y cuando llueva con intensidad o la velocidad del viento sea superior a 50 km/h
- Cuando las temperaturas sean extremas, se evitará, en la medida de lo posible, trabajar durante las horas de mayor insolación
- La carga y descarga de materiales se realizará con precaución y cautela, preferentemente por medios mecánicos, evitando movimientos bruscos que provoquen su caída

#### Equipos de protección individual (EPI)

- Casco de seguridad homologado.
- Cinturón de seguridad con dispositivo anticaída:
- Cinturón portaherramientas
- Guantes de goma.
- Guantes de cuero.
- Calzado con puntera reforzada:

#### **1.5.2.3 Montajes electromecánicos de equipos y de accesorios.**

##### Riesgos generales más frecuentes.

- Caída de objetos y/o materiales al mismo o a distinto nivel
- Desprendimiento de cargas suspendidas
- Exposición a temperaturas ambientales extremas
- Exposición a vibraciones y ruido
- Cortes y golpes en la cabeza y extremidades
- Cortes y heridas con objetos punzantes
- Sobreesfuerzos, movimientos repetitivos o posturas inadecuadas
- Electrocutaciones por contacto directo o indirecto
- Dermatitis por contacto con yesos, escayola, cemento, pinturas, pegamentos, etc.
- Intoxicación por inhalación de humos y gases
- Accidentes por el uso de herramientas
- Quemaduras por contactos térmicos

##### Medidas preventivas y protecciones colectivas de carácter general

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada
- Se colocarán carteles indicativos de las medidas de seguridad en lugares visibles de la obra
- Se prohibirá la entrada a toda persona ajena a la obra
- Las operaciones que entrañen riesgos especiales se realizarán bajo la supervisión de una persona cualificada, debidamente instruida
- La carga y descarga de materiales se realizará con precaución y cautela, preferentemente por medios mecánicos, evitando movimientos bruscos que provoquen su caída
- La manipulación de los elementos pesados se realizará por personal cualificado, utilizando medios mecánicos o palancas, para evitar sobreesfuerzos innecesarios

- Los operarios no desarrollarán trabajos, ni permanecerán, debajo de cargas suspendidas
- Se evitarán o reducirán al máximo los trabajos en altura
- Se utilizarán escaleras normalizadas, sujetas firmemente, para el descenso y ascenso a las zonas excavadas
- No manejar aparatos eléctricos ni manipular instalaciones eléctricas con las manos o pies mojados o humados

Equipos de protección individual (EPI) a utilizar en las distintas fases de ejecución de la obra

- Casco de seguridad homologado
- Cinturón portaherramientas
- Guantes de goma.
- Guantes de cuero.
- Guantes aislantes:
- Calzado con puntera reforzada: Para trabajos con riesgo de aplastamiento
- Calzado de seguridad con suela aislante y anticlavos.
- Botas de caña alta de goma:
- Mascarilla con filtro mecánico para el corte de ladrillos con sierra
- Ropa de trabajo impermeable:
- Gafas de seguridad antiimpactos: Para trabajos con proyecciones de partículas y/o polvo.
- Protectores auditivos: trabajar con nivel de ruido elevado (cuando superen los 80 dBA).

#### **1.5.2.4 Instalaciones en general**

Riesgos más frecuentes

- Electrocuciões por contacto directo o indirecto
- Quemaduras producidas por descargas eléctricas
- Intoxicación por vapores procedentes de la soldadura
- Incendios y explosiones

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- El personal encargado de realizar trabajos en instalaciones estará formado y adiestrado en el empleo del material de seguridad y de los equipos y herramientas específicas para cada labor
- Se utilizarán solamente lámparas portátiles homologadas, con manguera antihumedad y clavija de conexión normalizada, alimentadas a 24 voltios
- Se utilizarán herramientas portátiles con doble aislamiento

Equipos de protección individual (EPI)

- Guantes aislantes en pruebas de tensión
- Calzado con suela aislante ante contactos eléctricos
- Banquetas aislantes de la electricidad
- Comprobadores de tensión
- Herramientas aislantes

### 1.5.3 Durante la utilización de medios auxiliares

La prevención de los riesgos derivados de la utilización de los medios auxiliares de la obra se realizará atendiendo a las prescripciones de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y a la Ordenanza de Trabajo en la Construcción, Vidrio y Cerámica (Orden de 28 de agosto de 1970), prestando especial atención a la Sección 3ª "Seguridad en el trabajo en las industrias de la Construcción y Obras Públicas" Subsección 2ª "Andamios en general".

En ningún caso se admitirá la utilización de andamios o escaleras de mano que no estén normalizados y cumplan con la normativa vigente.

En el caso de las plataformas de descarga de materiales, sólo se utilizarán modelos normalizados, disponiendo de barandillas homologadas y enganches para cinturón de seguridad, entre otros elementos.

Relación de medios auxiliares previstos en la obra con sus respectivas medidas preventivas y protecciones colectivas:

#### 1.5.3.1 Escalera de mano

- Se revisará periódicamente el estado de conservación de las escaleras.
- Dispondrán de zapatas antideslizantes o elementos de fijación en la parte superior o inferior de los largueros.
- Se transportarán con el extremo delantero elevado, para evitar golpes a otros objetos o a personas.
- Se apoyarán sobre superficies horizontales, con la planeidad adecuada para que sean estables e inmóviles, quedando prohibido el uso como cuña de cascotes, ladrillos, bovedillas o elementos similares.
- Los travesaños quedarán en posición horizontal y la inclinación de la escalera será inferior al 75% respecto al plano horizontal.
- El extremo superior de la escalera sobresaldrá 1,0 m de la altura de desembarque, medido en la dirección vertical.
- El operario realizará el ascenso y descenso por la escalera en posición frontal (mirando los peldaños), sujetándose firmemente con las dos manos en los peldaños, no en los largueros.
- Se evitará el ascenso o descenso simultáneo de dos o más personas.
- Cuando se requiera trabajar sobre la escalera en alturas superiores a 3,5 m, se utilizará siempre el cinturón de seguridad con dispositivo anticaída.
- La escalera de mano tendrá siempre las garantías que hagan falta por lo que hace a solidez, estabilidad y seguridad, y si es el caso, de aislamiento e incombustión.
- Cuando los montantes son de madera serán de una sola pieza y sus escalones estarán bien encajados y no solamente enclavados.
- Las escaleras de mano solamente se podrán pintar con barniz y no con pintura, debido a que con esta pueden quedar escondidos posibles defectos.
- Se prohíbe empalmar escaleras (exceptuando las extensibles que están garantizadas por los respectivos fabricantes).



### 1.5.3.2 Andamio de borriquetas

- Los andamios de borriquetas se apoyarán sobre superficies firmes, estables y niveladas.
- Se empleará un mínimo de dos borriquetas para la formación de andamios, quedando totalmente prohibido como apoyo el uso de bidones, ladrillos, bovedillas u otros objetos.
- Las plataformas de trabajo estarán perfectamente ancladas a las borriquetas.
- Queda totalmente prohibido instalar un andamio de borriquetas encima de otro.

### 1.5.4 Durante la utilización de maquinaria y herramientas

Las medidas preventivas a adoptar y las protecciones a emplear para el control y la reducción de riesgos debidos a la utilización de maquinaria y herramientas durante la ejecución de la obra se desarrollarán en el correspondiente Plan de Seguridad y Salud, conforme a los siguientes criterios:

- a) Todas las máquinas y herramientas que se utilicen en la obra dispondrán de su correspondiente manual de instrucciones, en el que estarán especificados claramente tanto los riesgos que entrañan para los trabajadores como los procedimientos para su utilización con la debida seguridad.
- b) La maquinaria cumplirá las prescripciones contenidas en el vigente Reglamento de Seguridad en las Máquinas, las Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) y las especificaciones de los fabricantes.
- c) No se aceptará la utilización de ninguna máquina, mecanismo o artificio mecánico sin reglamentación específica.

Relación de máquinas y herramientas que está previsto utilizar en la obra, con sus correspondientes medidas preventivas y protecciones colectivas:

#### 1.5.4.1 Camión para transporte

- Las maniobras del camión serán dirigidas por un señalista de tráfico
- Las cargas se repartirán uniformemente en la caja, evitando acopios con pendientes superiores al 5% y protegiendo los materiales sueltos con una lona
- Antes de proceder a las operaciones de carga y descarga, se colocará el freno en posición de frenado y, en caso de estar situado en pendiente, calzos de inmovilización debajo de las ruedas
- En las operaciones de carga y descarga se evitarán movimientos bruscos que provoquen la pérdida de estabilidad, permaneciendo siempre el conductor fuera de la cabina

#### 1.5.4.2 Camión grúa

- El conductor accederá al vehículo descenderá del mismo con el motor apagado, en posición frontal, evitando saltar al suelo y haciendo uso de los peldaños y asideros
- Se cuidará especialmente de no sobrepasar la carga máxima indicada por el fabricante
- La cabina dispondrá de botiquín de primeros auxilios y de extintor timbrado y revisado
- Los vehículos dispondrán de bocina de retroceso

- Se comprobará que el freno de mano está activado antes de la puesta en marcha del motor, al abandonar el vehículo y durante las operaciones de elevación
- La elevación se realizará evitando operaciones bruscas, que provoquen la pérdida de estabilidad de la carga

#### **1.5.4.3 Hormigonera**

- Las operaciones de mantenimiento serán realizadas por personal especializado, previa desconexión de la energía eléctrica
- La hormigonera tendrá un grado de protección IP-55
- Su uso estará restringido sólo a personas autorizadas
- Dispondrá de freno de basculamiento del bombo
- Los conductos de alimentación eléctrica de la hormigonera estarán conectados a tierra, asociados a un disyuntor diferencial
- Las partes móviles del aparato deberán permanecer siempre protegidas mediante carcasas conectadas a tierra
- No se ubicarán a distancias inferiores a tres metros de los bordes de excavación y/o de los bordes de los forjados

#### **1.5.4.4 Martillo picador**

- Las mangueras de aire comprimido deben estar situadas de forma que no dificulten ni el trabajo de los operarios ni el paso del personal
- No se realizarán ni esfuerzos de palanca ni operaciones similares con el martillo en marcha
- Se verificará el perfecto estado de los acoplamientos de las mangueras
- Se cerrará el paso del aire antes de desarmar un martillo

#### **1.5.4.5 Maquinillo**

- Será utilizado exclusivamente por la persona debidamente autorizada
- El trabajador que utilice el maquinillo estará debidamente formado en su uso y manejo, conocerá el contenido del manual de instrucciones, las correctas medidas preventivas a adoptar y el uso de los EPI necesarios
- Previamente al inicio de cualquier trabajo, se comprobará el estado de los accesorios de seguridad, del cable de suspensión de cargas y de las eslingas
- Se comprobará la existencia del limitador de recorrido que impide el choque de la carga contra el extremo superior de la pluma
- Dispondrá de marcado CE, de declaración de conformidad y de manual de instrucciones emitido por el fabricante
- Quedará claramente visible el cartel que indica el peso máximo a elevar
- Se acotará la zona de la obra en la que exista riesgo de caída de los materiales transportados por el maquinillo
- Se revisará el cable a diario, siendo obligatoria su sustitución cuando el número de hilos rotos sea igual o superior al 10% del total
- El anclaje del maquinillo se realizará según se indica en el manual de instrucciones del fabricante
- El arriostramiento nunca se hará con bidones llenos de agua, de arena u de otro material

#### **1.5.4.6 Se realizará el mantenimiento previsto por el fabricante**

##### **1.5.4.7 Sierra circular**

- Su uso está destinado exclusivamente al corte de elementos o piezas de la obra
- Para el corte de materiales cerámicos o pétreos se emplearán discos abrasivos y para elementos de madera discos de sierra
- Deberá existir un interruptor de parada cerca de la zona de mando
- La zona de trabajo deberá estar limpia de serrín y de virutas, para evitar posibles incendios
- Las piezas a serrar no contendrán clavos ni otros elementos metálicos
- El trabajo con el disco agresivo se realizará en húmedo
- No se utilizará la sierra circular sin la protección de prendas adecuadas, tales como mascarillas antipolvo y gafas

##### **1.5.4.8 Sierra circular de mesa**

- Será utilizado exclusivamente por la persona debidamente autorizada
- El trabajador que utilice la sierra circular estará debidamente formado en su uso y manejo, conocerá el contenido del manual de instrucciones, las correctas medidas preventivas a adoptar y el uso de los EPI necesarios
- Las sierras circulares se ubicarán en un lugar apropiado, sobre superficies firmes y secas, a distancias superiores a tres metros del borde de los forjados, salvo que éstos estén debidamente protegidos por redes, barandillas o petos de remate
- En los casos en que se superen los valores de exposición al ruido indicados en el artículo 51 del Real Decreto 286/06 de protección de los trabajadores frente al ruido, se establecerán las acciones correctivas oportunas, tales como el empleo de protectores auditivos
- La sierra estará totalmente protegida por la parte inferior de la mesa, de manera que no se pueda acceder al disco
- La parte superior de la sierra dispondrá de una carcasa metálica que impida el acceso al disco de sierra, excepto por el punto de introducción del elemento a cortar, y la proyección de partículas
- Se utilizará siempre un empujador para guiar el elemento a cortar, de modo que en ningún caso la mano quede expuesta al disco de la sierra
- La instalación eléctrica de la máquina estará siempre en perfecto estado y condiciones, comprobándose periódicamente el cableado, las clavijas y la toma de tierra
- Las piezas a serrar no contendrán clavos ni otros elementos metálicos
- El operario se colocará a sotavento del disco, evitando la inhalación de polvo

##### **1.5.4.9 Cortadora de material cerámico**

- Se comprobará el estado del disco antes de iniciar cualquier trabajo. Si estuviera desgastado o resquebrajado se procederá a su inmediata sustitución
- la protección del disco y de la transmisión estará activada en todo momento
- No se presionará contra el disco la pieza a cortar para evitar el bloqueo

##### **1.5.4.10 Equipo de soldadura**

- No habrá materiales inflamables ni explosivos a menos de 10 metros de la zona de trabajo de soldadura

- Antes de soldar se eliminarán las pinturas y recubrimientos del soporte
- Durante los trabajos de soldadura se dispondrá siempre de un extintor de polvo químico en perfecto estado y condiciones de uso, en un lugar próximo y accesible
- En los locales cerrados en los que no se pueda garantizar una correcta renovación de aire se instalarán extractores, preferentemente sistemas de aspiración localizada
- Se paralizarán los trabajos de soldadura en altura ante la presencia de personas bajo el área de trabajo
- Tanto los soldadores como los trabajadores que se encuentren en las inmediaciones dispondrán de protección visual adecuada, no permaneciendo en ningún caso con los ojos al descubierto

#### **1.5.4.11 Herramientas manuales diversas**

- La alimentación de las herramientas se realizará a 24 V cuando se trabaje en ambientes húmedos o las herramientas no dispongan de doble aislamiento
- El acceso a las herramientas y su uso estará permitido únicamente a las personas autorizadas
- No se retirarán de las herramientas las protecciones diseñadas por el fabricante
- Se prohibirá, durante el trabajo con herramientas, el uso de pulseras, relojes, cadenas y elementos similares
- En las herramientas de corte se protegerá el disco con una carcasa antiproyección
- Las conexiones eléctricas a través de clemas se protegerán con carcasas anticontactos eléctricos
- Las herramientas se mantendrán en perfecto estado de uso, con los mangos sin grietas y limpios de residuos, manteniendo su carácter aislante para los trabajos eléctricos
- Las herramientas eléctricas estarán apagadas mientras no se estén utilizando y no se podrán usar con las manos o los pies mojados
- En los casos en que se superen los valores de exposición al ruido indicados en el artículo 51 del Real Decreto 286/06 de protección de los trabajadores frente al ruido, se establecerán las acciones correctivas oportunas, tales como el empleo de protectores auditivos
- Usar herramientas de calidad acordes al tipo de trabajo a realizar y con marcado CE.
- Instruir adecuadamente al personal para la utilización de cada tipo de herramienta.
- Elegir el útil adecuado a la herramienta (disco, broca, etc.) y al trabajo a realizar. Dicho útil deberá estar en buen estado (disco no gastado, broca afilada, etc.).
- Utilizar la llave apropiada para cambiar el útil.
- Utilizar herramientas que dispongan de doble aislamiento de protección y conectarlas a un cuadro protegido con interruptor diferencial.
- Evitar los trabajos en las proximidades de materiales combustibles. En caso necesario, cubrir dichos materiales con algún elemento incombustible (pantallas, chapas, mantas ignífugas, lonas mojadas, etc.), teniendo también extintores cerca del puesto de trabajo.
- Fijar los materiales de pequeñas dimensiones por medio de mordazas adecuadas, antes de trabajar sobre ellos.

- Sujetar las herramientas con las dos manos. No adoptar posturas forzadas ni ejercer presión excesiva sobre la herramienta.
- Utilizar calzado de seguridad ante el riesgo de golpes en los pies por caída de las herramientas en su manipulación.
- Utilizar gafas protectoras y pantalla facial (para la radial) en todo caso y sobremanera cuando haya riesgo de proyección de partículas.

## 1.6 Identificación de los riesgos laborales evitables

En este apartado se reseña la relación de las medidas preventivas a adoptar para evitar o reducir el efecto de los riesgos más frecuentes durante la ejecución de la obra.

### 1.6.1 Caídas al mismo nivel

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada
- Se habilitarán y balizarán las zonas de acopio de materiales

### 1.6.2 Caídas a distinto nivel

- Se dispondrán escaleras de acceso para salvar los desniveles
- Los huecos horizontales y los bordes de los forjados se protegerán mediante barandillas y redes homologadas
- Se mantendrán en buen estado las protecciones de los huecos y de los desniveles
- Las escaleras de acceso quedarán firmemente sujetas y bien amarradas

### 1.6.3 Polvo y partículas

- Se regará periódicamente la zona de trabajo para evitar el polvo
- Se usarán gafas de protección y mascarillas antipolvo en aquellos trabajos en los que se genere polvo o partículas

### 1.6.4 Ruido

- Se evaluarán los niveles de ruido en las zonas de trabajo
- Las máquinas estarán provistas de aislamiento acústico
- Se dispondrán los medios necesarios para eliminar o amortiguar los ruidos

### 1.6.5 Esfuerzos

- Se evitará el desplazamiento manual de las cargas pesadas
- Se limitará el peso de las cargas en caso de desplazamiento manual
- Se evitarán los sobreesfuerzos o los esfuerzos repetitivos
- Se evitarán las posturas inadecuadas o forzadas en el levantamiento o desplazamiento de cargas

### 1.6.6 Incendios

- No se fumará en presencia de materiales fungibles ni en caso de existir riesgo de incendio

### 1.6.7 Intoxicación por emanaciones

- Los locales y las zonas de trabajo dispondrán de ventilación suficiente
- Se utilizarán mascarillas y filtros apropiados

## 1.7 Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse

Los riesgos que difícilmente pueden eliminarse son los que se producen por causas inesperadas (como caídas de objetos y desprendimientos, entre otras). No obstante, pueden reducirse con el adecuado uso de las protecciones individuales y colectivas, así como con el estricto cumplimiento de la normativa en materia de seguridad y salud, y de las normas de la buena construcción.

### 1.7.1 Caída de objetos

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Se montarán marquesinas en los accesos al edificio
- Se restringirá el acceso al edificio en las inmediaciones del lugar de trabajo habilitando un acceso provisional
- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada
- Se evitará el amontonamiento de materiales u objetos sobre los andamios
- No se lanzarán cascotes ni restos de materiales desde los andamios

Equipos de protección individual (EPI)

- Casco de seguridad homologado
- Guantes y botas de seguridad
- Uso de bolsa portaherramientas

#### 1.7.1.1 Dermatitis

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Se evitará la generación de polvo de cemento

Equipos de protección individual (EPI)

- Guantes y ropa de trabajo adecuada

#### 1.7.1.2 Electrocutaciones

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Se revisará periódicamente la instalación eléctrica
- Los alargadores portátiles tendrán mango aislante
- La maquinaria portátil dispondrá de protección con doble aislamiento
- Toda la maquinaria eléctrica estará provista de toma de tierra

Equipos de protección individual (EPI)

- Guantes dieléctricos
- Calzado aislante para electricistas
- Banquetas aislantes de la electricidad

#### 1.7.1.3 Quemaduras

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada

Equipos de protección individual (EPI)

- Guantes, polainas y mandiles de cuero

#### 1.7.1.4 Golpes y cortes en extremidades

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada

Equipos de protección individual (EPI)

- Guantes y botas de seguridad

## **1.8 Condiciones de seguridad y salud, en trabajos posteriores de reparación y mantenimiento**

En este apartado se aporta la información útil para realizar, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los futuros trabajos de conservación, reparación y mantenimiento del edificio construido que entrañan mayores riesgos.

### **1.8.1 Trabajos en cubiertas**

Para los trabajos en aleros de cubierta, revestimientos de paramentos exteriores o cualquier otro que se efectúe con riesgo de caída en altura, deberán utilizarse andamios que cumplan las condiciones especificadas en el presente estudio básico de seguridad y salud.

Durante los trabajos que puedan afectar a la vía pública, se colocará una visera de protección a la altura de la primera planta, para proteger a los transeúntes y a los vehículos de las posibles caídas de objetos.

### **1.8.2 Trabajos en instalaciones**

Los trabajos correspondientes a la instalación eléctrica, deberá realizarse por personal cualificado, cumpliendo las especificaciones establecidas en su correspondiente Plan de Seguridad y Salud, así como en la normativa vigente en cada materia.

### **1.8.3 Trabajos con pinturas y barnices**

Los trabajos con pinturas u otros materiales cuya inhalación pueda resultar tóxica deberán realizarse con ventilación suficiente, adoptando los elementos de protección adecuados.

## **1.9 Trabajos que implican riesgos especiales**

En la obra objeto del presente Estudio Básico de Seguridad y Salud concurren los riesgos especiales referidos en los puntos 1 y 2 incluidos en el Anexo II. "Relación no exhaustiva de los trabajos que implican riesgos especiales para la seguridad y la salud de los trabajadores" del R.D. 1627/97 de 24 de Octubre.

Estos riesgos especiales suelen presentarse en la ejecución de la estructura, cerramientos y cubiertas y en el propio montaje de las medidas de seguridad y de protección. Cabe destacar:

- Trabajos con riesgos especialmente graves de sepultamiento, hundimiento o caída de altura, por las particulares características de la actividad desarrollada, los procedimientos aplicados, o el entorno del puesto de trabajo.
- Trabajos en los que la exposición a agentes químicos o biológicos suponga un riesgo de especial gravedad, o para los que la vigilancia específica de la salud de los trabajadores sea legalmente exigible.

## **1.10 Medidas en caso de emergencia**

El contratista deberá reflejar en el correspondiente plan de seguridad y salud las posibles situaciones de emergencia, estableciendo las medidas oportunas en caso de primeros auxilios y designando para ello a personal con formación, que se hará cargo de dichas medidas.

Los trabajadores responsables de las medidas de emergencia tienen derecho a la paralización de su actividad, debiendo estar garantizada la adecuada administración de los primeros auxilios y, cuando la situación lo requiera, el rápido traslado del operario a un centro de asistencia médica.

### **1.11 Presencia de los recursos preventivos del contratista**

Dadas las características de la obra y los riesgos previstos en el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud, cada contratista deberá asignar la presencia de sus recursos preventivos en la obra, según se establece en la legislación vigente en la materia.

A tales efectos, el contratista deberá concretar los recursos preventivos asignados a la obra con capacitación suficiente, que deberán disponer de los medios necesarios para vigilar el cumplimiento de las medidas incluidas en el correspondiente plan de seguridad y salud.

Dicha vigilancia incluirá la comprobación de la eficacia de las actividades preventivas previstas en dicho Plan, así como la adecuación de tales actividades a los riesgos que pretenden prevenirse o a la aparición de riesgos no previstos y derivados de la situación que determina la necesidad de la presencia de los recursos preventivos.

Si, como resultado de la vigilancia, se observa un deficiente cumplimiento de las actividades preventivas, las personas que tengan asignada la presencia harán las indicaciones necesarias para el correcto e inmediato cumplimiento de las actividades preventivas, debiendo poner tales circunstancias en conocimiento del empresario para que éste adopte las medidas oportunas para corregir las deficiencias observadas.



## 2 Pliego de cláusulas administrativas

### 2.1 Objeto

El presente Pliego de condiciones junto con las disposiciones contenidas en el correspondiente Pliego del Proyecto de ejecución, tienen por objeto definir las atribuciones y obligaciones de los agentes que intervienen en materia de Seguridad y Salud, así como las condiciones que deben cumplir las medidas preventivas, las protecciones individuales y colectivas de la construcción de la Instalación Fotovoltaica de 10kW situada en el Campus de Vegazana, en el edificio de la Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas, según el proyecto redactado por Paula Álvarez González. Todo ello con fin de evitar cualquier accidente o enfermedad profesional, que pueden ocasionarse durante el transcurso de la ejecución de la obra o en los futuros trabajos de conservación, reparación y mantenimiento del edificio construido.

### 2.2 Disposiciones legales de aplicación

Serán de obligado cumplimiento las disposiciones que están dentro de las siguientes reglamentaciones:

- Estatuto de los trabajadores.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo (O.M.9.3.71) (B.O.E. 16.3.71)
- Plan Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo (O.M.9.3.71) (B.O.E. 11.3.71)
- Comités de Seguridad e Higiene en el trabajo (Decreto 432/71 11.3.71) (B.O.E. 16.3.71)
- Reglamento de Seguridad e Higiene en la industria de la construcción (O.M. 20.5.52) (B.O.E.15.6.52).
- Reglamento de los servicios Médicos de Empresa (O.M.21.11.59) (B.O.E.27.11.59)
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M.28.8.70) (B.O.E.5/7/8/9/9.70)
- Homologación de los medios de protección personal de los trabajadores (P.M.17.5.74)(B.O.E.29.5.74)
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (O.M. 20.9.73) (B.O.E. 9.10.73).
- Reglamento de aparatos elevadores para obras (O.M.23.5.77) (B.O.E 14.6.77).
- Convenio Colectivo Provincial de la Construcción.
- Obligatoriedad de la inclusión de un Estudio de Seguridad e Higiene en el trabajo, en los proyectos de edificación y obras públicas (Real Decreto 555/1986, 21.2.86) (B.O.E.21.3.86).
- Ley de prevención de riesgos laborales (LEY 31/1995,8.11.95).
- Reglamento de Alta Tensión (R.D.3275/1982,1.12.1982).

### 2.3 Disposiciones facultativas

#### 2.3.1 Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación

Las atribuciones y las obligaciones de los distintos agentes intervinientes en la edificación son las reguladas en sus aspectos generales por la Ley 38/99, de Ordenación de la Edificación (L.O.E.).

Las garantías y responsabilidades de los agentes y trabajadores de la obra frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo en materia de seguridad y salud, son las establecidas por la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y el Real Decreto 1627/1997 "Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción".

### 2.3.2 El Promotor

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título. Tiene la responsabilidad de contratar a los técnicos redactores del preceptivo Estudio de Seguridad y Salud - o Estudio Básico, en su caso - al igual que a los técnicos coordinadores en la materia en la fase que corresponda, todo ello según lo establecido en el R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en las obras de construcción, facilitando copias a las empresas contratistas, subcontratistas o trabajadores autónomos contratados directamente por el Promotor, exigiendo la presentación de cada Plan de Seguridad y Salud previamente al comienzo de las obras.

El Promotor tendrá la consideración de Contratista cuando realice la totalidad o determinadas partes de la obra con medios humanos y recursos propios, o en el caso de contratar directamente a trabajadores autónomos para su realización o para trabajos parciales de la misma, excepto en los casos estipulados en el Real Decreto 1627/1997.

### 2.3.3 El Projectista

Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto. Tomará en consideración en las fases de concepción, estudio y elaboración del proyecto básico y de ejecución, los principios y criterios generales de prevención en materia de seguridad y de salud, de acuerdo con la legislación vigente.

### 2.3.4 El Contratista y Subcontratista

Según define el artículo 2 del Real Decreto 1627/1997:

Contratista es la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el Promotor, con medios humanos y materiales propios o ajenos, el compromiso de ejecutar la totalidad o parte de las obras, con sujeción al proyecto y al contrato.

Subcontratista es la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el contratista, empresario principal, el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra, con sujeción al proyecto por el que se rige su ejecución.

El Contratista comunicará a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que incluirá el Plan de Seguridad y Salud al que se refiere el artículo 7 del R.D.1627/1997, de 24 de octubre.

Adoptará todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos Laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio Básico de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del equipamiento de seguridad exigibles, cumpliendo las órdenes efectuadas por el coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra.

Supervisará de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.

Entregará la información suficiente al coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra, donde se acredite la estructura organizativa de la empresa, sus responsabilidades, funciones, procesos, procedimientos y recursos materiales y humanos disponibles, con el fin de garantizar una adecuada acción preventiva de riesgos de la obra.

Entre las responsabilidades y obligaciones del contratista y de los subcontratistas en materia de seguridad y salud, cabe destacar las contenidas en el artículo 11 "Obligaciones de los contratistas y subcontratistas" del R.D. 1627/1997.

Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de seguridad y salud.

Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta, en su caso, las obligaciones sobre coordinación de actividades empresariales previstas en la Ley, durante la ejecución de la obra.

Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas y precisas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo referente a su seguridad y salud en la obra.

Atender las indicaciones y consignas del coordinador en materia de seguridad y salud, cumpliendo estrictamente sus instrucciones durante la ejecución de la obra.

Responderán de la correcta ejecución de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad y salud en lo relativo a las obligaciones que les correspondan a ellos directamente o, en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados.

Responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el plan.

Las responsabilidades de los coordinadores, de la Dirección facultativa y del Promotor, no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y a los subcontratistas.

### **2.3.5 La Dirección Facultativa**

Según define el artículo 2 del Real Decreto 1627/1997, se entiende como Dirección Facultativa: El técnico o los técnicos competentes designados por el Promotor, encargados de la dirección y del control de la ejecución de la obra.

Las responsabilidades de la Dirección facultativa y del Promotor, no eximen en ningún caso de las atribuibles a los contratistas y a los subcontratistas.

### **2.3.6 Coordinador de Seguridad y Salud en Proyecto**

Es el técnico competente designado por el Promotor para coordinar, durante la fase del proyecto de ejecución, la aplicación de los principios y criterios generales de prevención en materia de seguridad y salud.

### **2.3.7 Coordinador de Seguridad y Salud en Ejecución**

El Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, es el técnico competente designado por el Promotor, que forma parte de la Dirección Facultativa. Asumirá las tareas y responsabilidades asociadas a las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad, tomando las decisiones técnicas y de organización, con el fin de planificar las distintas tareas o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente, estimando la duración requerida para la ejecución de las mismas.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos, apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva recogidos en la legislación vigente.
- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales prevista en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La Dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de un coordinador.

### 2.3.8 Trabajadores Autónomos

Es la persona física, distinta del contratista y subcontratista, que realiza de forma personal y directa una actividad profesional, sin sujeción a un contrato de trabajo y que asume contractualmente ante el promotor, el contratista o el subcontratista, el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra.

Cuando el trabajador autónomo emplee en la obra a trabajadores por cuenta ajena, tendrá la consideración de contratista o subcontratista.

Los trabajadores autónomos cumplirán lo establecido en el plan de seguridad y salud.

### 2.3.9 Trabajadores por cuenta ajena

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y su salud en la obra.

La consulta y la participación de los trabajadores o de sus representantes, se realizarán de conformidad con lo dispuesto en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

El contratista facilitará a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo una copia del plan de seguridad y salud y de sus posibles modificaciones.

### 2.3.10 Fabricantes y suministradores de equipos de protección y materiales de construcción

Los fabricantes, importadores y suministradores de maquinaria, equipos, productos y útiles de trabajo, deberán suministrar la información que indique la forma correcta de utilización por los trabajadores, las medidas preventivas adicionales que deban tomarse y los riesgos laborales que conlleven tanto su uso normal como su manipulación o empleo inadecuado.

### 2.3.11 Recursos preventivos

Con el fin de ejercer las labores de recurso preventivo, según lo establecido en la Ley 31/95, Ley 54/03 y Real Decreto 604/06, el empresario designará para la obra los recursos preventivos, que podrán ser:

- a) Uno o varios trabajadores designados por la empresa.
- b) Uno o varios miembros del servicio de prevención propio de la empresa.
- c) Uno o varios miembros del servicio o los servicios de prevención ajenos.

Las personas a las que se asigne esta vigilancia deberán dar las instrucciones necesarias para el correcto e inmediato cumplimiento de las actividades preventivas. En caso de observar un deficiente cumplimiento de las mismas o una ausencia, insuficiencia o falta de adecuación de las mismas, se informará al empresario para que éste adopte las medidas necesarias para su corrección, notificándose a su vez al Coordinador de Seguridad y Salud y al resto de la Dirección Facultativa.

En el Plan de Seguridad y Salud se especificarán los casos en que la presencia de los recursos preventivos es necesaria, especificándose expresamente el nombre de la persona o personas designadas para tal fin, concretando las tareas en las que inicialmente se prevé necesaria su presencia.

## 2.4 Formación en Seguridad

Con el fin de que todo el personal que acceda a la obra disponga de la suficiente formación en las materias preventivas de seguridad y salud, la empresa se encargará de su formación para la adecuada prevención de riesgos y el correcto uso de las protecciones colectivas e individuales. Dicha formación alcanzará todos los niveles de la empresa, desde los directivos hasta los trabajadores no cualificados, incluyendo a los técnicos, encargados, especialistas y operadores de máquinas entre otros.

## 2.5 Reconocimientos médicos

La vigilancia del estado de salud de los trabajadores quedará garantizada por la empresa contratista, en función de los riesgos inherentes al trabajo asignado y en los casos establecidos por la legislación vigente.

Dicha vigilancia será voluntaria, excepto cuando la realización de los reconocimientos sea imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre su salud, o para verificar que su estado de salud no constituye un peligro para otras personas o para el mismo trabajador.

## 2.6 Salud e higiene en el trabajo

### 2.6.1 Primeros auxilios

El empresario designará al personal encargado de la adopción de las medidas necesarias en caso de accidente, con el fin de garantizar la prestación de los primeros auxilios y la evacuación del accidentado.

Se dispondrá, en un lugar visible de la obra y accesible a los operarios, un botiquín perfectamente equipado con material sanitario destinado a primeros auxilios.

El Contratista instalará rótulos con caracteres legibles hasta una distancia de 2 m, en el que se suministre a los trabajadores y participantes en la obra la información suficiente para establecer rápido contacto con el centro asistencial más próximo.

### 2.6.2 Actuación en caso de accidente

En caso de accidente se tomarán solamente las medidas indispensables hasta que llegue la asistencia médica, para que el accidentado pueda ser trasladado con rapidez y sin riesgo. En ningún caso se le moverá, excepto cuando sea imprescindible para su integridad. Se comprobarán sus signos vitales (consciencia, respiración, pulso y presión sanguínea), se le intentará tranquilizar, y se le cubrirá con una manta para mantener su temperatura corporal.

No se le suministrará agua, bebidas o medicamento alguno y, en caso de hemorragia, se presionarán las heridas con gasas limpias.

El empresario notificará el accidente por escrito a la autoridad laboral, conforme al procedimiento reglamentario.

## 2.7 Documentación de obra

### 2.7.1 Estudio Básico de Seguridad y Salud

Es el documento elaborado por el técnico competente designado por el Promotor, donde se precisan las normas de seguridad y salud aplicables a la obra, contemplando la identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello.

Incluye también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsible trabajos posteriores.

### 2.7.2 Plan de seguridad y salud

En aplicación del presente estudio básico de seguridad y salud, cada Contratista elaborará el correspondiente plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el presente estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el Contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este estudio básico.

El coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra aprobará el plan de seguridad y salud antes del inicio de la misma.

El plan de seguridad y salud podrá ser modificado por el Contratista en función del proceso de ejecución de la obra, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir durante el desarrollo de la misma, siempre con la aprobación expresa del Coordinador de Seguridad y Salud y la Dirección Facultativa.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de forma razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. A tal efecto, el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de los mismos y de la Dirección Facultativa.

### 2.7.3 Acta de aprobación del plan

El plan de seguridad y salud elaborado por el Contratista será aprobado por el Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, por la Dirección Facultativa o por la Administración en el caso de obras públicas, quien deberá emitir un

acta de aprobación como documento acreditativo de dicha operación, visado por el Colegio Profesional correspondiente.

#### **2.7.4 Comunicación de apertura de centro de trabajo**

La comunicación de apertura del centro de trabajo a la autoridad laboral competente será previa al comienzo de los trabajos y se presentará únicamente por los empresarios que tengan la consideración de contratistas.

La comunicación contendrá los datos de la empresa, del centro de trabajo y de producción y/o almacenamiento del centro de trabajo. Deberá incluir, además, el plan de seguridad y salud.

#### **2.7.5 Libro de incidencias**

Con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud, en cada centro de trabajo existirá un libro de incidencias que constará de hojas por duplicado, habilitado a tal efecto.

Será facilitado por el colegio profesional que vise el acta de aprobación del plan o la oficina de supervisión de proyectos u órgano equivalente cuando se trate de obras de las administraciones públicas.

El libro de incidencias deberá mantenerse siempre en la obra, en poder del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, teniendo acceso la Dirección Facultativa de la obra, los contratistas y subcontratistas y los trabajadores autónomos, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la obra, los representantes de los trabajadores y los técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de las administraciones públicas competentes, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

El Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, deberá notificar al Contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de éste, sobre las anotaciones efectuadas en el libro de incidencias.

Cuando las anotaciones se refieran a cualquier incumplimiento de las advertencias u observaciones anteriores, se remitirá una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social en el plazo de veinticuatro horas. En todo caso, deberá especificarse si la anotación se trata de una nueva observación o supone una reiteración de una advertencia u observación anterior.

#### **2.7.6 Libro de órdenes**

En la obra existirá un libro de órdenes y asistencias, en el que la Dirección Facultativa reseñará las incidencias, órdenes y asistencias que se produzcan en el desarrollo de la obra.

Las anotaciones así expuestas tienen rango de órdenes o comentarios necesarios de ejecución de obra y, en consecuencia, serán respetadas por el Contratista de la obra.

#### **2.7.7 Libro de visitas**

El libro de visitas deberá estar en obra, a disposición permanente de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social.

El primer libro lo habilitará el Jefe de la Inspección de la provincia en que se encuentre la obra. Para habilitar el segundo o los siguientes, será necesario presentar el anterior. En caso de pérdida o destrucción, el representante legal de la empresa deberá

justificar por escrito los motivos y las pruebas. Una vez agotado un libro, se conservará durante 5 años, contados desde la última diligencia.

### 2.7.8 Libro de subcontratación

El contratista deberá disponer de un libro de subcontratación, que permanecerá en todo momento en la obra, reflejando por orden cronológico desde el comienzo de los trabajos, todas y cada una de las subcontrataciones realizadas en una determinada obra con empresas subcontratistas y trabajadores autónomos.

El libro de subcontratación cumplirá las prescripciones contenidas en el Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006 de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción, en particular el artículo 15 "Contenido del Libro de Subcontratación" y el artículo 16 "Obligaciones y derechos relativos al Libro de Subcontratación".

Al libro de subcontratación tendrán acceso el Promotor, la Dirección Facultativa, el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución de la obra, las empresas y trabajadores autónomos intervinientes en la obra, los técnicos de prevención, los delegados de prevención, la autoridad laboral y los representantes de los trabajadores de las diferentes empresas que intervengan en la ejecución de la obra.

## 2.8 Disposiciones Económicas

El marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra, se fija en el pliego de condiciones del proyecto o en el correspondiente contrato de obra entre el Promotor y el contratista, debiendo contener al menos los puntos siguientes:

- Fianzas
- De los precios
  - Precio básico
  - Precio unitario
  - Presupuesto de Ejecución Material (PEM)
  - Precios contradictorios
  - Reclamación de aumento de precios
  - Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios
  - De la revisión de los precios contratados
  - Acopio de materiales
  - Obras por administración
- Valoración y abono de los trabajos
- Indemnizaciones Mutuas
- Retenciones en concepto de garantía
- Plazos de ejecución y plan de obra
- Liquidación económica de las obras
- Liquidación final de la obra



### 3 Pliego de condiciones técnicas particulares

#### 3.1 Medios de protección colectiva

Se antepondrá la instalación de medidas de protección colectiva por encima de la protección individual según lo establecido en el artículo 15.1.h) de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales BOE 10/11/95.

Los medios de protección colectiva se colocarán según las especificaciones del plan de seguridad y salud antes de iniciar el trabajo en el que se requieran, no suponiendo un riesgo en sí mismos.

Se repondrán siempre que estén deteriorados, al final del periodo de su vida útil, después de estar sometidos a solicitaciones límite, o cuando sus tolerancias sean superiores a las admitidas o aconsejadas por el fabricante.

El mantenimiento será vigilado de forma periódica (cada semana) por el Delegado de Prevención.

Se disponen a continuación las características de los medios de protección colectiva más comunes:

##### **Barandillas**

Las barandillas provisionales han de estar colocadas alrededor del perímetro de los agujeros donde trabajan los instaladores eléctricos o mecánicos en los que hay peligro de que caigan las personas, hasta que sean instaladas las definitivas.

Tendrán una altura de 90 cm. Con barra intermedia de rodapiés.

Estarán ancladas y dimensionadas de forma que garanticen la retención de las personas, sin deformación permanente ni fractura.

##### **Redes perimétricas de forjado y verticales de escalera**

Se entenderá que proveerá el Contratista de la obra civil en las condiciones señaladas al principio de este estudio.

##### **Plataformas de trabajo**

- Variedades: Andamios de capitel, castillos de hormigón, plataformas móviles voladas, plataformas móviles (con ruedas), etc.
- Materiales: plataforma generalmente de madera (excepto en casos especiales de ambientes donde hay peligro de combustión).
- Los castillos pueden ser indistintamente de madera o metálicos. Los segundos son más manejables que los primeros. Las plataformas voladas pueden ser de madera o metálicas, pero los sistemas de fijación serán metálicos.
- Uso prácticamente durante la ejecución de la obra de estructuras, cerramientos interiores, cerramientos exteriores reculados, fase de acabado e instalaciones, etc.
- *Condiciones constructivas*
- Su uso se limitará prácticamente durante la ejecución de la obra de estructuras, cerramientos interiores, cerramientos exteriores reculados, fase de acabado e instalaciones, etc.
- Las plataformas de trabajo fijas o móviles, estarán hechas de materiales sólidos, su estructura y resistencia serán proporcionadas a las cargas fijas o móviles que hayan de soportar.
- Los pisos y pasillos de las plataformas de trabajo serán antideslizantes, manteniéndolos libres de obstáculos y estarán provistos de un sistema de drenaje que permita la eliminación de productos resbaladizos.
- Las plataformas que ofrezcan peligro de caídas desde más de 2 metros de altura estarán protegidas en todo su alrededor con barandillas y zócalos.

- Cuando se trabaje sobre plataformas móviles se utilizarán dispositivos de seguridad que eviten el desplazamiento o caídas.
- Los tabloneros que formen la plataforma de los andamios se dispondrán de tal forma que no se pueda mover ni tampoco bascular, deslizarse o hacer cualquier movimiento peligroso.
- Se pueden utilizar andamios de caballetes metálicos fijos, sin trabas hasta 3 m. de altura. Entre 3 y 6 metros de altura máxima permitida para este tipo de andamios se harán servir caballetes metálicos armados de bastidores metálicos trabados. Tendrán un mínimo de 60 cm. de ancho y estarán sujetos sólidamente a los puntos de anclaje, de tal manera que no puedan resbalarse ni volcarse.
- Las plataformas que estén situadas a dos o más metros de altura, tendrán barandillas perimétricas completas de 90 cm. De altura, formadas por pasamanos, barra intermedia y rodapiés. Solo podrán estar sin barandilla los lados de la plataforma o andamios situados de manera permanente a 30 cm. o menos de un parámetro vertical sólido.

### 3.2 Medios de protección individual

Dispondrán de marcado CE, que llevarán inscrito en el propio equipo, en el embalaje y en el folleto informativo.

Serán ergonómicos y no causarán molestias innecesarias. Nunca supondrán un riesgo en sí mismos, ni perderán su seguridad de forma involuntaria.

El fabricante los suministrará junto con un folleto informativo en el que aparecerán las instrucciones de uso y mantenimiento, nombre y dirección del fabricante, grado o clase de protección, accesorios que pueda llevar y características de las piezas de repuesto, límite de uso, plazo de vida útil y controles a los que se ha sometido. Estará redactado de forma comprensible y, en el caso de equipos de importación, traducidos a la lengua oficial.

Serán suministrados gratuitamente por el empresario y se reemplazarán siempre que estén deteriorados, al final del periodo de su vida útil o después de estar sometidos a solicitudes límite.

Se utilizarán de forma personal y para los usos previstos por el fabricante, supervisando el mantenimiento el Delegado de Prevención.

Se disponen a continuación las características de los medios de protección personal más comunes:

#### 3.2.1 Casco

El casco ha de ser de uso personal y obligado en las obras de construcción. Tiene que ser homologado de acuerdo con la Norma Técnica Reglamentaria M.T.1. (Resolución de la D.G. De Trabajo de 14/12/74, B.O.E. 312 DEL 30.12.74).

Las principales características son:

- Clase N: se puede hacer servir en trabajos de riesgo eléctrico, a tensiones inferiores o iguales a 1000 V.
- Peso: no ha de sobrepasar de 450 gramos.

Los que hayan sufrido impactos violentos o que tengan más de 10 años, aunque no hayan sido utilizados, han de ser sustituidos por unos de nuevos. En casos extremos los podrán utilizar diversos trabajadores, siempre que se cambien las partes interiores en contacto con la cabeza.

#### 3.2.2 Botas

Debido a que los trabajadores del ramo de la construcción están sometidos al riesgo de accidentes, y que hay posibilidad de perforación de las suelas por clavos, es obligado el uso de calzado de seguridad (botas, zapatos o sandalias) homologados de acuerdo con la

Norma Técnica Reglamentaria M.T.5. (Resolución de la D.G. De Trabajo del 31.01.08, B.O.E. Núm. 37 del 12.02.80).

Las características principales son:

- Clase III: calzado con puntera y plantilla.
- Peso: no sobrepasaran los 800 gramos.

Cuando se trabaje en tierras húmedas donde se puedan recibir salpicaduras de agua o mortero, las botas serán de goma, Norma Técnica Reglamentaría M.T.27, Resolución de la D.G. De Trabajo del 03.12.81, B.O.E. núm. 305 del 22.12.81, Clase E.

### 3.2.3 Guantes

Para evitar agresiones en las manos de los trabajadores (dermatosis, cortes, arañazos, picaduras, etc.), se utilizarán guantes. Pueden ser de diferentes materiales como por ejemplo:

- Algodón punto: trabajos ligeros
- Cuero: manipulación en general
- Malla metálica: manipulación de chapas cortantes.
- Lona: manipulación de maderas, etc.

Para la protección contra las agresiones químicas, han de estar homologados según la Norma Técnica Reglamentaría M.T.11 (Resolución de la D. G. de trabajo del 06.05.77) B.O.E núm.158 del 04.07.77.

Para los trabajos en los que pueda haber riesgos de electrocución, se utilizarán guantes homologados de acuerdo con la Norma Técnica Reglamentaría M.T.4 (Resolución de la D.G. de Trabajo del 28.07.75. B.O.E. núm. 2111 del 03.11.75).

### 3.2.4 Cinturones de seguridad

Cuando se trabaje en un lugar alto y con peligro de caídas eventuales, es preceptivo el uso de cinturones de seguridad homologados de acuerdo con las Normas Técnicas Reglamentarias siguientes:

- M.T.13. (Resolución de la D.G. De trabajo del 08.06.77, B.O.E. núm. 210 del 02.09.77)
- M.T. 21 (Resolución de la D.G. De trabajo del 21.02.81, B.O.E. núm.654 del 16.03.81)
- M.T. 22 (Resolución de la D.G. De Trabajo del 23.02.81, B.O.E. núm. 65 del 17.03.81)

Las características principales son:

- Clase A: cinturón de sujeción.

Se utilizarán cuando el trabajador no tenga que desplazarse o cuando sus desplazamientos sean limitados. El elemento de enganche estará siempre tirante para impedir caída libre.

- Clase B: cinturón de suspensión.

Se utilizará cuando el trabajador pueda quedar suspendido, pero solo con la posibilidad de esfuerzos estáticos (peso del trabajador), nunca existirá la posibilidad de caída libre.

- Clase C: cinturón de caída.

Se utilizará cuando el trabajador pueda desplazarse y exista la posibilidad de caída libre. Se tiene que vigilar de forma especial la seguridad del punto de anclaje y su resistencia.

### 3.2.5 Dispositivos contra caídas

Cuando los trabajadores hagan operaciones de elevación y descenso, se usarán dispositivos contra caídas según la clasificación, regulada a la Norma Técnica Reglamentaría M.T.28 (Resolución a la D.G. De trabajo del 25.09.82, B.O.E. num. 229 del 14.12.82).

- **Clase A:** El trabajador hará operaciones de elevación y descenso y necesita libertad de movimientos.
- **Clase B:** Para operaciones de descenso o en las ocasiones en que haga falta una evacuación rápida de personas.
- **Clase C:** Para trabajos de duración corta y sustituyendo andamios.

### 3.2.6 Protectores auditivos

Cuando los trabajadores estén en un lugar o área de trabajo con un nivel de ruido superior a los 80 dB (A), es obligatorio el uso de protectores auditivos que siempre son de uso individual. Estos protectores estarán homologados de acuerdo con la Norma Técnica Reglamentaria M.T.2. (Resolución de la D. G. de TRABAJO DEL 28.07.85 B.O.E.num.209 del 01.09.75).

Los protectores auditivos pueden ser: tapones, orejeras o cascos contra el ruido. Según los valores de atenuación se clasifican en las categorías A, B, C, D, E.

### 3.2.7 Protectores de la vista

Cuando los trabajadores están expuestos a la proyección de partículas, polvo y humo, salpicaduras de líquidos, radiaciones peligrosas o deslumbramientos, se tendrán que proteger la vista con gafas de seguridad y /o pantallas. Las gafas y oculares de protección han de estar homologadas de acuerdo con las Normas Técnicas Reglamentarias M.T.16 (Resolución de la D.G. de Trabajo del 28.06.78, B.O.E. núm.216 del 09.09.78)

Las pantallas contra la proyección de cuerpos físicos han de ser de material orgánico, transparente, libre de estrías, rayas o deformaciones.

En el caso de pantallas de soldador se ajustarán a las homologaciones recogidas en las Normas Técnicas Reglamentarias M.T.3 (Resolución de la D.G. De Trabajo del 28.07.70) y M.T.18 (Resolución de la D.G. De trabajo del 19.01.79, B.O.E. num.3 del 07.09.70) y M.T.19 (Resolución de la D.G. De Trabajo del 24.05.79, B.O.E.núm.148 del 27.06.79)

Las gafas protectoras tendrán el cristal doble; será oscuro y retráctil para facilitar que las partículas no las rallen o piquen.

Estas pantallas pueden ser de mano, con arnés propios para que los trabajadores se las ajusten a la cabeza, o acopladas al casco de seguridad.

### 3.2.8 Protectores de las vías respiratorias

Consideramos como más frecuentes en este sector la inhalación de polvo en las operaciones de corte con disco de piezas cerámicas o de prefabricados de hormigón. Para proteger las vías respiratorias de los trabajadores dedicados a este trabajo, se harán servir caretas con filtro mecánico homologado de acuerdo con las Normas Técnicas Reglamentarias M.T.7. (Resolución de la D.G. de Trabajo del 28.07.75.B.O.E. núm. 215 de 08.09.75) y M.T.9 (Resolución de la D.G. de trabajo del 28.08.75. B.O.E. núm. 216 de 09.09.75)

### 3.2.9 Ropa de trabajo

Los trabajadores utilizarán ropa de trabajo facilitada gratuitamente por la empresa. La ropa será de un tejido ligero y flexible, ajustada al cuerpo, sin elementos adicionales y fáciles de limpiar.

### 3.2.10 Cables de fijación de los cinturones de seguridad y puntos fuertes de anclaje

Tendrán una resistencia suficiente para poder resistir los esfuerzos que puedan recibir como consecuencia de su función de protección.

### **3.2.11 Herramientas manuales para trabajos eléctricos en B.T.**

Si se han de hacer trabajos eléctricos e instalaciones de B.T., las herramientas manuales utilizadas, como destornilladores, alicates, tenazas, etc. Han de estar homologadas de acuerdo con la Norma Técnica Reglamentaría M. T. 26 (Resolución de la D.G. de trabajo del 03.09.81. B.O.E. núm. 243 de 10.10.81).



# HOJAS DE CARACTERÍSTICAS

Mono

Multi

Solutions

# THE Honey<sup>M</sup> MODULE

## TSM-DC05A.08



### 60 CELL

MONOCRYSTALLINE MODULE

### 260–270W

POWER OUTPUT RANGE

### 16.5%

MAXIMUM EFFICIENCY

### 0 to +3%

POSITIVE POWER TOLERANCE

#### TRINA SOLAR: A STRONG AND RELIABLE PARTNER

As a leading global manufacturer of next generation photovoltaic products, Trina Solar is committed to building mutually beneficial alliances with installers, developers, distributors and technological partners as the backbone of our shared goal to drive Smart Energy Together. Thanks to an extensive sales and service network with local expert teams throughout Europe, Trina Solar is perfectly positioned to support your needs. With Trina Solar as your strong, bankable partner you can rest assured knowing that you've made the right choice.

[www.trinasolar.com](http://www.trinasolar.com)

**Trinasolar**  
Smart Energy Together



#### Maximize Limited Space with top-end efficiency

- Up to 165 W/m<sup>2</sup> power density
- Low thermal coefficients for greater energy production at high operating temperatures



#### Good aesthetics for residential applications

- Dark mono cells
- Black frame



#### Excellent low light performance on cloudy days, mornings and evenings

- Advanced surface texturing
- Back surface field
- Selective emitter



#### Highly reliable due to stringent quality control

- All modules have to pass electroluminescence (EL) inspection
- Over 30 in-house tests (UV, TC, HF, and many more)
- In-house testing goes well beyond certification requirements

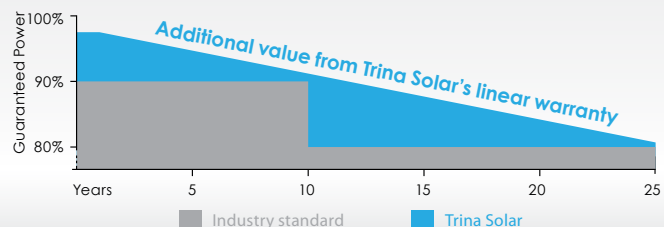


#### Certified to withstand challenging environmental conditions

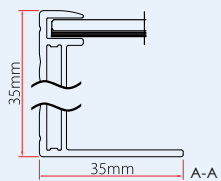
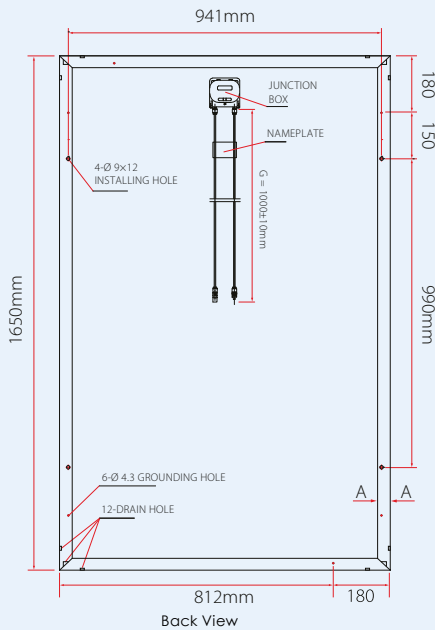
- 35 mm hail stones at 97 km/hr

### LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

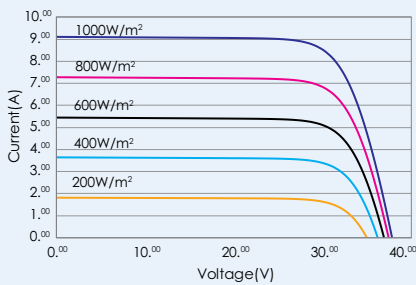
10 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



DIMENSIONS OF PV MODULE TSM-DC05A.08



I-V CURVES OF PV MODULE TSM-260 DC05A.08



CERTIFICATION

IEC61215/EN61215  
IEC61730/EN61730  
IEC 627162 PtG 1917/05.11  
IEC 61701  
DIN EN 60068-2-68 LC2  
MCS BBA 0016



ELECTRICAL DATA @ STC	TSM-260 DC05A.08	TSM-265 DC05A.08	TSM-270 DC05A.08
Peak Power Watts- $P_{MAX}$ (Wp)	260	265	270
Power Output Tolerance- $P_{MAX}$ (%)	0/+3	0/+3	0/+3
Maximum Power Voltage- $V_{MPP}$ (V)	30.2	30.6	30.8
Maximum Power Current- $I_{MPP}$ (A)	8.61	8.66	8.77
Open Circuit Voltage- $V_{OC}$ (V)	38.4	38.5	38.6
Short Circuit Current- $I_{SC}$ (A)	9.15	9.20	9.23
Module Efficiency $\eta_m$ (%)	15.9	16.2	16.5

STC: Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3. Average efficiency reduction of 4.5% at 200 W/m<sup>2</sup> according to EN 60904-1.

ELECTRICAL DATA @ NOCT	TSM-260 DC05A.08	TSM-265 DC05A.08	TSM-270 DC05A.08
Maximum Power- $P_{MAX}$ (Wp)	190	194	198
Maximum Power Voltage- $U_{MPP}$ (V)	27.0	27.2	27.5
Maximum Power Current- $I_{MPP}$ (A)	7.04	7.13	7.20
Open Circuit Voltage- $U_{OC}$ (V)	34.8	35.0	35.7
Short Circuit Current- $I_{SC}$ (A)	7.34	7.40	7.48

NOCT: Irradiance at 800 W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline 156 x 156 mm
Cell Orientation	60 cells (6 x 10)
Module Dimensions	1650 x 992 x 35 mm
Weight	18.6 kg
Glass	High Transparency Solar Glass 3.2 mm
Backsheet	White
Frame	Black Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 65 or IP 67 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0 mm <sup>2</sup> , 1000 mm
Connector	Original MC4

TEMPERATURE RATINGS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	44°C (±2K)
Temperature Coefficient of $P_{MAX}$	- 0.41%/K
Temperature Coefficient of $V_{OC}$	- 0.32%/K
Temperature Coefficient of $I_{SC}$	0.053%/K

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 to +85°C
Maximum System Voltage	1000V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	15A
Mechanical Load	5400pa
Wind Load	2400pa

WARRANTY

10 year Product Workmanship Warranty

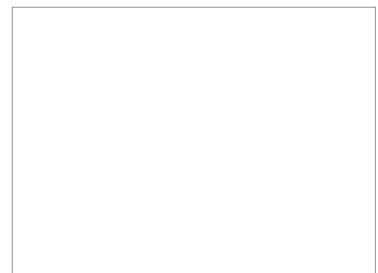
25 year Linear Performance Warranty

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 29 pieces

Modules per 40' container: 812 pieces



TSM\_EN\_FEB\_2014



# SUNNY TRIPOWER 5000TL – 12000TL



STP 5000TL-20 / STP 6000TL-20 / STP 7000TL-20 / STP 8000TL-20 / STP 9000TL-20 / STP 10000TL-20 / STP 12000TL-20



**NEW** – available as  
10 kVA and 12 kVA versions

## Economical

- Maximum efficiency of 98%
- Shade management with OptiTrac Global Peak
- Active temperature management with OptiCool

## Flexible

- DC input voltage of up to 1,000 V
- Integrated grid management functions
- Reactive power supply
- Module-tailored system design with Optiflex

## Communicative

- SMA Webconnect
- Sunny Portal communication
- Bluetooth® communication
- Simple country configuration
- Multifunction relay comes standard

## Easy-to-Use

- Three-phase feed-in
- Cable connection without tools
- SUNCLIX DC plug-in system
- Integrated ESS DC switch-disconnector
- Easy wall mounting

## SUNNY TRIPOWER 5000TL – 12000TL

The Three-Phase Inverter – Not Only for Your Home...

...but also perfectly suited to the design of the traditional residential PV system up to the higher power outage range. After all, with the addition of the new 10 kVA and 12 kVA versions to the portfolio, the Sunny Tripower product range covers a broad spectrum of applications. Users benefit from numerous tried-and-tested product features. Highly flexible with its proven Optiflex technology and asymmetrical multistring, it delivers maximum yields with a top efficiency rating and OptiTrac Global Peak. In addition to Bluetooth communication, it also comes standard with a direct Sunny Portal connection via SMA Webconnect. Other standard features include integrated grid management functions, reactive power supply and suitability for operation with a 30 mA RCD. In summary, when it comes to system design in the 5 to 12 kW power classes, the Sunny Tripower is the optimum product solution – for applications ranging from use in your own home and larger PV rooftop systems to implementation of smaller-scale PV farms.

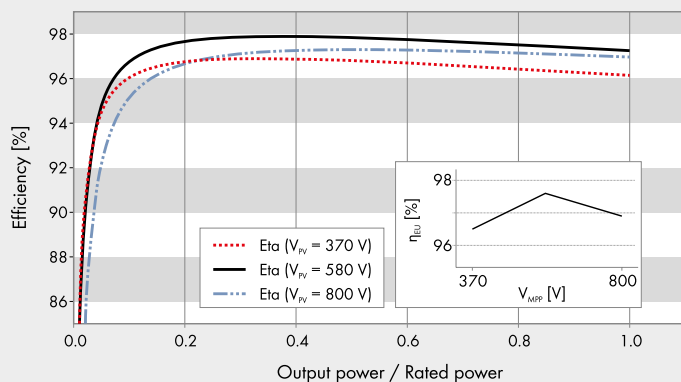
# SUNNY TRIPOWER

## 5000TL / 6000TL / 7000TL / 8000TL / 9000TL / 10000TL / 12000TL

Technical Data	Sunny Tripower 5000TL	Sunny Tripower 6000TL
<b>Input (DC)</b>		
Max. DC power (@ $\cos \phi = 1$ )	5100 W	6125 W
Max. input voltage	1000 V	1000 V
MPP voltage range / rated input voltage	245 V ... 800 V/580 V	295 V ... 800 V/580 V
Min. input voltage / start input voltage	150 V / 188 V	150 V / 188 V
Max. input current input A / input B	11 A / 10 A	11 A / 10 A
Max. input current per string input A / input B	11 A / 10 A	11 A / 10 A
Number of independent MPP inputs / strings per MPP input	2 / A:2; B:2	2 / A:2; B:2
<b>Output (AC)</b>		
Rated power (@ 230 V, 50 Hz)	5000 W	6000 W
Max. AC apparent power	5000 VA	6000 VA
Nominal AC voltage	3 / N / PE; 220 / 380 V 3 / N / PE; 230 / 400 V 3 / N / PE; 240 / 415 V	3 / N / PE; 220 / 380 V 3 / N / PE; 230 / 400 V 3 / N / PE; 240 / 415 V
Nominal AC voltage range	160 ... 280 V	160 V ... 280 V
AC grid frequency / range	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz ... +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz ... +5 Hz
Rated power frequency / rated grid voltage	50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V
Max. output current	7.3 A	8.7 A
Power factor at rated power	1	1
Adjustable displacement power factor	0.8 overexcited ... 0.8 underexcited	0.8 overexcited ... 0.8 underexcited
Feed-in phases / connection phases	3 / 3	3 / 3
<b>Efficiency</b>		
Max. efficiency / European efficiency	98 % / 97.1 %	98 % / 97.4 %
<b>Protective devices</b>		
DC disconnect device	●	●
Ground fault monitoring / grid monitoring	● / ●	● / ●
DC reverse polarity protection / AC short-circuit current capability / galvanically isolated	● / ● / -	● / ● / -
All-pole sensitive residual-current monitoring unit	●	●
Protection class (according to IEC 62103)/overvoltage category (according to IEC 60664-1)	I / III	I / III
<b>General data</b>		
Dimensions (W / H / D)	470 / 730 / 240 mm (18.5 / 28.7 / 9.5 inch)	470 / 730 / 240 mm (18.5 / 28.7 / 9.5 inch)
Weight	37 kg (81.6 lb)	37 kg (81.6 lb)
Operating temperature range	-25 °C ... +60 °C (-13 °F ... +140 °F)	-25 °C ... +60 °C (-13 °F ... +140 °F)
Noise emission (typical)	40 dB(A)	40 dB(A)
Self-consumption (at night)	1 W	1 W
Topology / cooling concept	Transformerless / Opticool	Transformerless / Opticool
Degree of protection (according to IEC 60529)	IP65	IP65
Climatic category (according to IEC 60721-3-4)	4K4H	4K4H
Maximum permissible value for relative humidity (non-condensing)	100 %	100 %
<b>Features</b>		
DC connection / AC connection	SUNCLIX / spring-cage terminal	SUNCLIX / spring-cage terminal
Display	Graphic	Graphic
Interface: RS485, Bluetooth, Speedwire / Webconnect	○ / ● / ●	○ / ● / ●
Multifunction relay / Power Control Module	● / ○	● / ○
Guarantee: 5 / 10 / 15 / 20 / 25 years	● / ○ / ○ / ○ / ○ / ○	● / ○ / ○ / ○ / ○ / ○
Certificates and permits (more available on request)	AS 4777 <sup>5</sup> , CE, CEI 0-21 <sup>3,4</sup> , C10/11:2012, DIN EN 62109-1, EN 50438 <sup>1</sup> , G59/3, G83/2, IEC 61727/MEA <sup>2</sup> , IEC 61727/PEA <sup>2</sup> , IEC 62109-2, NEN EN 50438, NRS 097-2-1, PPC, PPDS, RD 661/2007, RD 1699:2011, SI 4777 <sup>5</sup> , UTE C15-712-1, VDE0126-1-1, VDE AR-N 4105, VFR 2013, VFR 2014	
Type designation	STP 5000TL-20	STP 6000TL-20

Sunny Tripower 7000TL	Sunny Tripower 8000TL	Sunny Tripower 9000TL
7175 W	8200 W	9225 W
1000 V	1000 V	1000 V
290 V ... 800 V / 580 V	330 V ... 800 V / 580 V	370 V ... 800 V / 580 V
150 V / 188 V	150 V / 188 V	150 V / 188 V
15 A / 10 A	15 A / 10 A	15 A / 10 A
15 A / 10 A	15 A / 10 A	15 A / 10 A
2 / A:2; B:2	2 / A:2; B:2	2 / A:2; B:2
7000 W	8000 W	9000 W
7000 VA	8000 VA	9000 VA
3 / N / PE; 220 / 380 V	3 / N / PE; 220 / 380 V	3 / N / PE; 220 / 380 V
3 / N / PE; 230 / 400 V	3 / N / PE; 230 / 400 V	3 / N / PE; 230 / 400 V
3 / N / PE; 240 / 415 V	3 / N / PE; 240 / 415 V	3 / N / PE; 240 / 415 V
160 V ... 280 V	160 V ... 280 V	160 V ... 280 V
50 Hz, 60 Hz / -5 Hz ... +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz ... +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz ... +5 Hz
50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V
10.2 A	11.6 A	13.1 A
1	1	1
0.8 overexcited ... 0.8 underexcited	0.8 overexcited ... 0.8 underexcited	0.8 overexcited ... 0.8 underexcited
3 / 3	3 / 3	3 / 3
98 % / 97.5 %	98 % / 97.6 %	98 % / 97.6 %
470 / 730 / 240 mm (18.5 / 28.7 / 9.5 inch)	470 / 730 / 240 mm (18.5 / 28.7 / 9.5 inch)	470 / 730 / 240 mm (18.5 / 28.7 / 9.5 inch)
37 kg (81.6 lb)	37 kg (81.6 lb)	37 kg (81.6 lb)
-25 °C ... +60 °C (-13 °F ... +140 °F)	-25 °C ... +60 °C (-13 °F ... +140 °F)	-25 °C ... +60 °C (-13 °F ... +140 °F)
40 dB(A)	40 dB(A)	40 dB(A)
1 W	1 W	1 W
Transformerless / Opticool	Transformerless / Opticool	Transformerless / Opticool
IP65	IP65	IP65
4K4H	4K4H	4K4H
100 %	100 %	100 %
SUNCLIX / spring-cage terminal	SUNCLIX / spring-cage terminal	SUNCLIX / spring-cage terminal
Graphic	Graphic	Graphic
AS 4777 <sup>5</sup> , CE, CEI 0-21 <sup>3,4</sup> , C10/11:2012, DIN EN 62109-1, EN 50438 <sup>1</sup> , G59/3, G83/2, IEC 61727/MEA <sup>2</sup> , IEC 61727/PEA <sup>2</sup> , IEC 62109-2, NEN EN 50438, NRS 097-2-1, PPC, PPDS, RD 661/2007, RD 1699:2011, SI 4777 <sup>5</sup> , UTE C15-712-1, VDE0126-1-1, VDE AR-N 4105, VFR 2013, VFR 2014		
STP 7000TL-20	STP 8000TL-20	STP 9000TL-20

Efficiency curve SUNNY TRIPOWER 10000TL



Accessories



Power Control Module  
PWCBRD-10



RS485 interface  
485BRD-10

<sup>1</sup> Does not apply to all national appendices of EN 50438

<sup>2</sup> Only STP 9000TL-20

<sup>3</sup> Only with external NS protection

<sup>4</sup> CEI 0-21 for STP 10000TL-20 available as of June 1, 2014

<sup>5</sup> AS 4777, SI4777 for STP 10000TL-20 available as of July 1, 2014

<sup>6</sup> Available as of September 2014

● Standard feature ○ Optional feature – Not available

Preliminary information – last updated: April 2014

Data at nominal conditions

Sunny Tripower 10000TL	Sunny Tripower 12000TL <sup>6</sup>	
10250 W	12275 W	
1000 V	1000 V	
370 V ... 800 V / 580 V	440 V ... 800 V / 580 V	
150 V / 188 V	150 V / 188 V	
18 A / 10 A	18 A / 10 A	
18 A / 10 A	18 A / 10 A	
2 / A:2; B:2	2 / A:2; B:2	
10000 W	12000 W	
10000 VA	12000 VA	
3 / N / PE; 220 / 380 V	3 / N / PE; 220 / 380 V	
3 / N / PE; 230 / 400 V	3 / N / PE; 230 / 400 V	
3 / N / PE; 240 / 415 V	3 / N / PE; 240 / 415 V	
160 V ... 280 V	160 V ... 280 V	
50 Hz, 60 Hz / -5 Hz ... +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz ... +5 Hz	
50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V	
14.5 A	17.4 A	
1	1	
0.8 overexcited ... 0.8 underexcited	0.8 overexcited ... 0.8 underexcited	
3 / 3	3 / 3	
98 % / 97.6 %	98.2 % / 97.9 % (preliminary)	
● ● / ● ● / ● / - ● I / III	● ● / ● ● / ● / - ● I / III	
470 / 730 / 240 mm (18.5 / 28.7 / 9.5 inches)	470 / 730 / 240 mm (18.5 / 28.7 / 9.5 inches)	
37 kg (81.6 lb)	38 kg / 84 lbs	
-25°C ... +60 °C (-13 °F ... +140 °F)	-25°C ... +60 °C (-13 °F ... +140 °F)	
40 dB(A)	40 dB(A)	
1 W	1 W	
Transformerless / Opticool	Transformerless / Opticool	
IP65	IP65	
4K4H	4K4H	
100 %	100 %	
SUNCLIX / spring-cage terminal	SUNCLIX / spring-cage terminal	
Graphic	Graphic	
○ / ● / ●	○ / ● / ●	
● / ○	● / ○	
● / ○ / ○ / ○ / ○	● / ○ / ○ / ○ / ○	
AS 4777 <sup>5</sup> ; CE, CEI 0-21 <sup>3,4</sup> , C10/11:2012, DIN EN 62109-1, EN 50438 <sup>1</sup> , G59/3, G83/2, IEC 61727/MEA <sup>2</sup> , IEC 61727/PEA <sup>2</sup> , IEC 62109-2, NEN EN 50438, NRS 097-2-1, PPC, PPDS, RD 661/2007, RD 1699:2011, SI 4777 <sup>5</sup> , UTE C15-712-1, VDE0126-1-1, VDE AR-N 4105, VFR 2013, VFR 2014		
STP 10000TL-20	STP 12000TL-20	

AUTOM MAGNETOTERMICO 400V 6KA, 4 POLOS, B, 40A



Figura similar

La versión		
Nombre comercial del producto		SENTRON
Designación del producto		Pequeño interruptor automático
Datos técnicos generales		
Número de polos		4
Número de polos / Observación		4P
Clase de característica de disparo		B
interruptor automático / tipo básico		5SL6
Vida útil mecánica (ciclos de maniobra) / típico		20 000
Categoría de sobretensión		3
Voltaje		
Tipo de corriente		AC/DC
Tensión de aislamiento		
<ul style="list-style-type: none"> <li>con funcionamiento polifásico / con AC / valor asignado</li> </ul>	V	440
La tensión de alimentación		
Frecuencia de la tensión de alimentación / valor asignado	Hz	50
Clase de protección		
Grado de protección IP		IP20, con conductores conectados
Clase de limitación de energía		3
Capacidad de conmutación		
Poder de corte, corriente		

- según EN 60898 / valor asignado
- según IEC 60947-2 / valor asignado

kA	6
kA	6

### Disipación

#### Potencia activa disipada

- con valor asignado de la intensidad / con AC / en estado operativo caliente / por polo

W	3,4
---	-----

### Electricidad

corriente nominal In / IEC, DIN/VDE / a 40 grad. C

A	38,06648
---	----------

Corriente / con AC / valor asignado

A	40
---	----

### Circuito principal

#### Tensión de empleo

- mínima
- con DC / valor asignado / máxima
- con funcionamiento polifásico / con AC / máxima

V	24
V	60
V	440

### Detalles del producto

Equipamiento del producto / Protección contra contactos directos

	Sí
--	----

#### Propiedad del producto

- libre de halógenos
- precintable
- sin silicona

	Sí
	Sí
	Sí

Ampliación del producto / incorporable / dispositivos complementarios

	Sí
--	----

### Función del producto

Función del producto / Neutro maniobrable

	No
--	----

### Número

Número de ciclos de test / para ensayo ambiental / según IEC 60068-2-30

	6
--	---

### Conexiones

#### Sección de conductor conectable / multifilar

- mínima
- máxima

mm <sup>2</sup>	0,75
mm <sup>2</sup>	35

#### Sección de conductor conectable

- monofilar
  - mínima
  - máxima
- alma flexible / con preparación de los extremos de cable
  - mínima

mm <sup>2</sup>	0,75
mm <sup>2</sup>	35
mm <sup>2</sup>	0,75

— máxima	mm <sup>2</sup>	25
<b>Par de apriete / con bornes de tornillo</b>		
• mínima	N·m	2,5
• máxima	N·m	3

### Diseño Mecánico

<b>Altura</b>	mm	90
<b>Anchura</b>	mm	36
<b>Profundidad</b>	mm	76
<b>Posición de montaje</b>		según las necesidades del usuario
<b>Profundidad de montaje</b>	mm	70
<b>Número de módulos de anchura</b>		4
<b>Peso neto</b>	g	625

### Condiciones ambientales

<b>Grado de contaminación</b>		2
<b>Influencia de la temperatura ambiente</b>		Transitoriamente +55 °C, máx. 95% humedad
<b>Temperatura ambiente</b>		
• mínima	°C	-25
• máxima	°C	45
• durante el almacenamiento / mínima	°C	-40
• durante el almacenamiento / máxima	°C	75

### Certificados

<b>Identificadores de los equipos</b>		
• según EN 61346-2		F
• según EN 81346-2		F

### General Product Approval



[TSE](#)

Declaration of Conformity	Test Certificates	other
---------------------------	-------------------	-------



[sonstig](#)

[sonstig](#)

### Más información

**Information- and Downloadcenter (Catálogos, Folletos,...)**

<http://www.siemens.com/lowvoltage/catalogs>

**Industry Mall (sistema de pedido online)**

<https://eb.automation.siemens.com/mall/es/WWW/Catalog/Product/5SL64406>

Service&Support (Manuales, certificados, características, FAQ,...)

<http://support.automation.siemens.com/WW/view/es/5SL64406/all>

Base de datos de imágenes (fotos de producto, dibujos acotados 2D, modelos 3D, esquemas de conexiones, ...)

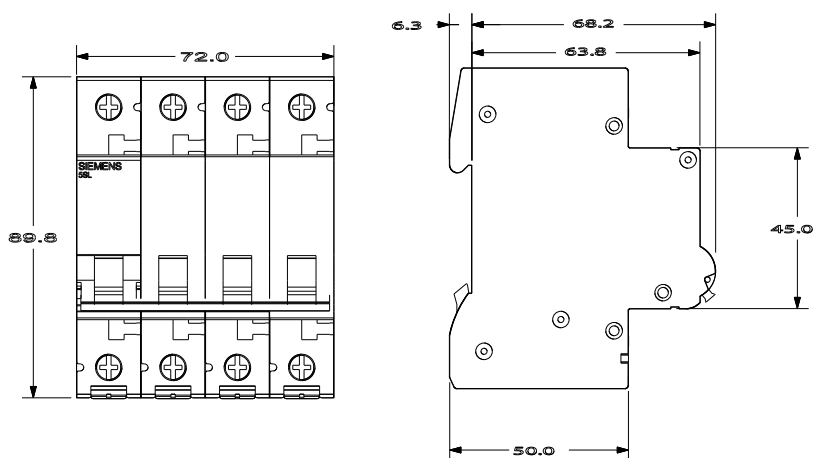
[http://www.automation.siemens.com/bilddb/cax\\_en.aspx?mlfb=5SL64406](http://www.automation.siemens.com/bilddb/cax_en.aspx?mlfb=5SL64406)

CAX-Online-Generator

<http://www.siemens.com/cax>

Tender specifications

<http://ausschreibungstexte.siemens.com/tiplv>



Última modificación:

05.05.2015



BLOC DE PROTECCION DIFERENCIA PARA  
INTERRUPT.PROTEC.5SY TIPO A (PSE/SSF),  
T=70MM 0.3-40A 3POLOS IFN 0.3A 400V



### La versión

Nombre comercial del producto		SENTRON
Designación del producto		Bloque diferencial
Tipo de producto		Sin retardo

### Datos técnicos generales

Número de polos		3
Tamaño para aparatos modulares / según DIN 43880		1
Protección de contacto directo contra descarga eléctrica		A prueba de contacto involuntario con los dedos y el dorso de la mano
interruptor automático / tipo básico		5SM9
Vida útil mecánica (ciclos de maniobra) / típico		10 000
Categoría de sobretensión		III

### La tensión de alimentación

Tensión de alimentación		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• con AC / valor asignado</li> </ul>	V	400
<ul style="list-style-type: none"> <li>• para equipo de prueba / mínima</li> </ul>	V	195

### Clase de protección

Grado de protección IP		IP20, para montaje en distribuidor, con conductores conectados
------------------------	--	--

### Disipación

Potencia activa disipada		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• con valor asignado de la intensidad / con AC / en estado operativo caliente / por polo</li> </ul>	W	1,9

### Electricidad

<b>Corriente diferencial de disparo / valor asignado</b>	mA	300
corriente nominal In / IEC, DIN/VDE / a 40 grad. C	A	37,2
<b>Tipo de corriente de defecto</b>		A
Corriente / con AC / valor asignado	A	40
Resistencia a corriente de choque / valor asignado	kA	1

#### Detalles del producto

<b>Propiedad del producto</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• libre de halógenos</li> </ul>		Sí
<ul style="list-style-type: none"> <li>• sin silicona</li> </ul>		Sí
Ampliación del producto / incorporable / dispositivos complementarios		Sí

#### Número

<b>Número de ciclos de test / para ensayo ambiental / según IEC 60068-2-30</b>		28
--	--	----

#### Conexiones

<b>Sección de conductor conectable / multifilar</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• mínima</li> </ul>	mm <sup>2</sup>	1,5
<ul style="list-style-type: none"> <li>• máxima</li> </ul>	mm <sup>2</sup>	25
<b>Sección de conductor conectable / monofilar</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• mínima</li> </ul>	mm <sup>2</sup>	1,5
<ul style="list-style-type: none"> <li>• máxima</li> </ul>	mm <sup>2</sup>	25
<b>Par de apriete / con bornes de tornillo</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• mínima</li> </ul>	N·m	2,5
<ul style="list-style-type: none"> <li>• máxima</li> </ul>	N·m	3
Posición / del cable de conexión a red		Arriba o abajo

#### Diseño Mecánico

<b>Altura</b>	mm	90
<b>Anchura</b>	mm	106,5
<b>Profundidad</b>	mm	70
<b>Posición de montaje</b>		según las necesidades del usuario
<b>Profundidad de montaje</b>	mm	70
<b>Número de módulos de anchura</b>		3
<b>Tipo de fijación</b>		Perfil DIN (REG)
<b>Peso neto</b>	g	303

#### Condiciones ambientales

<b>Temperatura ambiente</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• mínima</li> </ul>	°C	-25
<ul style="list-style-type: none"> <li>• máxima</li> </ul>	°C	45
<ul style="list-style-type: none"> <li>• durante el almacenamiento / mínima admisible</li> </ul>	°C	-40
<ul style="list-style-type: none"> <li>• durante el almacenamiento / máxima admisible</li> </ul>	°C	75

## Certificados

### Identificadores de los equipos

- según EN 61346-2
- según EN 81346-2

F  
F

### General Product Approval

### Declaration of Conformity

### other



[sonstig](#)



[Umweltbestätigung](#)

## Más información

### Information- and Downloadcenter (Catálogos, Folletos,...)

<http://www.siemens.com/lowvoltage/catalogs>

### Industry Mall (sistema de pedido online)

<https://eb.automation.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/5SM26326>

### Service&Support (Manuales, certificados, características, FAQ,...)

<http://support.automation.siemens.com/WW/view/es/5SM26326/all>

### Base de datos de imágenes (fotos de producto, dibujos acotados 2D, modelos 3D, esquemas de conexiones, ...)

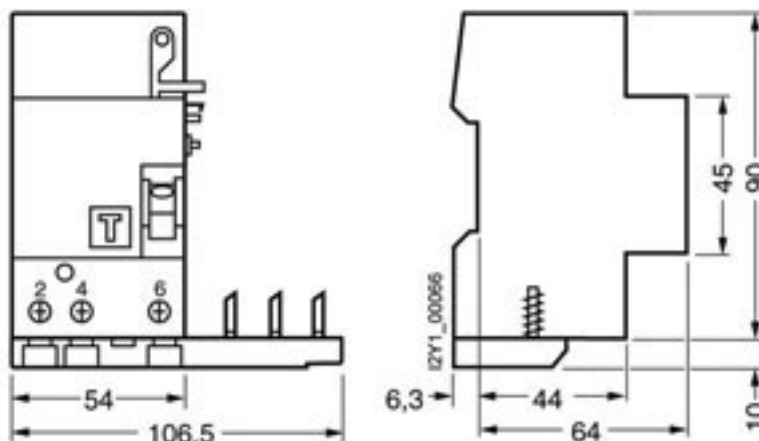
[http://www.automation.siemens.com/bilddb/cax\\_en.aspx?mfb=5SM26326](http://www.automation.siemens.com/bilddb/cax_en.aspx?mfb=5SM26326)

### CAX-Online-Generator

<http://www.siemens.com/cax>

### Tender specifications

<http://ausschreibungstexte.siemens.com/tiplv>



Última modificación:

05.05.2015



INTERR. PROTECCION SELECT. 400V P=70MM 25KA  
SEGUN EN 60947-2,3P+N, C40

La versión		
Nombre comercial del producto		SENTRON
Designación del producto		Automático magnetotérmico 5SY
Datos técnicos generales		
Número de polos		4
Número de polos / Observación		3P+N
Clase de característica de disparo		C
interruptor automático / tipo básico		5SY8
Vida útil mecánica (ciclos de maniobra) / típico		20 000
Categoría de sobretensión		3
Voltaje		
Tipo de corriente		AC/DC
Tensión de aislamiento		
<ul style="list-style-type: none"> <li>con funcionamiento polifásico / con AC / valor asignado</li> </ul>	V	440
La tensión de alimentación		
Tensión de alimentación / con AC / valor asignado	V	400
Frecuencia de la tensión de alimentación / valor asignado	Hz	50
Clase de protección		
Grado de protección IP		IP20, con conductores conectados
Clase de limitación de energía		3
Capacidad de conmutación		
Poder de corte, corriente		

• con DC / según IEC 60947-2 / valor asignado	kA	15
• según EN 60898 / valor asignado	kA	25
• según IEC 60947-2 / valor asignado	kA	25

## Disipación

### Potencia activa disipada

• con valor asignado de la intensidad / con AC / en estado operativo caliente / por polo	W	3,5
--	---	-----

## Electricidad

corriente nominal In / IEC, DIN/VDE / a 40 grad. C	A	38,4
Corriente / con AC / valor asignado	A	40

## Detalles del producto

Equipamiento del producto / Protección contra contactos directos		Sí
<b>Componente del producto</b>		
• borne combinado arriba		Sí
• borne combinado abajo		Sí
<b>Propiedad del producto</b>		
• Propiedades de interruptor principal según EN 60204-1		Sí
• libre de halógenos		Sí
• precintable		Sí
• sin silicona		Sí
Ampliación del producto / incorporable / dispositivos complementarios		Sí

## Función del producto

Función del producto / Neutro maniobrable		Sí
---	--	----

## Cortocircuito

<b>Poder de corte corriente de cortocircuito (Icn)</b>		
• con AC / según UL 1077 y CSA C22.2 n.º 235	kA	5

## Número

Número de ciclos de test / para ensayo ambiental / según IEC 60068-2-30		6
---	--	---

## Conexiones

<b>Sección de conductor conectable / multifilar</b>		
• mínima	mm <sup>2</sup>	0,75
• máxima	mm <sup>2</sup>	35
<b>Sección de conductor conectable</b>		
• monofilar		
— mínima	mm <sup>2</sup>	0,75
— máxima	mm <sup>2</sup>	35

<ul style="list-style-type: none"> <li>• alma flexible / con preparación de los extremos de cable</li> <li>— mínima</li> <li>— máxima</li> </ul>	mm <sup>2</sup>	0,75
	mm <sup>2</sup>	25
<b>Calibre AWG / como sección de conductor conectable codificada</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• mínima</li> <li>• máxima</li> </ul>		14
		4
<b>Par de apriete [lbf·in] / con bornes de tornillo</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• mínima</li> <li>• máxima</li> </ul>	lbf·in	22
	lbf·in	26
<b>Par de apriete / con bornes de tornillo</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• mínima</li> <li>• máxima</li> </ul>	N·m	2,5
	N·m	3
Posición / del cable de conexión a red		Cualquiera

### Diseño Mecánico

<b>Altura</b>	mm	90
<b>Anchura</b>	mm	72
<b>Profundidad</b>	mm	76
<b>Posición de montaje</b>		según las necesidades del usuario
<b>Profundidad de montaje</b>	mm	70
<b>Número de módulos de anchura</b>		4
<b>Tipo de fijación</b>		Sistema de fijación rápida
<b>Peso neto</b>	g	620

### Condiciones ambientales

<b>Influencia de la temperatura ambiente</b>		máx. 95% humedad
Resistencia a choques / según IEC 60068-2-27		150 m/s <sup>2</sup> con 11 ms semiseno
Resistencia a vibraciones / según IEC 60068-2-6		50m/s <sup>2</sup> a 25 hasta 150Hz y 60m/s <sup>2</sup> a 35Hz (4s)
<b>Temperatura ambiente</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• mínima</li> <li>• máxima</li> <li>• durante el almacenamiento / mínima</li> <li>• durante el almacenamiento / máxima</li> </ul>	°C	-25
	°C	55
	°C	-40
	°C	75

### Certificados

Identificadores de los equipos / según EN 61346-2		F
<b>General Product Approval</b>	<b>Declaration of Conformity</b>	



[sonstig](#)



EG-Konf.

## Más información

### Information- and Downloadcenter (Catálogos, Folletos,...)

<http://www.siemens.com/lowvoltage/catalogs>

### Industry Mall (sistema de pedido online)

<https://eb.automation.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/5SY86407>

### Service&Support (Manuales, certificados, características, FAQ,...)

<http://support.automation.siemens.com/WW/view/es/5SY86407/all>

### Base de datos de imágenes (fotos de producto, dibujos acotados 2D, modelos 3D, esquemas de conexiones, ...)

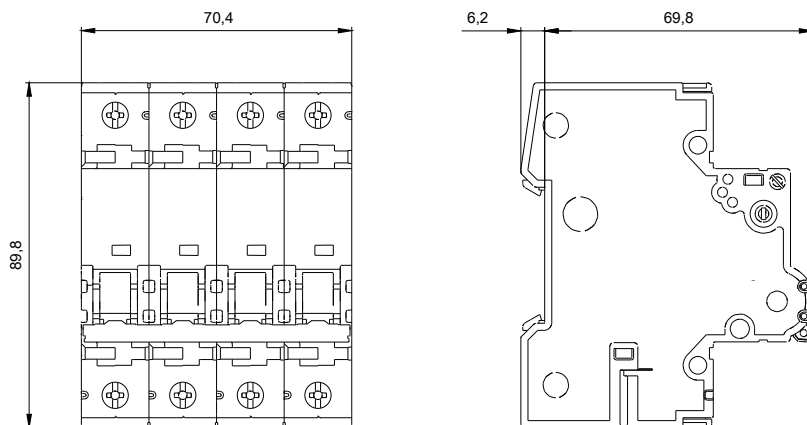
[http://www.automation.siemens.com/bilddb/cax\\_en.aspx?mfb=5SY86407](http://www.automation.siemens.com/bilddb/cax_en.aspx?mfb=5SY86407)

### CAX-Online-Generator

<http://www.siemens.com/cax>

### Tender specifications

<http://ausschreibungstexte.siemens.com/tiplv>



Última modificación:

05.05.2015

# AFUMEX Easy (AS)

NUEVO



Tensión nominal: 0,6/1 kV  
 Norma diseño: UNE 21123-4  
 Designación genérica: RZ1-K (AS)



## CARACTERÍSTICAS CABLE



Cable flexible



No propagación de la llama  
 UNE-EN 60332-1-2



No propagación del incendio  
 UNE-EN 60332-3-24



Baja emisión de humos opacos  
 UNE-EN 61034-2



Libre de halógenos  
 UNE-EN 50267-2-1



Reducida emisión de gases tóxicos  
 NFC 20454



Nula emisión de gases corrosivos  
 UNE-EN 50267-2-2



Resistencia a la absorción del agua



Resistencia al frío



Resistencia a los rayos ultravioleta

- Norma de diseño: UNE 21123-4.
- Temperatura de servicio (instalación fija): -40 °C, +90 °C. (Cable termoestable).
- Tensión nominal: 0,6/1 kV.
- Ensayo de tensión alterna durante 5 minutos: 3500 V.

### Ensayos de fuego:

- No propagación de la llama: UNE EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2.
- No propagación del incendio: UNE EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos: UNE EN 50267-2-1 ; IEC 60754-1 ; BS 6425-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos: DEF STAN 02-713 ; NFC 20454 ;  $It \leq 1,5$ .
- Baja emisión de humos opacos: UNE EN 61034-2 ; IEC 61034-2.
- Nula emisión de gases corrosivos: UNE EN 50267-2-2 ; IEC 60754-2 ; NFC 20453 ; BS 6425-2 ;  $pH \geq 4,3$  ;  $C \leq 10 \mu S/mm$ .

Más rápido y fácil de instalar



MÁS FLEXIBLE



SIN EFECTO "MEMORIA"



FÁCIL PELADO



SIN TALCO

## DESCRIPCIÓN

### CONDUCTOR

**Metal:** Cobre electrolítico recocido.

**Flexibilidad:** Flexible, clase 5, según UNE EN 60228.

**Temperatura máxima en el conductor:** 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

### AISLAMIENTO

**Material:** Mezcla de polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3.

**Colores:** Amarillo/verde, azul, gris, marrón y negro; según UNE 21089-1.

### CUBIERTA

**Material:** Mezcla especial cero halógenos, tipo AFUMEX Z1..

**Colores:** Verde.

## APLICACIONES

- Cable de fácil pelado y alta flexibilidad, especialmente adecuado para instalaciones interiores o receptoras en locales de pública concurrencia: (salas de espectáculos, centros comerciales, escuelas, hospitales, edificios de oficinas, pabellones deportivos, etc.)
- En centros informáticos, aeropuertos, naves industriales, parkings, túneles ferroviarios y de carreteras, locales de difícil ventilación y/o evacuación, etc.
- En toda instalación donde el riesgo de incendio no sea despreciable (instalaciones en montaje superficial, canalizaciones verticales en edificios o sobre bandejas, etc.) o donde se requieran las mejores propiedades frente al fuego y/o la ecología de los productos de construcción.
  - Líneas generales de alimentación (ITC-BT 14) - Derivaciones individuales (ITC-BT 15) - Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20).
  - Locales de pública concurrencia (ITC-BT 28).
  - Industrias (Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales R.D. 2267/2004).
  - Edificios en general (Código Técnico de la Edificación, R.D. 314/2006, art. 11).



## AFUMEX Easy (AS)

NUEVO



Tensión nominal: 0,6/1 kV  
 Norma diseño: UNE 21123-4  
 Designación genérica: RZ1-K (AS)



## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

## DIMENSIONES, PESOS Y RESISTENCIAS (aproximado)

Número de conductores x sección mm <sup>2</sup>	Espesor de aislamiento mm	Diámetro exterior mm	Peso total kg/km	Resistencia del conductor a 20°C Ω/km	Intensidad admisible (1) A	Intensidad admisible enterrado (2) A	Caída de tensión V/A km (2)	
							cos φ = 1	cos φ = 0,8
1 x 1.5	0.7	5.7	42	13.3	21	21	26,5	21,36
1 x 2.5	0.7	6.2	60	7.98	29	27,5	15,92	12,88
1 x 4	0.7	6.8	74	4.95	38	35	9,96	8,1
1 x 6	0.7	7.3	96	3.3	49	44	6,74	5,51
1 x 10	0.7	8.4	140	1.91	68	58	4	3,31
1 x 16	0.7	9.4	195	1.21	91	75	2,51	2,12
1 x 25	0.9	11	290	0.78	116	96	1,59	1,37
1 x 35	0.9	12.6	395	0.55	144	117	1,15	1,01
1 x 50	1	14.2	550	0.38	175	138	0,85	0,77
1 x 70	1.1	15.8	750	0.27	224	170	0,59	0,56
1 x 95	1.1	17.9	970	0.20	271	202	0,42	0,43
1 x 120	1.2	19	1200	0.16	314	230	0,34	0,36
1 x 150	1.4	21.2	1480	0.12	363	260	0,27	0,31
1 x 185	1.6	23.9	1866	0.10	415	291	0,22	0,26
1 x 240	1.7	26.9	2350	0.08	490	336	0,17	0,22
1 x 300	1.8	29.5	3063	0.06	630	380	0,14	0,19
2 x 1.5	0.7	8.7	105	13.3	24	24	30,98	24,92
2 x 2.5	0.7	9.6	136	7.98	33	32	18,66	15,07
2 x 4	0.7	10.5	175	4.95	45	42	11,68	9,46
2 x 6	0.7	11.7	230	3.3	57	53	7,90	6,42
2 x 10	0.7	14	345	1.91	76	70	4,67	3,84
2 x 16	0.7	16.9	503	1.21	105	91	2,94	2,45
2 x 25	0.9	20.4	780	0.78	123	116	1,86	1,59
2 x 35	0.9	23.4	1060	0.55	154	140	1,34	1,16
2 x 50	1	26.8	1448	0.38	188	166	0,99	0,88
3 G 1.5	0.7	9.2	120	13.3	24	24	30,98	24,92
3 G 2.5	0.7	10.1	160	7.98	33	32	18,66	15,07
3 G 4	0.7	11.1	215	4.95	45	42	11,68	9,46
3 G 6	0.7	12.3	282	3.3	57	53	7,90	6,42
3 G 10	0.7	14.7	430	1.91	76	70	4,67	3,84
3 G 16	0.7	17.8	650	1.21	105	91	2,94	2,45
3 x 25	0.9	21.4	946	0.78	110	96	1,62	1,38
3 x 35	0.9	24.9	1355	0.55	137	117	1,17	1,01
3 x 50	1	28.6	1869	0.38	167	138	0,86	0,77
3 x 70	1.1	32.1	2530	0.27	214	170	0,6	0,56
3 x 95	1.1	36.4	3322	0.20	259	202	0,43	0,42
3 x 120	1.2	40.3	4301	0.16	301	230	0,34	0,35
3 x 150	1.4	44.9	5332	0.12	343	260	0,28	0,3
3 x 185	1.6	49.8	6521	0.10	391	291	0,22	0,26
3 x 240	1.7	56.1	8576	0.08	468	336	0,17	0,21
3 x 300	1.8	61.8	10633	0.06	565	380	0,14	0,18

(1) Instalación en bandeja al aire (40 °C).

- XLPE3 con instalación tipo F → columna 11 (1x trifásica).
- XLPE2 con instalación tipo E → columna 12 (2x, 3G monofásica).
- XLPE3 con instalación tipo E → columna 10 (3x, 4G, 4x, 5G trifásica).

(2) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K·m/W.

- XLPE3 con instalación tipo Método D (Cu) → 1x, 3x, 4G, 4x, 5G trifásica.
- XLPE2 con instalación tipo D (Cu) → 2x, 3G monofásica.

(Ver página 28).

# AFUMEX Easy (AS)

Tensión nominal: 0,6/1 kV  
 Norma diseño: UNE 21123-4  
 Designación genérica: RZ1-K (AS)

**NUEVO**



## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

### DIMENSIONES, PESOS Y RESISTENCIAS (aproximado)

Número de conductores x sección mm <sup>2</sup>	Espesor de aislamiento mm	Diámetro exterior mm	Peso total kg/km	Resistencia del conductor a 20°C Ω/km	Intensidad admisible (1) A	Intensidad admisible enterrado (2) A	Caída de tensión V/A km (2)	
							cos φ = 1	cos φ = 0,8
3 x 25/16	0.9/0.7	22.6	1120	0.780/1.21	110	96	1,62	1,38
3 x 35/16	0.9/0.7	26.1	1570	0.554/1.21	137	117	1,17	1,01
3 x 50/25	1.0/0.9	30.3	2240	0.386/0.780	167	138	0,86	0,77
3 x 70/35	1.1/0.9	34	3010	0.272/0.554	214	170	0,6	0,56
3 x 95/50	1.1/1.0	38.7	3809	0.206/0.386	259	202	0,43	0,42
3 x 120/70	1.2/1.1	43.5	5028	0.161/0.272	301	230	0,34	0,35
3 x 150/70	1.4/1.1	47.4	5980	0.129/0.272	343	260	0,28	0,3
3 x 185/95	1.6/1.1	52.7	7490	0.106/0.206	391	291	0,22	0,26
3 x 240/120	1.7/1.2	59.3	9705	0.0801/0.161	468	336	0,17	0,21
3 x 300/150	1.8/1.4	64.7	12145	0.0641/0.129	565	380	0,14	0,18
4 G 1.5	0.7	9.9	145	13.3	20	21	26,94	21,67
4 G 2.5	0.7	11	195	7.98	26,5	27,5	16,23	13,1
4 G 4	0.7	12.1	260	4.95	36	35	10,16	8,23
4 G 6	0.7	13.5	350	3.3	46	44	6,87	5,59
4 G 10	0.7	16.2	540	1.91	65	58	4,06	3,34
4 G 16	0.7	19.7	810	1.21	87	75	2,56	2,13
4 x 25	0.9	23.8	1233	0.78	110	96	1,62	1,38
4 x 35	0.9	27.4	1711	0.55	137	117	1,17	1,01
4 x 50	1	31.7	2386	0.38	167	138	0,86	0,77
4 x 70	1.1	35.7	3240	0.27	214	170	0,6	0,56
4 x 95	1.1	40.0	4380	0.20	259	202	0,43	0,42
4 x 120	1.2	44.0	5420	0.16	301	230	0,34	0,35
4 x 150	1.4	50.0	6800	0.12	343	260	0,28	0,3
4 x 185	1.6	56.5	8560	0.10	391	291	0,22	0,26
4 x 240	1.7	63.5	10940	0.08	468	336	0,17	0,21
5 G 1.5	0.7	10.8	170	13.3	20	21	26,94	21,67
5 G 2.5	0.7	12	230	7.98	26,5	27,5	16,23	13,1
5 G 4	0.7	13.2	315	4.95	36	35	10,16	8,23
5 G 6	0.7	14.8	420	3.3	46	44	6,87	5,59
5 G 10	0.7	17.8	660	1.91	65	58	4,06	3,34
5 G 16	0.7	21.5	990	1.21	87	75	2,56	2,13
5 G 25	0.9	25.8	1490	0.78	110	96	1,62	1,38
5 G 35	0.9	30.6	2160	0.55	137	117	1,17	1,01

(1) Instalación en bandeja al aire (40 °C).

- XLPE3 con instalación tipo F → columna 11 (1x trifásica).
- XLPE2 con instalación tipo E → columna 12 (2x, 3G monofásica).
- XLPE3 con instalación tipo E → columna 10 (3x, 4G, 4x, 5G trifásica).

(2) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K·m/W.

- XLPE3 con instalación tipo Método D (Cu) → 1x, 3x, 4G, 4x, 5G trifásica.
- XLPE2 con instalación tipo D (Cu) → 2x, 3G monofásica.

(Ver página 28).

## CÁLCULOS

**Intensidades máximas admisibles:** Ver apartado A para instalaciones interiores o receptoras. Para redes de distribución subterráneas ver apartado C).

**Caídas de tensión:** Ver tabla E.2.

**Intensidades de cortocircuito máximas admisibles:** Ver tabla F.2.

CE



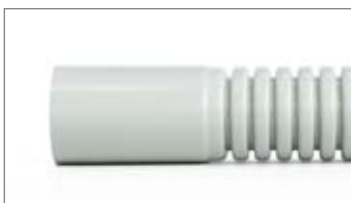
## AISCAN-CF

### CURVA FLEXIBLE

CÓDIGO: 432132540010

REF. NEGRO	REF. GRIS	NOMINAL	Ø exterior	Ø interior mín.	emb.(uds.)	A3	A4	A5	A6	A7
CFN16	CFG16	16	16 +0/-0,3	10,7	200	<b>1,32</b>	<b>1,42</b>	<b>1,52</b>	<b>1,64</b>	<b>1,76</b>
CFN20	CFG20	20	20 +0/-0,3	13	600	<b>1,46</b>	<b>1,57</b>	<b>1,69</b>	<b>1,81</b>	<b>1,95</b>
CFN25	CFG25	25	25 +0/-0,3	17	300	<b>2,02</b>	<b>2,17</b>	<b>2,33</b>	<b>2,51</b>	<b>2,70</b>
CFN32	CFG32	32	32 +0/-0,3	23	200	<b>3,47</b>	<b>3,73</b>	<b>4,01</b>	<b>4,31</b>	<b>4,63</b>
CFN40	CFG40	40	40 +0/-0,4	29	90	<b>5,19</b>	<b>5,58</b>	<b>6,00</b>	<b>6,45</b>	<b>6,93</b>
CFN50	CFG50	50	50 +0/-0,4	37	40	<b>8,57</b>	<b>9,21</b>	<b>9,90</b>	<b>10,65</b>	<b>11,44</b>

CE



## AISCAN-CF LH

### CURVA FLEXIBLE LIBRE DE HALÓGENOS

CÓDIGO: 442132540010

REF.	NOMINAL	Ø exterior	Ø interior mín.	emb.(uds.)	A3	A4	A5	A6	A7
CFLH16	16	16 +0/-0,3	10,7	200	<b>1,64</b>	<b>1,76</b>	<b>1,90</b>	<b>2,04</b>	<b>2,19</b>
CFLH20	20	20 +0/-0,3	13	600	<b>1,87</b>	<b>2,01</b>	<b>2,16</b>	<b>2,32</b>	<b>2,50</b>
CFLH25	25	25 +0/-0,3	17	300	<b>2,75</b>	<b>2,96</b>	<b>3,18</b>	<b>3,42</b>	<b>3,67</b>
CFLH32	32	32 +0/-0,3	23	200	<b>4,74</b>	<b>5,10</b>	<b>5,48</b>	<b>5,89</b>	<b>6,33</b>
CFLH40	40	40 +0/-0,4	29	90	<b>6,97</b>	<b>7,49</b>	<b>8,05</b>	<b>8,66</b>	<b>9,31</b>
CFLH50	50	50 +0/-0,4	37	40	<b>12,15</b>	<b>13,06</b>	<b>14,04</b>	<b>15,09</b>	<b>16,23</b>

CE



## CODOS

REF.	NOMINAL	emb.(uds.)	A3	A4	A5	A6	A7
COD16	16	50	<b>0,99</b>	<b>1,06</b>	<b>1,14</b>	<b>1,23</b>	<b>1,32</b>
COD20	20	50	<b>1,26</b>	<b>1,35</b>	<b>1,46</b>	<b>1,57</b>	<b>1,68</b>
COD25	25	50	<b>1,70</b>	<b>1,83</b>	<b>1,96</b>	<b>2,11</b>	<b>2,27</b>
COD32	32	25	<b>1,96</b>	<b>2,11</b>	<b>2,27</b>	<b>2,43</b>	<b>2,62</b>

CE



## TES

REF.	NOMINAL	emb.(uds.)	A3	A4	A5	A6	A7
T16	16	50	<b>1,19</b>	<b>1,28</b>	<b>1,38</b>	<b>1,48</b>	<b>1,59</b>
T20	20	50	<b>1,40</b>	<b>1,51</b>	<b>1,62</b>	<b>1,74</b>	<b>1,87</b>
T25	25	25	<b>1,81</b>	<b>1,95</b>	<b>2,09</b>	<b>2,25</b>	<b>2,42</b>
T32	32	20	<b>2,14</b>	<b>2,30</b>	<b>2,47</b>	<b>2,66</b>	<b>2,86</b>

CE



## RACORES

REF.	NOMINAL	emb.(uds.)	A3	A4	A5	A6	A7
RA16	16	50	<b>1,94</b>	<b>2,09</b>	<b>2,24</b>	<b>2,41</b>	<b>2,59</b>
RA20	20	50	<b>2,16</b>	<b>2,32</b>	<b>2,50</b>	<b>2,68</b>	<b>2,88</b>
RA25	25	50	<b>2,73</b>	<b>2,93</b>	<b>3,15</b>	<b>3,39</b>	<b>3,65</b>
RA32	32	25	<b>3,73</b>	<b>4,01</b>	<b>4,31</b>	<b>4,63</b>	<b>4,98</b>
RA40	40	25	<b>5,23</b>	<b>5,62</b>	<b>6,04</b>	<b>6,50</b>	<b>6,98</b>
RA50	50	10	<b>6,52</b>	<b>7,01</b>	<b>7,53</b>	<b>8,10</b>	<b>8,71</b>

CE



## MUELLES

REF.	NOMINAL	A3	A4	A5	A6	A7
MU16	16	<b>38,30</b>	<b>41,17</b>	<b>44,26</b>	<b>47,58</b>	<b>51,15</b>
MU20	20	<b>47,77</b>	<b>51,35</b>	<b>55,20</b>	<b>59,34</b>	<b>63,80</b>
MU25	25	<b>63,44</b>	<b>68,20</b>	<b>73,31</b>	<b>78,81</b>	<b>84,72</b>
MU32	32	<b>75,68</b>	<b>81,36</b>	<b>87,46</b>	<b>94,02</b>	<b>101,07</b>

## CONTADOR TRIFASICO MULTIFUNCION

- Contador
- Máxímetro
- Registrador
- Tarifador

*instrucciones de instalación, puesta en servicio y funcionamiento del contador*



5CTD

### INTRODUCCION

Los modelos 5CTD son contadores digitales que integran funciones de medida, registro y tarificación de energía. La presente guía describe los procedimientos y normas básicas para una correcta instalación y puesta en servicio de los mismos.

### CARACTERISTICAS

- Precisión** Clase 0,5 y 1 para energía activa (Norma UNE EN 62053). Clase 1 y 2 para energía reactiva (Norma UNE EN 62053).
- Medidas** Tres medidas de intensidad (una por fase), de valor nominal 1A hasta 2A y 5A hasta 10A (conexión semiindirecta) ó 10A hasta 80A (conexión directa). Tres medidas de tensión (una por fase), de valor nominal 127-230/400 V y 63,5/230 V hasta 120% Vn. Potencia y energía aparente, activa bidireccional y reactiva en los cuatro cuadrantes. Coseno de  $\varphi$  (total y por fase). Frecuencia de red en un rango de  $\pm 5\%$  de la frecuencia nominal.
- Registros** Acumulador de energías (totales y por tarifa). Máxímetro de potencia activa (total y por tarifa). Perfiles de carga (horario y programable).
- Tarifación** Sistema configurable de tres contratos activos más un contrato latente por cada uno de los activos. Se pueden configurar hasta 12 temporadas por contrato, 9 periodos tarifarios y 40 fechas de días especiales y/o festivos.
- Otros** Sincronismo horario, LED's de verificación, Registro de sucesos y Programa de autodiagnóstico y vigilancia.

### COMUNICACIONES

El contador dispone en el frente de un puerto óptico para comunicación local. Bajo la tapa cubrebornes se encuentra un conector RJ11 (RS232 ó RS485) para comunicación local o remota que en algún modelo se lleva directamente a un conector tipo DB9 en la misma tapa cubrehilos.

Protocolo de comunicaciones: IEC 60870-5-102

RS232 *		RS232 (DB9)		RS 485 *	
Pin2-GND	Pin3-TX	Pin2 - RX	Pin3-TX	Pin3A(+)	Pin4B (-)
Pin 4 - RX	Pin6 NO CONECTAR	Pin5 - GND		Pin2 - GND	

(\*) Pines numerados de izquierda a derecha

### CONSTRUCCION

El equipo 5CTD está construido en envoltorio de material termoplástico de alta resistencia al impacto y doble aislamiento. Cumple la normativa DIN y UNE para montaje sobre panel (montaje saliente).

### INSTALACION

Para una correcta instalación del equipo es preciso realizar una inspección preliminar del mismo, comprobando los siguientes aspectos:

- El contador se encuentra en perfectas condiciones mecánicas, todas sus partes se encuentran debidamente fijadas y no falta ninguno de los tornillos de montaje.
- Los números de modelo y las características coinciden con los relativos al pedido del equipo.

#### • Emplazamiento

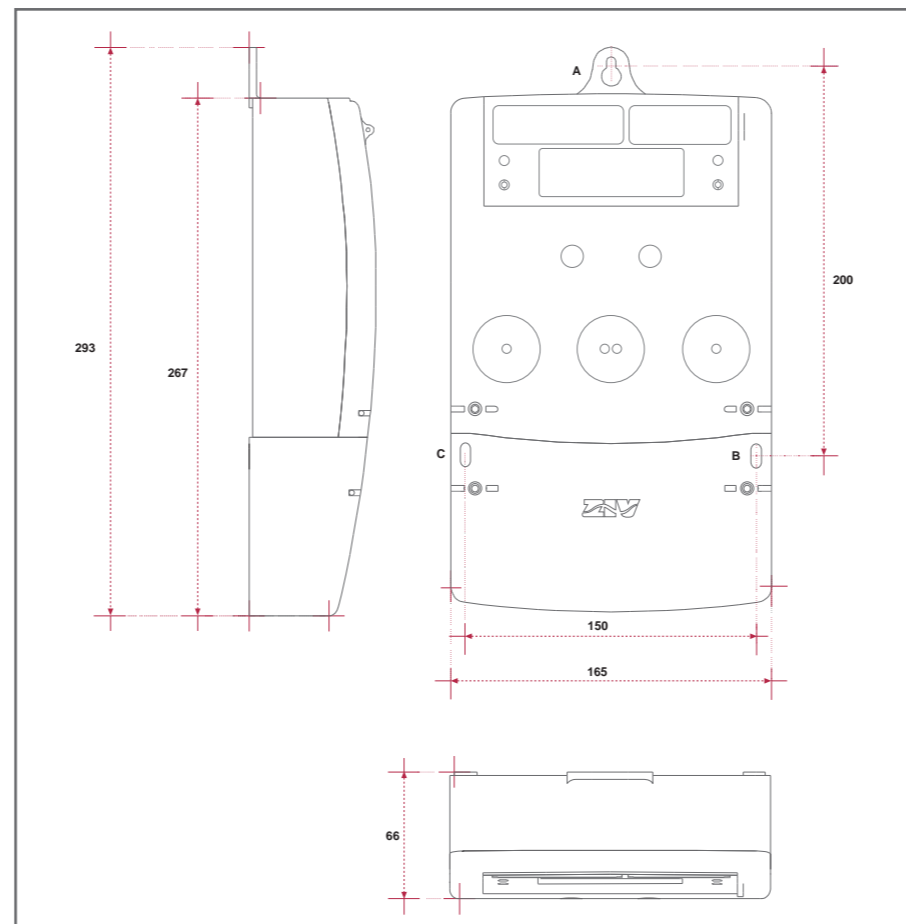
El lugar donde se instale el equipo debe cumplir unos requisitos mínimos para garantizar no sólo el correcto funcionamiento del mismo y la máxima duración de su vida útil, sino también para facilitar los trabajos necesarios de puesta en marcha y mantenimiento.

#### • Montaje

La sujeción a la pared o armario de medida se realiza por medio de los 3 puntos de fijación (A, B y C) localizados en el zócalo del contador. Una vez instalado es importante comprobar los puntos de fijación con el fin de asegurarse de que el contador se encuentra firmemente sujeto a los mismos y, por lo tanto, en condiciones de mantener su estabilidad cuando esté en funcionamiento.

#### Material de instalación

- Destornillador pala plana 7 mm
- Cortahilos
- Pelacables
- Tenaza para sellar
- Polímetro con pinza amperimétrica
- Tornillos / tuercas / arandelas para fijación del contador
- Hilos y plomos para sellar

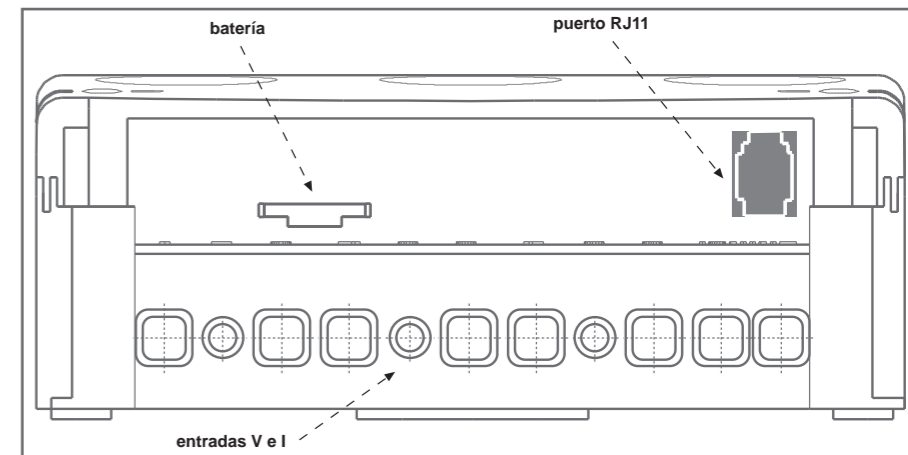


### CONEXIÓN



La manipulación de equipos eléctricos, cuando no se realiza adecuadamente, puede presentar riesgos de graves daños personales y materiales. Por tanto, con este tipo de equipos ha de trabajar exclusivamente personal cualificado y familiarizado con las normas de seguridad y precaución correspondientes.

La regleta de conexión está dispuesta de forma horizontal y presenta 11 bornes para la medida de tensión e intensidad. Los circuitos de tensión están unidos a los de intensidad (modelo de conexión directa) a través de unos puentes internos desconectables sin necesidad de abrir la tapa del equipo.



#### • Esquemas de conexionado

La conexión del contador debe hacerse siguiendo el esquema que se proporciona en el interior del cubrehilos. Es necesario comprobar que no existen perforaciones ni fisuras en el aislamiento de los cables, que no hay hilos del conductor en el exterior de los bloques terminales y que todos los tornillos están debidamente apretados (sin estar forzados). Comprobar, por último, que la correspondencia entre cables y bornes es la correcta.

Diámetro y longitud de pelado de los bornes de conexión

	tensión (modelo x/5)	intensidad	neutro
diámetro	2,5 a 10 mm <sup>2</sup>	hasta 50 mm <sup>2</sup>	hasta 50 mm <sup>2</sup>
long. de pelado	16 mm	16 mm	16 mm

### COMPROBACION DEL CONTADOR

Una vez que el equipo ha sido fijado a la pared o al panel y se han realizado las conexiones se realizarán las operaciones siguientes:

- Comprobar que las tensiones e intensidades de las fases corresponden a los valores indicados en la placa de características.
- Comprobar que las conexiones de las tensiones e intensidades se correspondan con el esquema suministrado en el interior del cubrehilos.
- Comprobar que el led de disponible está encendido (indicación de que los circuitos internos del contador funcionan correctamente).
- Comprobar las medidas de las tensiones, intensidades y frecuencia (ver esquema de visualización de pantallas al dorso).
- Comprobar la dirección de la energía en la pantalla de información de cuadrantes, dentro de las pantallas de reposo (ver esquema de visualización de pantallas al dorso).

### CODIGO DEL CONTADOR

CLASE DE PRECISIÓN	Entradas / Salidas	Valores de referencia	Puerto com.	Conexión
0,5S (Activa) y 1 (Reactiva)	Sin salidas	110-110/3 Vca - 1 A-50 Hz	RS-232 (DB9)	3 Hilos
1 (Activa) y 2 (Reactiva)	Entradas Digitales	110-110/3 Vca - 5 A-50 Hz	Ethernet	4 Hilos
	Salidas Digitales + Fuente auxiliar CC 125 Vcc	2x230/400 Vca - 5 A-50 Hz	RS-485	5
	Salidas Digitales	3x230/400 Vca - 10(80) A-50 Hz	RS232 + Ethernet	7
	Salidas Digitales + Fuente auxiliar CC 24-48 Vcc		RS485 + Ethernet	8

**CODIGOS IDENTIFICADORES VISUALIZADOS EN DISPLAY**

Código	Descripción	Código	Descripción
R	Reposo	a.69.x.(yy)	Energía activa incremental Q2 periodo tarifario x (x=0 total), en el caso de cierres: cierre yy (yy=01:último cierre, yy desde 01 a 15)
L	Raíz	a.26.x.(yy)	Máximas desde el último cierre (exp), si están activos (x=0 total), en el caso de cierres: cierre yy (yy=01:último cierre, yy desde 01 a 15)
LX	Contrato X		a = 0,1,2 ó 3 (general, contrato 1, contrato 2 ó contrato 3)
L4	Información		
L5	Información fabricante		
LX1	Actual contrato X		
LX2	Cierre 1 contrato X		
LXn	Cierre (n-1) contrato X		
L40	Indicadores	0.13.38	Cuadrante activo
L41	Parámetros contrato	0.12.38	Presencia de tensión
L42	Relaciones transformación	0.11.38	Sentido de intensidad
L43	Valores en curso	0.18.128	Tarifa activa en el instante de lectura
L44	Valores instantáneos	0.96.2.4	Modo programación (0: desactivado, 1: activado)
L45	Comunicaciones		
L46	Identificadores	0.96.5.0	Alarmas
L47	Constantes de salida	x.135.y	Potencia contratada tarifa y contrato x (kw)
L48	Cambio horario	0.04.2	Primario relación transformación intensidad
a.18.x.(yy)	Energía activa absoluta (importación) periodo tarifario x (x=0 total), en el caso de cierres: cierre yy (yy=01:último cierre, yy desde 01 a 15)	0.04.5	Secundario relación transformación intensidad
a.58.x.(yy)	Energía reactiva absoluta Q1 periodo tarifario x (x=0 total), en el caso de cierres: cierre yy (yy=01:último cierre, yy desde 01 a 15)	0.04.3	Primario relac. transformación tensión
a.19.x.(yy)	Energía activa incremental (importación) periodo tarifario x (x=0 total), en el caso de cierres: cierre yy (yy=01:último cierre, yy desde 01 a 15)	0.04.6	Secundario relac. transformación tensión
a.59.x.(yy)	Energía activa incremental Q1 periodo tarifario x (x=0 total), en el caso de cierres: cierre yy (yy=01:último cierre, yy desde 01 a 15)	0.18.0	Totalizador actual A+
a.12.x.(yy)	Excesos desde el último cierre, si están activos, en el caso de cierres: cierre yy (yy=01:último cierre, yy desde 01 a 15)	0.28.0	Totalizador actual A-
a.16.x.(yy)	Máximas desde el último cierre (imp), si están activos (x=0 total), en el caso de cierres: cierre yy (yy=01:último cierre, yy desde 01 a 15)	0.58.0	Totalizador actual R1
a.28.x.(yy)	Energía activa absoluta (exportación) periodo tarifario x (x=0 total), en el caso de cierres: cierre yy (yy=01:último cierre, yy desde 01 a 15)	0.68.0	Totalizador actual R2
a.68.x.(yy)	Energía reactiva absoluta Q2 periodo tarifario x (x=0 total), en el caso de cierres: cierre yy (yy=01:último cierre, yy desde 01 a 15)	0.78.0	Totalizador actual R3
		0.88.0	Totalizador actual R4
		0.14.0	Potencia media de entrada en el periodo de integración actual
		0.24.0	Potencia media de salida en el periodo de integración actual
		0.15.0	Potencia media de entrada en el periodo de integración anterior
		0.25.0	Potencia media de salida en el periodo de integración anterior
		0.327.0	Tensión instantánea fase A
		0.527.0	Tensión instantánea fase B
		0.727.0	Tensión instantánea fase C
		0.317.0	Intensidad instantánea fase A
		0.517.0	Intensidad instantánea fase B
		0.717.0	Intensidad instantánea fase C
		0.337.0	Cosφ fase A
		0.537.0	Cosφ fase B
		0.737.0	Cosφ fase C
		0.17.0	Potencia activa total instantánea
		0.37.0	Potencia reactiva total instantánea
		0.137.0	Factor de potencia medio
		0.00.0	Configuración puerto óptico
		0.00.1	Configuración puerto serie 1
		0.00.2	Configuración puerto serie 2
		0.00.3	Modo inicialización del módem
		0.00.5	Dirección de enlace
		0.00.6	Punto de medida
		0.00.7	Versión protocolo (fecha)
		0.02.0	Versión firmware
		0.08.4	Periodo integración 1ª curva de carga
		0.08.5	Periodo integración 2ª curva de carga
		0.03.n	Configuración salida física (n-2)
		0.00.8	Fecha y hora cambio INV. / VER.
		0.00.9	Fecha y hora cambio VER / INV.

**ESQUEMA DE VISUALIZACION DE PANTALLAS**

El esquema particular de visualización de cada contador vendrá definido por las opciones del modelo y su posterior configuración.



**Código de Alarmas**

**Estado [0][xx\_ \_ \_]**  
 (N) 01. Alarma ajustes  
 (N) 02. Alarma reloj sin hora  
 (N) 04. Alarma error en cierres  
 (C) 08. Alarma perfiles de carga  
 (N) 10. Alarma escritura en pag. 0  
 (N) 20. Alarma fichero dias especiales  
 (N) 80. Alarma fichero fechas cierres  
 (N) 40. Alarma sucesos

**Estado [1][ \_ \_ \_ \_ xx]**  
 (N) 02 Alarma tapa  
 (C) 10. Alarma fallo tension fase A  
 (C) 20. Alarma fallo tension fase B  
 (C) 40. Alarma fallo tension fase C

**Estado [1][ \_ \_ xx \_ \_]**  
 (N) 01. Alarma escritura E2 PROM  
 (C) 02. Alarma ADC - CRT  
 (C) 04. Alarma ADC - FAT  
 (B) 08. Alarma batería  
 (C) 10. Alarma reloj stop  
 (C) 20. Alarma modulo contador  
 (C) 40. Alarma E2PROM DSP  
 (C) 80. Alarma ajustes DSP

- Alarmas no críticas: "N" parpadeando en pantalla de reposo
- Alarmas críticas: "C" parpadeando en pantalla de reposo
- Alarmas de batería: "B" parpadeando en pantalla de reposo

Si se da más de una alarma de un grupo, se ve la suma de códigos de esas alarmas en formato hexadecimal

(\*) Valores en secundario  
 (\*\*) Aumenta durante el periodo de integración y pasa a ser 0 cuando comienza otro  
 (\*\*\*) Almacena la potencia del periodo anterior  
 (\*\*\*\*) Valores instantáneos de primario

**MANTENIMIENTO**

El único mantenimiento que precisan los contadores es la sustitución, en caso de que sea necesario, de la batería cuya función es asegurar el almacenamiento de los perfiles de carga y la continuidad de la fecha y hora en caso de fallos de alimentación. Esta batería se encuentra bajo la tapa frontal precintable. Su tensión es de 3 V y tiene una vida útil de 10 años aproximadamente. Debe asegurarse que el equipo ha estado conectado algunos minutos antes de proceder a retirar la batería.



# Monitorización sencilla y segura



# MONITORIZAR, INFORMAR, PRESENTAR

## Una manera sencilla de asegurar el rendimiento de instalaciones solares de todos los tamaños

Un domingo por la tarde en la valla del jardín, el sol brilla, su vecino mira en dirección a su instalación solar y le pregunta: "¿Qué rendimiento tiene en este momento?" Una mirada a su Sunny Beam es suficiente. El resultado deja a su vecino asombrado. Una buena sensación: su instalación solar hace justamente lo que debe, es decir, inyectar corriente solar a la red pública y generar altas ganancias. Qué bien que no deba preocuparse de (casi) nada, gracias a las inteligentes soluciones de monitorización de SMA.

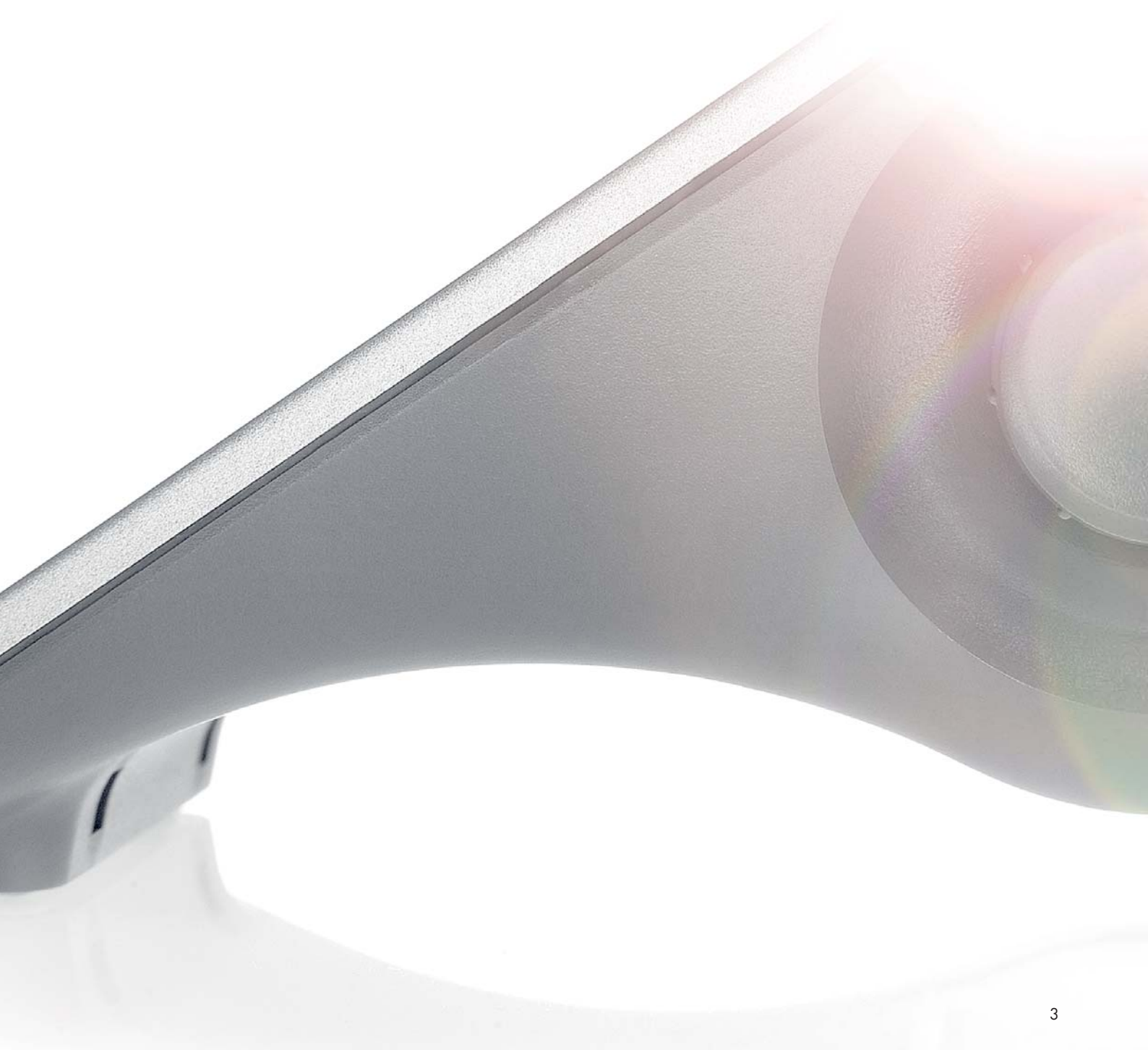
### Todo bajo control

Aún en las instalaciones fotovoltaicas pequeñas, el control de las mismas es importante para el rendimiento. Esto es porque, al haberse decidido por una instalación fotovoltaica, no sólo apuesta por una técnica respetuosa con el medio ambiente, sino también por una fuente de ganancias a largo plazo. Esto significa que, en todo momento, la instalación debe funcionar sin incidente alguno. Si cualquier disminución de potencia de su instalación, ocasionada, por ejemplo, por sombras en los módulos solares o fallos en la red pública, pasa desapercibida durante un periodo largo, se pueden generar determinadas pérdidas de rendimiento. Una monitorización continua de la instalación significa no sólo presenciar en directo la producción de corriente solar, sino también poder reaccionar de forma inmediata en caso de incidencias.

### Fiable y sencillo – en cualquier lugar del mundo

La monitorización moderna de instalaciones es mucho más que poseer el control de la misma. Una monitorización adecuada informa sobre el funcionamiento óptimo de la instalación de forma clara y, gracias a Internet, podemos recibir dicha información en cualquier lugar del mundo – por ejemplo, mediante correo electrónico. Además, recibirá los datos más relevantes de la instalación de manera sencilla, ilustrativa y profesional con lo que podrá, aparte de llevar un control, hacer público su compromiso ecológico. La monitorización de instalaciones le ofrece las más diversas opciones: radio o cable, compacto o complejo, breve o extenso. No importa si usted desea monitorizar el rendimiento de una instalación sobre el tejado de una vivienda o el de una planta solar en campo abierto.

En este folleto encontrará todo lo que debe saber acerca de la monitorización de instalaciones de SMA y qué soluciones le ofrece para su instalación fotovoltaica individual. Un técnico especializado de SMA estará encantado de asesorarle en caso de dudas.





# SIMPLEMENTE SEGURA: DESDE EL KILOVATIO HASTA EL MEGAVATIO

## Inversores solares eficientes y soluciones de monitorización de SMA

El empleo de la fotovoltaica es cada vez más rentable. La aportación de SMA como líder del mercado mundial es esencial, gracias al desarrollo de nuevas tecnologías, una enorme velocidad innovadora y una singular gama de productos en su clase. Un equipo de más de 300 ingenieros desarrollan inversores solares innovadores – el corazón de cada instalación fotovoltaica – así como productos para la monitorización de la instalación fáciles de usar.

### La solución de monitorización adecuada para cada instalación fotovoltaica

SMA desarrolla, produce y distribuye no sólo inversores solares de alta eficiencia, sino también sistemas de monitorización fáciles de manejar. Bien sean instalaciones sobre el tejado de una vivienda, instalaciones más grandes sobre la cubierta de una nave industrial o plantas solares en campo abierto: SMA ofrece para cada situación la solución de monitorización adecuada. Una vez que esta ha sido rápidamente instalada, usted puede presenciar en directo su propia generación de corriente solar, privada y respetuosa con el medio ambiente.

### Alta calidad de un sólo proveedor

SMA ofrece un sistema cuyas partes han sido perfectamente armonizadas entre sí. Para ello, nos hemos apoyado años de experiencia en el desarrollo y producción de soluciones para la monitorización. Al igual que nuestros inversores solares, la monitorización de instalaciones está diseñada para una vida útil de al menos 20 años. Para poder cumplir con estos altos requisitos, fabricamos todos los equipos con una calidad industrial y los dotamos de componentes de alta calidad. Además, sometemos nuestros productos a completos ensayos de calidad, desde pruebas de caída de red hasta la simulación de condiciones meteorológicas extremas. Y si tiene preguntas urgentes, nuestros expertos le ayudarán y atenderán a través de la Línea de Servicio, instituida expresamente para los productos de monitorización.

SMA. Para tener la certeza de que su instalación solar rinde de la manera que debe. Con seguridad.







INSTALACIÓN SOBRE EL TEJADO DE UNA VIVIENDA PRIVADA



INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA INDUSTRIAL



PLANTA SOLAR

# TRES VECES SENCILLA Y SEGURA

## Para cada instalación fotovoltaica la solución de monitorización adecuada

Tan distintas y diversas como las instalaciones fotovoltaicas son también las opciones de combinación para la monitorización de instalaciones de SMA. Para hacerle más fácil hemos resumido nuestras soluciones de monitorización en tres escenarios de aplicación. Aquí podrá ver de un vistazo cómo la "rentabilidad de su instalación" puede ser protegida de forma óptima contra pérdidas de rendimiento.

### **Monitorización fácil para instalaciones sobre los tejados de viviendas privadas**

¿Es usted propietario de una instalación fotovoltaica, p.ej., en su propio hogar? Entonces quédese tranquilo. Con nuestros productos, compactos y fáciles de usar, tendrá siempre asegurada la rentabilidad de su instalación de una manera sencilla.

### **Monitorización modular de sistemas para instalaciones fotovoltaicas industriales**

Como propietario de instalaciones fotovoltaicas más grandes, usted podrá crear la solución adecuada para la monitorización de manera individual, combinando distintos componentes. Con esto, en combinación con los inversores solares de SMA, usted se beneficia de un sistema cuyas partes han sido perfectamente armonizadas entre sí.

### **Monitorización fiable para plantas solares**

Cuanto más grande sea la instalación fotovoltaica, más rápido será el efecto negativo de pequeñas disminuciones de potencia sobre el rendimiento – si permanecen desapercibidas. Con nuestras soluciones especiales para parques solares usted monitoriza y controla instalaciones de forma segura, aun en el rango de los megavatios.



## VIGILANCIA DURANTE TODO EL DÍA

### **Monitorización adecuada para instalaciones sobre tejados de viviendas privadas**

Las innovadoras soluciones de monitorización vigilan su instalación fotovoltaica las 24 horas del día. Porque quien se decide por una instalación fotovoltaica quiere saber con qué rapidez se amortiza su inversión. Y tener la buena sensación de que todo funciona. La monitorización de instalaciones de SMA es fácil de instalar y especialmente sencilla de usar. Bien sea sin cable con el Sunny Beam o en el PC con el Sunny Explorer: usted podrá vigilar siempre su instalación con una sola mirada y así disponer de mayor tiempo para usted.



### SUNNY EXPLORER

La solución de software para el PC

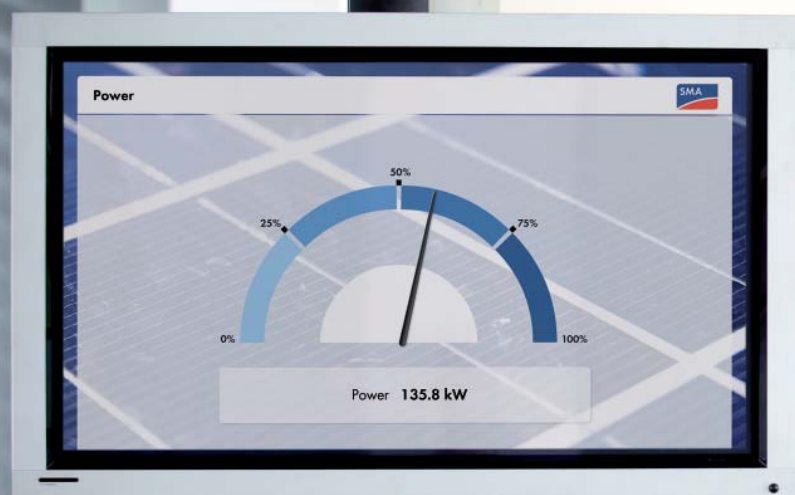
Seguro, fácil de usar, rápido: Sunny Explorer es la solución básica para una cómoda vista general de su instalación. Todo lo que necesita es un PC con interfaz *Bluetooth* - y al momento, obtendrá una vista general del rendimiento de su instalación, sin cables. Puede descargar el Sunny Explorer de forma gratuita en [www.SMA.de](http://www.SMA.de).



### SUNNY BEAM

Monitorización de instalaciones a simple vista

Sencillo, fascinante, sin cables: el Sunny Beam es la solución compacta para pequeñas instalaciones fotovoltaicas. Monitoriza su instalación de forma completamente automática las 24 horas del día, es facilísimo de manejar y le informa con una sola mirada sobre el rendimiento y la situación de su instalación. El hecho de que haya sido galardonado por su diseño lo hace aún más atractivo.



## TEAMPLAYER

### **Monitorización modular de sistema para instalaciones fotovoltaicas industriales**

Un potente equipo, una táctica que garantice el éxito y un objetivo claramente definido: estas son las condiciones para asegurar la rentabilidad de su instalación solar, ya que la rentabilidad puede disminuir debido a pequeñas disminuciones de potencia. En las grandes instalaciones fotovoltaicas no sólo es determinante la calidad de la monitorización, sino también la perfecta combinación de los diferentes componentes. Como

cada instalación es distinta, también cada solución de monitorización debe ser planificada de forma individual. En SMA usted elige, como en un sistema modular, los equipos que se adapten a sus necesidades. No es de extrañar por tanto que la monitorización de instalaciones de SMA tenga tantos seguidores.



**SUNNY WEBBOX**

Monitorización y mantenimiento a distancia para grandes instalaciones fotovoltaicas

Confortable, segura, profesional: la Sunny WebBox permite la completa monitorización de la instalación desde cualquier lugar del mundo. En combinación con el Sunny Portal es la solución más profesional y adecuada para la monitorización de instalaciones - sin importar el lugar donde se encuentre Ud. en ese momento.



**SUNNY PORTAL**

Gestión y monitorización profesional de instalaciones fotovoltaicas

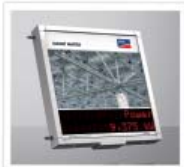
Informativo, fácil de usar, individual: con el exhaustivo portal de Internet usted puede gestionar instalaciones fotovoltaicas de cualquier tamaño, de forma sencilla y centralizada. Tendrá siempre, y desde cualquier lugar, acceso a los datos más importantes. Además, el servicio de emisión periódica de informes lo mantendrá al corriente por correo electrónico, garantizando así sus beneficios.



**SUNNY SENSORBOX**

La estación meteorológica para su instalación fotovoltaica

Segura, informativa, compacta: la Sunny SensorBox permite el análisis íntegro de su generador solar. En combinación con la Sunny WebBox y el Sunny Portal, proporciona una comparación continua de los valores nominales y reales de la potencia de la instalación. Así podrá detectar y evitar con antelación posibles disminuciones de potencia.



**SUNNY MATRIX**

Pantalla llamativa de grandes dimensiones

Robusta, a medida, representativa: la pantalla informativa presenta los datos de su instalación fotovoltaica en áreas exteriores e interiores. Ésta puede ser rotulada, p.ej., con su logotipo o con una foto de la instalación. De esta manera, usted exhibe su instalación y exterioriza su compromiso.



**FLASHVIEW**

Presentación de equipos profesional y gratuita

Informativo, agradable, sencillo: el software que se descarga gratuitamente presenta en directo y en gráficos fáciles de entender los datos más importantes de la instalación. Todo lo que usted necesita es una Sunny WebBox y un PC.





# SUPERVISORES DE PARQUES SOLARES

## Monitorización fiable para plantas solares

Los modernos parques solares se extienden a menudo sobre una superficie comparable a varios campos de fútbol. Cuanto más grande sea la instalación, más importante es una amplia monitorización. Esto se debe a que incluso pequeños fallos de la red pueden repercutir negativamente en el rendimiento. Con la monitorización de instalaciones de SMA también se vigilan y controlan grandes plantas solares de forma

óptima, y se integran en centros de control de plantas solares. Además, gracias a la Power Reducer Box cumplirá con la legislación vigente en lo que se refiere a la gestión de seguridad de red.

Para redes seguras con futuro y una rápida amortización de su instalación.



### SUNNY WEBBOX

Monitorización y mantenimiento a distancia para plantas solares

Cómoda, segura, profesional: la Sunny WebBox constituye la base, como registrador de datos profesional, de cualquier monitorización de plantas solares. Ésta recoge los datos de los inversores centrales y los registra durante un largo periodo. Si se desea, transfiere los datos de forma completamente automática al Sunny Portal o a un servidor de Internet libremente definible y permite así un diagnóstico de la instalación desde cualquier lugar del mundo.



### Servidor OPC de SMA

La interfaz de datos estándar para instalaciones grandes

Profesional, flexible, sencillo: con el servidor OPC de SMA<sup>1)</sup> usted puede integrar grandes instalaciones solares de SMA en sistemas de mando compatibles con OPC. Bien sean instalaciones solares, eólicas o de biogás: gracias al software se puede intercambiar e introducir a un sistema de mando adecuado información sobre los diferentes componentes de una planta.



### POWER REDUCER BOX

La solución para la gestión de inyección y seguridad de red

Flexible, rápida, segura: con la Power Reducer Box su instalación cumple con los requisitos de la EEG<sup>2)</sup> y con la directiva de la BDEW<sup>3)</sup> (Directiva sobre instalaciones generadoras conectadas a la red de media tensión), que a partir del 1 de enero de 2009 entró en vigor para instalaciones fotovoltaicas con más de 100 kW. Gracias a la limitación de la potencia efectiva y las especificaciones de la potencia reactiva la planta solar está preparada para el futuro.

1) OLE for Process Control

2) Erneuerbare-Energien-Gesetz (Ley de Energías Renovables)

3) Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (Asociación Alemana de la Industria de Agua y Energía)

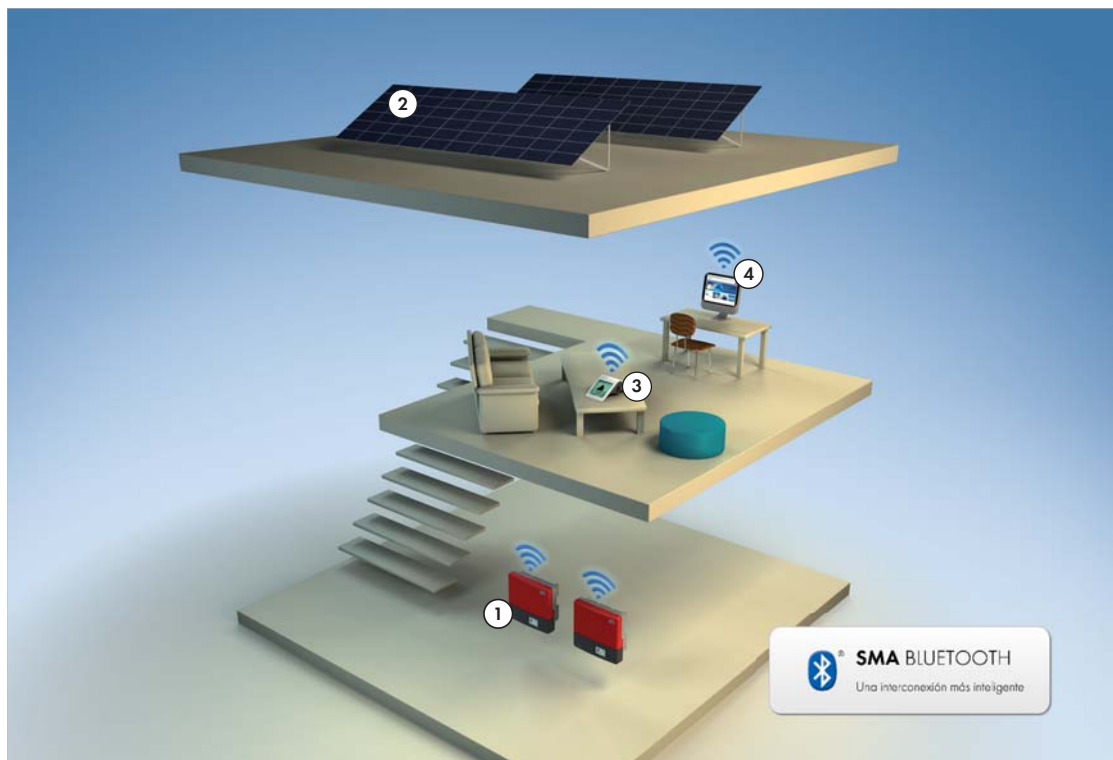
## Estructura típica de una instalación por radio

### Generación de energía

- ① SUNNY BOY
- ② Generador solar

### Monitorización de instalaciones

- ③ SUNNY BEAM
- ④ SUNNY EXPLORER



# ¿RADIO O CABLE?

## Conexión segura con o sin cable

Para poder monitorizar instalaciones fotovoltaicas deben transferirse datos, como valores de potencia o rendimientos energéticos. Para la comunicación entre los inversores solares y los equipos para la monitorización de instalaciones, generalmente existen en SMA dos posibilidades: las variantes sin cable y con cable. Las dos ofrecen ventajas y se emplean en diferentes

tamaños de instalación. Aquí puede averiguar qué variante se adapta mejor a su instalación fotovoltaica.

### Los dos sistemas en comparación

	<b>Bluetooth (radiocomunicación)</b>	<b>Cableado RS485</b>
<b>Ámbito de aplicación típico</b>	especialmente en pequeñas y medianas instalaciones fotovoltaicas	en instalaciones fotovoltaicas medianas y grandes
<b>Ventajas</b>	ahorro de costes y de mano de obra	alta velocidad y fiabilidad
<b>Número de participantes</b> (monitorización de instalaciones e inversor)	hasta un máximo de 50 por cada red Bluetooth	hasta un máximo de 50 por bus RS485
<b>Alcance</b>	hasta un máximo de 100 metros en campo abierto	1200 metros por bus RS485
<b>Equipos para consulta de datos</b> (p.ej. Sunny Beam o Sunny WebBox)	hasta 4 por red	uno por bus RS485

## Estructura típica de una instalación por cable

### Generación de energía

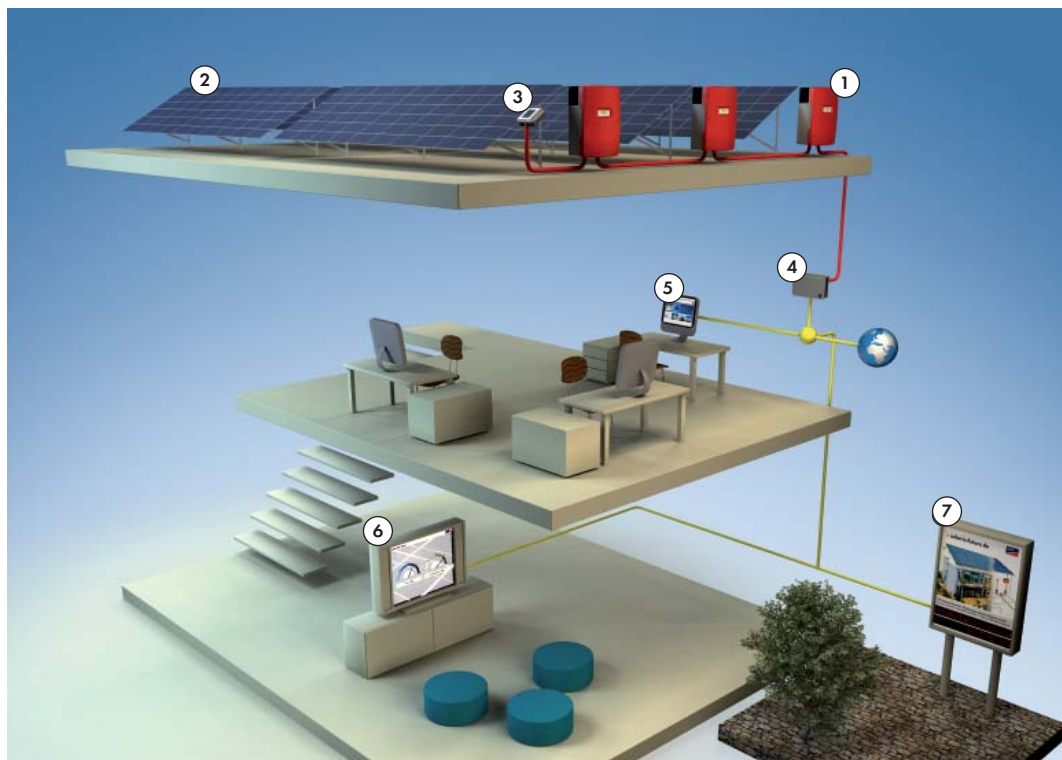
- ① SUNNY MINI CENTRAL
- ② Generador solar

### Monitorización de instalaciones

- ③ SUNNY SENSORBOX
- ④ SUNNY WEBBOX
- ⑤ SUNNY PORTAL
- ⑥ FLASHVIEW
- ⑦ SUNNY MATRIX

— RS485

— Red local / Internet



## Éxito sin cables – conectados de forma más inteligente con SMA Bluetooth®

Con SMA Bluetooth se pueden instalar redes sin cables de forma sencilla y rápida – sin trabajos adicionales de instalación. Perfectamente indicado para su instalación privada sobre el tejado de vivienda.

Bluetooth, el estándar inalámbrico internacional, le confiere a su monitorización de instalaciones más flexibilidad y posibilidades de ampliación. Usted ahorra tiempo y costes de instalación. Gracias a Bluetooth todos los inversores se detectan rápidamente y se integran a la instalación de forma automática. Debido a la conexión inteligente se pueden integrar hasta un máximo de 50 equipos en una red. Mediante el uso de la clase 1 de Bluetooth son posibles grandes alcances entre equipos. Y para el caso que se encuentren demasiadas paredes o techos de por medio, el SMA Bluetooth Repeater es una ayuda.

Bluetooth convence también en lo que se refiere a la fiabilidad. Gracias al cambio de frecuencia reiterado y al envío de paquetes de datos en pequeñas unidades la radiocomunicación es muy estable. Y la potencia de transmisión se adapta siempre a las necesidades correspondientes. Además: la contraseña incorporada en todos los equipos protege sus datos contra el acceso de personas no autorizadas.

## Robusto y seguro – potente a través de largas distancias con el cableado RS485

El bus de campo RS485 es un clásico del ámbito de la de comunicación por cable. Esta variante es empleada por SMA desde hace años y su eficacia ha sido probada en un sinfín de instalaciones. A través de una línea de comunicación todos los equipos se conectan sucesivamente en cadena (el llamado bus de datos). Conectada como un equipo más en el BUS, la Sunny WebBox recoge todos los datos e informa de manera fiable sobre el estado de la instalación fotovoltaica.

La ventaja del cableado RS485: longitudes de líneas hasta un máximo de 1200 metros y transmisión de datos fiable incluso en entornos con interferencias. Precisamente en grandes instalaciones fotovoltaicas usted requiere una máxima seguridad y fiabilidad.

¿Desea obtener más información acerca de nuestros equipos? Entre en [www.SMA-Iberica.com](http://www.SMA-Iberica.com) y podrá descargarse todas las fichas técnicas.



**SMA BLUETOOTH**

Una interconexión más inteligente

**SMA Ibérica Tecnología Solar, S.L.**

**www.SMA-Iberica.com**

**Avda de les Corts Catalanes,  
9 Planta 3, Oficinas 17-18  
08173, Sant Cugat del Vallés  
(Barcelona) España  
Tel.: +34 902 14 24 24  
Fax: +34 936 75 32 14  
E-Mail: info@SMA-Iberica.com**



## Armarios para Exterior, Con Tejadillo. IP-43

Incluye: cuerpo • puerta • cierre triangular con fallebas y posibilidad de bloqueo por candado

Código ref.	Descripción	AltoxAnchoxFondo (mm.)	P.V.P. Euro	Und. embal.	Peso/ud.
ART-55	Armario vacío	500x500x300	286,23	1	13,60
ART-57	Armario vacío	500x750x300	332,83	1	17,00
ART-75	Armario vacío	750x500x300	363,99	1	17,00
ART-77	Armario vacío	750x750x300	537,90	1	22,00
ART-105	Armario vacío	1000x500x300	486,30	1	19,00
ART-107	Armario vacío	1000x750x300	602,32	1	27,00
ART-1010-2P	Armario vacío 2 puertas	1000x1000x300	1.054,19	1	43,00
ART-710-2P	Armario vacío 2 puertas	750x1000x300	809,57	1	39,00
ART-510-2P	Armario vacío 2 puertas	500x1000x300	654,06	1	32,20



## Armarios para Exterior, Con Tejadillo. IP-55

Código ref.	Descripción	AltoxAnchoxFondo (mm.)	P.V.P. Euro	Und. embal.	Peso/ud.
ART-55-IP55	Armario vacío. IP-55.	500x500x300	332,5	1	14,10
ART-57-IP55	Armario vacío. IP-55.	500x750x300	379,15	1	17,50
ART-75-IP55	Armario vacío. IP-55.	750x500x300	410,32	1	17,50
ART-77-IP55	Armario vacío. IP-55.	750x750x300	585,33	1	22,60
ART-105-IP55	Armario vacío. IP-55.	1000x500x300	510,75	1	19,60
ART-107-IP55	Armario vacío. IP-55.	1000x750x300	651,96	1	27,70
ART-1010-2P-IP55	Armario vacío 2 puertas. IP-55	1000x1000x300	1.140,92	1	49,00
ART-710-2P-IP55	Armario vacío 2 puertas. IP-55	750x1000x300	931,00	1	40,00
ART-510-2P-IP55	Armario vacío 2 puertas. IP-55	500x1000x300	752,18	1	33,20



## Placas de Montaje en POLYESTER

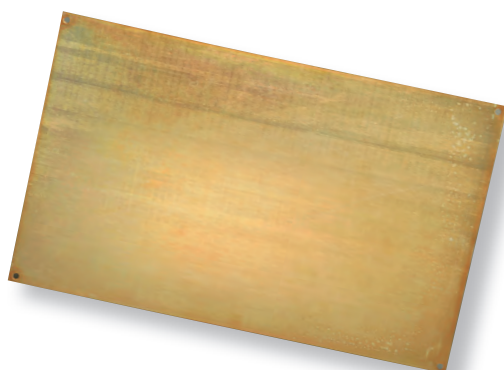
Incluye: tornillos de fijación.



Código ref.	Descripción	P.V.P. Euro	Und. embal.	Peso/ud.
PMP-55	Para armario ART-55	26,51	1	1,10
PMP-57	Para armario ART-57	37,56	1	1,80
PMP-75	Para armario ART-75	37,56	1	1,80
PMP-77	Para armario ART-77	64,74	1	2,80
PMP-105	Para armario ART-105	75,18	1	3,40
PMP-107	Para armario ART-107	82,21	1	4,20

## Placas de Montaje Metálicas

Incluye: Tornillos de fijación.



Código ref.	Descripción	P.V.P. Euro	Und. embal.	Peso/ud.
PMM-55	Para armario ART-55	32,07	1	4,23
PMM-57	Para armario ART-57	47,00	1	5,73
PMM-75	Para armario ART-75	47,00	1	5,73
PMM-77	Para armario ART-77	73,53	1	8,58
PMM-105	Para armario ART-105	92,39	1	8,90
PMM-107	Para armario ART-107	102,31	1	11,76

## gPV FUSIBLES CILINDRICOS PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS

La principal novedad que ofrecen estos productos es la tensión asignada de 1000 V DC y 600 V DC. Están destinados principalmente a ofrecer una solución de protección compacta, segura y económica en instalaciones fotovoltaicas, donde, debido al constante incremento de potencia y la evolución tecnológica, es común que se precise proteger grupos de paneles solares que pueden alcanzar tensiones superiores a 800 V DC. También pueden utilizarse como protección en instrumentación y como protección de circuitos auxiliares en ferrocarriles. Proporcionan protección contra sobrecargas y cortocircuitos (clase gPV de acuerdo a la nueva Norma IEC60269-6). Están contruidos con tubo cerámico de alta resistencia a la presión interna y a los choques térmicos lo que permite un alto poder de corte en un reducido espacio. Los contactos están realizados en cobre plateado y los elementos de fusión son de plata, lo que evita el envejecimiento y mantiene inalterables las características. Para la instalación de estos fusibles se recomienda la utilización de las bases modulares PMF 1000 V en versión unipolar o bipolar (con o sin indicador de fusión).

[www.df-sa.es/es/fotovoltaicos/fusibles/cilindricos/](http://www.df-sa.es/es/fotovoltaicos/fusibles/cilindricos/)

10x38

1000V  
DC

In (A)	REFERENCIA	PODER DE CORTE (kA)	EMBALAJE Unid./CAJA
1	491601	30	10/100
2	491602	30	10/100
3	491604	30	10/100
4	491605	30	10/100
5	491606	30	10/100
6	491610	30	10/100
8	491615	30	10/100
10	491620	30	10/100
12	491625	30	10/100
15	491629	30	10/100
16	491630	30	10/100
20	491635	30	10/100



600V  
DC

1	491901	30	10/100
2	491902	30	10/100
3	491904	30	10/100
4	491905	30	10/100
5	491906	30	10/100
6	491910	30	10/100
8	491915	30	10/100
10	491920	30	10/100
12	491925	30	10/100
15	491929	30	10/100
16	491930	30	10/100
20	491935	30	10/100
25	491940	30	10/100
30	491944	30	10/100
32	491945	30	10/100



14x51

1000V  
DC

25	491650	30	10/50
32	491655	30	10/50



NORMAS  
IEC 60269-1  
IEC 60269-6  
UL 2579

HOMOLOGACIONES  
Cd-Pb FREE  
RoHS compliant  
RECYCLED

TECNICO  
CARACTERISTICAS t-I

PAGINA 11

TECNICO  
COEFICIENTE REDUCCION  
POR TEMPERATURA  
AMBIENTE

PAGINA 14

COMPATIBLE  
PV BASES PARA  
APLICACIONES  
FOTOVOLTAICAS

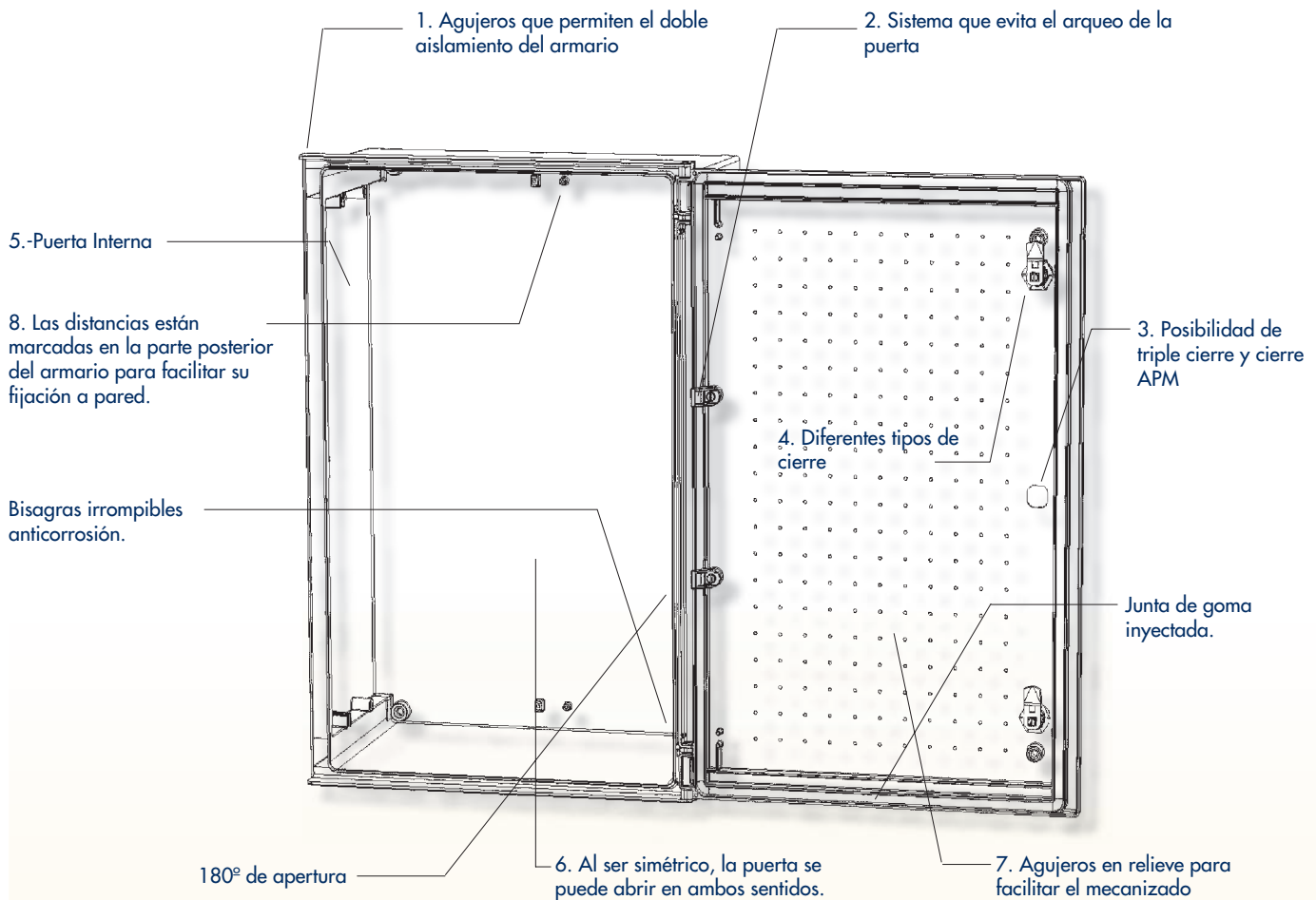
PAGINA 07

COMPATIBLE  
CONTACTO PINZA PARA  
FUSIBLES Ø10

PAGINA 09

# safybox BRES

## armario de polyester



1. Envoltorio de doble aislamiento con agujeros para fijación directa a pared que dejan el interior del armario totalmente aislado.  
Sistemas de fijación para doble aislamiento:  
A) Fijación directa usando los agujeros de doble aislamiento.  
B) Fijación indirecta con orejeta de fijación con diferentes ángulos.
2. Sistema patentado que evita el arqueado de la puerta y mejora el sistema de tercera bisagra y facilita el montaje y desmontaje de la puerta.
3. Posibilidad de instalar nuestro cierre patentado con posibilidad de candado Safybox APM.
4. Existen muchos tipos de cierre a su disposición, triple cierre con accionamiento individual, triple cierre con maneta y un solo accionamiento,...
5. Posibilidad de instalar puerta interna.
6. El armario es simétrico, por lo que permite la apertura de la puerta de derecha a izquierda o viceversa, tan solo dando la vuelta al armario
7. La puerta dispone de unas pequeñas guías en su cara interna para facilitar el taladro y la instalación de instrumentación.
8. La distancia entre los agujeros de fijación a pared está marcada en la parte trasera del cuerpo del armario para facilitar su instalación.

Nota: Todos los armarios Safybox Bres, se suministrarán con la puerta desmontada y los ejes pasantes de la bisagra pegados en la puerta. Así se facilita el trabajo previo en el interior del armario y además es más fácil fijarlo a la pared utilizando los agujeros de doble aislamiento. De esta manera el instalador comprobará la facilidad de quitar y poner la puerta con nuestro patentado sistema de bisagras.

**NOTA : Uriarte Safybox recomienda usar los agujeros de doble aislamiento para garantizar el grado de estanqueidad y en definitiva la durabilidad del equipo instalado en la envoltorio.**

**El uso de orejetas de fijación queda a la elección del instalador ya que el Safybox-BRES ha sido especialmente diseñado para ser montado a la pared sin ellas.**



## Armarios de Polyester

### ARMARIO VACÍO STANDARD

Incluye: Armario vacío • Tirafondos para fijación mural • Cierre de doble barra.

Código ref.	Descripción	P.V.P. Euro	Und. embal.	Peso/ud.
BRES-325	Armario de 300 x 250 x 140 mm.	75,90	2	1,93
BRES-43	Armario de 400 x 300 x 200 mm.	102,04	1	3,60
BRES-44	Armario de 400 x 400 x 200 mm.	110,25	1	4,35
BRES-54	Armario de 500 x 400 x 200 mm.	145,60	1	5,25
BRES-64	Armario de 600 x 400 x 230 mm.	161,32	1	7,13
BRES-65	Armario de 600 x 500 x 230 mm.	171,18	1	7,93
BRES-86	Armario de 800 x 600 x 300 mm.	291,55	1	12,65



### ARMARIO VACÍO CON PUERTA TRANSPARENTE

Incluye: Armario vacío • Tirafondos para fijación mural • Cierre de doble barra

Código ref.	Descripción	P.V.P. Euro	Und. embal.	Peso/ud.
BRES-325P	Armario de 300 x 250 x 140 mm.	102,26	2	2,00
BRES-43P	Armario de 400 x 300 x 200 mm.	140,31	1	3,57
BRES-44P	Armario de 400 x 400 x 200 mm.	156,78	1	4,30
BRES-54P	Armario de 500 x 400 x 200 mm.	187,14	1	5,21
BRES-64P	Armario de 600 x 400 x 230 mm.	210,33	1	7,05
BRES-65P	Armario de 600 x 500 x 230 mm.	238,90	1	7,56
BRES-86P	Armario de 800 x 600 x 300 mm.	390,73	1	12,15



### PUERTAS INTERIORES DE POLYESTER (Incluye cierre con llave)

Código ref.	Descripción	P.V.P. Euro	Und. embal.	Peso/ud.
PUI-43	Puerta interior de polyester para BRES-43	86,88	1	1,18
PUI-44	Puerta interior de polyester para BRES-44	95,56	1	1,74
PUI-54	Puerta interior de polyester para BRES-54	109,03	1	2,18
PUI-64	Puerta interior de polyester para BRES-64	116,44	1	2,60
PUI-65	Puerta interior de polyester para BRES-65	149,49	1	3,50
PUI-86	Puerta interior de polyester para BRES-86	170,07	1	5,56

## P-Sun 2.0

ESPECIAL FOTOVOLTAICA

Tensión nominal: 0,6/1 kV  
 Norma diseño: DKE/VDE AK 411.2.3  
 Designación genérica: ZZ-F



### CARACTERÍSTICAS CABLE



Cable flexible	No propagación de la llama UNE-EN 60332-1-2	No propagación del incendio UNE-EN 60332-3-24	Baja emisión de humos opacos UNE-EN 61034-2	Libre de halógenos UNE-EN 50267-2-1	Reducida emisión de gases tóxicos NFC 20454	Resistencia a la absorción del agua	Resistencia al frío	Resistencia a los rayos ultravioleta	Resistencia a los agentes químicos
----------------	--	--	--	--	--	-------------------------------------	---------------------	--------------------------------------	------------------------------------

- Norma de diseño: DKE/VDE AK 411.2.3
- Temperatura de servicio: -40 °C, +120 °C (10.000 h); -40 °C, +90 °C (30 años)
- Tensión nominal: 0,6/1 kV (tensión máxima en alterna: 0,7/1,2 kV, tensión máxima en continua: 0,9/1,8 kV).
- Ensayo de tensión en corriente alterna 6 kV, 15 min.
- Ensayo de tensión en corriente continua 10 kV, 15 min.W



Resistencia a las grasas y aceites  
 Resistencia a los golpes

#### Ensayos de fuego:

- No propagación de la llama: UNE EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2.
- Libre de halógenos: UNE EN 50267-2-1; IEC 60754-1; BS 6425-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos: DEF STAN 02-713; NFC 20454;  $I_t \leq 1,5$ .
- Baja emisión de humos opacos: UNE EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Nula emisión de gases corrosivos: UNE EN 50267-2-2; IEC 60754-2; NFC 20453; BS 6425-2;  $pH \geq 4,3$ ;  $C \leq 10 \mu S/mm$ .



Resistencia a la abrasión

#### Resistencia a las condiciones climatológicas:

- Resistencia al ozono: EN 50396, test B
- Resistencia a los rayos UVA: UL 1581 (xeno test), ISO 4892-2 (A method), HD 506/A1-2.4.20
- Resistencia a la absorción de agua: EN 60811-1-3

#### Otros ensayos:

- Resistencia al frío: Doblado a baja temperatura (EN 60811-1-4)  
Impacto (EN 50305)
- Dureza: 85 (DIN 53505)
- Resistencia a aceites minerales: 24 h, 100 °C (EN 60811-2-1)
- Resistencia a ácidos y bases: 7 días, 23 °C, ácido n-oxálico, hidróxido sódico (EN 60811-2-1)

### DESCRIPCIÓN

#### CONDUCTOR

**Metal:** Cobre electrolítico.

**Flexibilidad:** Flexible, clase 5, según UNE EN 60228.

**Temperatura máxima en el conductor:** 120 °C (10.000 h); 90 °C (30 años). 250 °C en cortocircuito.

#### AISLAMIENTO

**Material:** Goma tipo EI6 según UNE-EN 50363-1 que confiere unas elevadas características eléctricas y mecánicas.

#### CUBIERTA

**Material:** Mezcla cero halógenos, ipo EM5 según UNE EN 50363-1.

**Colores:** Negro, rojo o azul.

### APLICACIONES

- Especialmente diseñado para instalaciones solares fotovoltaicas interiores, exteriores, industriales, agrícolas, fijas o móviles (con seguidores)... Pueden ser instalados en bandejas, conductos y equipos

## P-Sun 2.0

ESPECIAL FOTOVOLTAICA

Tensión nominal: 0,6/1 kV  
 Norma diseño: DKE/VDE AK 411.2.3  
 Designación genérica: ZZ-F



## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

## DIMENSIONES, PESOS Y RESISTENCIAS (aproximado)

Número de conductores x sección mm <sup>2</sup>	Diámetro del conductor mm	Diámetro exterior del cable (valor máximo) mm	Peso kg/km	Resistencia del conductor a 20°C Ω/km	Intensidad admisible al aire (1) A	Caída de Tensión V/A km (corriente continua)
1x1,5	1,6	4,7	31	13,7	25	26,5
1x2,5	1,9	5,2	43	8,21	34	15,92
1x4	2,4	5,7	58	5,09	46	9,96
1x6	2,9	6,4	79	3,39	59	6,74
1x10	3,9	7,8	120	1,95	82	4
1x16	5,4	9,0	175	1,24	110	2,51
1x25	6,4	10,2	265	0,795	140	1,59
1x35	7,5	11,9	360	0,565	174	1,15
1x50	9	13,3	485	0,393	210	0,85
1x70	10,8	15,6	690	0,277	269	0,59
1 x 95	12,6	16,8	875	0,210	327	0,42
1 x 120	14,3	19,4	1100	0,164	380	0,34
1 x 150	15,9	21,1	1420	0,132	438	0,27
1 x 185	17,5	23,5	1655	0,108	500	0,22
1 x 240	20,5	26,3	2200	0,0817	590	0,17

(1) Instalación monofásica en bandeja al aire (40 °C). Con exposición directa al sol, multiplicar por 0,9.

→ XLPE2 con instalación tipo F → columna 13 (Al)

(Ver página 28).

## CÁLCULOS

**Intensidades máximas admisibles:** Ver apartado A).

**Caídas de tensión:** Ver tabla E.2.

**Intensidades de cortocircuito máximas admisibles:** Ver tabla F.2.

NOTA: para accesorios de conexión del cable P-Sun 2.0 ver conectores Tecplug en el apartado de accesorios para baja tensión.

CE



## AISCAN-K

TUBO CANALIZACIÓN SUBTERRÁNEA RÍGIDA

CÓDIGO: 105/124500

REF.	NOMINAL	Ø exterior	Ø interior min.	emb.(metros)	A3	A4	A5	A6	A7
K63	63	63 +0/-0,5	47	40	<b>2,37</b>	<b>2,55</b>	<b>2,74</b>	<b>2,94</b>	<b>3,17</b>

Tubo no apto para instalaciones electricas superiores a 49 v.

CE



## AISCAN-REXA R

TUBO RÍGIDO ROSCABLE PARA EXTERIORES

CÓDIGO: 432112540010

REF.	NOMINAL	Ø exterior	Ø interior min.	emb.(metros)	A3	A4	A5	A6	A7
REXAR20	20	20 +0/-0,3	14	57	<b>1,97</b>	<b>2,12</b>	<b>2,28</b>	<b>2,45</b>	<b>2,63</b>
REXAR25	25	25 +0/-0,4	18	57	<b>2,67</b>	<b>2,87</b>	<b>3,09</b>	<b>3,32</b>	<b>3,57</b>
REXAR32	32	32 +0/-0,4	24,5	30	<b>3,74</b>	<b>4,02</b>	<b>4,32</b>	<b>4,65</b>	<b>4,99</b>
REXAR40	40	40 +0/-0,4	31,5	30	<b>5,58</b>	<b>6,00</b>	<b>6,45</b>	<b>6,93</b>	<b>7,45</b>
REXAR50	50	50 +0/-0,5	40,5	15	<b>7,66</b>	<b>8,23</b>	<b>8,85</b>	<b>9,52</b>	<b>10,23</b>
REXAR63	63	63 +0/-0,6	52	15	<b>10,31</b>	<b>11,08</b>	<b>11,91</b>	<b>12,81</b>	<b>13,77</b>

CE



## AISCAN-REXA E

TUBO RÍGIDO ENCHUFABLE PARA EXTERIORES

CÓDIGO: 432112540010

REF.	NOMINAL	Ø exterior	Ø interior min.	emb.(metros)	A3	A4	A5	A6	A7
REXAE20	20	20 +0/-0,3	14	57	<b>1,97</b>	<b>2,12</b>	<b>2,28</b>	<b>2,45</b>	<b>2,63</b>
REXAE25	25	25 +0/-0,4	18	57	<b>2,67</b>	<b>2,87</b>	<b>3,09</b>	<b>3,32</b>	<b>3,57</b>
REXAE32	32	32 +0/-0,4	24,5	30	<b>3,74</b>	<b>4,02</b>	<b>4,32</b>	<b>4,65</b>	<b>4,99</b>
REXAE40	40	40 +0/-0,4	31,5	30	<b>5,58</b>	<b>6,00</b>	<b>6,45</b>	<b>6,93</b>	<b>7,45</b>
REXAE50	50	50 +0/-0,5	40,5	15	<b>7,66</b>	<b>8,23</b>	<b>8,85</b>	<b>9,52</b>	<b>10,23</b>
REXAE63	63	63 +0/-0,6	52	15	<b>10,31</b>	<b>11,08</b>	<b>11,91</b>	<b>12,81</b>	<b>13,77</b>

CE



## AISCAN-REXA RHF

TUBO RÍGIDO ROSCABLE LIBRE DE HALÓGENOS PARA EXTERIORES

CÓDIGO: 442212540010

REF.	NOMINAL	Ø exterior	Ø interior min.	emb.(metros)	A3	A4	A5	A6	A7
REXARHF20	20	20 +0/-0,3	14	57	<b>4,81</b>	<b>5,17</b>	<b>5,56</b>	<b>5,98</b>	<b>6,42</b>
REXARHF25	25	25 +0/-0,4	18	57	<b>6,60</b>	<b>7,10</b>	<b>7,63</b>	<b>8,20</b>	<b>8,81</b>
REXARHF32	32	32 +0/-0,4	24,5	30	<b>9,14</b>	<b>9,83</b>	<b>10,56</b>	<b>11,35</b>	<b>12,21</b>
REXARHF40	40	40 +0/-0,4	31,5	30	<b>13,85</b>	<b>14,89</b>	<b>16,01</b>	<b>17,21</b>	<b>18,50</b>
REXARHF50	50	50 +0/-0,5	40,5	15	<b>18,72</b>	<b>20,12</b>	<b>21,63</b>	<b>23,26</b>	<b>25,00</b>
REXARHF63	63	63 +0/-0,6	52	15	<b>22,53</b>	<b>24,22</b>	<b>26,04</b>	<b>27,99</b>	<b>30,9</b>

CE



## AISCAN-REXA EHF

TUBO RÍGIDO ENCHUFABLE LIBRE DE HALÓGENOS PARA EXTERIORES

CÓDIGO: 442212540010

REF.	NOMINAL	Ø exterior	Ø interior min.	emb.(metros)	A3	A4	A5	A6	A7
REXAEHF20	20	20 +0/-0,3	15,7	57	<b>3,87</b>	<b>4,16</b>	<b>4,47</b>	<b>4,81</b>	<b>5,17</b>
REXAEHF25	25	25 +0/-0,4	20,1	57	<b>5,32</b>	<b>5,72</b>	<b>6,15</b>	<b>6,61</b>	<b>7,10</b>
REXAEHF32	32	32 +0/-0,4	26,5	30	<b>7,36</b>	<b>7,91</b>	<b>8,51</b>	<b>9,14</b>	<b>9,83</b>
REXAEHF40	40	40 +0/-0,4	34,5	30	<b>10,75</b>	<b>11,56</b>	<b>12,42</b>	<b>13,35</b>	<b>14,36</b>
REXAEHF50	50	50 +0/-0,5	42,9	15	<b>14,50</b>	<b>15,59</b>	<b>16,76</b>	<b>18,01</b>	<b>19,36</b>
REXAEHF63	63	63 +0/-0,6	56,2	15	<b>19,44</b>	<b>20,90</b>	<b>22,47</b>	<b>24,15</b>	<b>25,96</b>

## Autoconsumo instantáneo

### CDP, Controlador Dinámico de Potencia



Tipo	Código	Descripción
CDP-0	E51001	Controlador dinámico de potencia, inyección cero
CDP-G	E52001	Controlador dinámico de potencia con gestión de la demandada

Precisa de transformadores de corriente de la serie **MC (.../250 mA)**

## Autoconsumo diferido

### RDB, Regulador programable de carga de baterías



Tipo	Código	Corriente nominal de carga desde FV	Corriente máxima de salida de consumos
RDB-10	E43001	10 A	10 A
RDB-20	E44001	20 A	20 A
RDB-30	E45001	30 A	30 A

### Dispensador, contador monofásico con función EDA (*Energy Daily Allow (Energía Diaria Disponible)*)



Tipo	Código	Descripción
Dispenser BII	E20004	Contador monofásico con función EDA, con tarjeta RFID y comunicaciones RS-485
DAM II	E20000	Grabador de tarjetas RFID
DCARD	E20001	Tarjeta RFID para <b>Dispenser BII</b>

## Monitorización y supervisión para FV

### Serie TR, equipo de supervisión para FV con alimentación 230 V<sub>c.a.</sub> / 24 V<sub>c.c.</sub> RS-485 / Modbus RTU



Tipo	Código	Corriente	Salidas	Descripción
TR8-RS485-25 *	M54600	25 A	8	Medida de tensión de 1000 V <sub>c.c.</sub>
TR16-RS485-25 *	M55300	25 A	16	Medida de tensión de 1000 V <sub>c.c.</sub>
M/TR-25 x2	M54606	Módulo de medida para 2 circuitos de corriente máx 25 A <sub>c.c.</sub>		
M/TR-25 x4	M54602	Módulo de medida para 4 circuitos de corriente máx 25 A <sub>c.c.</sub>		
TR8-RS485-100/200	M54601	Según trafo	8	Medida de tensión de 1000 V <sub>c.c.</sub>
M/TR-100	M54603	Módulo de medida para 1 circuito de corriente máx 100 A <sub>c.c.</sub>		
M/TR-200	M54605	Módulo de medida para 1 circuito de corriente máx 200 A <sub>c.c.</sub>		

\*Bajo demanda, con **Certificación UL**

## S5000 DC & ZFV | Panorámica / Overview

Los interruptores seccionadores para DC están disponibles en una amplia gama de intensidades y en tensiones hasta 1.500 Vdc DC21B. Según las necesidades hay versiones en 2P, 3P+3P, 4P, 4P+4P con la función de corte en carga ruptura brusca para corriente continua.

Están especialmente indicados para instalaciones generadoras de energía fotovoltaica, donde se requiera un seccionamiento seguro. El mando de accionamiento estándar se suministra con bloqueo por candado en posición "O" para operaciones de mantenimiento. Estos interruptores son los utilizados en nuestras aplicaciones normalizadas para instalaciones fotovoltaicas (ver página 79).

Como accesorios se pueden suministrar los puentes para seriar contactos y cubrebornos (ver página 69).

Bajo pedido, también hay disponibles:

- Otras intensidades (ver información técnica página 76-77).
- Conmutadores.

Switch disconnectors for DC applications are available in a wide range of currents and voltages up to 1500V DC21B. 2P, 3P+3P, 4P and 4P+4P versions are available, acting as a main switch.

They are specially indicated for PV installations, where a safe disconnection is required. Standard panel handle is padlockable in "OFF" position, for maintenance purposes. Telergon uses this range of switches in all standardized enclosed applications for PV (see page 79).

Bridging links and terminal shrouds are available as accessories (see page 69).

Also available under request:

- Different ratings (see technical information on pages 76-77).
- Changeover switches.



### Características relevantes en instalaciones fotovoltaicas

### Relevant characteristics for photovoltaic installations

- $U_i$  (V) Tensión de aislamiento 1.000 Vdc.
- $U_{oc}$  (V) Tensión de circuito abierto del sistema fotovoltaico.
- $U_{ef}$  (V) Tensión de funcionamiento de la instalación fotovoltaica con carga.
- $I_{ef}$  (A) Intensidad de funcionamiento de la instalación fotovoltaica con carga.
- $I_{sc}$  (A) Intensidad de cortocircuito de la instalación fotovoltaica.
- En determinados puntos de los sistemas fotovoltaicos debe considerarse componente inductiva (cableados, inversor, etc.).
- El dimensionado del interruptor debe realizarse considerando  $U_{oc}$  como tensión máxima de empleo del mismo.
- Se debe cumplir:

$$U_i \geq U_{oc}$$

Se recomienda que  $U_i$  sea entre un 10 y un 15% superior a  $U_{oc}$ .

$$U_e \geq U_{ef}$$

$$I_e \geq I_{ef}$$

$$I_e \geq I_{sc}$$

- $U_i$  (V) Rated insulation voltage 1.000 Vdc.
- $U_{oc}$  (V) Open circuit voltage of the photovoltaic system.
- $U_{ef}$  (V) Photovoltaic installation functioning voltage on load.
- $I_{ef}$  (A) Installation working current under load.
- $I_{sc}$  (A) Short-circuit current of the photovoltaic installation.
- In certain places of Pv Systems, inductive component must be considered (cables, inverter, etc.).
- The sizing of the switch must be done considering open circuit voltage as maximum operation voltage.
- It necessary to comply with:

$$U_i \geq U_{oc}$$

We recommend to set  $U_i$  between 10 and 15% over  $U_{oc}$ .

$$U_e \geq U_{ef}$$

$$I_e \geq I_{ef}$$

$$I_e \geq I_{sc}$$

## ZFV | Guía de selección / Selection guide

ZFV						Interruptor O-1 / On-Off switch <sup>*(1)</sup>	
U <sub>e</sub> (Vdc)	DC21B	A Amps	Calibre Size	Conexión Connection	Polos Poles	En caja de plástico IP65 In plastic enclosure IP65	
						Código Code	Código Code
1000		13	00		2	ZFV32 SMAH1 A2	-
		25			4	ZFV25 SMAH1 A4B	ZFV25PFH4 A4B
		32			4	ZFV32 SMAH1 A4B	ZFV32PFH4 A4B

<sup>\*(1)</sup> Interruptor + puentes + mando directo con bloqueo por candado.

<sup>\*(1)</sup> Switch + bridging links + padlockable handle.



Interruptores seccionadores ZFV 2P / 4P conexión  
Switch - disconnectors ZFV 2P / 4P connection

Interruptores seccionadores ZFV 4P conexión  
Switch - disconnectors ZFV 4P connection

## ZFV | Dimensiones / Dimensions (mm)

Serie Series	A Amps	Calibre Size	Vista frontal Front view	Vista lateral Side view	Diagrama de conexión Connection diagram
ZFV	13 25 32	00	<p>2P      4P</p>	<p>2P      4P</p>	<p>2P      4P</p>
	25 32		<p>2P</p>		



## Segura

- Rápida detección de errores mediante la comparación continua de los valores nominales y reales de potencia de la instalación

## Informativa

- Registro exacto de la intensidad de irradiación, la temperatura del módulo, la temperatura ambiente y la velocidad del viento

## Cómoda

- Fácil instalación en el generador solar
- Conexión sencilla a las instalaciones fotovoltaicas existentes por RS485

- Evaluación de los datos en un ordenador o mediante Sunny Portal

## SUNNY SENSORBOX

La estación meteorológica para instalaciones fotovoltaicas

La Sunny SensorBox se instala directamente en los módulos y mide la irradiación solar y la temperatura. En combinación con la Sunny WebBox y Sunny Portal, permite una comparación continua de los valores nominales y reales de potencia de la instalación. De este modo es posible detectar la proyección de sombras, la suciedad o, el rendimiento reducido del generador lo que maximiza la estabilidad del rendimiento. La conexión de sensores adicionales para la medición opcional de la temperatura ambiente o la velocidad del viento permite obtener cálculos aún más precisos.



# SUNNY SENSORBOX

## La estación meteorológica para instalaciones fotovoltaicas industriales

### Monitorización completa, fácilmente instalada

La Sunny SensorBox se usa sobre todo en instalaciones solares de gran tamaño y de uso industrial. Se instala a la intemperie, en el generador solar y mide la irradiación solar a través de una célula solar integrada. La medición de la temperatura del módulo tiene lugar por medio de un sensor de temperatura, también incluido en la entrega. A través de la irradiación actual y la temperatura del módulo se puede calcular la potencia teórica y compararla con la potencia efectiva medida del inversor. Así, las reducciones de rendimiento temporales o duraderas a causa de fuentes de error no reconocidas pertenecen al pasado.

### ... y se puede ampliar por módulos

Después de configurar la Sunny SensorBox de acuerdo a los módulos, se la conecta junto con los inversores a través de comunicación serial por línea de datos RS485 a una Sunny WebBox. Partiendo de aquí los datos pueden ser enviados a un ordenador para su procesamiento o al Sunny Portal para el análisis automático de rendimiento. La Sunny SensorBox ofrece, para obtener un cálculo más exacto, posibilidades de conexión para otros sensores, como p. ej. para la medición de la temperatura ambiente, de la velocidad del viento o para un sensor adicional de irradiación. Esto le permite un control fiable de la instalación y una seguridad máxima del rendimiento.



## Estructura típica de la instalación por cable

### Generación de corriente

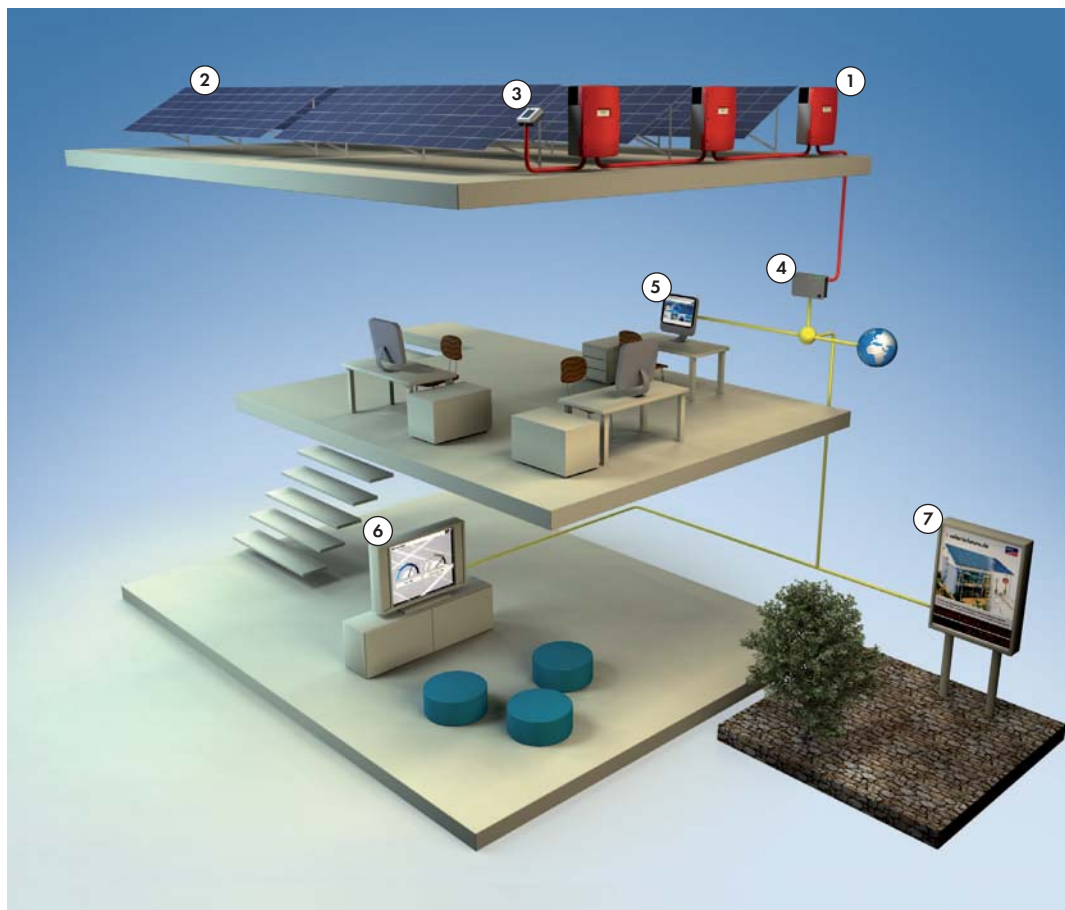
- ① SUNNY MINI CENTRAL
- ② Generador solar

### Monitorización de la instalación

- ③ SUNNY SENSORBOX
- ④ SUNNY WEBBOX
- ⑤ SUNNY PORTAL
- ⑥ FLASHVIEW
- ⑦ SUNNY MATRIX

— RS485

— Red local / internet



## El coeficiente de rendimiento como indicador de calidad

No se deben subestimar los efectos negativos en la potencia del generador y en consecuencia, en el rendimiento solar causados por: sombras, fallos, suciedad y fallos latentes, como por ejemplo, la degradación de los módulos. El siguiente hecho suele causar un gran disgusto al propietario de la instalación: en muchos casos, la detección temprana del fallo hubiera evitado la reducción del rendimiento. Teniendo en cuenta esto se puede explicar el importante papel que desempeña un elevado rendimiento en la instalación fotovoltaica (coeficiente de rendimiento). El coeficiente de rendimiento es la relación entre el rendimiento real (valor real) de la instalación fotovoltaica y el rendimiento teóricamente posible (valor

nominal). Este indica en qué medida se aprovecha la energía solar incidente sobre el generador y es, por tanto, el factor de calidad decisivo para el rendimiento de toda la instalación fotovoltaica. Por eso necesita una Sunny SensorBox.

### Cómo calcular el coeficiente de rendimiento

Divida la energía generada real por el rendimiento energético posible. Mientras que el rendimiento posible se obtiene del rendimiento de los módulos, su superficie y la irradiación medida; el inversor le proporciona los datos reales. Las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red y cuyo funcionamiento sea óptimo, alcanzan unos valores de coeficiente de rendimiento de entre un 60 y 80 %. Si el valor es inferior la instalación no funciona correctamente.

