



**PROYECTO DE EJECUCIÓN  
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA 25KW DE  
AUTOCONSUMO SIGLO XXI (AMPLIACIÓN)**

**SERVICIO DE CONSERVACIÓN DE ARQUITECTURA**

UNIDAD: UNIDAD DE ENERGÍA E INSTALACIONES

INGENIERO T. INDUSTRIAL: Pedro Machín Iturria (Ingeniería y Aplicaciones Solares 2005, S.L.)  
ASISTENCIA EXTERNA

INGENIERO T. INDUSTRIAL: Francisco Javier Pérez Abad  
FUNCIONARIO MUNICIPAL

Noviembre / 2018

**17-049 ACT PDM SIGLO XXI EFIC IEF -P2 AMPL**

**PROYECTO PARA INSLATACIÓN FOTOVOLTAICA DE  
AUTOCONSUMO 25 KW EN PABELLON SIGLO XXI  
(AMPLIACIÓN)**

**17-049 ACT PDM SIGLO XXI EFIC IEF -P2 AMPL**

**INDICE:**

- **MEMORIA**
- **MEMORIA TÉCNICA DE LA INSTALACIÓN**
- **PLIEGO DE CONDICIONES**
- **ESTUDIO BÁSICO SEGURIDAD**
- **MEDICIONES Y PRESUPUESTO**
- **PLANOS**

**PROYECTO PARA INSLATACIÓN FOTOVOLTAICA DE  
AUTOCONSUMO 25 KW EN PABELLON SIGLO XXI  
(AMPLIACIÓN)**

**17-049 ACT PDM SIGLO XXI EFIC IEF -P2 AMPL**

- **MEMORIA**

# **PROYECTO PARA INSLATACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO 25 KW EN PABELLON SIGLO XXI (AMPLIACIÓN)**

## **17-049 ACT PDM SIGLO XXI EFIC IEF -P2 AMPL**

### INDICE

#### **MEMORIA GENERAL**

1. ANTECEDENTES Y OBJETO
2. ENCARGO DE LA MEMORIA
3. CONDICIONES URBANISTICAS
4. AUTOR DE LA MEMORIA
5. PLAZO EJECUCIÓN DE LA OBRA
6. JUSTIFICACIÓN ECONOMICA Y AHORRO ENERGÉTICO
7. MEMORIA JUSTIFICATIVA Y FICHA TECNICA
8. NORMATIVA DE APLICACION
9. SOLUCIONES PROPUESTAS Y CONSIDERACIONES
10. MEMORIA DE LA INSTALACIÓN
11. NORMAS DE EJECUCION DE LAS INSTALACIONES
12. PRUEBAS REGLAMENTARIAS
13. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD
14. PLIEGO DE CONDICIONES
15. SEGURIDAD Y SALUD LABORAL
16. EXPRESION DEL PRESUPUESTO

#### **MEMORIA TECNICA DE LA INSTALACIÓN**

#### **PLIEGO DE CONDICIONES**

#### **ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

#### **MEDICIONES Y PRESUPUESTO**

#### **PLANOS**

- 1 SITUACIÓN
- 2 IMPLANTACIÓN CAMPO FV
- 3 ESQUEMA UNIFILAR
- 4 UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS

# **PROYECTO PARA INSLATACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO 25 KW EN PABELLON SIGLO XXI (AMPLIACIÓN) 17-049 ACT PDM SIGLO XXI EFIC IEF -P2 AMPL**

## **MEMORIA GENERAL**

### **1. ANTECEDENTES Y OBJETO**

- El Pabellón siglo XXI situado en C/ Luis Legaz Lacambra, nº 35 de Zaragoza, tiene un consumo de energía eléctrica elevado, debido al uso intensivo de sus instalaciones a lo largo de todo el año.

- En el año 2017 se realizó una instalación de autoconsumo de 25 KW, al ser pequeño el ahorro obtenido en la factura debido al gran consumo, se vuelve a proyectar una ampliación de otros 25 KW de autoconsumo para conseguir un ahorro económico y ayudar reducir las emisiones contaminantes, se plantea la instalación de la ampliación de la planta fotovoltaica de autoconsumo ubicada en la cubierta de la piscina.

- El objeto del presente Proyecto, es definir las características de la instalación, de la forma más económica posible y de acuerdo a las especiales características del edificio.

## **2. ENCARGO DEL PROYECTO**

El presente Proyecto, se redacta siguiendo las instrucciones cursadas al efecto por la Dirección de Arquitectura del Ayuntamiento de Zaragoza.

Al estar los trabajos a realizar en esta área, dentro de "Certificación de Calidad" se la ha asignado el código: 17-049 ACT PDM SIGLO XXI EFIC IEF -P2 AMPL.

## **3. CONDICIONES URBANÍSTICAS**

El edificio está incluido en el recinto del complejo deportivo SIGLO XXI con una superficie total de 18.000m<sup>2</sup>.

Las modificaciones previstas en las instalaciones no modifican las condiciones urbanísticas.

## **4. AUTOR DEL PROYECTO**

Es autor del presente Proyecto, Pedro Machín Iturria, Ingeniero Industrial de la Asistencia Técnica Externa, perteneciente a la empresa Ingeniería y Aplicaciones Solares 2005, S.L. y en colaboración Fco Javier Pérez Abad Ingeniero Técnico Industrial, de la Unidad de Energía e Instalaciones del Servicio de Conservación de Arquitectura del Ayuntamiento de Zaragoza, actuando en calidad de funcionario municipal.

## **5. PLAZO EJECUCIÓN DE LA OBRA**

El plazo de ejecución de la obra será de 1 mes desde la firma del acta de replanteo.

## 6. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA Y AHORRO ENERGÉTICO

La inversión realizada, se justifica económicamente, dado que se prevé un ahorro anual de 38.940kWh de consumo además, supondrá una disminución de las emisiones de CO2.

### BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES

Cantidades que dejan de emitirse a la atmósfera para 31,1 KWp				
Mes	Energía generada (Kwh)	CO2 (Kg/mes)	SO2 (gr/mes)	NOx (gr/mes)
Enero	1.626,0	975,6	2.162,6	2.715,4
Febrero	2.273,0	1.363,8	3.023,1	3.795,9
Marzo	3.396,0	2.037,6	4.516,7	5.671,3
Abril	3.901,0	2.340,6	5.188,3	6.514,7
Mayo	4.411,0	2.646,6	5.866,6	7.366,4
Junio	4.581,0	2.748,6	6.092,7	7.650,3
Julio	4.850,0	2.910,0	6.450,5	8.099,5
Agosto	4.318,0	2.590,8	5.742,9	7.211,1
Septiembre	3.542,0	2.125,2	4.710,9	5.915,1
Octubre	2.682,0	1.609,2	3.567,1	4.478,9
Noviembre	1.836,0	1.101,6	2.441,9	3.066,1
Diciembre	1.524,0	914,4	2.026,9	2.545,1
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>38.940,0</b>	<b>23.364,0</b>	<b>51.790,2</b>	<b>65.029,8</b>

Tabla 1: emisiones contaminantes que se deja de emitir con la instalación fotovoltaica

## 7. MEMORIA JUSTIFICATIVA Y FICHA TÉCNICA

Las consideraciones a tener en cuenta en la realización de estos Proyectos y su correspondiente ejecución posterior son las siguientes:

### Memoria Justificativa

**Tipo de necesidad:** Obra

**Justificación de la necesidad:** Dar cumplimiento a la Directiva 2010\_27\_UE del Parlamento Europeo y del Consejo en materia de Eficiencia Energética y como actuación dentro del Programa de Ahorro Energético 2015-2020 del Excmo. Ayuntamiento de Zaragoza.

**Argumento para elegir un contrato menor:** No superar la cuantía establecida para los contratos menores de obras según artículo 138 RDL 3/2001 de 14 de noviembre, por el que se aprueba el TRLCSP.

**Aplicación presupuestaria:** El presupuesto asciende a la cantidad de 39.981,19 euros, IVA incluido, con cargo a la partida EQP-9204-62901 "Instalaciones fotovoltaicas".

### Ficha Técnica

**Tipo de necesidad:** Obra

**Objeto del contrato:** Obras para la instalación de una planta fotovoltaica de autoconsumo en pabellón Siglo XXI, con objeto de reducir el consumo de energía.

**Descripción obra:** La obra consiste en la instalación de una planta fotovoltaica de autoconsumo de 25 kW de potencia ubicada en la cubierta del edificio, con objeto de reducir el consumo de energía.

**Precio del contrato:** 33.042,31 EUROS + 6.938,88 EUROS (I.V.A.) = 39.981,19 EUROS (I.V.A. INCLUIDO)

**Criterios de adjudicación:** Se utilizará el criterio de baja lineal ofertada.

**Otras condiciones de adjudicación:** No aplica.

## **8. NORMATIVA DE APLICACIÓN**

A las instalaciones proyectadas le son de aplicación las reglamentaciones siguientes:

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el CT de la Edificación.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrónico para baja Tensión e Instrucciones Complementarias.
- Ordenanza municipal Protección Contra Incendios de Zaragoza. BOP 17/06/2000
- Reglamento de Instalaciones de PCI. RD 1942/1993, de 5 de noviembre de 1993.
- Ordenanza municipal Protección Contra Ruidos y Vibraciones. Aprobada por el ayuntamiento pleno el 31/01/2001.
- Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo según Decreto 432/1971 de 11 de marzo y Orden de 9 de marzo de 1.971 por la cual se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 486/1997, Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997, Disposiciones mínimas en Materia de Señalización de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- 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.
- Normas UNE de obligado cumplimiento.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Real Decreto 1699/2011, 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Pliego de Condiciones Técnicas para instalaciones conectadas a la red, PCT-C octubre 2002.
- Ley 54/1997 de 27 de noviembre del sector eléctrico.
- Real Decreto Ley 7/2006 del 23 junio por el que se adoptan medidas urgentes del sector eléctrico.
- Ley 24/2013, 26 diciembre, del sector eléctrico.

- Real Decreto 413/2014, 6 de junio por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energías renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 2019/1997, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula el mercado de producción de energía eléctrica.
- Real Decreto 1110/2007, 24 de agosto, por el que se aprueba el reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 1048/2013, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de distribución de energía eléctrica.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre, por el que se reglan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de noviembre, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Orden ETU/1976/2016, de 23 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso de energía eléctrica para 2018.
- Real Decreto Ley 15/2018 de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Código Técnico de la Edificación (RD 314/2006)
- Especificaciones técnicas específicas de la compañía eléctrica distribuidora.
- Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Normas Técnicas particulares de la Compañía Suministradora E.R.Z. – ENDESA.

## **9. SOLUCIONES PROPUESTAS Y CONSIDERACIONES**

- Los trabajos incluidos en el presente proyecto, serán los siguientes:

- Instalación fotovoltaica de autoconsumo, complementaria a la instalación fotovoltaica existente, de forma que la energía generada por la instalación fotovoltaica se consuma en las instalaciones del edificio reduciendo la energía que necesita importar de la red eléctrica.

- En apartado posterior se definen en detalle los trabajos a realizar.

## 10. MEMORIA DE LA INSTALACIÓN

Seguidamente se detallan los trabajos a realizar en las distintas zonas, indicándose en el presupuesto y planos las características de los distintos materiales.

### Montaje

- Subir la estructura y los módulos fotovoltaicos a la cubierta del edificio.
- Montaje de la estructura donde irán colocados los módulos fotovoltaicos.
- Instalación de los módulos fotovoltaicos sobre la estructura.
- Montaje de las bandejas porta cables por las que discurrirán los cables, hasta el inversor fotovoltaico.
- Cablear los módulos fotovoltaicos en 6 agrupaciones de 16 módulos fotovoltaicos, y llevar el cableado hasta el inversor fotovoltaico.
- Instalar la toma de tierra.
- Colocar el cuadro de protecciones de corriente continua.
- Colgar el inversor y conectar la entrada de DC y la salida de AC.
- Instalar las protecciones de AC (Sobretensiones, interruptor magnetotérmico de 4x40 A e interruptor diferencial 4x40A 300 mA).
- Instalar interruptor de protección general de la instalación de 4x80 A en el cuadro de protecciones AC para protección de las dos instalaciones.
- Instalar el cuadro de protecciones de la conexión con los fusibles.

La instalación se realizará incluyendo pequeño material, conexionado y pruebas.

- Realización de la documentación para legalización de la instalación, por la empresa instaladora.
- En planos y mediciones se indica la composición de los distintos equipos.

## **11. NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES**

- Todas las normas de construcción e instalación se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas.
- Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, dadas por organismos oficiales.
- El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y reemplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra.

## **12. PRUEBAS REGLAMENTARIAS**

- Una vez ejecutada la instalación, se procederá, por parte de la entidad acreditada por los organismos públicos competentes, a la medición reglamentaria de valores especificados en R. Electrotécnico de B.T.
- Durante el transcurso de las obras se realizará un Control de Calidad en instalaciones en los siguientes ámbitos:
  - o Control de calidad de los materiales
  - o Control de calidad de los equipos
  - o Control de calidad en el montaje
  - o Control de calidad en las pruebas y puestas en marcha de las instalaciones.
- Junto con el control de calidad de cada una de las partes indicadas se rellenarán las correspondientes fichas de control que se adjuntarán a los informes periódicos que se realizarán en el transcurso de las obras.

### **CONTROL DE CALIDAD EN LOS EQUIPOS Y MATERIALES**

Previa a la colocación de cualquier material o equipo de los previstos en proyecto se requerirá el certificado correspondiente en el que se indiquen las características del producto y se verificará su idoneidad en cuanto al cumplimiento de reglamentos y normativas por las que se vea afectado.

### **CONTROL DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS A REALIZAR**

En el control de la ejecución de las instalaciones se verificarán los siguientes aspectos:

Inicialmente se controlará el replanteo de huecos para el paso de instalaciones (conductos, Tuberías, chimeneas, bandejas...), huecos de ventilación (rejillas de toma de aire y tracciones) y patinillos de instalaciones.

Se controlará que los trazados de las instalaciones coinciden con los previstos en proyecto y se analizarán las distintas interferencias de unas instalaciones con otras, de tal forma que los trazados sean ordenados y permitan un adecuado mantenimiento.

Se controlará el paso de instalaciones a través de elementos constructivos de tal forma que los encuentros permitan la libre dilatación de las distintas instalaciones.

Se verificará que se colocan los soportes adecuados para cada una de las canalizaciones ejecutadas, así como la correcta interdistancia entre soportes.

Se verificará que se da cumplimiento a las especificaciones técnicas de proyecto, así como a las reglamentaciones que les afecten.

La revisión de los trabajos quedará reflejada en el informe mensual correspondiente y dicho informe quedará recogido en la documentación de final de obra.

#### CONTROL DE CALIDAD EN LAS PRUEBAS

Se realizarán las pruebas reglamentarias para cada una de las instalaciones así como cualquier otra prueba que solicite la dirección facultativa para verificar el correcto funcionamiento de las instalaciones.

La empresa contratista rellenará un protocolo de pruebas en el que se indiquen todas las pruebas efectuadas, los resultados de las mismas y la fecha de realización.

Durante la obra se realizarán pruebas parciales bajo la supervisión de la dirección facultativa y al finalizar las pruebas de funcionamiento de los sistemas y subsistemas completos que permitan verificar el correcto funcionamiento de las instalaciones.

### **13. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD**

#### **MANTENIMIENTO Y USO DE LA INSTALACIÓN**

La instalación fotovoltaica se utilizará y mantendrá de conformidad con los procedimientos que se establecen en la Normativa.

#### **INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD**

Las instrucciones de seguridad serán adecuadas a las características técnicas de la instalación concreta y su objetivo será reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios u operarios sufran daños inmediatos durante el uso de la instalación.

#### **INSTRUCCIONES DE MANEJO Y MANIOBRA**

Las instrucciones de manejo y maniobra, serán adecuadas a las características técnicas de la instalación concreta y deben servir para efectuar la puesta en marcha y parada de la instalación, de forma total o parcial, y para conseguir cualquier programa de funcionamiento y servicio previsto.

#### **INSTRUCCIONES DE FUNCIONAMIENTO**

El programa de funcionamiento, será adecuado a las características técnicas de la instalación concreta con el fin de dar el servicio demandado

### **14. PLIEGO DE CONDICIONES**

Se dispone en Anexo, del correspondiente Pliego de Condiciones para la ejecución de la Obra.

- **OBJETO DEL CONTRATO MENOR**

El objeto del presente Contrato Menor de Obra es establecer las bases para la contratación por procedimiento abierto y en forma de concurso de las obras para instalar una instalación fotovoltaica de autoconsumo en el pabellón deportivo SIGLO XXI.

Este documento establece las bases de participación y valoración de las obras para las instaladoras que estimen conveniente tomar parte en la correspondiente licitación.

La dirección, tutela y seguimiento de los trabajos por parte del Ayuntamiento de Zaragoza se realizará a través del equipo municipal designado por el propio Ayuntamiento a este efecto. El equipo designado asumirá las funciones de coordinación

y seguimiento técnico, velará por el cumplimiento de las condiciones establecidas en el presente pliego para la realización de los servicios, y resolverá las incidencias y/o controversias de carácter técnico que eventualmente pudieran surgir durante el desarrollo de los trabajos.

- **DURACIÓN DEL CONTRATO**

La duración del contrato será desde la fecha de adjudicación, con la firma del acta de replanteo, hasta la realización de los trabajos descritos en la memoria.

Se estima un periodo de duración de 2 meses.

- **VALORACIÓN ECONOMICA DE LA OFERTA**

En cumplimiento de lo establecido en el art. 138.3 del Texto Refundido de la Ley de Contratos del Sector Público (en adelante TRLCSP), el presente contrato de obra se trata de un contrato menor por ser su importe inferior a 50.000 euros + IVA.

El precio máximo de licitación del contrato menor de obra para la contratación de la realización de "INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN PABELLON DEPORTIVO SIGLO XXI (AMPLIACIÓN)", asciende al importe de 33.042,31 €, que adicionando el 21% de IVA resulta un importe total de 39.981,19 €.

- **PARÁMETROS DE VALORACIÓN DE LAS OFERTAS**

Para la valoración de las ofertas se aplicará un criterio de baja lineal ofertada

- **IMPORTE DEL CONTRATO Y ABONO DE LOS TRABAJOS**

El importe del contrato son 33.042,31 € IVA no incluido, y que adicionando el 21% de IVA resulta un importe total de 39.981,19 €.

Los trabajos a abonar serán los realmente realizados. El abono de los trabajos ejecutados se realizará mensualmente a los precios de adjudicación, con un importe máximo de 39.981,19 € con IVA, presentando la correspondiente factura donde se

detallarán los trabajos realizados por cada evento, la cual se tramitará por el procedimiento del Ayuntamiento de Zaragoza.

## **8 PRESENTACIÓN DE OFERTAS**

La presentación de las ofertas se realizarán en un único sobre cerrado con la oferta económica (base imponible más IVA desglosado) y una dirección de correo electrónico para efectuar las notificaciones.

Las ofertas se remitirán al Servicio de Conservación de Arquitectura, Unidad de Energía e Instalaciones, ubicada en el Edificio Seminario, Vía Hispanidad 20, de Zaragoza.

Para las ofertas que se remitan por correo, se deberá mandar justificante de envío por correo electrónico a [energiagestion@zaragoza.es](mailto:energiagestion@zaragoza.es) o por fax al 976721920.

## **15. SEGURIDAD Y SALUD LABORAL**

Se dispone en Anexo del correspondiente Estudio Básico de Seguridad Laboral, de acuerdo al R.D. 1627/97.

## **16. EXPRESIÓN DEL PRESUPUESTO**

El presupuesto de los trabajos a realizar esta desglosado en las mediciones y presupuesto adjunto, siendo el siguiente:

Presupuesto de ejecución material .....	27.766,65
6% Gastos generales.....	1.666
13% Beneficio Industrial .....	<u>3.609,66</u>
PRESUPUESTO DE CONTRATA .....	33.042,31
21% IVA .....	<u>6.938,88</u>
<b>PRESUPUESTO TOTAL IVA INCLUIDO.....</b>	<b>39.981,19 €</b>

I.C. de Zaragoza, 05 de Noviembre de 2.018

SERVICIO CONSERVACIÓN ARQUITECTURA  
UNIDAD DE ENERGÍA E INSTALACIONES  
El Funcionario Municipal

El Ingeniero Industrial  
Colegiado nº: 2474 COIIAR



Fdo: Francisco Javier Pérez Abad

Fdo: Pedro Machín Iturria  
Asistencia Técnica Externa

**PROYECTO PARA INSLATACIÓN FOTOVOLTAICA DE  
AUTOCONSUMO 25 KW EN PABELLON SIGLO XXI (AMPLIACIÓN)  
17-049 ACT PDM SIGLO XXI EFIC IEF -P2 AMPL**

**MEMORIA TÉCNICA DE LA INSTALACIÓN**

# Índice

## Memoria Técnica

1. Antecedentes y titulares.
2. Descripción general del sistema fotovoltaico.
3. Localización y Emplazamiento.
4. Normativa y Documentación Técnica Aplicable.
5. Disponibilidad de Irradiación y Rendimiento.
6. Rendimiento del sistema.
7. Cálculo de la energía generada
8. Dimensionado del Generador Fotovoltaico de 26,40 kWp
9. Características Técnicas de los Equipos
10. Cableado de baja tensión
11. Armónicos y compatibilidad electromagnética.
12. Balance Medioambiental.
13. Distancia mínima entre filas de módulos.
14. Instalaciones auxiliares.

## ANEXOS

# Memoria Técnica

---

## 1. Antecedentes y titulares.

El presente proyecto permitirá la generación de energía eléctrica para autoconsumo mediante una ampliación del sistema fotovoltaico de conexión a red interior situado en la cubierta del edificio, con referencia catastral 5159701XM7156A0001HT, propiedad del EXCMO AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA. Con ubicación en Calle Luis Legaz Lacambra 35, Zaragoza (Zaragoza).

Con este sistema se transformará la energía procedente de la luz solar en energía eléctrica que será inyectada a la interior del edificio, acogiéndose al R.D. 1699/2015 de 18 de noviembre y el RD 900/2015, de 9 de octubre que establece el régimen económico de la actividad.

Hay que destacar la gran fiabilidad y larga duración de los sistemas fotovoltaicos. Por otra parte, no requieren apenas mantenimiento y presentan una gran simplicidad y facilidad de instalación. Además, la gran modularidad de estas instalaciones permite abordar proyectos de forma escalonada y adaptarse a las necesidades de cada usuario en función de sus necesidades o recursos económicos.

La potencia nominal total de la instalación fotovoltaica es de **25 kW**.

El **titular de la instalación** es el siguiente:

- *Nombre:* EXCMO AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA
- *CIF:* P5030300G
- *Domicilio Social:* VIA HISPANIDAD Nº 9
- *Teléfono:* 976721909

El generador fotovoltaico se situará en la cubierta del edificio, estando los módulos fotovoltaicos colocados sobre una estructura soporte auto portante horizontal colocada sobre la cubierta del edificio. La instalación tiene una potencia nominal total de 25 kW y una potencia pico de 26,40 kWp. La instalación consta de un total de 96 paneles fotovoltaicos de 275 Wp y un inversor de 25 kW nominales.

La conexión a red, con el acuerdo de Endesa, será trifásica a la tensión de 400V en el cuadro de BT del transformador. CUPS de la instalación ES0031300561783001ZY0F.

## 2. Descripción general del sistema fotovoltaico.

El proyecto SISTEMA FOTOVOLTAICO DE AUTOCONSUMO "SIGLO XXI" (AMPLIACIÓN) es un proyecto de ampliación de 25 kW de potencia nominal conectado a la red interior del edificio.

El generador fotovoltaico se situará en la cubierta del edificio, estando los módulos fotovoltaicos colocados sobre una estructura soporte auto portante colocada sobre la cubierta del edificio. La instalación tiene una potencia nominal total de 25 kW y una potencia pico de 26,40 kWp. La instalación consta de un total de 96 paneles fotovoltaicos de 275 Wp, un inversor de 25 kW nominales, sistemas de protección y cuadros eléctricos.

Los principales sistemas que lo integran son los siguientes:

- GENERADOR: COMPUESTO POR MÓDULOS FOTOVOLTAICOS, ELEMENTOS DE SOPORTE Y FIJACIÓN DE LOS MÓDULOS, ELEMENTOS DE INTERCONEXIÓN ENTRE MÓDULOS,...

- ADAPTADOR DE ENERGÍA: COMPUESTO DE INVERSORES, CUADROS DE CORRIENTE CONTINUA, CABLEADOS,...
- CONEXIÓN A RED: COMPUESTO POR CUADROS DE MEDIDA E INTERRUPTORES, SISTEMAS DE PROTECCIÓN, CABLEADO DE INTERCONEXIÓN, SISTEMA DE INYECCIÓN CERO, ...
- MONITORIZACIÓN: COMPUESTO POR SENSORES, SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS,...
- OBRA CIVIL: URBANIZACIÓN, CIMENTACIONES ASÍ COMO ACCESOS A LA CUBIERTA DONDE ESTÁN COLOCADOS LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS..

El generador fotovoltaico está formado por una serie de módulos del mismo modelo conectados eléctricamente entre sí, que se encargan de transformar la energía del Sol en energía eléctrica, generando una corriente continua proporcional a la irradiancia solar que incide sobre ellos.

Sin embargo, no es posible inyectar directamente la energía del generador fotovoltaico en la red eléctrica precisando ser transformada en corriente alterna para acoplarse a la misma.

Esta corriente se conduce al inversor que utilizando tecnología de potencia la convierte en corriente alterna a la misma frecuencia y tensión que la red eléctrica y de este modo queda disponible para cualquier usuario. La energía generada, medida por su correspondiente contador, se inyectara a la red interior tal y como marca el Real Decreto 1699/2011y el Real Decreto 900/2015.

Cada una de las filas de módulos se llevara al cuadro de protecciones DC. Este cuadro contendrá los elementos de protección de la parte de continua de la instalación.

Antes de entrar en el inversor y en este cuadro de protecciones DC, se colocará un interruptor automático de continua y los fusibles de cada uno de los strings que forman el campo fotovoltaico. La salida del inversor se conectará con la caja de protecciones de corriente alterna, de ahí al contador de energía de salida, para que mida la energía generada, para finalmente conectarse al cuadro de baja tensión del transformador.

Las protecciones del sistema irán conforme al Real Decreto 900/2015. Y a las normas particulares de la empresa distribuidora en cuestión.

El cableado y los elementos de protección serán conformes al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (e Instrucciones Complementarias) y a las Normas Particulares de la Compañía Distribuidora.

El punto de conexión y entrega de energía a la red interior, con el acuerdo de Endesa, será a la tensión de 400 V y en un cuadro de BT del transformador, junto al cuadro de distribución de BT del edificio.

En la siguiente tabla se recoge un resumen para una instalación de 26,40 kW:

<b>INSTALACIÓN DE 25 kW INSTALCIÓN FOTOVOLTAICA AUTOCONSUMO "SIGLO XXI" (AMPLIACIÓN)</b>	
Nº de módulos SOLARWATT	96
Configuración eléctrica	
Nº módulos en serie	16
Nº ramas en paralelo	6 ramas
Potencia pico	<b>26,40 kWp</b>
Nº de inversores solares SMA TRIPOWER 25000TL	1

### 3. Localización y Emplazamiento.

El edificio se encuentra ubicado en / Luis Legaz Lacambra 35, Zaragoza - C.P: 50.018 (Zaragoza).

Ver plano 1: "Plano de situación y emplazamiento".

Las coordenadas UTM aproximadas son las siguientes:

- X= 675.012
- Y= 4.615.800
- Huso= 30

Las coordenadas geográficas aproximadas son las siguientes:

- Latitud: 41° 40' 29,1" N
- Longitud: 0° 53' 51" W

El generador fotovoltaico se colocará en la cubierta del edificio libre de sombras de edificaciones cercanas, montañas, arbolados, etc. La parte de la cubierta donde se colocara la instalación tiene una superficie aproximada de 450 m<sup>2</sup>

### 4. Normativa y Documentación Técnica Aplicable.

Esta memoria técnica ha sido elaborada de acuerdo a la normativa nacional y autonómica vigente que regula esta actividad y otras que puedan afectar a la misma. La normativa es la siguiente:

- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Real Decreto 1699/2011, 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Pliego de Condiciones Técnicas para instalaciones conectadas a la red, PCT-C Octubre 2002.
- Ley 54/1997 de 27 de noviembre del sector eléctrico.
- Real Decreto Ley 7/2006 del 23 Junio por el que se adoptan medidas urgentes del sector eléctrico.
- Ley 24/2013, 26 diciembre, del sector eléctrico.
- Real Decreto 413/2014, 6 de junio por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energías renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 2019/1997, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula el mercado de producción de energía eléctrica.
- Real Decreto 1110/2007, 24 de agosto, por el que se aprueba el reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 1048/2013, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de distribución de energía eléctrica.
- Decreto 842/2002 de 2 de Agosto por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre, por el que se reglan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

- Real Decreto 661/2007, de 25 de Noviembre, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Orden ETU/1976/2016, de 23 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso de energía eléctrica para 2018.
- Real Decreto 1053/2014, de 12 de diciembre, por el que se aprueba una nueva Instrucción Técnica Complementaria (ITC) BT 52 «Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos», del Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, y se modifican otras instrucciones técnicas complementarias del mismo.
- Resolución del 31 de Noviembre de 2001, por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Código Técnico de la Edificación (RD 314/2006)
- Especificaciones técnicas específicas de la compañía eléctrica distribuidora.
- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en Centrales eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus Instrucciones Complementarias.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Normas Técnicas particulares de la Compañía Suministradora E.R.Z. – ENDESA.

## **5. Disponibilidad de Irradiación.**

Para los cálculos de producción se toman los valores de radiación solar de Zaragoza, que aparece en la base de datos de PVGIS. Esta fuente de datos se apoya en observaciones de estaciones meteorológicas por todo el mundo.

En la siguiente tabla se muestra los datos de radiación de PVGIS

	<b>Irrad. Global</b> kWh/m <sup>2</sup> .mes	<b>Difuso</b> kWh/m <sup>2</sup> .mes	<b>Temp.</b> °C
Enero	58.9	27.7	7.3
Febrero	85.7	31.7	8.4
Marzo	138.6	48.5	11.8
Abril	169.8	57.7	13.8
Mayo	204.9	69.7	17.9
Junio	222.9	64.6	22.5
Juio	238.4	59.6	24.6
Agosto	204.0	57.1	24.4
Septiembre	154.5	44.8	20.6
Octubre	107.3	39.7	16.7
Noviembre	67.5	27.0	10.6
Diciembre	53.9	25.9	7.1
<b>Año</b>	<b>1706.4</b>	<b>554.0</b>	<b>15.5</b>

Tabla 1. Datos de Radiación para Zaragoza de distintas Fuentes

“PVGIS” nos proporciona los datos de irradiación horaria (de todos los días del año) sobre superficie horizontal  $G_{dm}(0)$  en  $Wh/m^2$ , así como los datos de radiación horaria sobre la superficie del módulo ( $kWh/m^2$ ). Con dichos datos se obtienen el valor mensual y anual medio de irradiación diaria sobre el plano del generador  $G_{dm}(\alpha, \beta)$  en  $kWh/(m^2 \cdot día)$ , siendo el parámetro  $\alpha$  el azimut y  $\beta$  la inclinación del generador. La orientación del plano del generador óptima para una latitud de  $41^\circ$ , es un ángulo de azimut cero orientado al sur, y una inclinación de  $30^\circ$ . En este caso para aprovechar al máximo la cubierta se ha optado por colocar el generador inclinado  $10^\circ$  y con un ángulo de azimut de  $0^\circ$ .

La producción de energía se ha calculado con el programa PVSYST:

Ver anexo 4: Resultados simulación con PVSYST

## 6. Rendimiento del sistema.

La transformación de la energía solar en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico se realiza con una eficiencia representada por el parámetro conocido como Performance Ratio (PR).

El performance ratio incluye las pérdidas de energía en baja tensión (BT) hasta el contador, no incluyendo la falta de disponibilidad de la Planta ni su autoconsumo, así como tampoco incluye la degradación de los paneles ni demás componentes electromecánicos.

El PR engloba una serie de pérdidas de energía algunas de las cuales dependen del diseño de la instalación y los equipos que la forman, y otras están directamente relacionadas con las condiciones meteorológicas instantáneas del emplazamiento.

Para calcular el rendimiento energético de la instalación o “performance ratio”, PR, se tiene en cuenta las siguientes pérdidas.

- Pérdidas IAM
- Pérdidas de mismatch o acoplamiento.
- Pérdidas por polvo o suciedad de los módulos.
- Pérdidas respecto a la potencia nominal.
- La dependencia de la eficiencia de los módulos fotovoltaicos con la temperatura.
- Las pérdidas óhmicas en el cableado CC y CA.
- Las pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia.
- La eficiencia energética del inversor.
- Las pérdidas por posición del generador y sombreado.

La definición de cada una de estas pérdidas es la siguiente:

### **1.- Pérdidas IAM**

*La potencia nominal de un módulo fotovoltaico suele estar referida a unas condiciones estándar de medida, 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.*

- Pérdidas de IAM o angulares y espectrales: 3,4%.

### **2.- Pérdidas de mismatch o acoplamiento.**

Son pérdidas energéticas originadas por la conexión de módulos fotovoltaicos de características eléctricas ligeramente diferentes para formar un generador fotovoltaico.

Este fenómeno cobra especial importancia en la asociación en serie de los módulos solares, dado que cada módulo de forma individual produce una tensión baja (en torno a 31 V en el punto de máxima potencia en este módulo) se agrupan en serie para llegar a tensiones de trabajo del inversor, siendo el módulo de menor corriente de salida el limitante de la intensidad de todas la serie completa.

A su vez las series se agrupan y se conectan en paralelo al inversor, las ramas conectadas a dos puntos de seguimiento del punto de máxima potencia, en este caso el inversor dispone de dos puntos de máxima potencia SMA SUNNY TRIPOWER 25000 TL de 25kW, que es el utilizado en este proyecto.

Dado que se va a hacer una labor de agrupación de módulos fotovoltaicos por series del inversor, estas pérdidas van a estar muy limitadas 1%

- Pérdidas de mismatch o acoplamiento: 1%.

### **3.- Pérdidas por polvo o suciedad de los módulos.**

Tienen su origen en la disminución de la capacidad generadora de un generador FV por la deposición de polvo y suciedad en la superficie de los módulos FV, que se traduce en una menor captación de energía solar.

Las pérdidas por polvo en un día determinado pueden ser del 0% al día siguiente de un día de lluvia y llegar al 8% cuando los módulos se “ven muy sucios”. Estas pérdidas dependen de la inclinación de los módulos, cercanías a carreteras, etc...Por ello se recomienda limpiar los módulos si hay bastantes días seguidos sin llover. La instalación está colocada cerca de carreteras y caminos con mucha circulación. Los módulos están inclinados 15°, una inclinación aceptable para que la lluvia limpie los módulos. Se considera que estas pérdidas pueden estar en torno al 3%.

- Pérdidas por polvo en los paneles fotovoltaicos: 3%.

### **4.- Pérdidas respecto a la potencia nominal.**

Los módulos FV obtenidos de un proceso de fabricación industrial no son todos idénticos. En general los fabricantes garantizan que la potencia de un módulo FV de potencia nominal  $P^*$ , está dentro de una banda que oscila entre  $P^* \pm 3\%$ . y  $P^* \pm 5\%$ . Por ello es de esperar que una vez instalados los módulos la potencia real instalada no coincida con la suma de las potencias de catálogo de cada uno.

En el caso de esta instalación la tolerancia de potencia es de 0/ +5W, además los paneles fotovoltaicos serán ordenados por intensidades para minimizar estas pérdidas. De todas formas, para ser más conservadores tomamos como valor de tolerancia más desfavorable un 3%:

- Pérdidas respecto a la potencia nominal: 3%.

## **5.- Eficiencia de los módulos fotovoltaicos con la temperatura.**

Los módulos FV presentan unas pérdidas de potencia si su temperatura es superior a la de condiciones estándar de medida. Al mismo tiempo la temperatura del módulo dependerá de la temperatura ambiente y la irradiación que reciba.

La potencia pico de los módulos se mide en laboratorio con una radiación solar de 1000W/m<sup>2</sup>, una temperatura en la célula solar de 25° y un espectro solar tipo AM 1,5 que es el normal en Europa. Estas condiciones de laboratorio son difícilmente reproducibles en el funcionamiento cotidiano del módulo solar. En especial en lo que se refiere a la temperatura de la célula solar que normalmente está 20° por encima de la temperatura ambiente, este sobrecalentamiento del módulo solar hace que su rendimiento y por lo tanto la potencia útil que es capaz de generar, disminuya.

Para la verificación del funcionamiento de una instalación FV a partir de medidas instantáneas de las condiciones ambientales es necesario que las variaciones derivadas de la temperatura del módulo FV se calculen en el instante de la medición, pudiendo considerar constantes el resto de pérdidas.

Según lo indicado en el punto anterior se considerarán constantes los factores de pérdidas descritos a excepción de la temperatura. Se denomina  $PR_{CEM}$  al PR de la instalación en Condiciones Estándar de Medida (CEM), que se toman como 1000 W/m<sup>2</sup> de radiación solar, 25°C de temperatura de la célula y un espectro estándar AM1.5G.

El  $PR_{CEM BT}$  esperado para la instalación será del 79,51%.

La corrección del  $PR_{CEM}$  en función de la temperatura se realiza utilizando las ecuaciones propuestas por los autores Miguel Alonso Abellá y Faustino Chenlo del Laboratorio de Sistemas Fotovoltaicos del CIEMAT, en el Anexo I, "Modelo Generador Fotovoltaico" de junio 2006.

"Para cada valor de irradiancia, G, y temperatura ambiente,  $T_a$ , la potencia en el punto de máxima potencia de un generador FV ideal,  $P_m$ , se puede obtener a partir del valor de la potencia en condiciones STC,  $P^* m$ , aplicando las siguientes ecuaciones (método simplificado):

$$P_m = P_m^* \left[ 1 - \delta(T_c - T_c^*) \right] \quad (2)$$

$$T_c = T_a + \frac{TONC - 20}{800} G \quad (3)$$

Donde:

- $T_c$  es la temperatura de célula
- $T_a$  es la temperatura ambiente

- Pm es la potencia en el punto de máxima potencia del generador FV
- Pm\*: potencia pico de la instalación
- TONC es la temperatura nominal de operación
- $\delta$  es el coeficiente de variación con la temperatura de la potencia
- G: radiación solar incidente.

Los valores utilizados para el cálculo de las pérdidas por temperatura son los siguientes aportados por el fabricante del módulo fotovoltaico:

- $\delta = -0,4 \text{ \% / } ^\circ\text{C}$
- $\text{TONC} = 46,6^\circ\text{C}$

Estos valores dependen directamente del módulo final a instalar.

Se garantizarán los valores de  $\delta$  y TONC de forma que con los datos de temperatura ambiente y radiación medidos en el emplazamiento se calcularán las pérdidas por efecto de la temperatura.

Para el cálculo del efecto de la temperatura, se ha tomado la radiación solar en el plano del módulo, así como la temperatura ambiente en dicho momento (datos de PVGIS) y con las fórmulas anteriores se ha calculado la temperatura de la célula, una vez calculado la temperatura de la célula en funcionamiento, se haya la pérdida en la misma por efecto de la temperatura, y la energía final de salida. Haciendo el cociente entre la energía que llega al módulo como radiación solar y la que sale de él, tenemos el efecto de la temperatura de la célula.

Efecto acumulado de las pérdidas por temperatura de la célula es: 7,4%.

Como es lógico el efecto es mucho más acusado en verano que en invierno, ya que no sólo la temperatura ambiente es mayor, sino que además la radiación solar también es mayor en verano por lo que el calentamiento propio de la célula también es mayor.

Las zonas que tengan un leve viento, que permita evacuar mejor el calor de los módulos conseguirán que la temperatura final alcanzada por la célula sea menor y en consecuencia aumente el rendimiento.

## **6.- Las pérdidas óhmicas en el cableado CC y CA.**

En la parte DC y AC se producen pérdidas originadas por las caídas de tensión en los conductores.

Habrán pérdidas en el cableado en la parte de corriente continua y la parte de corriente alterna.

Los conductores de la parte de CC deberán tener una caída de tensión inferior del 1,5%, mientras que en la parte de CA, dichas pérdidas deberán ser inferiores al 1,5%, cumpliendo con la ITC-BT40.

La instalación fotovoltaica está formada por 6 ramas o series de 16 módulos cada serie. Para facilitar el montaje en obra y disminuir las distancias de cableado.

El cableado y por lo tanto las pérdidas en el mismo serán las siguientes:

### **Corriente Continua**

<b>Tipo de cable</b>	<b>Función del cable</b>
Cable Solar de 4 mm <sup>2</sup> de Cu	Cable de los módulos
Cable Solar H1Z2Z2-K de 4 mm <sup>2</sup> de Cu	Entre subinstalación y el Cuadro de CC
Cable Solar H1Z2Z2-K de 4 mm <sup>2</sup> de Cu	Entre Interruptor de CC e inversor

### **Corriente Alterna**

Tipo de cable	Función del cable
Cable RZ1-K(AS) de 16 mm <sup>2</sup> de Cu	Entre inversor y embarrado B.T

Los factores anteriormente nombrados dependen de la meteorología y de los rendimientos de los materiales empleados, así como del mantenimiento y de la tecnología.

Aquí se muestran los rendimientos medios de cada uno de los cableados de la instalación para las diferentes partes:

- Parte de CC: 0,6%
- Parte de CA en baja tensión: 0,8%.

Por lo que las pérdidas totales en el cableado son de 1,4%.

### **7.- Pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia.**

El inversor fotovoltaico de conexión a red tiene un dispositivo electrónico de seguimiento del punto de máxima potencia del generador FV cuyos algoritmos de control pueden variar entre diferentes modelos y fabricantes. Un error en el seguimiento de este punto implica una pérdida de generación de energía.

Por todo ello se considera:

- Pérdidas por errores de seguimiento del punto de máxima potencia: =1,5 %

### **8.- Eficiencia energética del inversor.**

El inversor, que es el componente que mediante transformaciones electrónicas, transforma la energía en corriente continua procedente de los módulos en corriente alterna compatible con la red de suministro, para poder venderla, tienes unos rendimientos específicos. El simple efecto Joule hace que el inversor sufra unas pérdidas en el proceso de transformación de dicha energía.

El rendimiento europeo del inversor es mayor de 96%. Este rendimiento tiene en cuenta los diferentes rendimientos del inversor a distinta carga del sistema. Así como las pérdidas en el propio transformador del inversor.

Por todo ello se considera:

- Eficiencia media del inversor: > 97%

Que es un poco menos de lo que asegura su fabricante SMA por catálogo.

### **9.- Las pérdidas por posición del generador y sombras.**

La orientación del plano del generador óptima para una latitud de 41° (latitud de Zaragoza), es un ángulo de azimut de cero respecto al Sur, y una inclinación de 30°. Para poder poner el máximo número de módulos fotovoltaicos sobre la cubierta, y no sobrecargar esta .se colocaran en orientación de 0° de azimut respecto del Sur, por lo que no se deberán considerar unas pérdidas por desviación del generador respecto al Sur. Por otro lado se han inclinado los módulos 10° para aprovechar al máximo la superficie útil de la cubierta.

La desviación respecto a la posición óptima que es el Sur perfecto acarrea unas pérdidas que se calculan con la siguiente ecuación.

$$Perdidas \_ \% = 100 * (1,2 * 10^{-4} (\beta - \phi + 10)^2 + 3,5 * 10^{-5} \alpha^2) \quad (3)$$

Donde:

- $\beta$  es la inclinación del módulo respecto a la horizontal =  $10^\circ$
- $\Phi$  es la latitud del lugar de estudio =  $41^\circ$  para Zaragoza.
- $\alpha$  es la desviación del generador respecto al sur =  $0^\circ$ .

Estas pérdidas se incluyen en cálculo de radiación del programa de cálculo PVSYST:

- Pérdidas por posición del generador: 9,1%.

Se colocan los módulos con la separación requerida por el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE, para instalaciones fotovoltaicas conectadas a red, de tal forma que el día en el que sol está más bajo (21 de Diciembre) a las 10 horas solares las diferentes filas de paneles no se proyectan ninguna sombra (anexo distancias entre filas), pero si puede causar sombras sobre el generador los petos que rodean la nave y por lo tanto se suponen:

- Pérdidas por sombreado del generador: 0,9%

Finalmente se hace un estudio del rendimiento total de la instalación, teniendo en cuenta las diferentes pérdidas, que se resume en las siguientes tablas:

El **PR total** de nuestra instalación será el siguiente:

- ***PR total de la instalación: 79,51%***

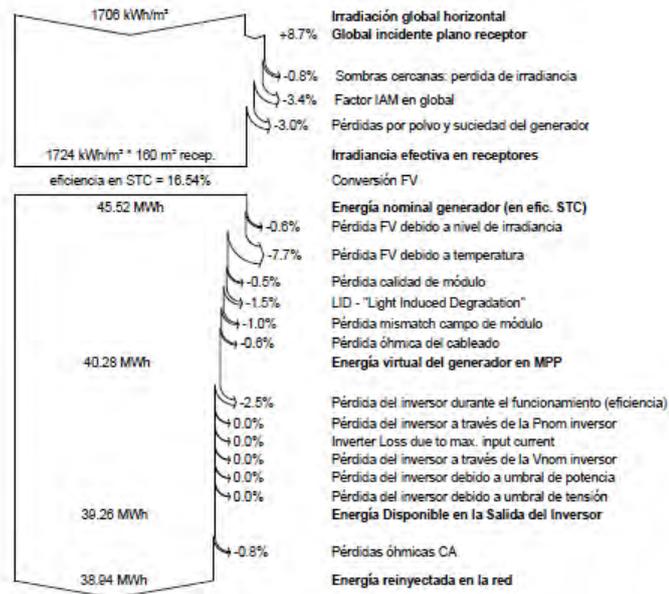
En el siguiente esquema se puede observar la distribución de las pérdidas energéticas de la instalación

Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : SIGLO XXI\_2018  
 Variante de simulación : SIMULACION AMPLIACION SXXI 1704

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red	
Sombras cercanas	Sombreado lineal		
Orientación Campos FV	inclinación	10°	acimut 0°
Módulos FV	Modelo	BLUE 60P, 275 Wp	Pnom 275 Wp
Generador FV	N° de módulos	96	Pnom total 26.40 kWp
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 25000TL-30	25.00 kW ac
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)		

Diagrama de pérdida durante todo el año

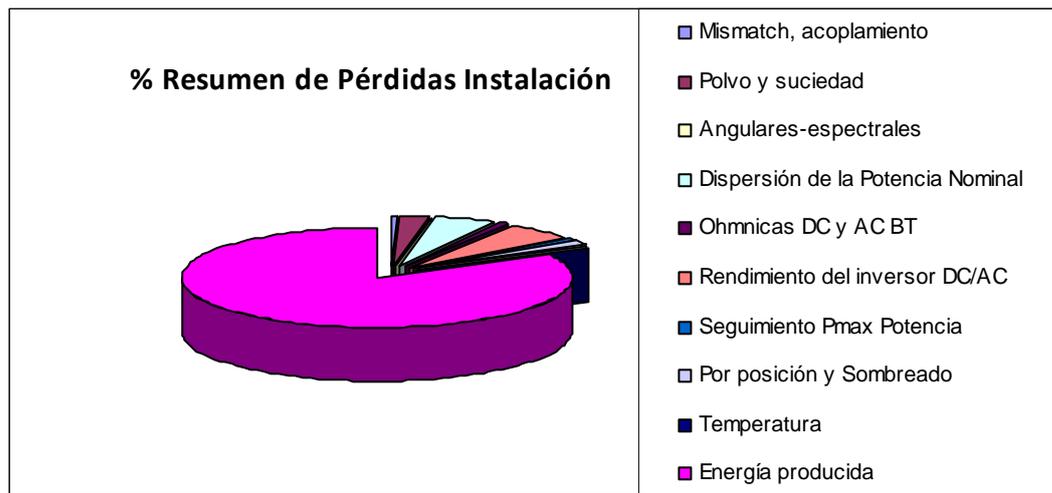


PVsySt Licensed to Ingeniería y Aplicaciones Solares S.L. (IASOL) (Spain)

Traducción sin garantía. Sólo el texto inglés está garantizado.

Diagrama 1: distribución de pérdidas de la instalación simulado con PVSYST

De forma esquemática se obtiene:



Gráfica 2. Resumen de pérdidas hasta el contador de B.T.

## 7. Cálculo de la energía generada

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

$$E_p = [G_{lobimc}(\alpha, \beta) * P_{mp} * PR] / G_{CEM} \text{ en kWh/día} \quad (4)$$

Donde:

- $G_{dm}(\alpha, \beta)$  = valor medio mensual y anual de la irradiación diaria sobre el plano generador en kWh/(m<sup>2</sup>·día)
- $P_{mp}$  = Potencia pico del generador
- PR = Rendimiento energético de la instalación o “performance ratio”.
- $G_{CEM}$  = 1 kW/m<sup>2</sup> en Condiciones Standard de Medida.

Las condiciones Standard de medida son una irradiancia de 1000 W/m<sup>2</sup>, una distribución espectral AM de 1,5 y una temperatura de las células de 25 °C.

La potencia nominal de la instalación es de 25 kW y la potencia pico total de nuestra instalación es de **26,40 kWp**.

Según estos datos, se obtiene una irradiación anual de **38.940 kWh**.

En la tabla 1 mostrada a continuación se muestra la producción de energía simulada con PVSYST para una instalación de 26,40 kWp.

## SIMULACION AMPLIACION SXXI 1704

### Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Enero	58.9	27.70	7.30	73.1	66.5	1.675	1.626	0.842
Febrero	85.7	31.71	8.40	103.1	94.4	2.342	2.273	0.835
Marzo	138.6	48.50	11.80	156.3	144.9	3.508	3.396	0.823
Abril	169.8	57.70	13.80	181.5	169.5	4.035	3.901	0.814
Mayo	204.9	69.69	17.90	210.5	196.8	4.567	4.411	0.794
Junio	222.9	64.61	22.50	225.2	210.8	4.749	4.581	0.771
Julio	238.4	59.59	24.60	242.7	227.4	5.033	4.850	0.757
Agosto	204.0	57.11	24.40	214.3	200.4	4.478	4.318	0.763
Septiembre	154.5	44.80	20.60	170.6	158.6	3.664	3.542	0.786
Octubre	107.3	39.70	16.70	125.3	115.7	2.768	2.682	0.811
Noviembre	67.5	27.00	10.60	84.3	76.6	1.893	1.836	0.825
Diciembre	53.9	25.90	7.10	68.1	62.0	1.568	1.524	0.847
Año	1706.4	554.00	15.52	1855.0	1723.6	40.280	38.939	0.795

Leyendas:	GlobHor	Irradiación global horizontal	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
	DiffHor	Irradiación difusa horizontal	EArray	Energía efectiva en la salida del generador
	T Amb	Temperatura Ambiente	E_Grid	Energía reinyectada en la red
	GlobInc	Global incidente plano receptor	PR	Factor de rendimiento

Tabla 1: Cálculo de Producción de la Instalación de 26,40 kWp

### 8. Dimensionado del Generador Fotovoltaico de 26,40 kWp

El generador fotovoltaico de 25 kW se ha diseñado con 96 módulos de última tecnología de Silicio policristalino modelo **BLUE 60P 275** de la marca SOLARWATT, con una potencia pico nominal de 275 Wp por cada uno de ellos. Se ha previsto utilizar un inversor solar de 25 kW para el total del campo fotovoltaico de la marca SMA. El inversor cumple perfectamente el RD 1699/2011.

La potencia del inversor debe ajustarse a la potencia del módulo. No obstante, los datos de potencia de los módulos (Wp) se refieren a las Condiciones Estándar de Medida (STC: 1000 W/m<sup>2</sup>, 25 °C, AM = 1,5), estas condiciones son ideales de laboratorio, que nunca se dan en la práctica. De ahí que deba elegirse una potencia pico (potencia en los módulos) de un tanto por ciento mayor que la potencia nominal (potencia en el inversor), para una vez descontadas las pérdidas sacar el máximo rendimiento al sistema, con el mínimo coste.

Características eléctricas del módulo fotovoltaico (275 Wp):

Potencia	275 Wp
Tensión de circuito abierto Voc	38,1V
Tensión punto de máxima potencia Vmpp	31,1 V
Corriente punto de máxima potencia Impp	8,61 A
Corriente de cortocircuito	9,11 A
Longitud	1.68 mm.
Anchura	990 mm.
Coef. Temp. Tensión de circuito abierto Tk(Voc) mV/°C	- 0,31 %/°C
Coef. Temp. Corriente de cortocircuito Tk(Isc) mA/°C	+ 0,05 %/°C
Coef. Temperatura de potencia Tk(Pn) %/°C	- 0,41 %/°C

Características eléctricas del inversor SMA SUNNY TRIPOWER 25000TL:

Potencia de salida nominal (AC)	25 kW
Potencia máxima de salida (AC)	25 kW
Tensión, Frecuencia nominal	3 x 400 V, 50 Hz
Distorsión armónica	<3% (THD)
Máximo rendimiento del inversor	>96 %
Min. Tensión MPP	390 Vdc
Máx. Tensión MPP	800 Vdc
Máxima tensión del sistema	1000 Vdc
Máxima corriente	2x33 A

Los módulos se conectarán en **6 ramas en serie de 16 módulos cada una**, conectadas al inversor SUNNY TRIPOWER 25000TL. El número de los módulos solares en serie debe elegirse de modo que la tensión de entrada no supere en ningún caso el rango de tensión de entrada del inversor, pues de lo contrario el inversor puede colapsarse. Teniendo en cuenta los coeficientes de temperatura  $T_k(V_{oc})$  y  $T_k(I_{sc})$ , deben de cumplirse una serie de condiciones:

a) Los dos valores extremos del voltaje MPP (punto de máxima potencia) se deben de ajustar al rango de tensión MPP del inversor.

El máximo voltaje MPP de los módulos solares se da a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , porque en las células cristalinas la tensión crece al bajar las temperaturas. Este valor debe de estar por debajo del límite superior de tensión MPP del inversor:  $V_{\max\text{ MPP}} = 800\text{ V}_{dc}$ .

$$V_{\text{MPP módulos}} (-10\text{ }^{\circ}\text{C}) = 563,75\text{ V}_{dc} < 800\text{ V}_{dc}$$

La condición de límite superior se cumple.

El mínimo voltaje MPP se registra a aproximadamente  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ , en verano con los módulos calientes. Este mínimo voltaje MPP de los módulos a  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$  debe de estar por encima del límite inferior de tensión MPP del inversor:  $V_{\min\text{ MPP}} = 390\text{ V}_{dc}$ .

$$V_{\text{MPP módulos}} (70\text{ }^{\circ}\text{C}) = 412,56\text{ V}_{dc} > 390\text{ V}_{dc}$$

La condición de límite inferior también se cumple.

b) La tensión de circuito abierto  $V_{OC}$  en condiciones extremas de temperatura (a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) debe de estar por debajo de la máxima tensión admisible del inversor:  $V_{\max} = 1000\text{ V}_{dc}$ .

$$V_{OC\text{ módulos}} (-10\text{ }^{\circ}\text{C}) = 675,74\text{ V}_{dc} < 900\text{ V}_{dc}$$

La condición de tensión de circuito abierto se cumple.

c) La corriente máxima de cortocircuito a  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$  que llegará al inversor debe de ser inferior a la corriente máxima de entrada del inversor:  $I_{\max} = 66\text{ A}$ .

$$I_{CC} (70\text{ }^{\circ}\text{C}) = 55,89 < 66\text{ A}$$

La condición de corriente de cortocircuito se cumple.

Por lo que el inversor elegido cumple con las especificaciones requeridas.

La producción estimada de energía al año para los 25 kW nominales es de:

**38.940 kWh.**

## 9. Características Técnicas de los Equipos

### Inversor de Conexión a Red.

Se utilizará un inversor SUNNY TRIPOWER 25000TL de la marca SMA. El inversor es el elemento de la instalación encargado de transformar la corriente continua entregada por el generador solar en corriente alterna. La potencia nominal del inversor es adecuada a la potencia pico del generador fotovoltaico.

Cumple con las exigencias requeridas en el 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, en cuanto a protecciones, puesta a tierra, compatibilidad electromagnética, etc.

Es un inversor de potencia con salida trifásica para operación en paralelo con conexión a red, 3x/400 V, 50 Hz. Dispone de un sistema avanzado de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) y un alto rendimiento energético, mayor de 95%; panel de control integrado con pantalla LCD para visualización de estados de operación y valores actuales; interfaces RS 485 o fibra óptica, etc.

#### Características técnicas:

Conexión a red	3x400 V AC; 50 Hz
Potencia nominal de salida (AC)	25 KW
Distorsión armónica	<3%
Coseno de Phi	1
Rango de trabajo MPP	390-800 V
Tensión Máxima del sistema (DC)	1000 V (inversor no arranca)
Corriente Máxima de entrada (DC)	66 A
Consumo de potencia por la noche	0 W
Eficiencia máxima	> 98%
Dimensiones de la cabina	665 x 690 x 275 mm
Peso por cabina	61 Kg

Por otra parte el inversor trabaja como filtro activo de armónicos, significa que se mejora la calidad de la potencia inyectada en la red: Corriente máxima THD <3% (para potencias nominales).

Los inversores SMA solar cumplen con todas las **normas y directrices** de seguridad aplicables.

- Mercado CE
- Directiva EMC EN 61000-6-2 y EN 61000-6-3.
- Directiva Baja tensión EN 50178
- Posibilidad de desconexión manual.
- Con transformador AC de aislamiento galvánico incluido
- Conforme al RD 661/2007.

El inversor SUNNY TRIPOWER 25000 TL dispone internamente de las protecciones siguientes:

- Disponen de un interruptor de interconexión interno para la desconexión automática según RD 661/2000.
- Disponen de protección interna de máxima y mínima tensión según RD 661/2007.
- Disponen de protección interna de máxima y mínima frecuencia según RD 661/2007.
- Disponen de relé de bloqueo de protecciones. Este relé es activado por las protecciones de máxima y mínima tensión y máxima y mínima frecuencia según RD 661/2007.
- Disponen de un transformador, que asegura una separación galvánica entre el lado de corriente continua y la red.

- El inversor incluye protección contra funcionamiento en isla.
- El inversor incorpora internamente un vigilante de aislamiento de la parte de corriente continua que actúa en caso de detectar una deriva a tierra.

Ver anexo 2: Especificaciones Técnicas y certificados de conformidad del inversor SMA modelo SUNNY TRIPOWER 25000TL.

### **Módulos Fotovoltaicos.**

El módulo fotovoltaico elegido para esta instalación es el modelo SOLARWATT BLUE 60 P con una potencia de 275 Wp, de la marca SOLARWATT siendo uno de los módulos más eficientes fabricados por SOLARWATT. Está diseñado para sistemas conectados a la red como tejados comerciales, sistemas residenciales y plantas fotovoltaicas.

El módulo solar SOLARWATT BLUE 60PE se caracteriza por su excelente elaboración y componentes de alta calidad. Los módulos cuentan con 60 células de Si policristalino que permiten un excelente rendimiento, incluso con poca irradiación solar.

Los módulos solares SOLARWATT están certificados según las exigencias europeas e internacionales vigentes IEC 61215, IEC 61730, IEC 62804. Y cumplen los requisitos de la clase de protección II.

Se llevará a cabo un sistema de clasificación que agrupa los módulos por rangos de intensidad de corriente. En la instalación se constituirán series de módulos del mismo rango de corriente, de manera que se reducen las pérdidas por mismatch, contribuyendo a aumentar la eficiencia de la instalación.

El número total de paneles fotovoltaicos en el presente proyecto asciende a 96.

Ver anexo 1: Especificaciones Técnicas y certificados de conformidad de los módulos fotovoltaicos SOLARWATT BLUE 60p.

### **Estructura de soportación**

Los módulos fotovoltaicos irán montados sobre estructuras de soportación capaces de aguantar todas las cargas. Las propias de los módulos fotovoltaicos (el peso) así como las derivadas de los agentes atmosféricos como el viento y la nieve. La estructura de soportación cumple con las más exigentes normas de la construcción del CTE, aplicando además un coeficiente de seguridad. Ver anexo 3: Estudio Analítico de sobrecargas admisibles.

La estructura tendrá la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, de 10° en este caso, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos. El sistema de fijación de módulos permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos.

La separación de la estructura es tal que se asegure que no hay sombras entre las diferentes filas de módulos.

La estructura auto portante de los módulos fotovoltaicos está calculada con los coeficientes de seguridad necesarios para soportar los fenómenos atmosféricos.

La estructura estará conectada a tierra, con una tierra independiente de la red.

La estructura elegida para el montaje de la instalación es la estructura auto portante 10° AH de la marca SUPORTS.

Ver anexo 3: Estudio Analítico de sobrecargas admisibles.

## Medida de energía y protecciones

### Medida de energía

Los contadores de energía instalados se adecuarán lo recogido en el RD 1110/2007.

La instalación de 25 kW contará con un equipo de medida en Baja Tensión, un contador trifásico bidireccional de medida directa para potencias inferiores a 55 kW, ajustado a la normativa metrológica vigente y cuya precisión deberá ser la de tipo IV, clase 1 para energía activa y clase 2 para energía reactiva, regulada por el Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema. El equipo de medida de Baja Tensión estará situado junto al contador de energía del edificio y será accesible desde el vial de dominio público, estará dotado de módem de comunicaciones para tele medida.

La envolvente del equipo de medida deberán cumplir la Norma Endesa, y se deberán instalar en armarios con placa única los transformadores, la regleta, el contador, y el MODEM.

El contador incorporará las funciones de:

- *Maxímetro*, incorporada dentro de la misma caja del contador. Registra el valor máximo de las potencias activas generadas y consumidas con su fecha y hora, el valor de sobrepasamiento de la potencia contratada y el número de veces que se supera ese valor.
- *Registrador*. Incorporado dentro de la caja del contador, con las características que se requieren en el reglamento de Puntos de Medida (R.D. 1110/2007).
- *Tarificador*. Sistema tarifario de 9 tarifas por contrato (3 contratos independiente y segregados). Calendario de días ordinarios y especiales totalmente programable, además, posibilidad de cierre de los tramos de facturación, ofreciéndose la posibilidad de configurar las fechas de los mismos o de llevarlos a cabo de manera manual a través de los canales de comunicaciones o mediante un pulsador bajo la tapa precintable por la compañía. Funciones de Tarificación de Acceso a Redes para peajes, según Decreto 1110/2007.

La instalación contará con las protecciones necesarias para garantizar la seguridad de las personas así como evitar daños en los equipos en caso de fallos en el sistema. Se cumplirá con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 sobre la conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de Baja Tensión, así como con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

### Protecciones

Dentro del circuito de evacuación de energía debe distinguirse entre la parte de corriente continua y la de corriente alterna. A continuación se describen las protecciones en cada uno de los circuitos.

#### Circuito de corriente continua:

- *Protección contra cortocircuitos*: la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico es ligeramente superior a la de operación, por lo que una situación de cortocircuito no es problemática para esta parte del circuito. Pero para el inversor sí puede serlo, de modo que se instalará previamente un fusible de 10A/1000 V en el polo de cada string del generador fotovoltaico. Por lo tanto, si la instalación consta de 6 ramas fotovoltaicas, el Cuadro de Protecciones de DC dispondrá de entradas para 6 series fotovoltaicas. (Ver plano 04: ESQUEMA UNIFILAR de B.T.)

Dicho cuadro se colocará en un lugar habilitado para ello en el interior del edificio y junto al inversor.

- *Protección contra sobrecargas:* Los propios fusibles mencionados en el apartado anterior protegerán el circuito frente a sobrecargas. Para ello será del tipo gR y contará con la función adicional de facilitar las tareas de mantenimiento.

Dicho Cuadro de Protecciones DC incluye los fusibles de series.

Para evitar la situación de riesgo que comporta se exigirá aislamiento clase II en los módulos fotovoltaicos, cables y cajas de conexión.

- *Protección contra contactos directos e indirectos:* Se colocará un interruptor para corriente continua, integrado en inversor.
- *Protección contra sobretensiones:* Se colocara el protector contra sobretensiones integrable en el inversor que derivarán a tierra cualquier sobretensión que se presente. Se colocara el Sobretensiones SMA Surge Arrester A+B para Sunny Tripower TL-30.
- *Protección contra polarización inversa:* integrada en el inversor.

#### Circuito de corriente alterna:

- *Protección contra cortocircuitos y sobrecargas:* El propio inversor cuenta con protecciones ante cortocircuitos y sobrecargas integradas. Además de estas, se instalará en el Cuadro de Protecciones AC con un interruptor magnetotermico tetrapolar de 40 A, para facilitar el mantenimiento, y un interruptor automático 4x40 A, con protección diferencial tipo C tetrapolar, un poder de corte de 4,5 kA y sensibilidad de 300 mA (Ver plano 2: Esquema unifilar de B.T.).
- *Protección contra sobretensiones:* Se instalara un protector contra sobretensiones tipo 2 en el Cuadro de AC.
- *Fallos a tierra:* se instalará, como se ha dicho anteriormente, protección diferencial conjuntamente al interruptor automático magnetotérmico previsto en el cuadro de protecciones de B.T, para así poder actuar en caso de derivaciones de corriente en este circuito.
- *Desequilibrios en la red:* Dichas protecciones deberán ser las siguientes:
  - 1 interruptor diferencial de 300 mA
  - Interruptor general de interconexión (52), sobre el que actuarán las siguientes protecciones:
    - 3 relés de mínima tensión instantáneos (entre fases) (3x(2x27))
    - 1 relé de máxima tensión (3x59)
    - 1 relé de máxima y mínima frecuencia (81m/81M)

Este sistema estará integrado en el inversor. Debido a que dichas funciones de protección se incorporan en el inversor, las actuaciones de dichas funciones de protección provocarán la desconexión de la instalación de la red de distribución (actuación sobre el interruptor automático de interconexión trifásico).

El interruptor de interconexión facilitará la protección anti-isla, que evita el funcionamiento de la instalación si no está conectada a red.

(NOTA: Dichos ajustes deberán cumplir lo estipulado por ENDESA según sus condiciones técnicas particulares de conexión)

*Equipos de medida en BT:* Cuadro General de Protección y medida según normas ENDESA-ERZ formado por:

- Interruptor magneto térmico de 4x40 A: Dicho interruptor se colocara aguas arriba del equipo de medida.

## **Puesta a Tierra**

La puesta a tierra de la instalación se regirá por lo especificado en:

- REAL DECRETO 1699/2011, de 18 de noviembre.
- REAL DECRETO 842/2002, de 2 de Agosto – REBT y sus ITC (ITC-BT)

De acuerdo al artículo 12 del RD 1699/2011, 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.

La instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la red de distribución de baja tensión y las instalaciones fotovoltaicas, bien sea por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones, con base en el desarrollo tecnológico, en esta instalación tenemos separación galvánica entre la CC y CA a través del transformador del inversor.

Las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra 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.

Se protegerá contra contactos directos e indirectos mediante aislamiento de clase II o doble aislamiento en los equipos.

La parte de corriente alterna, separada galvánicamente de la parte de continua, tendrá una toma de tierra para posibilitar el funcionamiento del interruptor diferencial. Consistirá en una red subterránea de conductor desnudo con picas distribuidas. Se conectarán las partes metálicas de la instalación tales como la propia estructura soporte de los paneles, los marcos de los paneles o la carcasa del inversor. Esta tierra nunca coincidirá con la tierra de la instalación de suministro eléctrico de la compañía distribuidora.

La resistencia de la red de tierras general será inferior a  $20 \Omega$  según la ITC-BT-18 del REBT. Se dispondrá de las picas necesarias para llegar a una resistencia inferior a  $20\Omega$ .

Las conexiones se realizarán mediante elementos apropiados, de manera que asegure una perfecta unión. Estarán dimensionados a fin de que no experimenten calentamientos superiores a los del conductor al paso de la corriente. Así mismo, estarán protegidos contra la corrosión galvánica.

En cada una de las instalaciones se dispondrá de una caja de registro para comprobación de la resistencia óhmica de la instalación.

La sección del cable de puesta a tierra será de la mitad de la sección a la del conductor de fase siempre que la sección de éste sea superior a  $35 \text{ mm}^2$  cumpliendo la ITC-BT-18 del REBT.

- **Sección del conductor de puesta a tierra de  $4 \text{ mm}^2$**

En resumen, se dispondrá las siguientes puestas a tierra unificadas:

- Tierra de protección:
  - Puesta a tierra de todas y cada una de las estructuras de soporte de los módulos fotovoltaicos.
  - Red de tierras del inversor.

- Red de tierras para cuadro de protección de alterna y de continua.

Las conexiones se realizarán mediante elementos apropiados, de manera que asegure una perfecta unión. Estarán dimensionados a fin de que no experimenten calentamientos superiores a los del conductor al paso de la corriente. Así mismo, estarán protegidos contra la corrosión galvánica.

En cada una de las instalaciones se dispondrá de una caja de registro para comprobación de la resistencia óhmica de la instalación.

### **Monitorización**

El sistema de monitorización proporcionará medidas, como mínimo, de las siguientes variables:

- Voltaje y corriente CC a la entrada del inversor.
- Voltaje de fase/s en la red, potencia total de salida del inversor.
- Radiación solar en el plano de los módulos.
- Temperatura ambiente en la sombra.
- Potencia activa de salida del inversor.
- Potencia reactiva de salida del inversor para instalaciones mayores de 5 kWp.
- Temperatura de los módulos en integración arquitectónica y siempre que sea posible, en potencia mayores de 5 kW.
- Energía autoconsumida.

La monitorización dispondrá de un sistema de alarma que alerte mediante correo electrónico de posibles fallos de la instalación.

### **Equipo de vertido cero.**

La instalación dispondrá de un sistema de vertido cero, de manera que en todo momento la instalación este monitorizada y en ningún momento la producción de la instalación fotovoltaica sea superior a la demanda de energía eléctrica del edificio.

El

- Se instalara un controlador dinámico de potencia por desplazamiento del punto de trabajo del campo solar, que permite regular el nivel de generación de un inversor en una instalación fotovoltaica, en función del consumo del usuario. El equipo tiene por objetivo ajustar el nivel de producción de energía de uno o varios inversores en una instalación fotovoltaica al consumo del usuario. De esta forma, se consigue eliminar la inyección de potencia a la red.

## **10. Cableado de baja tensión**

De acuerdo con el pliego de condiciones técnicas del IDEA y la ITC-BT40, el cableado cumplirá los puntos siguientes:

- Los conductores tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte de CC tendrán la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 % y los de la parte de CA para que la caída de tensión sea inferior del 1,5%, teniendo en ambos casos como referencia las tensiones correspondientes a cajas de conexiones.

- Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.

- Se incluirá toda la longitud de cable CC y CA. Deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.
- Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

### **Corriente Continua.**

El circuito de corriente continua comprende el cableado entre los módulos fotovoltaicos hasta la entrada del inversor. A su vez serán objeto de este apartado los cruzamientos y paralelismos que se den con este circuito.

#### Elección del tipo de cable a utilizar:

Los cables a utilizar serán de cobre unipolares de tensión asignada 0,6/1 kV flexible de clase 5 según UNE EN 60228, no propagador de la llama para instalación exterior y no propagadores del incendio y con emisión de humo y opacidad reducida para instalación interior.

Por tanto se utilizará cable normalizado de tipo H1Z2Z2-K.

La instalación está formada por 6 ramas fotovoltaicas formadas por 16 módulos.

Para la formación de las ramas, se unen los módulos con su propio cable de serie. Los propios módulos fotovoltaicos les cubrirán de los rayos directos del sol. Para unir módulos alejados se utilizará cable solar H1Z2Z2-K de 10 mm<sup>2</sup> de cobre bajo tubo de 20 mm de diámetro.

Los cables de cierre de las 6 series correspondientes a los circuitos de continua discurrirán por bandejas o canales para el soporte de cables hasta el Cuadro de Protecciones de DC que se alojará en el interior del edificio.

El cableado que une las 6 ramas hasta el Cuadro de Protecciones DC será **H1Z2Z2-K de 4 mm<sup>2</sup> de Cobre** y seguridad clase II, uso intemperie. La tensión asignada será no inferior a 1 kV y tendrán un recubrimiento que garantice una buena resistencia a las acciones de la intemperie y deberán satisfacer las exigencias específicas de la norma UNE 21030.

Sobre este cable se colocará el mismo conector que llevan los módulos fotovoltaicos, que tiene aislamiento hasta 1.000 V, con seguridad clase II y las partes activas del mismo están protegidas contra contactos accidentales.

Desde el Cuadro de Protecciones de DC se llega hasta el inversor de la instalación con dos cables para cada string (uno positivo y otro negativo) **H1Z2Z2-K de 4 mm<sup>2</sup> de Cobre**. La tensión asignada será no inferior a 1 kV y tendrán un recubrimiento que garantice una buena resistencia a las acciones de la intemperie y deberán satisfacer las exigencias específicas de la norma UNE 21030.

El tendido de los conductores se hará con sumo cuidado, evitando la formación de cocas y torceduras, así como los roces perjudiciales y las tracciones exageradas, no dándose a los conductores curvaturas superiores a las admisibles para cada tipo.

### Cálculos

#### Máxima caída de tensión

La caída de tensión en el punto más alejado no sobrepasará el 1,5% según ITC-BT 40.

Calculo de la sección de acuerdo a la siguiente formula:

$$S = \frac{P \cdot L}{\delta \cdot \Delta u \cdot U} = \frac{I \cdot L}{\delta \cdot \Delta u} \quad (5)$$

Donde:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (6)$$

$$\cos \varphi = 1$$

S = Sección del conductor (mm<sup>2</sup>).

P = Potencia activa prevista para la línea (W).

L = Longitud de la línea (m).

$\delta$  = Conductividad del cable ( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ).

$\Delta u$  = Caída de tensión admisible (V).

U = Tensión de la línea (V).

## Intensidad

La intensidad para cada rama será la del punto de máxima potencia de los módulos, al estar estos conectados en serie.

$$I_{p\max} (\text{rama}) = 8,85 \text{ A.}$$

Con estos cableados la **caída de tensión máxima** para el caso más desfavorable tal y como refleja la tabla adjunta es de: **0,95 % < 1,5 %**

	RECORRIDO		Longitud (m)	Sección mm2	Intensidad (A)	Caída de tensión (V)	% Caída de tensión
	desde	hasta					
SUBINSTALACION 1	R1	Inversor	60	4	8,85	4,78	0,95
SUBINSTALACION 2	R2		56,5	4	8,85	4,50	0,90
SUBINSTALACION 3	R3		53	4	8,85	4,22	0,84
SUBINSTALACION 4	R4		49,5	4	8,85	3,94	0,79
SUBINSTALACION 5	R5		46	4	8,85	3,66	0,73
SUBINSTALACION 6	R6		49	4	8,85	3,90	0,78

Por otra parte en servicio permanente y con los cables instalados al aire, los mismos cumplen sobradamente la intensidad máxima admisible (ITC-BT-19).

## Materiales a emplear

Se detallan a continuación las principales características de los materiales a utilizar en la instalación que nos ocupa.

### Conductores

Conductor aislado **H1Z2Z2-K - 1x4 mm2** en cobre

Designación UNE

Aislamiento

Cubierta exterior

Tensión nominal

Tensión de prueba

Sección Unipolar

Intensidad admisible permanente:

Diámetro exterior

Resistencia a 20°C

H1Z2Z2-K

Elastómero reticulado

Elastómero reticulado

1 KV

6.500 V

4 mm<sup>2</sup> en Cu

55 A (al aire)

5,6 mm.

5,09  $\Omega/\text{km}$

### **Bandeja porta cables**

Para el recorrido de circuitos de cables de CC de generación sobre la cubierta, y hasta el inversor solar por un lateral de la pared del edificio, se tenderán en bandeja porta cables. El modelo a utilizar:

- Bandeja aislante UNEX modelos U23X 60X200 de 200 mm de anchura con tapa.

Para el recorrido de circuitos de cables de CC de generación por el interior del edificio, y hasta el inversor solar, se tenderán en bandeja metálica de rejilla porta cables. El modelo a utilizar:

- Bandeja metálica de rejilla AISCAN BMPB606 de 60 mm de anchura.

### **Tubo porta cables**

Para el recorrido de cables de interconexión entre módulos fotovoltaicos, se tenderán bajo tubo plástico con resistencia a los rayos ultravioletas.

- Tubo plástico de D= 20 mm

### **Corriente Alterna baja tensión.**

Debido a que el presente proyecto es una ampliación de la instalación existente, se empleará el mismo circuito de corriente alterna de la instalación existente, para la cual ya fue prevista una futura ampliación.

## **11. Armónicos y compatibilidad electromagnética.**

Los niveles de emisión e inmunidad deberán cumplir con la reglamentación vigente, incluyéndose en la documentación mencionada en el Real Decreto 1699/2011 los certificados que así lo acrediten, esta función la asegura el inversor (ver certificado de conformidad del inversor).

## **12. Balance Medioambiental.**

La energía solar fotovoltaica, como fuente renovable, representa una fórmula energética radicalmente más respetuosa con el medio ambiente que las energías convencionales debido a que se dispone de recursos inagotables, a escala humana, para cubrir las necesidades energéticas. Un elemento específico favorable a la energía solar fotovoltaica es que su aplicación suele tener lugar en el ámbito local, lo que hace innecesaria la creación de infraestructuras de transporte energético desde los puntos de producción a los de consumo.

Las principales cargas ambientales se producen en las operaciones extractivas de las materias primas, aunque la mayor parte de las células fotovoltaicas que se fabrican en la actualidad son de silicio - material obtenido a partir de la arena y por tanto muy abundante, y del que no se requieren cantidades significativas-, así como en el proceso industrial de fabricación de las células y módulos fotovoltaicos y de la estructura de montaje. En la fase de uso, las cargas ambientales son prácticamente despreciables y no implican emisiones de productos tóxicos, ya que sólo suponen ligeras tareas manuales de limpieza y supervisión.

Todos estos materiales pueden ser recuperados y reutilizados al final de la vida de los módulos, reduciendo de manera notable las cantidades destinadas a convertirse en residuos. Por lo general, cuando un módulo se daña, vuelve al productor para su reparación, reutilización o desechado.

El vidrio y el aluminio se incorporan a los cauces de reciclado, al igual que el silicio.

En el medio físico no existen afecciones sobre la calidad del aire, no provocándose ruidos ni afectándose tampoco a la hidrología existente, aunque hay que tener especial cuidado con los impactos que se puedan derivar de una mala gestión de los módulos fotovoltaicos una vez agotada su vida útil, implementando estrategias de reciclado y reutilización de los materiales que constituyen el módulo fotovoltaico.

El principal impacto sobre el medio físico es el del efecto visual sobre el paisaje, susceptible de ser enmascarado o reducido en la mayoría de las instalaciones, para lo cual debe buscarse una integración respetuosa con el medio ambiente y los edificios.

### 1.1.1 Evaluación de las emisiones de CO<sub>2</sub> que dejan de emitirse a la atmósfera.

La energía solar fotovoltaica ayuda a disminuir los problemas medioambientales como:

- El efecto invernadero (Provocado por las emisiones de CO<sub>2</sub> )
- La lluvia ácida (provocada por las emisiones de SO<sub>x</sub>)

La siguiente tabla recoge las cantidades de los principales contaminantes que dejan de emitirse a la atmósfera por kWh de energía producida por energías renovables en lugar de con combustibles fósiles.

Cantidades que se dejan de emitir a la atmósfera por Kwh de energía producida por energías renovables	
CO2 (Kg)	0,6
SO2 (gr)	1,33
NOx (gr)	1,67

A continuación se muestra el balance medioambiental de la instalación de 25kW, objeto de este proyecto:

## BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES

Cantidades que dejan de emitirse a la atmósfera para 31,1 KWp				
Mes	Energía generada (Kwh)	CO2 (Kg/mes)	SO2 (gr/mes)	NOx (gr/mes)
<b>Enero</b>	1.626,0	975,6	2.162,6	2.715,4
<b>Febrero</b>	2.273,0	1.363,8	3.023,1	3.795,9
<b>Marzo</b>	3.396,0	2.037,6	4.516,7	5.671,3
<b>Abril</b>	3.901,0	2.340,6	5.188,3	6.514,7
<b>Mayo</b>	4.411,0	2.646,6	5.866,6	7.366,4
<b>Junio</b>	4.581,0	2.748,6	6.092,7	7.650,3
<b>Julio</b>	4.850,0	2.910,0	6.450,5	8.099,5
<b>Agosto</b>	4.318,0	2.590,8	5.742,9	7.211,1
<b>Septiembre</b>	3.542,0	2.125,2	4.710,9	5.915,1
<b>Octubre</b>	2.682,0	1.609,2	3.567,1	4.478,9
<b>Noviembre</b>	1.836,0	1.101,6	2.441,9	3.066,1
<b>Diciembre</b>	1.524,0	914,4	2.026,9	2.545,1
<b>TOTAL ANUAL</b>	38.940,0	23.364,0	51.790,2	65.029,8

Tabla 3: Reducción de contaminantes por sustitución de combustibles fósiles Generador 25 kW.

Teniendo en cuenta que el consumo medio de un hogar español es de aproximadamente 3.000 kWh/año, la producción eléctrica de este sistema fotovoltaico conectado a la red supone alimentar a unos 12 hogares españoles.

### Medidas preventivas y correctivas

En este apartado se tratará de dar soluciones que aminoren la importancia y magnitudes de los impactos señalados anteriormente. A continuación se señalan las medidas correctoras tomadas y el momento que se ha considerado para ejecutarlas (en la fase de proyecto, en obra o en funcionamiento):

#### Corrección del Impacto Atmosférico

La existencia de las partículas sólidas, polvo, gases derivados de las operaciones de excavación y el tráfico de maquinaria ligera, los máximos niveles de contaminación atmosférica se producirán durante las fases de planificación y realización del proyecto.

Se utilizará la maquinaria en correctas condiciones, que realicen la combustión liberando niveles de gases nocivos de acuerdo a lo estimado en la normativa vigente en la fecha de fabricación de dicha maquinaria, incorporando si es preciso sistemas de recirculación de gases quemados y catalizadores monolíticos de oxidación, reducción y trifuncionales.

Las medidas protectoras a adoptar, dado que esta contaminación es debida principalmente a las operaciones de izado del material y movimiento de grabas e instalación de las estructuras y equipos que van a producir una contaminación sónica, ruidos, impactos temporales, además del tránsito de maquinaria ligera, serán:

- Instalación de silenciadores en los equipos móviles.
- Reducción de la velocidad de circulación.

- Construcción de una pantalla acústica perimetral que haga de barrera sónica para la disminución del nivel de presión acústica.
- Colocación de silenciadores en las maquinas utilizadas durante la fase de explotación y en los útiles empleados.

### Corrección del impacto

Minoraremos los efectos de la siguiente manera:

- Para la gestión de los aceites usados y cualquier otro residuo de carácter peligroso que se genere en la fase de construcción se instará a lo especificado en la Ley 1011998, de 21 de abril, de Residuos, y normativas específicas. Se prohibirá expresamente la reparación o el cambio de aceite de la maquinaria en zonas que no estén expresamente destinadas a ello.

### **13. Distancia mínima entre filas de módulos.**

La distancia  $d$ , medida sobre la horizontal, entre unas filas de módulos obstáculo, de altura  $h$ , que pueda producir sombras sobre la instalación deberá garantizar un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno. Esta distancia  $d$  será superior al valor obtenido por la expresión:

$$d = h / \tan(61 - \text{latitud}) \quad (7)$$

La separación entre la parte posterior de una fila y el comienzo de la siguiente no será inferior a la obtenida por la expresión anterior, aplicando  $h$  a la diferencia de alturas entre la parte alta de una fila y la parte baja de la siguiente, efectuando todas las medidas de acuerdo con el plano que contiene a las bases de los módulos.

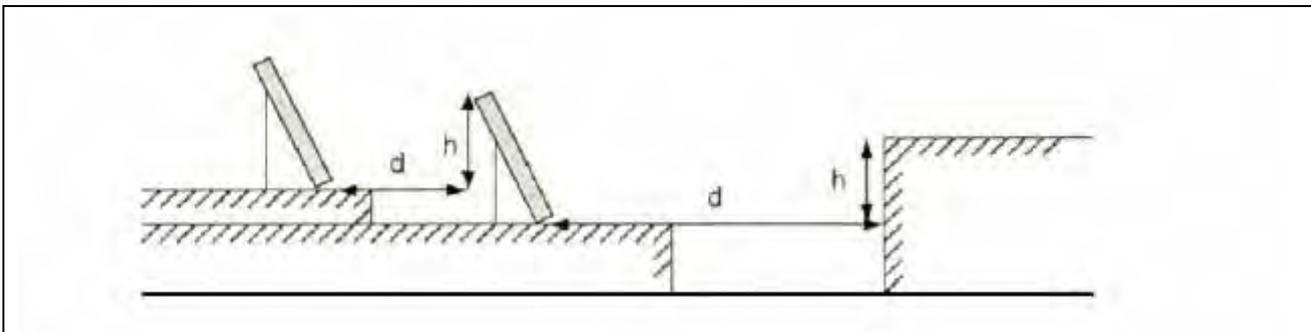


Figura 1. Distancia mínima entre filas de módulos.

Se trata de una cubierta plana por lo que se obtiene que sobre el mismo punto la distancia mínima para que en el solsticio de verano no haya sombras 4 horas en torno a las 12 horas solares es de:

- 0,72 metros

La cubierta dispone de un antepecho de 0,65 metros por lo que aplicando la formula.

$$d = h / \tan(61 - \text{latitud})$$

La distancia que se deberá dejar hasta la primera fila de módulos es de:

- 1,8 metros

Esta es la distancia que se ha respetado entre filas de módulos sobre la cubierta para conseguir una inclinación absoluta de los módulos de  $10^\circ$  y alcanzar un compromiso entre que se produzcan un mínimo de sombras en la instalación y optimizar la superficie útil de la cubierta.

#### 14. Instalaciones auxiliares.

##### Línea de Vida.

Debido a la construcción de la cubierta es necesario instalar una línea de vida alrededor del perímetro de la cubierta, de manera que se pueda trabajar en ella de una forma segura y facilite tanto los trabajos de instalación como los futuros trabajos de mantenimiento.

Una línea de vida (EN795 y EN353) es una instalación de seguridad que permite desplazamientos más o menos largos por las zonas donde exista riesgo de caída. Es un elemento o elementos rígidos o flexibles, fijados permanentemente a una estructura a la cual o a los cuales es posible sujetar un dispositivo de anclaje o un equipo de protección individual. Es un sistema completo, suministrado por el fabricante, con su correspondiente certificación, información e instrucciones. El cable de vida deberá tener una resistencia de 3600 daN. Existen dos tipos de líneas de vida: - Líneas de vida horizontales (EN-795): flexibles (clase C, de cable, cuerda o cinta) o rígidas (clase D). Estas últimas deberán llevar un anclaje cada metro, que deberá aguantar un mínimo de 10KN. - Líneas de vida Verticales (EN353): flexibles (EN 353-2, de cuerda o cable) o rígidas (EN 353-1, de rail, cable o pletina). Los puntos de anclaje del cable deben tener una resistencia mínima a la ruptura de 1000 daN y estar distribuidos de tal forma que en caso de caída accidental no se derive un movimiento pendular que podría acarrear un riesgo complementario de golpearse contra algún obstáculo fijo o móvil situado sobre la cubierta. Sistemas anticaídas retráctiles: Este dispositivo se fabrica en cinta o cable que va enrollado en el interior de una carcasa, la cual posee en su parte superior un punto de sujeción para su instalación. El cable o cinta lleva en su extremo un conector que se une al operario. El dispositivo posee un funcionamiento similar al de los cinturones de los coches, dejando correr libre la cinta o cable si no hay tensión, pero bloqueándose cuando existen una tensión determinada (Por ejemplo: al sufrir una caída). Los anclajes son los puntos de sujeción que soportarán la fuerza generada en una caída sobre el sistema de seguridad. Hay anclajes constructivos, anclajes mecánicos, químicos, soldados, de fortuna, de peso muerto y móviles. Todos estos sistemas de fijación deben cumplir con los requisitos de la norma UNE EN 795. Los anclajes no certificados no se podrán usar sin consultar al servicio de prevención. La unión entre la línea de vida y el arnés de seguridad se realiza mediante un carro especialmente diseñado para recorrer toda su longitud. El carro se desliza por el cable sin manipulación externa y en caso de caída del trabajador, se bloquea, eliminando así los riesgos de caída de altura y la aparición de oscilaciones muy peligrosas para el trabajador. La unión entre el carro y la cuerda de amarre del arnés que lleva el operario se efectúa a través de un dispositivo anticaídas de clase A, Tipo 1.

I.C. de Zaragoza, 05 de Noviembre de 2.018

SERVICIO CONSERVACIÓN ARQUITECTURA  
UNIDAD DE ENERGÍA E INSTALACIONES  
El Funcionario Municipal

El Ingeniero Industrial  
Colegiado nº: 2474 COIIAR



Fdo: Fco Javier Pérez Abad

Fdo: Pedro Machín Iturria  
Asistencia Técnica Externa

## **ANEXOS**

ANEXO 1: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y CERTIFICADOS DE CONFORMIDAD DE LOS MODULOS FOTOVOLTAICOS

ANEXO 2: ESPECIFICACIONES TECNICAS Y CERTIFICADOS DE CONFORMIDAD DEL INVERSOR

ANEXO 3: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CERTIFICADO DE CARGAS SOBRE LA CUBIERTA.

ANEXO 4: RESULTADOS SIMULACIÓN PVSYS

# **ANEXO 1: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y CERTIFICADOS DE CONFORMIDAD DE LOS MODULOS FOTOVOLTAICOS**

Módulo hoja de vidrio: Blue 60P

Módulos SOLARWATT

## HECHO EN DRESDE BLUE 60P

- Hecho en Dresde, los módulos de SOLARWATT son producidos en Alemania de manera exclusiva
- Protección 100% frente a degradación inducida por potencial (DIP)
- Células solares poli-cristalinas
- Rango de potencias 265 Wp– 275 Wp
- Extensión de garantía con la compra de la cobertura total de SOLARWATT
- 12 Años de garantía de producto
- Seguro a todo riesgo\*

\*De acuerdo con las condiciones especiales de garantía para módulos fotovoltaicos SOLARWATT

### Calidad de Producto

- Larga durabilidad
- Resistente
- Alto rendimiento
- Innovador
- Seguro
- Bajo brillo
- Resistente frente a amoníaco
- Resistente frente a granizo
- Resistente frente a niebla salina

### SOLARWATT Service



#### SOLARWATT Cobertura total

Incluido (Hasta 1000kWp\*)



#### Servicio de recogida

De acuerdo con los términos de envío para los módulos fotovoltaicos de SOLARWATT

12 años

#### Garantía de producto

De acuerdo con las condiciones especiales de garantía para módulos fotovoltaicos SOLARWATT

25 años

#### Garantía de rendimiento

De acuerdo con las condiciones especiales de garantía para módulos fotovoltaicos SOLARWATT

Made in Germany

#### Origen alemán

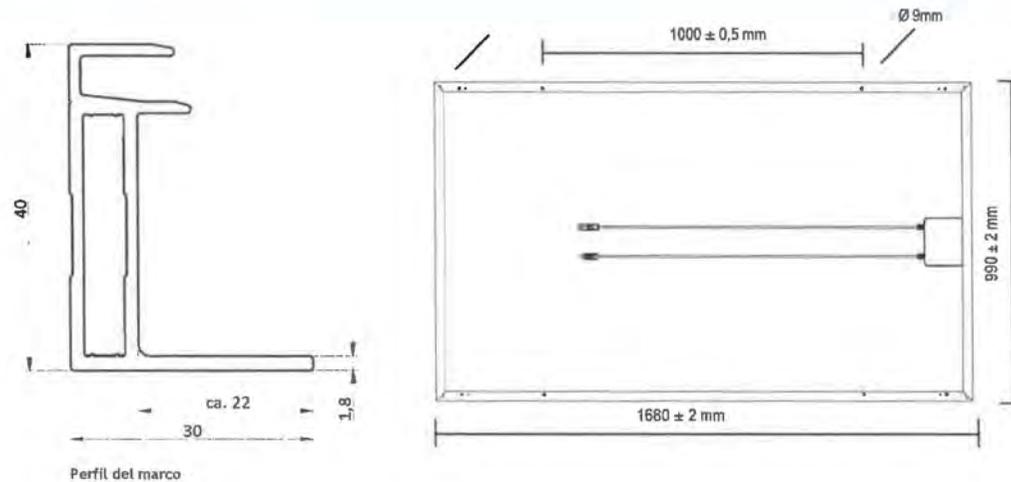
Producto fabricado en Alemania



\* En Italia hasta 50 kWp

**Datos técnicos | Blue 60P**

**Dimensiones**



Perfil del marco

**Datos generales**

Tipo de tecnología	Laminado Vidrio-Vidrio; Marco de aluminio
Material de la cubierta y de la capa de encapsulación	Vidrio solar templado con acabado anti reflectante, 3,2 mm EVA-células solares-EVA Película de compuesto multicapa, blanca
Célula fotovoltaica	80 Células Polí-cristalinas
Dimensiones célula	156 x 156 mm
Medidas	1680 ± 2 x 990 ± 2 x 40 ± 0,3 mm
Peso	19 kg
Tecnología de conexión	2 x Cables 1,0 m/4 mm <sup>2</sup> , conector PV4-S TE Connectivity
Diodos de Bypass	3
Clase de aplicación	A (De acuerdo con IEC 61730)
Máx. tensión sistema	1000 V
Clasificaciones mecánicas según IEC 61215 Ed.2	Carga de succión hasta 2400 Pa Carga aplicada hasta 5400 Pa
Cargas de esfuerzo aprobadas según las instrucciones de instalación de SOLARWATT	Carga aplicada hasta 3500 Pa (instalado sin refuerzo) Condiciones en prueba: Carga deslizante de 9000 Pa (Estas condiciones tienen en cuenta los factores de seguridad para acumulación de nieve y carga de hielo según el Eurocódigo 1.) *Chequear condiciones de instalación
Calificaciones	IEC 61215 Ed.2   IEC 61730 (Inc. protección clase II)

**Datos eléctricos (Condiciones estándar de prueba)**

Condiciones estándar de prueba: Intensidad de irradiación 1000 W/m<sup>2</sup>, Distribución espectral AM 1,5 | Temperatura 25±2 °C, de acuerdo con EN 60904-3

	265 Wp	270 Wp	275 Wp
Potencia nominal P <sub>N</sub>	265 Wp	270 Wp	275 Wp
Tensión nominal U <sub>MPP</sub>	31,1 V	31,2 V	31,3 V
Corriente nominal I <sub>MPP</sub>	8,61 A	8,73 A	8,85 A
Tensión circuito abierto U <sub>OC</sub>	38,1 V	38,2 V	38,3 V
Corriente de cortocircuito I <sub>SC</sub>	9,11 A	9,23 A	9,35 A

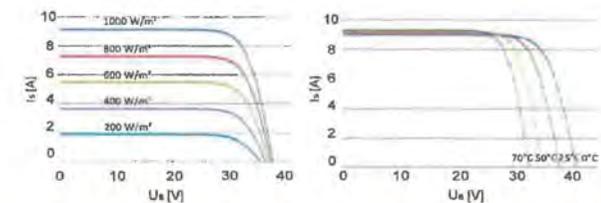
Tolerancia de medidas respecto a P<sub>max</sub> ±5 %;

Reducción de la eficiencia del módulo cuando la irradiación se reduce desde 1000 W/m<sup>2</sup> a 200 W/m<sup>2</sup> (a 25 °C): 4 ± 2 % (relativa) / -0,6 ± 0,3 % (absoluta).

Corriente inversa I<sub>r</sub>: 20 A, utilizar módulos con una fuente de potencia externa solamente estará si se usa un fusible de fase con corriente de disparo de ≤ 20 A.

**Curvas características (Módulo de 265 Wp)**

Gráficas de tensión a diferentes niveles de irradiación y temperatura



**Características eléctricas (Temperatura normal de operación de la célula)**

Temperatura normal de operación de célula: Intensidad de irradiación 800 W/m<sup>2</sup>, AM 1,5 | Temperatura 20 °C, velocidad de viento 1m/s, operación a circuito abierto

	195 W	198 W	202 W
Potencia nominal P <sub>N</sub>	195 W	198 W	202 W
Tensión nominal U <sub>MPP</sub>	28,7 V	28,8 V	28,9 V
Tensión circuito abierto U <sub>OC</sub>	35,7 V	35,9 V	36,0 V
Corriente de cortocircuito I <sub>SC</sub>	7,36 A	7,46 A	7,55 A

**Características térmicas**

Rango temperaturas de operación	-40 ... +85 °C
Rango temperatura ambiente	-40 ... +45 °C
Coefficiente de temperatura P <sub>N</sub>	-0,41 %/K
Coefficiente de temperatura U <sub>OC</sub>	-0,31 %/K
Coefficiente de temperatura I <sub>SC</sub>	0,05 %/K
Temperatura normal operación de célula	45 °C

---

Noviembre 2016

## Condiciones especiales de garantía para SOLARWATT – módulos solares de la generación de vidrio laminado

### A Área de validez

1. Las presentes condiciones especiales de garantía para los módulos solares SOLARWATT de la generación del vidrio laminado (de ahora en adelante "**condiciones de garantía**") de SOLARWATT GmbH (de ahora en adelante "**SOLARWATT**") son de aplicación además de cualesquiera derechos de garantía derivados de los contratos de compra concluidos con SOLARWATT. Los posibles derechos de garantía que pudieran existir no se ven afectados por las presentes condiciones de garantía, y existen, independientemente de si se trata de un caso de garantía según las presentes condiciones de garantía, o de si se hace uso de la garantía.

2. Las presentes condiciones de garantía son de aplicación – en la medida en que no se aplican otros acuerdos – para los siguientes módulos solares de la generación del vidrio laminado: SOLARWATT BLUE 60P

3. Las garantías ampliadas de conformidad con la sección B2 se aplican exclusivamente a los módulos que están instalados, y cuya instalación se puede demostrar, en la región de la UE y en los territorios de Suiza, Noruega, Croacia, Serbia, Montenegro, Kosovo, Bosnia-Herzegovina, Macedonia, Turquía y Albania. A este respecto, los requisitos son los siguientes:

- los módulos solares están instalados universalmente en uno de los países antes mencionados,
- el comprador ha adquirido la Cobertura Total SOLARWATT y
- el comprador ha registrado su módulo solar en <http://www.solarwatt.de> antes de que transcurran tres (3) meses a partir del momento en que compró la Cobertura Total SOLARWATT.

(de ahora en adelante "**requisitos de la Cobertura Total**")

4. Las presentes condiciones de garantía no se aplican a los sistemas completos de SOLARWATT. Para estos, SOLARWATT o un tercero, por encargo de SOLARWATT, y que trabaja en nombre de SOLARWATT, proporciona al comprador suministros y servicios adicionales, tales como el servicio de ensamblaje, además de suministrar los módulos solares. Cualesquiera garantías de SOLARWATT para estos sistemas completos están sometidas a condiciones de garantía por separado.



## **B Garantía respecto de defectos en los productos**

1. SOLARWATT garantiza al primer dueño de los módulos solares, que emplea dichos módulos para lo que han sido diseñados, ("**comprador**") de conformidad con las presentes condiciones de garantía durante un periodo de diez (10) años a partir de la fecha de envío procedente de la fábrica de SOLARWATT, que los módulos solares proporcionados por SOLARWATT no contienen defectos materiales ni de procesamiento que pudieran influir negativamente en la funcionalidad de dichos módulos solares ("**defectos en los productos**").

2. Con los requisitos de la Cobertura Total:

2.1 Para aquellos módulos solares en que se cumplan los requisitos de la Cobertura Total, SOLARWATT garantiza al comprador, de conformidad con las presentes condiciones de garantía, que dichos módulos solares suministrados por SOLARWATT que no están incluidos en la sección B.1 no contendrán defectos en los productos durante un periodo de doce (12) años a partir de la fecha de envío procedente de la fábrica de SOLARWATT.

## **C Garantía respecto de la producción**

1. SOLARWATT garantiza al comprador que conforme a las presentes condiciones de garantía:

- La producción de los módulos solares no disminuirá durante el primer (1º) año a partir de la fecha de envío procedente de la fábrica de SOLARWATT por debajo del 97% de la producción nominal del módulo solar según indicación de SOLARWATT menos un rango de tolerancia del 5% en Condiciones Estándares de Test o prueba (irradiación 1.000 W/m<sup>2</sup>, distribución espectral AM 1,5, temperatura 25±2° C, de ahora en adelante "**STC**").

- La producción de los módulos solares desde el principio del segundo (2º) año hasta el final del vigésimo cuarto (24º) año a partir de la fecha de envío procedente de la fábrica de SOLARWATT no disminuirá en más del 0,708%, anual, de la producción nominal del módulo solar según indicación de SOLARWATT menos un rango de tolerancia del 5% en STC.

- En el vigésimo quinto (25º) año a partir de la fecha de envío procedente de la fábrica de SOLARWATT la producción garantizada de los módulos solares es de al menos el 80% de la producción nominal del módulo solar según indicación de SOLARWATT menos un rango de tolerancia del 5% en STC.



## **D Servicios de garantía de SOLARWATT**

1. Si surge uno de los casos de garantía indicados en las secciones B o C durante el periodo de garantía respectivo, SOLARWATT hará lo siguiente, escogiendo según su propio criterio entre:

- reparar el módulo solar sobre el terreno, en la ubicación donde se encuentre el comprador,
- reparar el módulo solar en la ubicación de SOLARWATT o en la de un tercero,
- suministrar un módulo solar adicional al comprador, o
- intercambiar el módulo solar, sustituyéndolo por otro módulo.

Al recibir el comprador su módulo de sustitución, la propiedad del módulo solar original se transfiere a SOLARWATT. La garantía restante que quede para el módulo solar original se transfiere al módulo de sustitución; no se proporciona garantía para el módulo de sustitución.

En la medida en que el tipo de módulo suministrado en el origen por SOLARWATT no se fabricó mediante producción en serie, o ya no se fabrica, se suministrará un tipo de módulo funcionalmente comparable, como módulos de sustitución o adicionales.

2. Tras la correspondiente solicitud presentada por SOLARWATT, el comprador tiene la obligación de enviar el módulo solar inaceptable a SOLARWATT o a un tercero, corriendo el comprador con el riesgo por su propia cuenta.

3. Las garantías de SOLARWATT conforme a las presentes condiciones de garantía incluyen los costes de material y mano de obra (costes de personal para las reparaciones) destinados a proporcionar los servicios de garantía. Sin embargo, no incluyen otros gastos incurridos por el comprador, tales como costes de transporte para el envío y envío de regreso de un módulo solar, o para el suministro de módulos solares adicionales o módulos solares de sustitución, costes de mediciones y costes para obtener un peritaje por un experto, y tampoco incluyen los costes derivados de desinstalar y volver a instalar los módulos solares. Dichos costes han de ser costeados por el comprador.

4. Si un servicio de garantía de SOLARWATT resulta infructuoso, SOLARWATT tiene derecho a repetir la misma forma de servicio de garantía, o a proporcionar un servicio distinto, a menos que esto no sea razonable desde el punto de vista del comprador.

## **E Exclusión de garantías**

1. Las garantías no cubren aquellos módulos solares que estén estropeados, dañados o destruidos a consecuencia de alguna de las siguientes circunstancias:

- a) el comprador o un tercero los ha almacenado o transportado de modo inadecuado,
- b) no se han instalado, o sí es de aplicación, no se han desinstalado o vuelto a instalar siguiendo las indicaciones del manual de montaje y ensamblaje de SOLARWATT, así como las buenas prácticas de ingeniería reconocidas como tales,

c) se han hecho funcionar de un modo que no se corresponde con la finalidad para la cual han sido diseñados, y en especial, que no se corresponde con las instrucciones de funcionamiento que figuran en el manual de montaje y ensamblaje,  
d) no han recibido mantenimiento de la manera adecuada, y en especial, sin respetar las instrucciones de mantenimiento que figuran en el manual de montaje y ensamblaje,  
e) han sido modificados de modo inadecuado por el comprador o por un tercero, o han sido manipulados de cualquier otra forma inadecuada, o  
f) como consecuencia de un suceso de fuerza mayor (en especial, caída de un rayo o un relámpago, así como en caso de incendio o desastre natural). A este respecto, la aplicación del seguro no se ve afectada de conformidad con la Cobertura Total de SOLARWATT.

2. Quedan excluidas de las garantías en lo relativo a la sección B los cambios insignificantes o cambios de apariencia, especialmente el blanqueamiento y el cambio de color de las células. A este respecto, la garantía de rendimiento que figura en la sección C no se ve afectada.

3. Las garantías también quedan sin efecto alguno y sin validez si se ha manipulado o quitado el número de serie o la placa que identifica el tipo de módulo solar, o en caso de que ya no sea posible identificar el módulo solar como elemento único por otros motivos.

4. En la medida en que no se da un caso de garantía de conformidad con las presentes condiciones de garantía, SOLARWATT se reserva el derecho de facturar al comprador por los costes incurridos en concepto de servicios proporcionados (costes de material y mano de obra).

5. Sobre el comprador recae la carga de la prueba en el sentido de que las garantías no han quedado invalidadas por los motivos antes mencionados. Esto no es de aplicación en aquellas circunstancias de las que SOLARWATT o sus agentes indirectos sean responsables.

6. Una vez transcurrido y finalizado el periodo de notificación de conformidad con la sección H.3, las reclamaciones de garantía del comprador quedan sin efecto alguno y sin validez, a menos que el comprador no sea responsable del transcurso y finalización de dicho periodo de notificación.

#### **F Posibilidad de transferir las garantías**

Las garantías están vinculadas a los módulos y se pueden transferir del respectivo comprador a un nuevo propietario de los módulos solares dentro del ámbito del periodo de garantía aún válido, como por ejemplo, si se revenden los módulos solares. En tal caso, el correspondiente nuevo dueño pasa a ser el comprador en el sentido que las presentes condiciones de garantía contemplan.

La garantía proporcionada al comprador de origen queda invalidada en caso de transferencia a un nuevo propietario, con efectos inmediatos a partir del momento en que se produzca dicha transferencia.

#### **G Zona geográfica de validez**

Las presentes condiciones de garantía no están limitadas por ninguna frontera nacional, siempre y cuando no estén establecidos otros acuerdos de distinto tenor en

caso de que se cumplan los requisitos de la Cobertura Total de conformidad con las secciones A.3 y B.2.

#### **H Disposiciones sobre la reivindicación de las reclamaciones de garantía**

1. Las reclamaciones de garantía solo se pueden reivindicar ante SOLARWATT por escrito y acompañadas de la presentación de la nota original de entrega o la factura original emitida por SOLARWATT o por un distribuidor de SOLARWATT. A tal fin, se debe emplear el formulario de reclamación para los compradores, disponible en: <http://www.solarwatt.de>.

Para una garantía ampliada en caso de que se cumplan los requisitos de la Cobertura Total (sección B.2), también debe especificarse el correspondiente número de registro.

Además, también debe proporcionarse documentación adicional (por ej., fotografías, archivos) a solicitud de SOLARWATT.

2. La existencia de un caso de garantía debido a la rotura espontánea del vidrio, o a una influencia ajena, o debido a la menor producción de un módulo solar ha de estar verificada con un peritaje experto realizado por SOLARWATT, por un tercero a quien SOLARWATT encarga tal cometido, o por un instituto independiente de pruebas y tests, que sea titular de la autorización para certificar los módulos de conformidad con IEC 61215.

3. Si un caso de garantía ya surge desde el momento de la entrega de los módulos solares al comprador, este debe informar a SOLARWATT de tal circunstancia, por escrito e inmediatamente, y a más tardar, antes de que concluya un periodo de exclusión de cuatro (4) semanas a partir de la entrega de los módulos. Si surge un caso de garantía en algún momento posterior, el comprador debe informar a SOLARWATT de tal circunstancia, por escrito e inmediatamente, y a más tardar, antes de que concluya un periodo de exclusión de cuatro (4) semanas a partir del momento en que se descubre esa circunstancia.

Se debe informar de los daños de transporte reconocibles empleando el formulario de reclamaciones para daños de transporte, disponible en <http://www.solarwatt.de>.

#### **I Limitación de responsabilidad**

1. SOLARWATT no es responsable de compensar por daños o gastos derivados de las presentes condiciones de garantía, o relacionados con las mismas, ni con la prestación de servicios de garantía, independientemente de cualquier motivación legal. En particular, no se asume garantía alguna por daños a otra propiedad legal del comprador, causados por el módulo solar, ni por lucro o ingresos cesantes, ni por periodos de inactividad y pérdida de producción, así como tampoco por daños que sean consecuencia de una parada técnica, ni por pérdida de datos, costes financieros, ni por ninguna otra clase de daño emergente, consecencial o indirecto. Esto también es de aplicación en la medida en que ha sido un tercero quien ha incurrido en tales daños o gastos. A este respecto, no se ve afectada la aplicación del seguro de conformidad con la Cobertura Total de SOLARWATT.

2. La responsabilidad de SOLARWATT por lo que respecta al cumplimiento de sus obligaciones derivadas de las presentes condiciones de garantía se limita en total al precio de compra del módulo solar defectuoso pagado a SOLARWATT.

3. Las limitaciones señaladas en las secciones I.1 e I.2 no son de aplicación si SOLARWATT es responsable de conformidad con la Ley alemana de Responsabilidad sobre los Productos en base a intencionalidad o negligencia grave o en base a lesiones producidas en miembros, o contra la vida y la salud. De modo similar, tampoco son de aplicación en caso de incumplimiento culpable de algún deber contractual importante. Los deberes contractuales importantes son aquellos cuyo cumplimiento constituye un requisito previo para la correcta realización del contrato, y cuyo cumplimiento el comprador espera que ocurra normalmente, y confía en que efectivamente, ocurra. No obstante, la responsabilidad en base a un incumplimiento de algún deber contractual importante se limita a la compensación por los daños previsibles y típicos para cada tipo de contrato respectivo, en la medida en que no se trate de un caso de intencionalidad dolosa o negligencia grave, ni de un caso de responsabilidad de conformidad con la Ley alemana de Responsabilidad sobre los Productos, ni de responsabilidad en base a lesiones producidas en miembros, o contra la vida o la salud.

#### **J Disposiciones finales**

1. Teniendo en cuenta que SOLARWATT proporciona las presentes condiciones de garantía en numerosos idiomas, si se produjera alguna controversia acerca del contenido de las condiciones de garantía entre las diversas versiones en idiomas distintos, la versión alemana de las presentes condiciones de garantía es el texto vinculante.

2. Las presentes condiciones de garantía están sometidas a la legislación alemana con la exclusión del conflicto de jurisdicciones y el Convenio de las NNUU sobre Contratos para la Venta Internacional de Productos.

3. Si alguna de las disposiciones de las presentes condiciones de garantía careciera de validez o así se declarase, la vigencia y validez de las disposiciones restantes no se vería afectada.

SOLARWATT GmbH, Dresde

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Detlef Neuhaus', is written over a horizontal dashed line.

Detlef Neuhaus  
Director Gerente  
Entidad que otorga la Garantía:

SOLARWATT GmbH  
Maria-Reiche-Str. 2a  
01109 Dresden  
Tel. +49 351 8895-0  
Fax +49 351 8895-111  
[info@solarwatt.de](mailto:info@solarwatt.de)  
[www.solarwatt.de](http://www.solarwatt.de)

## **ANEXO 2: ESPECIFICACIONES TECNICAS Y CERTIFICADOS DE CONFORMIDAD DEL INVERSOR**

# SUNNY TRIPOWER

## 15000TL / 20000TL / 25000TL



### Rentable

- Rendimiento máximo del 98,4 %

### Seguro

- Descargador de sobretensión de CC integrable (DPS tipo II)

### Flexible

- Tensión de entrada de CC hasta 1000 V
- Diseño de plantas perfecto gracias al concepto de multistring
- Pantalla opcional

### Innovador

- Innovadoras funciones de gestión de red gracias a Integrated Plant Control
- Suministro de potencia reactiva las 24 horas del día (Q on Demand 24/7)

## SUNNY TRIPOWER

### 15000TL / 20000TL / 25000TL

El especialista flexible para plantas comerciales y centrales fotovoltaicas de gran tamaño

El Sunny Tripower es el inversor ideal para plantas de gran tamaño en el sector comercial e industrial. Gracias a su rendimiento del 98,4 %, no solo garantiza unas ganancias excepcionalmente elevadas, sino que a través de su concepto de multistring combinado con un amplio rango de tensión de entrada también ofrece una alta flexibilidad de diseño y compatibilidad con muchos módulos fotovoltaicos disponibles.

La integración de nuevas funciones de gestión de energía como, por ejemplo, Integrated Plant Control, que permite regular la potencia reactiva en el punto de conexión a la red tan solo por medio del inversor, es una firme apuesta de futuro. Esto permite prescindir de unidades de control de orden superior y reducir los costes del sistema. El suministro de potencia reactiva las 24 horas del día (Q on Demand 24/7) es otra de las novedades que ofrece.

# SUNNY TRIPOWER

## 15000TL / 20000TL / 25000TL

### Datos técnicos

#### Entrada (CC)

Potencia máxima de CC (con  $\cos \varphi = 1$ )/potencia asignada de CC  
 Tensión de entrada máx.  
 Rango de tensión MPP/tensión asignada de entrada  
 Tensión de entrada mín./de inicio  
 Corriente máx. de entrada, entradas: A/B  
 Número de entradas de MPP independientes/strings por entrada de MPP

#### Salida (CA)

Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)  
 Potencia máx. aparente de CA  
 Tensión nominal de CA

Rango de tensión de CA

Frecuencia de red de CA/rango

Frecuencia asignada de red/tensión asignada de red

Corriente máx. de salida/corriente asignada de salida

Factor de potencia a potencia asignada/Factor de desfase ajustable

THD

Fases de inyección/conexión

#### Rendimiento

Rendimiento máx./europeo

#### Dispositivos de protección

Punto de desconexión en el lado de entrada

Monitorización de toma a tierra/de red

Descargador de sobretensión de CC: DPS tipo II

Protección contra polarización inversa de CC/resistencia al cortocircuito de CA/con separación galvánica

Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal

Clase de protección (según IEC 62109-1)/categoría de sobretensión (según IEC 62109-1)

#### Datos generales

Dimensiones (ancho/alto/fondo)

Peso

Rango de temperatura de servicio

Emisión sonora, típica

Autoconsumo nocturno

Topología/principio de refrigeración

Tipo de protección (según IEC 60529)

Clase climática (según IEC 60721-3-4)

Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)

#### Equipamiento / función / accesorios

Conexión de CC/CA

Pantalla

Interfaz: RS485, Speedwire/Webconnect

Interfaz de datos: SMA Modbus / SunSpec Modbus

Relé multifunción/Power Control Module

OptiTrack Global Peak/Integrated Plant Control/Gen Demand 24/7

Compatible con redes aisladas/con SMA Fuel Save Controller

Garantía: 5/10/15/20 años

Certificados y autorizaciones previstos

\* No es válido para todas las ediciones nacionales de la norma EN 50438

### Sunny Tripower 15000TL

15330 W/15330 W

1000 V

240 V a 800 V/600 V

150 V/188 V

33 A/33 A

2/A:3; B:3

15000 W

15000 VA

3 / N / PE; 220 V / 380 V

3 / N / PE; 230 V / 400 V

3 / N / PE; 240 V / 415 V

180 V a 280 V

50 Hz/44 Hz a 55 Hz

60 Hz/54 Hz a 65 Hz

50 Hz/230 V

29 A/21,7 A

1/0 inductivo a 0 capacitivo

≤ 3%

3/3

98,4%/98,0%

●  
● / ●  
○  
● / ● / -  
●

I / AC: III; DC: II

661/682/264 mm (26,0/26,9/10,4 in)

61 kg (134,48 lb)

-25 °C a +60 °C (-13 °F a +140 °F)

51 dB(A)

1 W

Sin transformador/OptiCool

IP65

4K4H

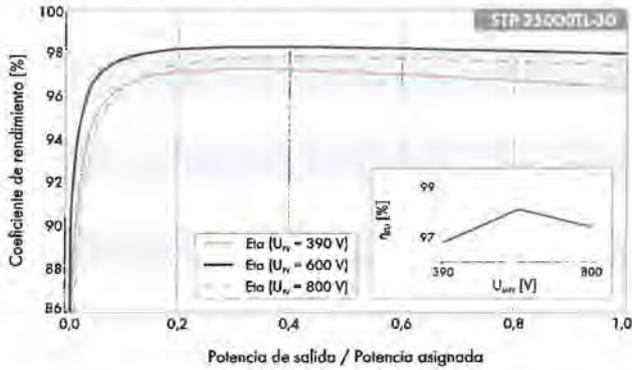
100%

SUNCLIX/Borne de conexión por resorte

○  
○ / ●  
● / ●  
○ / ○  
● / ● / ●  
● / ●  
● / ○ / ○ / ○

ANRE 30, AS 4777, BDEW 2008, C10/11:2012, CE, CEI 0-16, CEI 0-21, EN 50438:2013\*,  
 GS9/3, IEC 60068-2-x, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, NBR 16149,  
 NEN EN 50438, NRS 097-2-1, PPC, RD 1699/413, RD 661/2007, Res n°7:2013, SI4777,  
 TOR D4, TR 3.2.2, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, VFR 2014

## Curva de rendimiento



### Datos técnicos

#### Entrada (CC)

Potencia máxima de CC (con  $\cos \varphi = 1$ ) / potencia asignada de CC

Tensión de entrada máx.

Rango de tensión MPP / tensión asignada de entrada

Tensión de entrada mín. / de inicio

Corriente máx. de entrada, entradas: A/B

Número de entradas de MPP independientes / strings por entrada de MPP

#### Salida (CA)

Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)

Potencia máx. aparente de CA

Tensión nominal de CA

Rango de tensión de CA

Frecuencia de red de CA / rango

Frecuencia asignada de red / tensión asignada de red

Corriente máx. de salida / corriente asignada de salida

Factor de potencia a potencia asignada / Factor de desfase ajustable

THD

Fases de inyección / conexión

#### Rendimiento

Rendimiento máx. / europeo

#### Dispositivos de protección

Punto de desconexión en el lado de entrada

Monitorización de toma a tierra / de red

Descargador de sobretensión de CC: DPS tipo II

Protección contra polarización inversa de CC / resistencia al cortocircuito de CA / con separación galvánica

Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal

Clase de protección (según IEC 62109-1) / categoría de sobretensión (según IEC 62109-1)

#### Datos generales

Dimensiones (ancho/alto/fondo)

Peso

Rango de temperatura de servicio

Emisión sonora, típica

Autoconsumo nocturno

Topología / principio de refrigeración

Tipo de protección (según IEC 60529)

Clase climática (según IEC 60721-3-4)

Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)

#### Equipamiento / función / accesorios

Conexión de CC/CA

Pantalla

Interfaz: RS485, Speedwire/Webconnect

Interfaz de datos: SMA Modbus / SunSpec Modbus

Relé multifunción / Power Control Module

OptiTrack Global Peak / Integrated Plant Control / Q on Demand 24/7

Compatible con redes aisladas / con SMA Fuel Save Controller

Garantía: 5/10/15/20 años

Certificados y autorizaciones (otros a petición)

\* No es válido para todas las ediciones nacionales de la norma EN 50436

## Accesorios



Interfaz RS485  
DM-485CB-10



Power Control Module  
PWCMOD-10



Descargador de sobretensión  
de CC tipo II, entradas A y B  
DCSPD KIT3-10



Relé multifunción  
MFR01-10

● De serie ○ Opcional - No disponible  
Datos en condiciones nominales  
Actualizado: mayo de 2016

### Sunny Tripower 20000TL

20440 W / 20440 W  
1000 V  
320 V a 800 V / 600 V  
150 V / 188 V  
33 A / 33 A  
2/A;3; B:3

20000 W  
20000 VA

3 / N / PE; 220 V / 380 V  
3 / N / PE; 230 V / 400 V  
3 / N / PE; 240 V / 415 V  
180 V a 280 V  
50 Hz / 44 Hz a 55 Hz  
60 Hz / 54 Hz a 65 Hz  
50 Hz / 230 V

29 A / 29 A

1/0 inductivo a 0 capacitivo  
≤ 3%  
3/3

98,4% / 98,0%

### Sunny Tripower 25000TL

25550 W / 25550 W  
1000 V  
390 V a 800 V / 600 V  
150 V / 188 V  
33 A / 33 A  
2/A;3; B:3

25000 W  
25000 VA

3 / N / PE; 220 V / 380 V  
3 / N / PE; 230 V / 400 V  
3 / N / PE; 240 V / 415 V  
180 V a 280 V  
50 Hz / 44 Hz a 55 Hz  
60 Hz / 54 Hz a 65 Hz  
50 Hz / 230 V

36,2 A / 36,2 A

1/0 inductivo a 0 capacitivo  
≤ 3%  
3/3

98,3% / 98,1%

●  
● / ●  
○  
● / ● / -  
●  
I / AC; III; DC; II

661/682/264 mm (26,0/26,9/10,4 in)  
61 kg (134,48 lb)

-25 °C a +60 °C (-13 °F a +140 °F)

51 dB(A)

1 W

Sin transformador / OptiCool

IP65

4K4H

100%

SUNCLIX / Borne de conexión por resorte

○  
○ / ●  
● / ●  
○ / ○  
● / ● / ●  
● / ●  
● / ○ / ○

ANRE 30, AS 4777, BDEW 2008, C10/11:2012, CE, CEI 0-16, CEI 0-21, EN 50438:2013\*,  
G59/3, IEC 60068-2-x, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, MEA 2013, NBR 16149,  
NEN EN 50438, NKS 097-2-1, PEA 2013, PPC, RD 1699/413, RD 661/2007, Res n°7-2013,  
SI4777, TOR D4, TR 3.2.2, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDEAR-N 4105, VFR 2014

**www.SunnyPortal.com**

Monitorización, gestión y presentación profesionales de plantas fotovoltaicas



S720001-300ES 1.025.V10 SMA y Sunny-Server sind Markenregistrierte von SMA Solar Technology AG. SUNCEK ist eine Marke registrierte von PHOENIX CONTACT GmbH & Co. KG. Ingresso en papel FSC. No estamos el derecho de realizar cambios en productos y servicios, incluyendo los instalados por cualquier proveedor, de cada país, así como modificaciones en los datos técnicos. SMA no asume ninguna responsabilidad por errores o falta de impresión. Para obtener información actualizada consulte la página web www.SMA-Solar.com.

**www.SMA-Iberica.com**

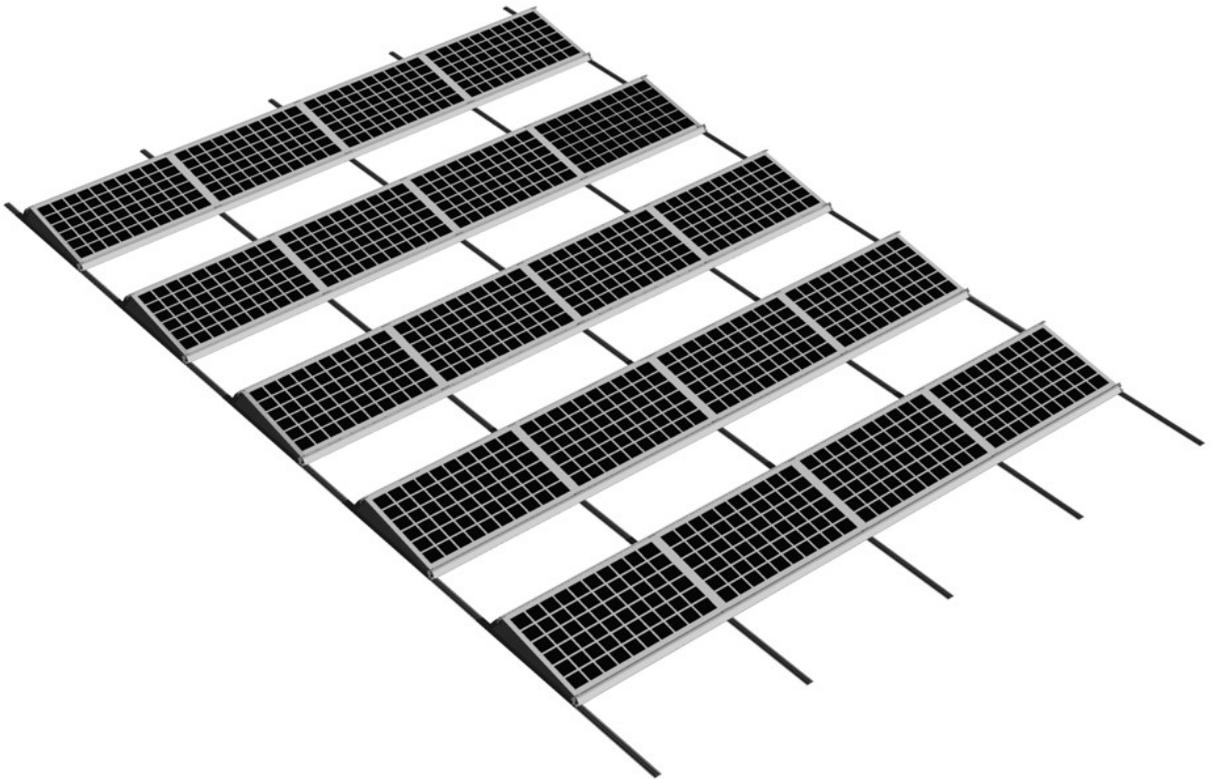
**SMA Solar Technology**

## **ANEXO 3: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CERTIFICADO DE CARGAS SOBRE LA CUBIERTA.**

# JUSTIFICACIÓN DE CÁLCULOS

## ESTRUCTURA AUTOPORTANTE

### 10° 1AH



# ÍNDICE

1. MEMORIA DESCRIPTIVA.
2. MEMORIA DE CÁLCULO.
  - 2.1 Materiales utilizados.
  - 2.2 Bases de cálculo.
3. CÁLCULOS.
  - 3.1 Comprobación a resistencia del APOYO 1AH 10°.
  - 3.2 Comprobación a resistencia de la MATRIZ 5x4 paneles.
  - 3.3 Comprobación de las piezas de fijación ZETA y OMEGA.
  - 3.4 Resumen comprobación aerodinámica.

# 1.MEMORIA DESCRIPTIVA

El presente documento desarrolla los cálculos justificativos de una estructura metálica diseñada por la empresa SUPORTS Desarrollo y Soluciones S.L. para ser soporte de módulos fotovoltaicos en instalaciones sobre cubierta.

Se trata de una estructura autoportante dispuesta en forma de matrices sobre cubierta plana.

La instalación consta de un número determinado de paneles, formando matrices del tipo de las estudiadas en el presente informe, solares fotovoltaicos dispuestos en posición horizontal (lado largo en horizontal) de dimensiones aproximadas 1670x990x50 mm y alrededor de 20 Kg de peso por panel.

Se comprobará en el presente documento por un lado un apoyo aislado, por otro la matriz tipo y finalmente se resumirá la comprobación aerodinámica realizada.

## NORMATIVA DE APLICACIÓN

La normativa de aplicación para la realización de los cálculos estructurales objeto de esta memoria se detalla a continuación:

► RD 314/2006, de 17 de Marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, aplicándose las exigencias básicas desarrolladas en los documentos básicos siguientes:

- DB SU Seguridad de utilización.
- DB HE Ahorro de energía.
- DB SE Seguridad Estructural:
  - DB SE-AE Acciones en la Edificación.
  - DB SE-C Cimientos.
  - DB SE-A Acero.

► EHE Instrucción de Hormigón Estructural.

► EAE Instrucción de Acero Estructural.

► Eurocódigo 9: Proyecto de estructuras de Aluminio.

## 2.MEMORIA DE CÁLCULO

### 2.1 Materiales utilizados

El **aluminio** utilizado será la aleación 6063-T6 o de características superiores, debido a su facilidad de extrusión, unas características mecánicas adecuadas y un excelente comportamiento natural en ambiente rural e industrial.

La composición química del aluminio viene caracterizada por los siguientes valores en %: Si 0.2-0.6, Fe 0.35, Cu 0.1, Mn 0.1, Mg 0.45-0.9, Cr 0.10, Zn 0.10, Ti 0.1 Otros 0.15 y Aluminio el resto.

Las propiedades físicas y mecánicas más destacables son las siguientes:

- Carga de rotura  $R_m$  215 N/mm<sup>2</sup>
- Límite elástico 170 N/mm<sup>2</sup>
- Densidad 2,70 kg/dm<sup>3</sup>
- Coeficiente de dilatación por °C (20°-100°)  $23,5 \times 10^{-6}$
- Conductividad térmica 201 W/Mk y 0,48 cal/cm.s. °C
- Resistividad  $3,3 \mu \Omega \times \text{cm}^2/\text{cm}$
- Módulo elástico 68.600 N/mm<sup>2</sup>

La tornillería será de **acero inoxidable**. Resiste la corrosión (herrumbre) en muchos ambientes, especialmente en la atmósfera. El cromo es el principal elemento de la aleación, en una concentración mínima del 11%. La resistencia a la corrosión mejora con adiciones de níquel y molibdeno.

Los aceros inoxidables se clasifican en función de la microestructura constituyente: martensítica, ferrítica o austenítica. La amplia gama de propiedades mecánicas combinadas con la excelente resistencia a la corrosión hacen que este tipo de acero sea muy versátil.

Por el tipo de aplicación para la que se va a utilizar, Suports utilizará acero inoxidable austenítico de tipo A2-70.

A continuación se adjunta una tabla con las características químicas, mecánicas y físicas del material utilizado.

### 2.2 Bases de cálculo

#### ACCIONES PERMANENTES:

##### Peso propio

Como acciones permanentes debidas al peso propio se han tenido en cuenta las siguientes:

Peso unitario **módulos fotovoltaicos** de unos 20 kg 20x20 = **400 Kg**

Peso de los **elementos estructurales de aluminio** (2700 kg/m<sup>3</sup>):

TOTAL PIEZAS ALUMINIO = 55 Kg

TOTAL CHAPAS ALUMINIO = 45 Kg

**TOTAL PESOS:** 400 + 55 + 45 = **500 Kg por MATRIZ** + tornillería + contrapesos

O lo que es lo mismo:  $500/61\text{m}^2 = \mathbf{8,20 \text{ Kg/m}^2}$

## ACCIONES VARIABLES:

### Viento

La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre la estructura y las fuerzas resultantes dependen de la forma y de las dimensiones de la misma, de las características y de la permeabilidad de su superficie, así como de la dirección, de la intensidad y del racheo del viento.

Todos estos aspectos se han tenido en cuenta según lo indicado en el apartado 3.3 del DB-SE-A.

Para la estructura objeto de cálculo se han tenido en cuenta los siguientes parámetros:

- Zona eólica: ZONA C (velocidad básica del viento de 29 m/s) ( $q_b=0,52 \text{ kN/m}^2$ )
  - Coeficiente de exposición: Zona urbana en general, industrial o forestal y 18 m ( $c_e=2,2$ )
  - Coeficiente de presión exterior: Cubierta a un agua viento por delante a  $10^\circ$  ( $c_p=-0,45$ ,  $c_p=0,1$ )
  - Coeficiente de presión exterior: Cubierta a un agua viento por detrás a  $10^\circ$  ( $c_p=-0,85$ )
  - Coeficiente de presión exterior: Marquesina a un agua valor máx.: ( $c_p=0,5$  y  $c_p=-1,4$ )
- Coeficiente global de fuerza.

### Nieve

La distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre la estructura, depende del clima del lugar, del tipo de precipitación, del relieve del entorno, de la forma de la cubierta, de los efectos del viento, y de los intercambios térmicos.

Como valor de cálculo para la nieve hemos utilizado  $0,50 \text{ kN/m}^2$  (Tabla E2 del anejo E del CTE).

Los cálculos desarrollados en este documento son únicamente válidos para las condiciones de emplazamiento detalladas para las acciones variables de Viento y Nieve. Cualquier variación en las características del emplazamiento de esta estructura que de lugar a condiciones más desfavorables anula los cálculos desarrollados en este documento.

## VERIFICACIONES. HIPÓTESIS Y COMBINACIONES

Se ha llevado a cabo la verificación de los estados límite mediante coeficientes parciales, para la determinación del efecto de las acciones, así como de la respuesta estructural, utilizándose los valores de cálculo de las variables, obtenidos a partir de sus valores característicos, u otros valores representativos, multiplicándolos o dividiéndolos por los correspondientes coeficientes parciales para las acciones y la resistencia, respectivamente.

### Combinación de acciones

El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- a) todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ( $\gamma_G \cdot G_k$ ), incluido el pretensado ( $\gamma_P \cdot P$ ).

- b) una acción variable cualquiera, en valor de cálculo (  $\gamma Q \cdot Q_k$  ), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- c) el resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación (  $\gamma Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k$  ).

Los valores de los coeficientes de seguridad,  $\gamma$ , para la aplicación de los Documentos Básicos del CTE, se establecen en la tabla 4.1 para cada tipo de acción, atendiendo para comprobaciones de resistencia a si su efecto es desfavorable o favorable, considerada globalmente.

Para comprobaciones de estabilidad, se diferenciará, aun dentro de la misma acción, la parte favorable (la estabilizadora), de la desfavorable (la desestabilizadora).

Los valores de los coeficientes de simultaneidad,  $\psi$ , para la aplicación de los Documentos Básicos del CTE, se establecen en la tabla 4.2

El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación extraordinaria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión:

$$\sum_{j<1} G_{k,j} + P + A_d + \sum_{i<1} \psi_{2,i} * Q_{k,i}$$

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- a) Todas las acciones permanentes, en valor de cálculo (  $\gamma G \cdot G_k$  ), incluido el pretensado (  $\gamma P \cdot P$  );
- b) Una acción accidental cualquiera, en valor de cálculo (  $A_d$  ), debiendo analizarse sucesivamente con cada una de ellas.
- c) Una acción variable, en valor de cálculo frecuente (  $\gamma Q \cdot \psi_1 \cdot Q_k$  ), debiendo adoptarse como tal, una tras otra sucesivamente en distintos análisis con cada acción accidental considerada.
- d) El resto de las acciones variables, en valor de cálculo casi permanente (  $\gamma Q \cdot \psi_2 \cdot Q_k$  ).

En situación extraordinaria, todos los coeficientes de seguridad ( $\gamma G$ ,  $\gamma P$ ,  $\gamma Q$ ), son iguales a cero si su efecto es favorable, o a la unidad si es desfavorable, en los términos anteriores.

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) para las acciones

Tipo de verificación <sup>(1)</sup>	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
		<b>desestabilizadora</b>	<b>estabilizadora</b>
Estabilidad	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

<sup>(1)</sup> Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

### 3.CÁLCULOS

De acuerdo con lo descrito anteriormente la estructura se ha calculado empleando el programa METAL 3D.

El programa considera un comportamiento elástico y lineal de los materiales.

Las barras definidas son elementos lineales.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, el programa comprueba y dimensiona las barras de la estructura según criterios límite:

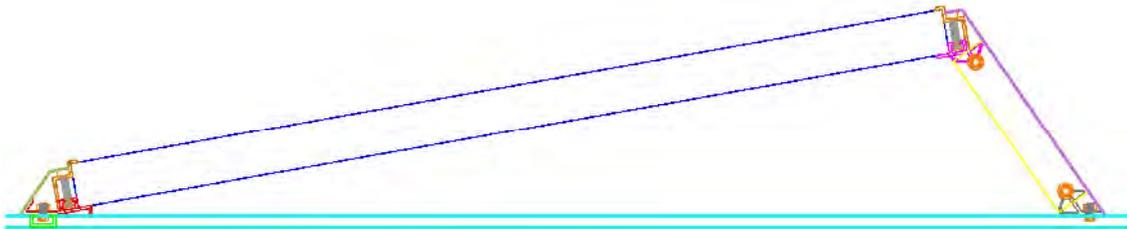
- . Tensión.
- . Esbeltez.
- . Flecha.
- . Otras comprobaciones.

Las hipótesis simples de carga consideradas son las siguientes:

- Carga permanente (G) + PESO PROPIO (PP).
- Viento 1 SUCCIÓN (V1); 0 grados.
- Viento 2 PRESIÓN (V2); 180 grados.
- Sobrecarga de nieve (N).

#### 3.1 Comprobación del APOYO 1AH 10°.

Comprobamos el apoyo cuya geometría se detalla a continuación:



#### Determinación de las cargas

**VIENTO:**  $q_e = q_b \times c_e \times c_p$  (3.3.2 Acción del viento, DB SE-AE)

$$q_b = 0,52 \text{ KN/m}^2 \text{ (anejo D, } V_b = 29 \text{ m/s Zona C)}$$

$$c_e \text{ (IV,18)} = 2,2 \text{ (Tabla 3.3)}$$

$$c_p = (-1,4)$$

$$c_p = 0,5$$

$$q_e = 0,52 \times 2,2 \times (-1,4) = (-1,6016) \text{ KN/m}^2 = \mathbf{(- 160,16) \text{ Kg/m}^2} \text{ (SUCCIÓN)}$$

$$q_e = 0,52 \times 2,2 \times 0,5 = 0,5720 \text{ KN/m}^2 = \mathbf{57,20 \text{ Kg/m}^2} \text{ (PRESIÓN)}$$

**NIEVE:**

$$0,50 \text{ KN/m}^2 = \mathbf{50 \text{ Kg/m}^2}$$

**PESO PROPIO:**

Peso panel: 20 Kg

Superficie panel:  $1,67 \times 1,00 = 1,67 \text{ m}^2$

$20 \text{ Kg} / 1,67 \text{ m}^2 = 12,00 \text{ Kg/m}^2$

**Ámbito de carga:**  $S = (1,67 \times 1,00) = 1,67 \text{ m}^2$

Las cargas a tener en cuenta son:

$V_1 = (-160,16) \text{ Kg/m}^2 \times 1,67 \text{ m}^2 = (-267,47) \text{ Kg}$  (V1 SUCCIÓN)

$V_2 = 57,28 \text{ Kg/m}^2 \times 1,67 \text{ m}^2 = 95,52 \text{ Kg}$  (V2 PRESIÓN)

$N = 50 \text{ Kg/m}^2 \times 1,67 \text{ m}^2 = 83,50 \text{ Kg}$  (NIEVE)

$PP = 12,00 \text{ Kg/m}^2 \times 1,67 \text{ m}^2 = 20 \text{ Kg}$  (PESO PROPIO)

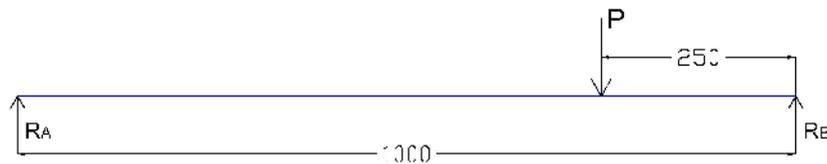
Estas cargas se repartirán sobre la estructura de la siguiente manera:

La nieve y el peso propio a partes iguales entre los puntos de fijación, esto es:

**N = 42 Kg (NIEVE en cada fijación)**

**PP = 10 Kg (PESO PROPIO en cada fijación)**

Las cargas de viento  $V_1$  y  $V_2$  según el equilibrio de momentos que resulta de repartir las cargas considerando la resultante de la acción del viento actuando a una distancia  $d/4$  medida desde el borde de barlovento (parte alta de la estructura), como establece el CTE- en su Documento Básico SE-AE.



Siendo  $L = 1000$ ,  $L/4 = 250$

$$\sum M_A = 0 \quad Px(1000-250) - R_Bx1000 = 0$$

$$R_B = 0,75xP$$

$$R_A = 0,25xP$$

$$V_1 = -267,47 \times 0,75 = -200,60 \text{ Kg} \quad (V_1 \text{ SUCCIÓN ranurado superior})$$

$$V_1 = -267,47 \times 0,25 = -66,87 \text{ Kg} \quad (V_1 \text{ SUCCIÓN ranurado inferior})$$

$$V_2 = 95,52 \times 0,75 = 71,64 \text{ Kg} \quad (V_2 \text{ PRESIÓN ranurado superior})$$

$$V_2 = 95,52 \times 0,25 = 23,88 \text{ Kg} \quad (V_2 \text{ PRESIÓN ranurado inferior})$$



### 3.2 Comprobación de la MATRIZ 5x4 paneles.

Comprobamos la matriz compuesta por 5 filas de 4 paneles.  
La sección lateral de la matriz es la siguiente:



#### Determinación de las cargas

**VIENTO:**  $q_e = q_b \times c_e \times c_p$  (3.3.2 Acción del viento, DB SE-AE)

$$q_b = 0,52 \text{ KN/m}^2 \text{ (anejo D, } V_b = 29 \text{ m/s Zona C)}$$

$$c_e \text{ (IV,18)} = 2,2 \text{ (Tabla 3.3)}$$

$$c_p = (-1,4)$$

$$c_p = 0,5$$

$$q_e = 0,52 \times 2,2 \times (-1,4) = (-1,6016) \text{ KN/m}^2 = \mathbf{(- 160,16) \text{ Kg/m}^2} \text{ (SUCCIÓN)}$$

$$q_e = 0,52 \times 2,2 \times 0,5 = 0,5720 \text{ KN/m}^2 = \mathbf{57,20 \text{ Kg/m}^2} \text{ (PRESIÓN)}$$

#### NIEVE:

$$0,50 \text{ KN/m}^2 = \mathbf{50 \text{ Kg/m}^2}$$

#### PESO PROPIO:

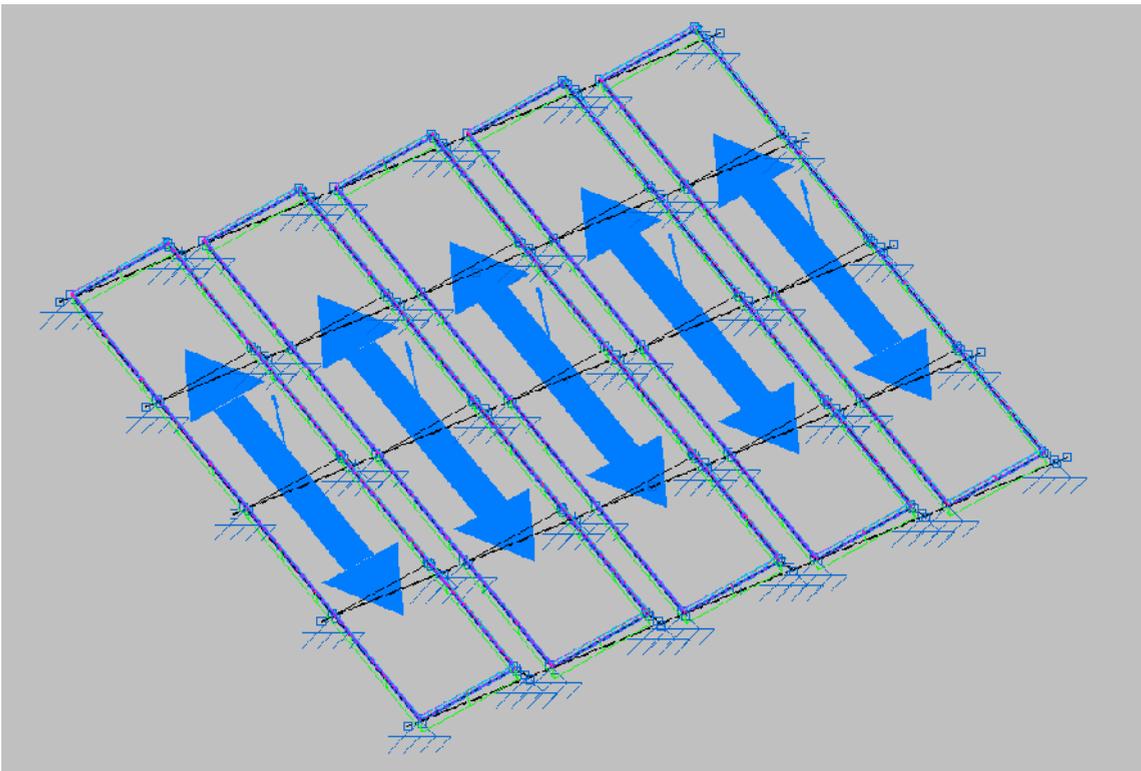
Peso panel: 20 Kg

$$\text{Superficie panel: } 1,67 \times 1,00 = 1,67 \text{ m}^2$$

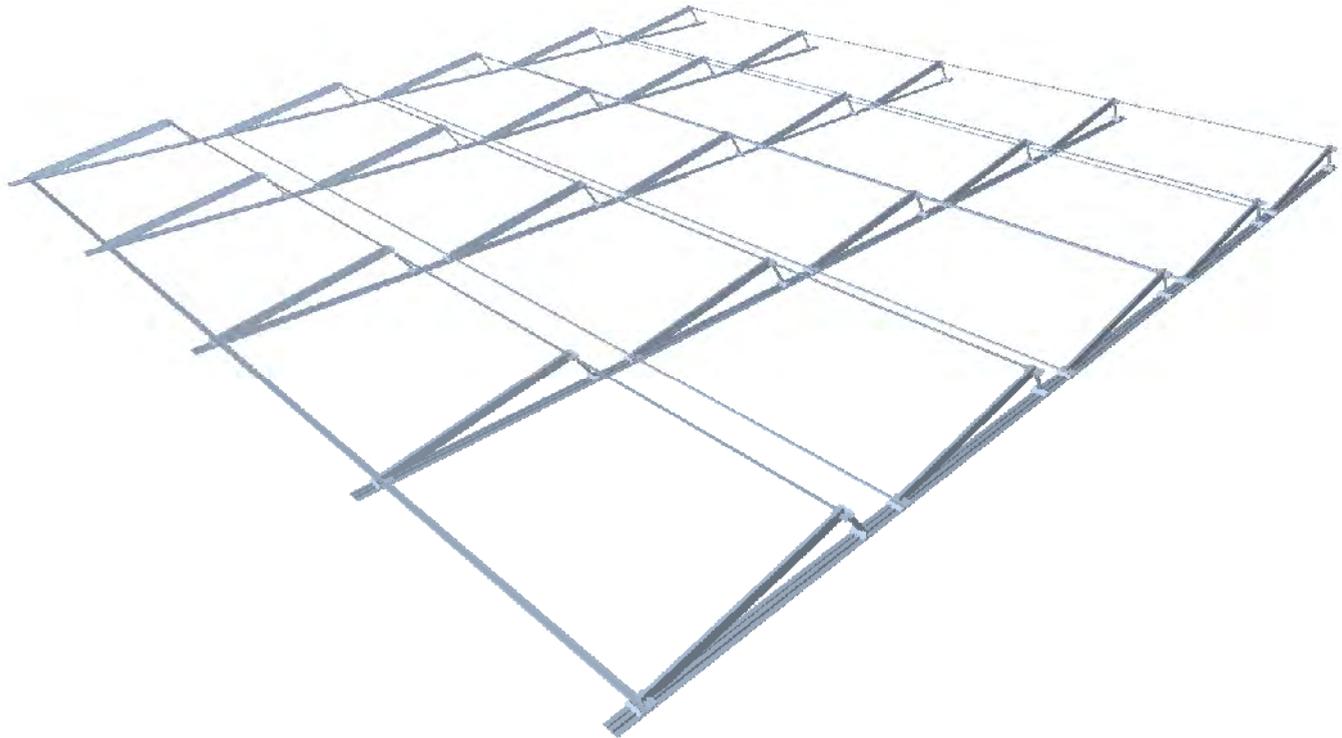
$$20 \text{ Kg} / 1,67 \text{ m}^2 = \mathbf{12,00 \text{ Kg/m}^2}$$

$$\mathbf{\text{Ámbito de carga: } S = (1,67 \times 1,00) = 1,67 \text{ m}^2}$$

Estas cargas se repartirán sobre la estructura como cargas superficiales en cada uno de los paños que forma el plano de los paneles.



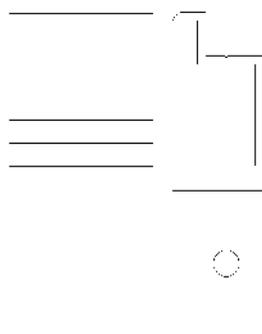
La matriz se materializa de la manera siguiente:



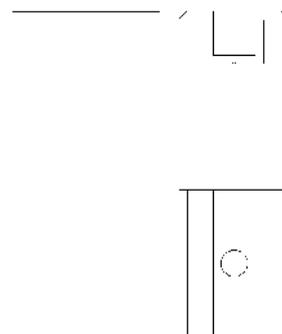
### 3.3 Comprobación de las piezas de fijación ZETA y OMEGA.

#### Introducción

El presente apartado contiene los cálculos relativos a la comprobación de resistencia a Estados Límite Últimos de las piezas Zeta y Omega diseñadas para sostener módulos fotovoltaicos. Los módulos se disponen a una altura en posición horizontal con inclinación de  $10^\circ$  respecto de la horizontal. Dichos módulos consisten en paneles de 1670 mm de longitud, 1000 mm de ancho y 50 mm de grosor, con un peso por módulo de 20 kg.



Pieza de fijación ZETA



Pieza de fijación OMEGA

## Bases de cálculo

### Instrucción y normas de aplicación

En el proyecto de los elementos estructurales se han tenido en cuenta las normas e instrucciones que se relacionan a continuación:

- RD 314/2006, de 17 de Marzo , por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, aplicándose las exigencias básicas desarrolladas en los documentos básicos siguientes:
  - DB SU Seguridad de utilización.
  - DB HE Ahorro de energía.
  - DB SE Seguridad Estructural:
    - DB SE-AE Acciones en la Edificación.
    - DB SE-A Acero.
- EUROCÓDIGO 9: PROYECTO DE ESTRUCTURAS DE ALUMINIO
  - EN1999-1-1. Reglas Generales y Reglas para Edificación.
  - EN1999-1-2. Reglas para el Proyecto de Estructuras de Aluminio frente al fuego.
  - EN1999-1-3. Resistencia a Fatiga de las Estructuras de Aluminio.
  - EN1999-1-4. Chapas de Espesor Reducido.
  - EN1999-1-5. Estructuras Laminares.

### Materiales

- Aluminio 6063-T6

### Valores característicos de las acciones

- Cargas permanentes:
  - Peso propio
  - Aluminio:  $2700 \text{ kg/m}^3$
  - Módulos: 20 kg por módulo.
- Cargas variables:
  - Viento:  $160,16 \text{ kg/m}^2$  (según cálculos).

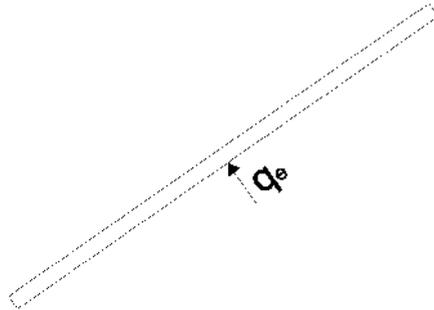
### Hipótesis de carga y coeficientes

Los cálculos se realizan para la hipótesis de carga más desfavorable que solicita las piezas de fijación, que implica la combinación de la acción del viento a Barlovento con el peso propio, con la aplicación de unos coeficientes de mayoración.

Estos coeficientes son de 0,80 para peso propio (situación persistente favorable) y de 1,5 para la acción del viento.

Las combinaciones de carga son las siguientes:            peso propio + viento

## Determinación de la carga de viento



$q_e = q_b \times c_e \times c_p$  (3.3.2 Acción del viento, DB SE-AE).

$$q_b = 0,52 \text{ kN/m}^2$$

$$c_e \text{ (IV,18)} = 2,2 \text{ Tabla 3.3}$$

$$c_p = 1,4$$

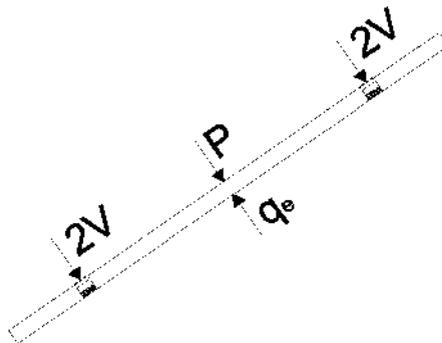
$$q_e = 0,52 \times 2,2 \times 1,4 = 1,6016 \text{ KN/m}^2 = 160,16 \text{ N/m}^2 = 160,16 \text{ Kg/m}^2$$

$$S = 1,67 \times 1,00 = 1,67 \text{ m}^2 \text{ (Superficie de la placa).}$$

$$Q_e = q_e \times S = 160,16 \text{ Kg/m}^2 \times 1,67 \text{ m}^2 = \mathbf{267,47 \text{ Kg}}$$

## Justificación de la pieza de fijación ZETA.

- Situación de cargas:



$$\sum F = 0 \quad Q_e - 4V - P = 0$$

$$Q_e \times (1,5 \text{ desfavorable}) = 4V + P \times (0,80 \text{ favorable})$$

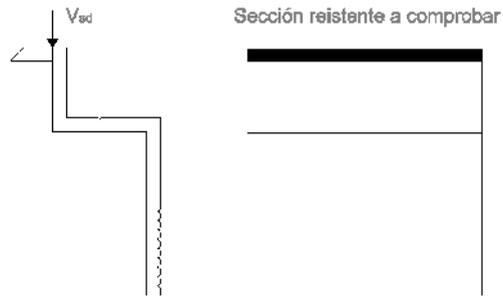
$$267,47 \times 1,5 = 4V + 20 \times 0,80$$

$$401,20 = 4V + 16$$

$$(401,20 - 16) / 4 = V = \mathbf{96,30 \text{ Kg}}$$

- Comprobación frente a Estados Límite Últimos.

$$V = 96,30 \text{ Kg} \quad V_{sd} = 96,30 \text{ Kg} \times 9,8 = 943,74 \text{ N}$$



$$\text{Condición: } V_{sd} \leq V_{pl,Rd} = (A_v \times f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} \quad ; \quad A_v = 1,04 \times h \times t_w$$

$h$  = altura (mm)

$t_w$  = espesor (mm)

$f_y = 170 \text{ N/mm}^2$  Límite elástico del Aluminio utilizado

$\gamma_{M0} = 1,1$

$$A_v = 1,04 \times 3 \times 50 = 156 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = (156 \times (170/\sqrt{3})) / 1,1 = 15311,3 / 1,1 = 13.919,39 \text{ N} \geq 943,74 = V_{sd} \text{ CUMPLE}$$

- Comprobación de la resistencia del tornillo.

$$\text{Condición: } 943,74 \text{ N} = F_{t,sd} \leq F_{p,cd} = 0,7 \times f_{ub} \times A_s$$

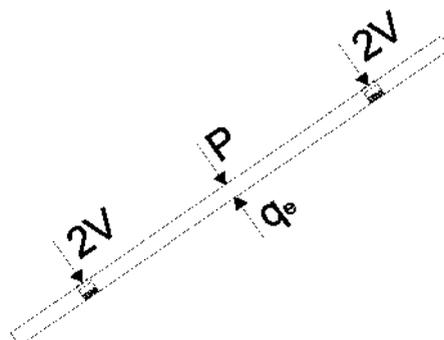
Características del tornillo:

- M8 5.6 (Calidad del acero)
- $f_{ub} = 700 \text{ N/mm}^2$  (Resistencia a tracción)
- $A_s = 37 \text{ mm}^2$  (Área resistente)

$$F_{p,cd} = 0,7 \times f_{ub} \times A_s = 0,7 \times 700 \times 37 = 18.130,00 \text{ N} \geq 943,74 \text{ N} = F_{t,sd} \text{ CUMPLE}$$

**Justificación de la pieza de fijación OMEGA.**

- Situación de cargas:



$$\sum F = 0 \quad Q_e - 4V - P = 0$$

$$Q_e \times (1,5 \text{ desfavorable}) = 4V + P \times (0,80 \text{ favorable})$$

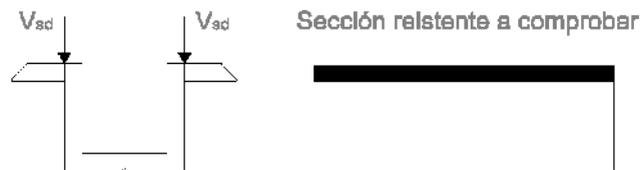
$$267,47 \times 1,5 = 4V + 20 \times 0,80$$

$$401,20 = 4V + 16$$

$$(401,20 - 16) / 4 = V = \mathbf{96,30 \text{ Kg}}$$

- Comprobación frente a Estados Límite Últimos.

$$V = \mathbf{96,30 \text{ Kg}} \quad V_{sd} = 96,30 \text{ Kg} \times 9,8 = \mathbf{943,74 \text{ N}}$$



$$\text{Condición: } V_{sd} \leq V_{pl,Rd} = (A_v \times f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} \quad ; \quad A_v = 1,04 \times h \times t_w$$

$h$  = altura (mm)

$t_w$  = espesor (mm).

$f_y = 170 \text{ N/mm}^2$  Límite elástico del Aluminio utilizado

$\gamma_{M0} = 1,1$

$$A_v = 1,04 \times 3 \times 50 = \mathbf{156 \text{ mm}^2}$$

$$V_{pl,Rd} = (156 \times (170 / \sqrt{3})) / 1,1 = 15.311,33 / 1,1 = \mathbf{13.919,39 \text{ N}} \geq \mathbf{943,74 = V_{sd}} \quad \mathbf{CUMPLE}$$

- Comprobación de la resistencia del tornillo.

$$\text{Condición: } 943,47 \text{ N} = F_{t,sd} \leq F_{p,cd} = 0,7 \times f_{ub} \times A_s$$

Características del tornillo:

- M8 5.6 (Calidad del acero)
- $f_{ub} = 700 \text{ N/mm}^2$  (Resistencia a tracción)
- $A_s = 37 \text{ mm}^2$  (Área resistente)

$$F_{p,cd} = 0,7 \times f_{ub} \times A_s = 0,7 \times 700 \times 37 = \mathbf{18.130,00 \text{ N}} \geq \mathbf{943,47 \text{ N} = F_{t,sd}} \quad \mathbf{CUMPLE}$$

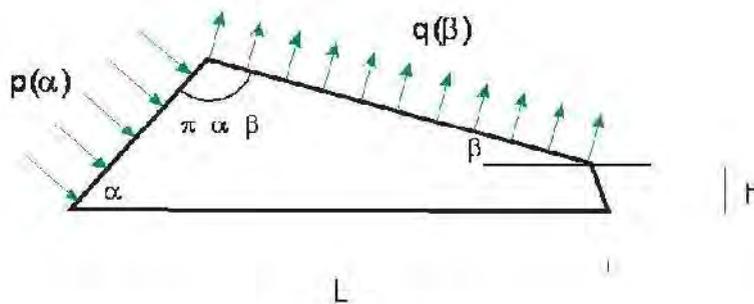
### 3.4 Comprobación aerodinámica.

Para realizar las comprobaciones relativas al comportamiento aerodinámico de la estructura analizada contamos con un Instituto Tecnológico que junto con la tutorización del personal técnico de Suports hicieron un desarrollo previo y unos cálculos mediante el programa informático ANSYS de manera que obtuvieron los resultados que se resumen a continuación.

Para la realización de dicho informe se ha tomado como referencia el CTE-DB-SE-AE (acciones en la edificación).

El trabajo consistió en dos fases.

La fase 1 de análisis, de acuerdo con la normativa española, del comportamiento del sistema para diferentes inclinaciones.



A partir de los resultados se define la matriz a analizar en fase 2.

En la fase 2 se realiza un modelo matemático que permite simular el flujo del aire sobre la superficie de la estructura con objeto de determinar las reacciones sobre el terreno y, a partir de ellas, analizar la estabilidad cinemática de la estructura.

La normativa utilizada fue el CTE DB-SE-AE (Acciones en la edificación). Se realizan los cálculos para los parámetros:

$q_b$  : presión dinámica para zona C con el valor de  $0,52 \text{ kN/m}^2$ .

$q_b = 0,52 \text{ kN/m}^2$

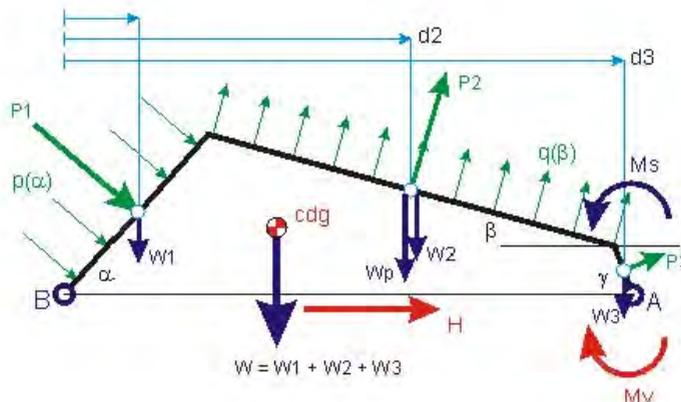
$c_e$ : coeficiente de exposición determinado en función del grado de aspereza del entorno y de la altura sobre el terreno del punto considerado. Elegimos grado IV y altura de 18 m.

$c_e = 2,2$

$c_p$ : coeficiente de presión eólica dependiente del ángulo de incidencia del viento y de si su efecto es de presión o de succión.

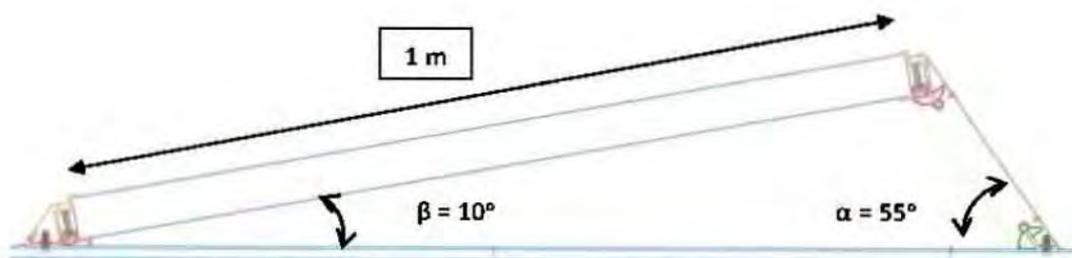
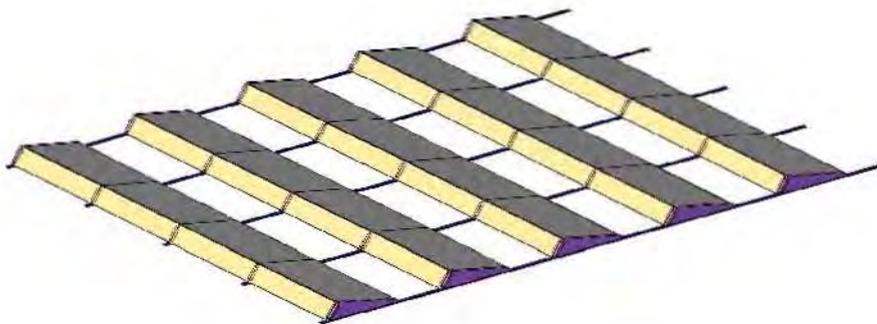
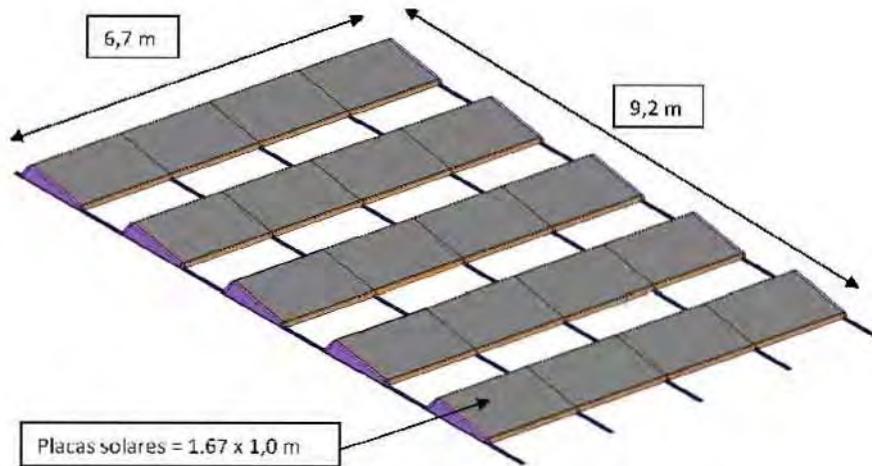
$c_p = 0,7$

Se definen las acciones generadas como muestra el siguiente gráfico.



La estructura definida y analizada está realizada en su mayoría por perfiles de aluminio. La instalación siempre se realiza mediante una matriz de paneles formada por filas arriostradas formando una matriz de 5 filas y 4 columnas, cada fila soporta cuatro placas solares formando un cajón en forma de cuña.

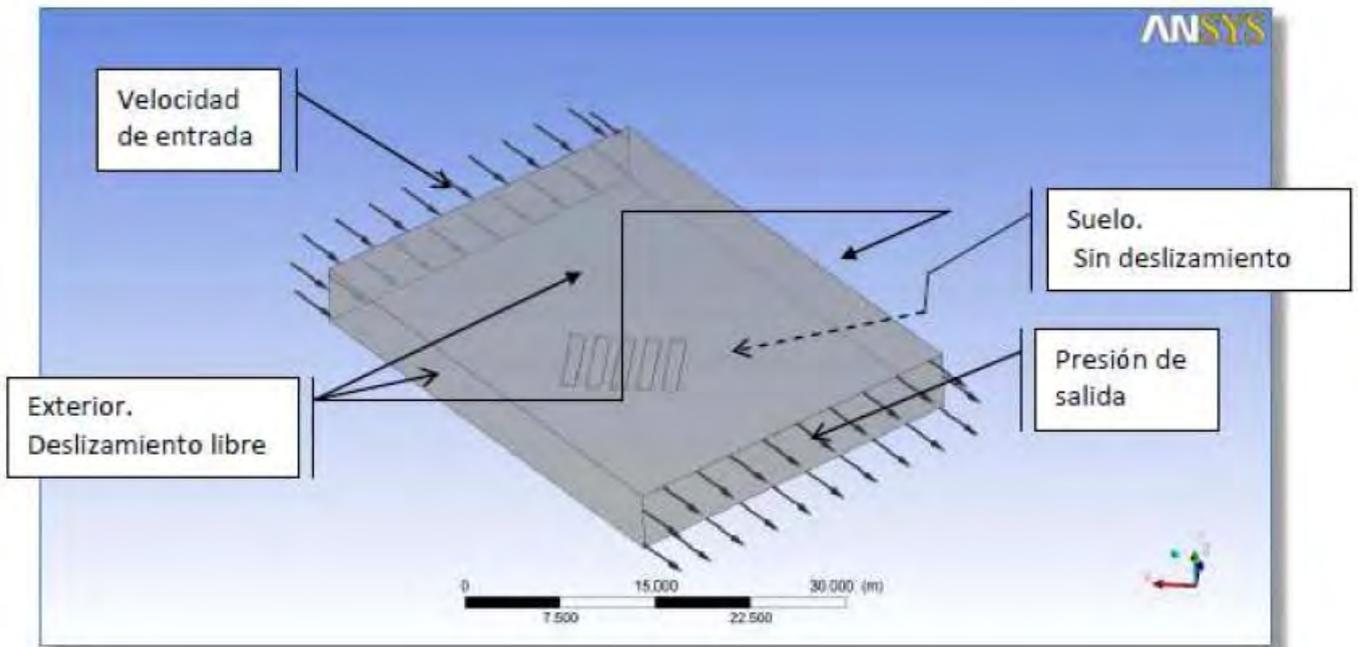
Se barajaron varios ángulos  $\alpha$  y  $\beta$  analizando los resultados de manera que se fueron sacando conclusiones y adoptando parámetros para el análisis de la fase 2.



Para realizar el cálculo se mallan los dominios fluidos con tetraedros generando una capa límite en el suelo y los paneles solares.

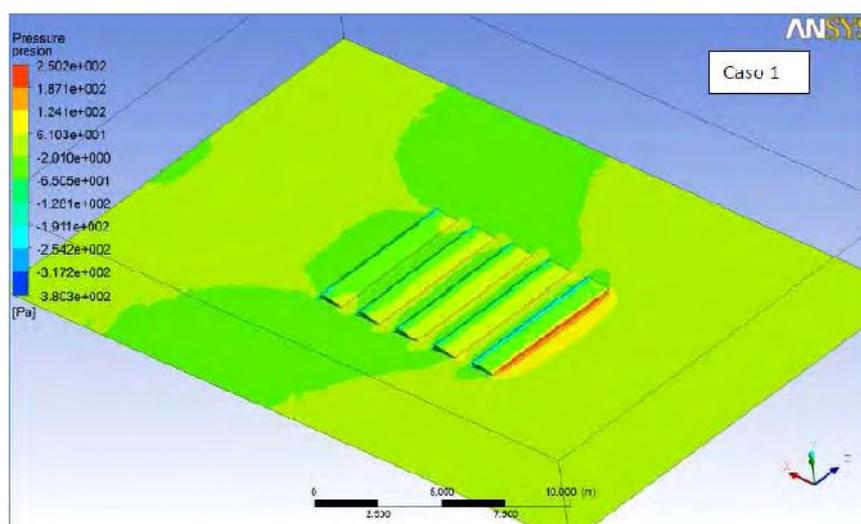
Se estudian 4 casos (entrada de aire a los paneles en los dos sentidos y entrada de aire con un ángulo de incidencia de 45° en los dos sentidos).

La siguiente figura proporciona un esquema general de la aplicación de las condiciones de contorno.

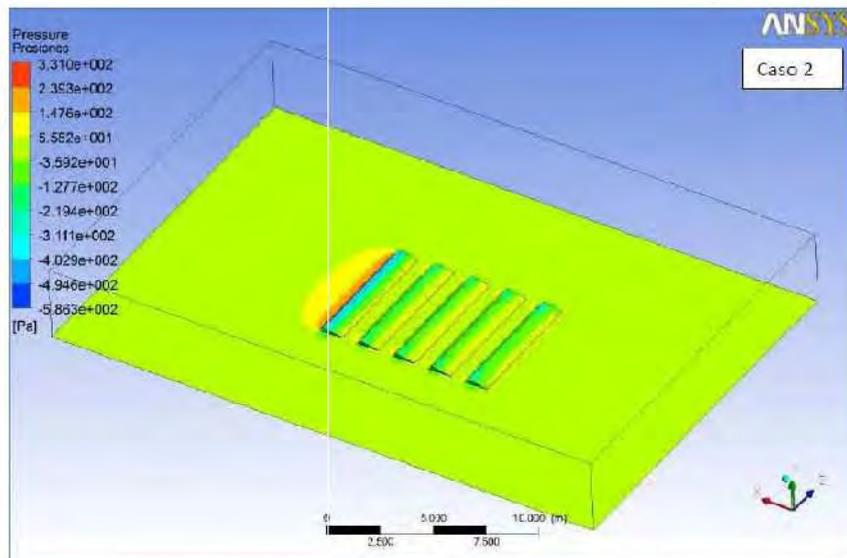


Resultados del análisis de fluidos:

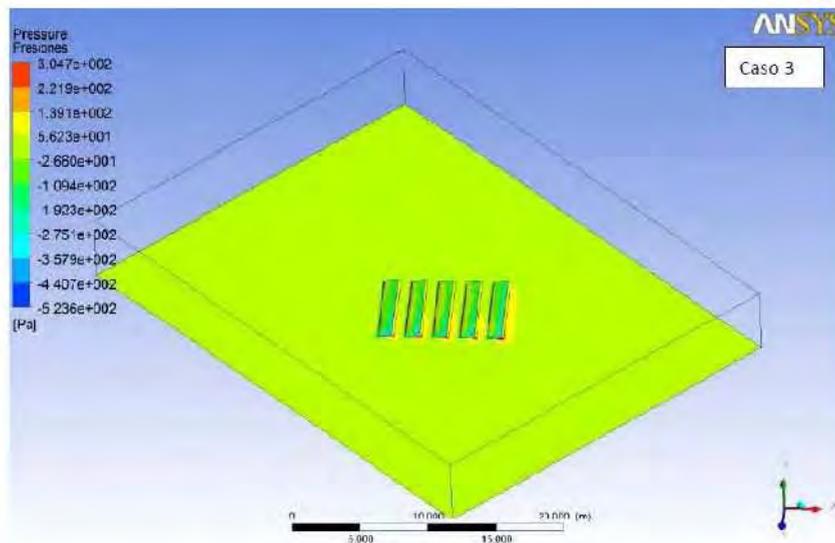
CASO 1



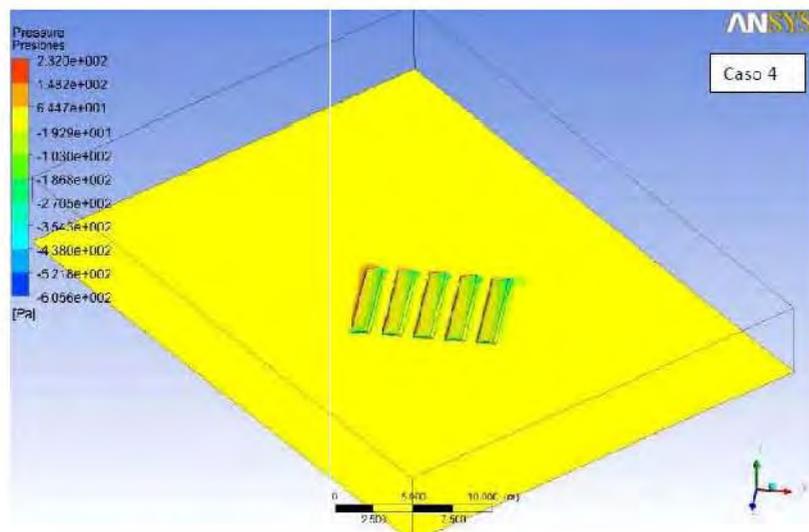
## CASO 2



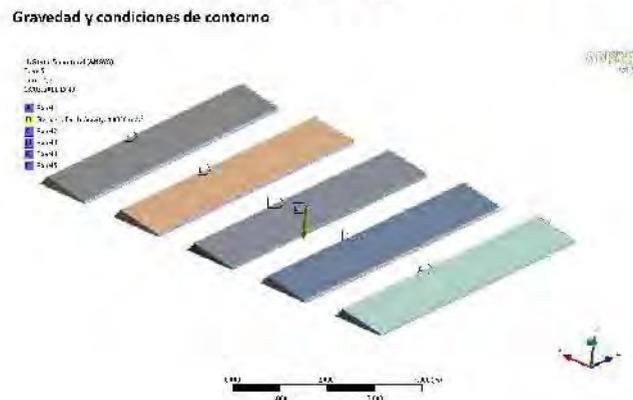
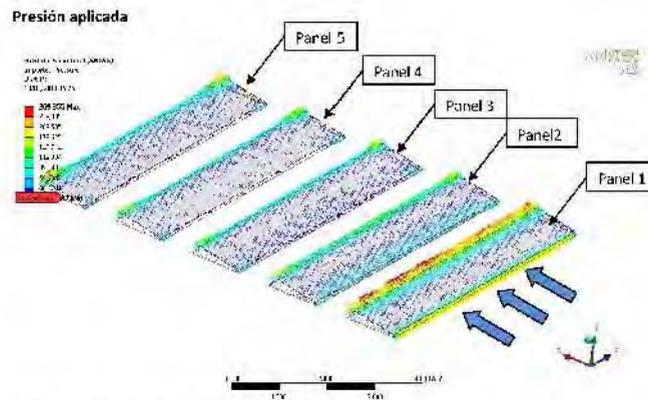
## CASO 3



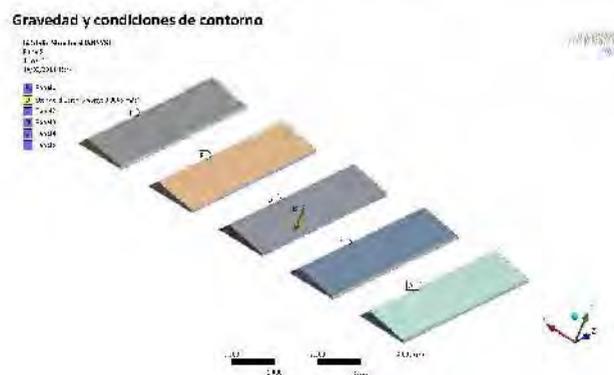
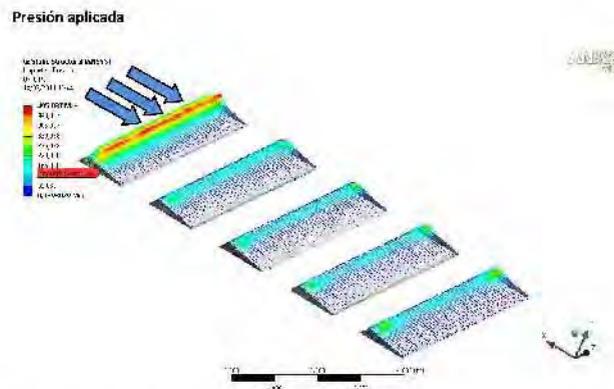
## CASO 4



# CASO 1

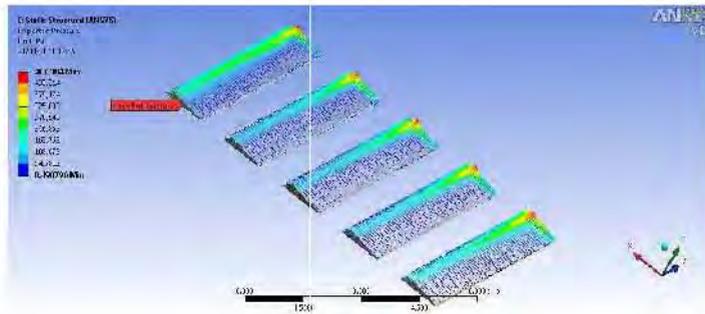


# CASO 2

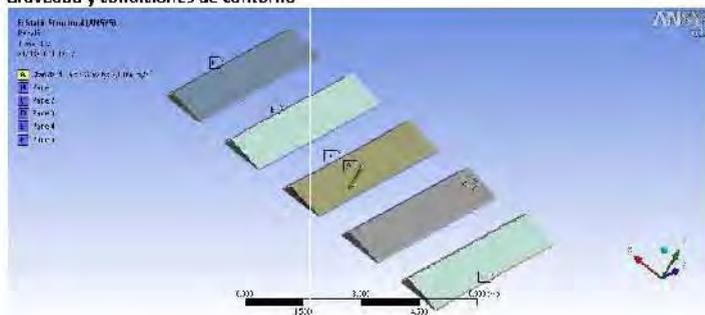


## CASO 3

Presión aplicada

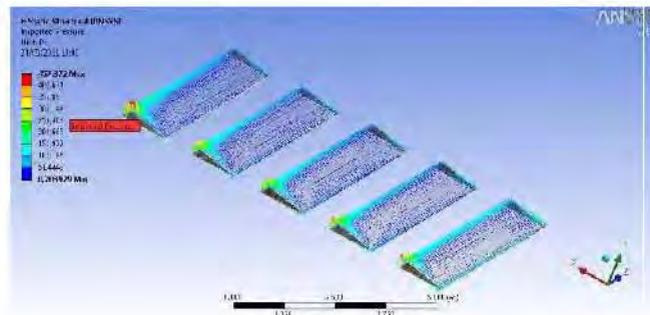


Gravedad y condiciones de contorno

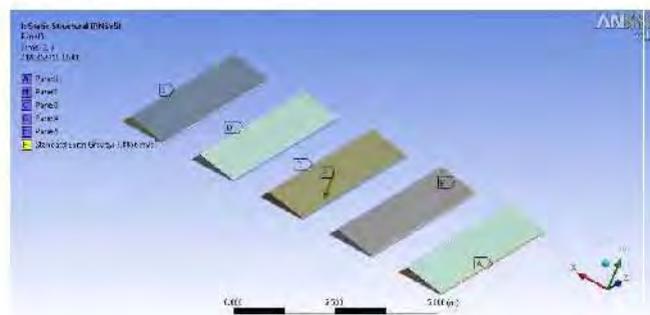


## CASO 4

Presión aplicada



Gravedad y condiciones de contorno

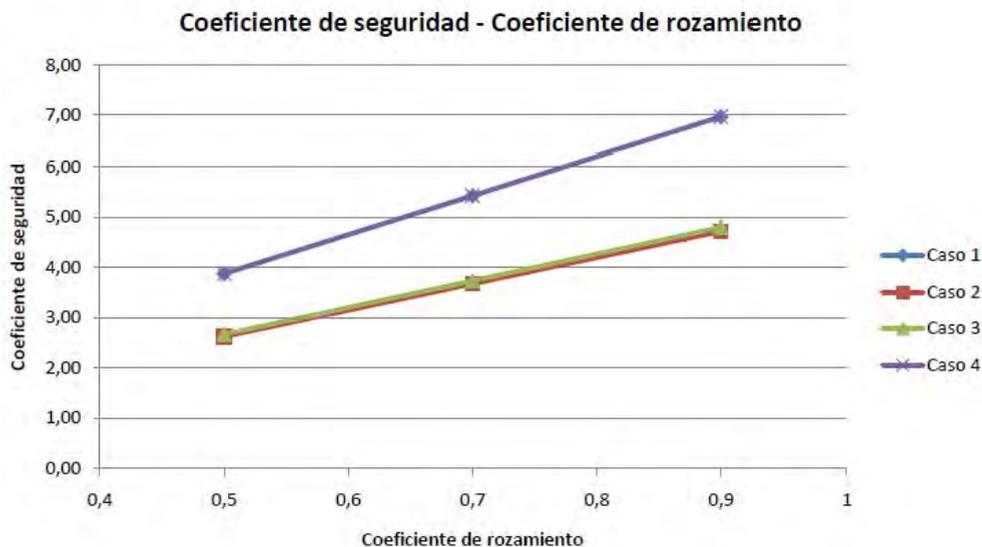


Con de los resultados obtenidos y a través de desarrollos matemáticos se determina:

- El coeficiente de seguridad a deslizamiento.  
Se considera que el arriostramiento soporta las cargas a las que se someten los paneles. Teniendo esto en cuenta, para calcular los coeficientes de seguridad de los paneles arriostrados se realiza, para cada caso de viento, el siguiente cálculo:

$$\frac{\sum_1^5 (\text{Peso} + \text{componente vertical del empuje}) \times \text{coeficiente de rozamiento}}{\frac{\sum_1^5 R_y \times \mu}{\sqrt{(\sum_1^5 R_x)^2 + (\sum_1^5 R_z)^2}}} =$$

Se obtienen los siguientes coeficientes de seguridad para los distintos coeficientes de rozamiento:



	<b>Caso 1</b>	<b>Caso 2</b>	<b>Caso 3</b>	<b>Caso 4</b>
<b>μ = 0,9</b>	3,69	1,61	1,65	3,48
<b>μ = 0,7</b>	2,87	1,25	1,29	2,71
<b>μ = 0,5</b>	2,05	0,89	0,92	1,94

- El coeficiente de seguridad a vuelco.  
Se trata de calcular el centro equivalente de aplicación de la carga de viento para cada panel y para cada caso de carga.  
Por otro lado los momentos y reacciones que nos da el software ANSYS en función del centroide, siendo este un centroide geométrico.  
A continuación se calculan los brazos de peso y el empuje del viento y se obtienen para cada caso de cargas los Md calculados para cada uno en función de las tablas y de las relaciones obtenidas.

Los coeficientes de seguridad a vuelco son:

Coef. Caso 1	Coef. Ma Caso 2	Coef. Ma Caso 3	Coef. Ma Caso 4
<b>3,98</b>	<b>1,56</b>	<b>1,57</b>	<b>3,16</b>

Se considera la relación, que incluye el término del Lastre, para un coeficiente de seguridad 1.

$$L = \sum_1^5 \frac{\sqrt{R_x^2 + R_z^2}}{\mu} - \sum_1^5 R_y$$

A partir de esta relación se obtienen los siguientes resultados:

	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4
$\mu=0,9$	-3381,89	-812,48	-859,64	-3009,84
$\mu=0,8$	-3224,65	-646,12	-695,33	-2858,33
$\mu=0,7$	-3022,48	-432,22	-484,07	-2663,53
$\mu=0,6$	-2752,91	-147,03	-202,39	-2403,80
$\mu=0,5$	-2375,53	<b>252,24</b>	<b>191,97</b>	-2040,18

Luego, sólo sería necesario lastre en los casos que el coeficiente de seguridad a deslizamiento es menor que 1 (casos 2 y 3), con un coeficiente de 0,5 y un lastre de 252,54 N y 191, 97 N respectivamente en la fila de paneles más expuesta.

## **ANEXO 4: RESULTADOS SIMULACIÓN PVSYST**

## Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación

**Proyecto :** **SIGLO XXI\_2018**

<b>Lugar geográfico</b>	<b>Zaragoza_genérico</b>	País	<b>España</b>
<b>Ubicación</b>	Latitud	41.63° N	Longitud
Hora definido como	Hora Legal	Huso hor. UT+1	Altitud
	Albedo	0.20	226 m
<b>Datos climatológicos:</b>	<b>Zaragoza_genérico de</b>	PVGIS - Síntesis	

**Variante de simulación :** **SIMULACION AMPLIACION SXXI 1704**

Fecha de simulación 31/10/18 11h29

<b>Parámetros de la simulación</b>	Tipo de sistema	<b>Sheds on a building</b>	
<b>Orientación Plano Receptor</b>	Inclinación	10°	Acimut 0°
<b>24 Ramas</b>	Espacio	1.80 m	Ancho receptor 1.00 m
Banda inactiva	Arriba	0.00 m	Abajo 0.00 m
Ángulo límite de sombreado	Gamma	0.0°	Factor de ocupación (GCR) 0.6%
<b>Modelos empleados</b>	Transposición	Perez	Difuso Perez, Meteororm
<b>Perfil obstáculos</b>	Sin perfil de obstáculos		
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal		
<b>Características generador FV</b>			
<b>Módulo FV</b>	Si-poly	Modelo	<b>BLUE 60P, 275 Wp</b>
Original PVsyst database		Fabricante	Solarwatt
Número de módulos FV		En serie	16 módulos
Nº total de módulos FV		Nº módulos	96
Potencia global generador		Nominal (STC)	<b>26.40 kWp</b>
Caract. funcionamiento del generador (50°C)		V mpp	447 V
Superficie total		Superficie módulos	<b>160 m²</b>
<b>Inversor</b>		Modelo	<b>Sunny Tripower 25000TL-30</b>
Original PVsyst database		Fabricante	SMA
Características		Tensión Funciona.	390-800 V
Banco de inversores		Nº de inversores	2 * MPPT 50 %
		Pnom unitaria	25.0 kWac
		Potencia total	25 kWac
<b>Factores de pérdida Generador FV</b>			
Pérdidas por polvo y suciedad del generador		Fracción de Pérdidas	3.0 %
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento) 0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Res. global generador	63 mOhm	Fracción de Pérdidas 0.7 % en STC
Pérdida Diodos en Serie	Caída de Tensión	0.7 V	Fracción de Pérdidas 0.1 % en STC
LID - "Light Induced Degradation"			Fracción de Pérdidas 1.5 %
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas 0.5 %
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas 1.0 % en MPP
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo 0.05
<b>Factores de pérdida del sistema</b>			
Pérdida Óhmica en el Cableado	Cables: 3x16.0 mm²	85 m	Fracción de Pérdidas 1.6 % en STC
<b>Necesidades de los usuarios :</b> Carga ilimitada (red)			

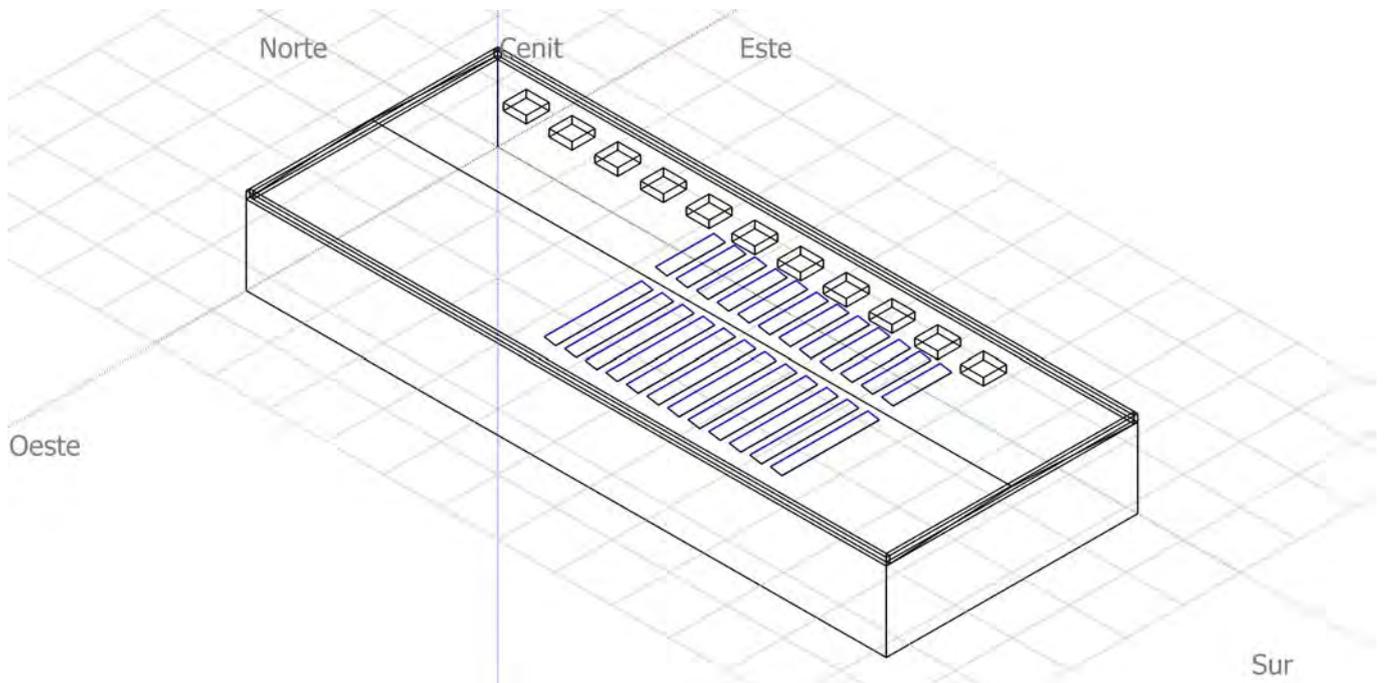
## Sistema Conectado a la Red: Definición del sombreado cercano

**Proyecto :** SIGLO XXI\_2018

**Variante de simulación :** SIMULACION AMPLIACION SXXI 1704

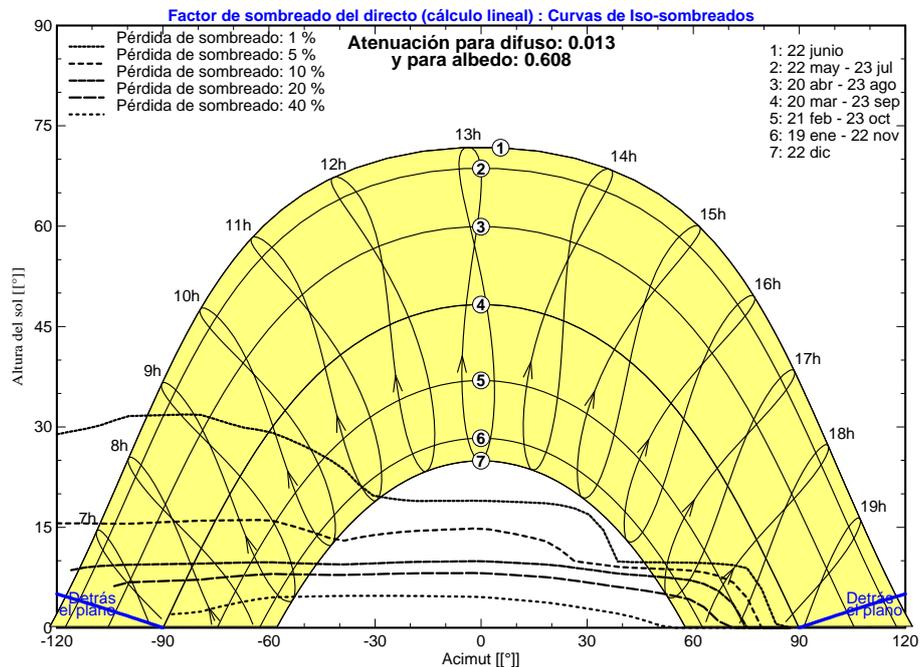
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red		
<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal			
Orientación Campos FV	inclinación	10°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	BLUE 60P, 275 Wp	Pnom	275 Wp
Generador FV	N° de módulos	96	Pnom total	<b>26.40 kWp</b>
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 25000TL-30		25.00 kW ac
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

### Perspectiva del campo FV y situación del sombreado cercano



### Diagrama de Iso-sombreados

SIGLO XXI\_2018



## Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

**Proyecto :** SIGLO XXI\_2018

**Variante de simulación :** SIMULACION AMPLIACION SXXI 1704

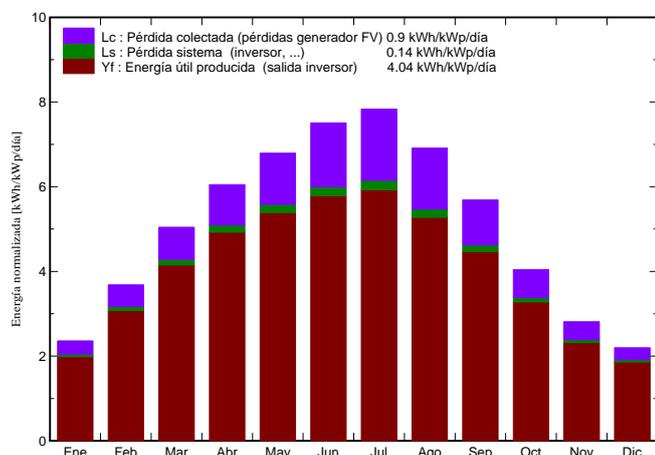
**Parámetros principales del sistema** Tipo de sistema **Conectado a la red**

**Sombras cercanas** Sombreado lineal  
 Orientación Campos FV inclinación 10° acimut 0°  
 Módulos FV Modelo BLUE 60P, 275 Wp Pnom 275 Wp  
 Generador FV N° de módulos 96 Pnom total **26.40 kWp**  
 Inversor Modelo Sunny Tripower 25000TL-30 25.00 kW ac  
 Necesidades de los usuarios Carga ilimitada (red)

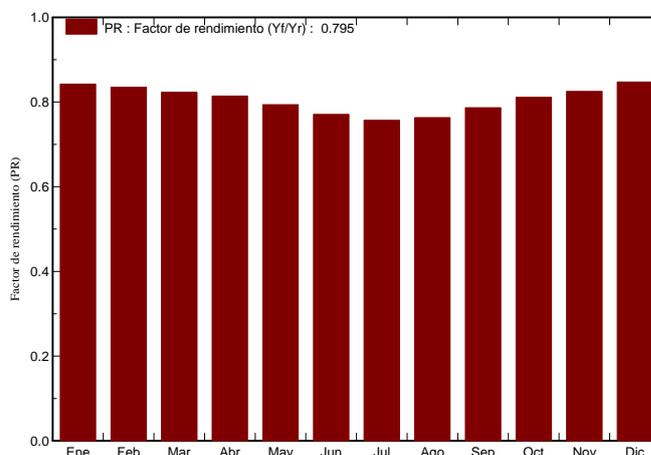
### Resultados principales de la simulación

Producción del Sistema **Energía producida 38.94 MWh/año** Produc. específico 1475 kWh/kWp/año  
 Factor de rendimiento (PR) 79.51 %

**Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 26.40 kWp**



**Factor de rendimiento (PR)**



### SIMULACION AMPLIACION SXXI 1704

#### Balances y resultados principales

	GlobHor	DiffHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	MWh	MWh	
<b>Enero</b>	58.9	27.70	7.30	73.1	66.5	1.675	1.626	0.842
<b>Febrero</b>	85.7	31.71	8.40	103.1	94.4	2.342	2.273	0.835
<b>Marzo</b>	138.6	48.50	11.80	156.3	144.9	3.508	3.396	0.823
<b>Abril</b>	169.8	57.70	13.80	181.5	169.5	4.035	3.901	0.814
<b>Mayo</b>	204.9	69.69	17.90	210.5	196.8	4.567	4.411	0.794
<b>Junio</b>	222.9	64.61	22.50	225.2	210.8	4.749	4.581	0.771
<b>Julio</b>	238.4	59.59	24.60	242.7	227.4	5.033	4.850	0.757
<b>Agosto</b>	204.0	57.11	24.40	214.3	200.4	4.478	4.318	0.763
<b>Septiembre</b>	154.5	44.80	20.60	170.6	158.6	3.664	3.542	0.786
<b>Octubre</b>	107.3	39.70	16.70	125.3	115.7	2.768	2.682	0.811
<b>Noviembre</b>	67.5	27.00	10.60	84.3	76.6	1.893	1.836	0.825
<b>Diciembre</b>	53.9	25.90	7.10	68.1	62.0	1.568	1.524	0.847
<b>Año</b>	1706.4	554.00	15.52	1855.0	1723.6	40.280	38.939	0.795

Leyendas: GlobHor Irradiación global horizontal  
 DiffHor Irradiación difusa horizontal  
 T Amb Temperatura Ambiente  
 GlobInc Global incidente plano receptor  
 GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados  
 EArray Energía efectiva en la salida del generador  
 E\_Grid Energía reinyectada en la red  
 PR Factor de rendimiento

## Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

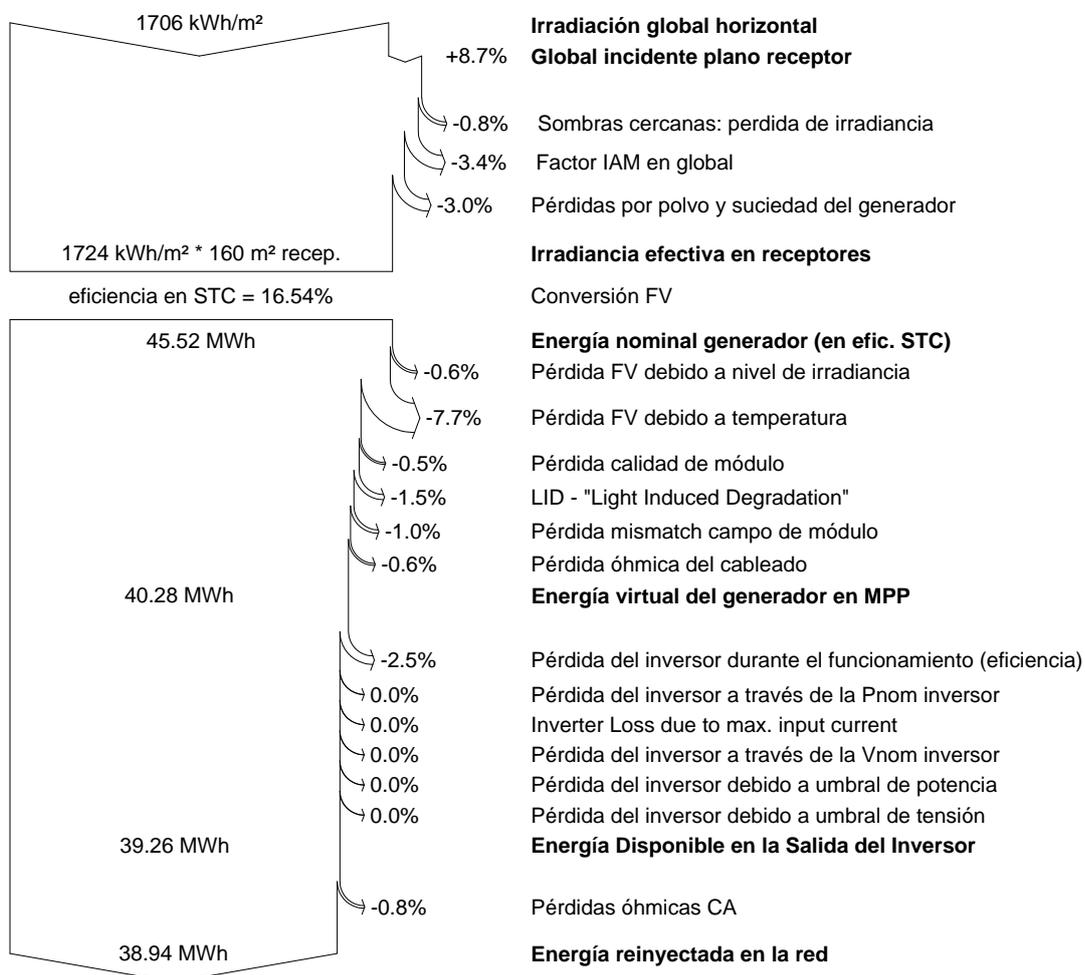
**Proyecto :** SIGLO XXI\_2018

**Variante de simulación :** SIMULACION AMPLIACION SXXI 1704

**Parámetros principales del sistema** Tipo de sistema **Conectado a la red**

<b>Sombras cercanas</b>	Sombreado lineal		
Orientación Campos FV	inclinación	10°	acimut 0°
Módulos FV	Modelo	BLUE 60P, 275 Wp	Pnom 275 Wp
Generador FV	N° de módulos	96	Pnom total <b>26.40 kWp</b>
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 25000TL-30	25.00 kW ac
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)		

### Diagrama de pérdida durante todo el año



**PROYECTO PARA INSLATACIÓN FOTOVOLTAICA DE  
AUTOCONSUMO 25 KW EN PABELLON SIGLO XXI (AMPLIACIÓN)  
17-049 ACT PDM SIGLO XXI EFIC IEF -P2 AMPL**

- **PLIEGO DE CONDICIONES**

# Pliego de Condiciones

## 1.1 Objeto y Campo de Aplicación

Este pliego de condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de montaje de una instalación fotovoltaica conectada a red, especificadas en el correspondiente proyecto.

Estas obras se refieren al suministro e instalación de los materiales necesarios en la construcción de la de una planta generadora de energía solar fotovoltaica y su conexión a red.

Los pliegos de Condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

## 1.2 Ejecución del Trabajo

Corresponde al contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

### 1.2.1 Generalidades

Como principio general se ha de asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo Clase II en lo que afecta tanto a equipos (módulos e inversores), como a materiales (conductores, cajas y armarios de conexión).

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

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 originar condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

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

Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones 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.

### 1.2.2 Módulo fotovoltaico

Todos los módulos fotovoltaicos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de Silicio Cristalino, o UNE- EN 61646 para módulos fotovoltaicos de capa delgada, así como estar cualificados por algún laboratorio de reconocido prestigio, lo que se acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente.

El módulo llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.

Los módulos deberán llevar diodos de derivación para evitar las posibles averías de la célula y sus circuitos por sombreados parciales y tener un grado de protección IP65.

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

Para que un módulo resulte aceptable, su potencia y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen de  $\pm 5\%$  de las correspondientes a sus valores nominales de catálogo.

La estructura del módulo fotovoltaico se conectará a tierra.

El diseño debe garantizar totalmente la compatibilidad entre los diferentes modelos de módulos que componen la instalación y la ausencia de efectos negativos en la instalación por dicha causa, además los distintos modelos se conectarán en ramas del inversor diferentes.

En aquellos casos excepcionales en la que se utilicen módulos no cualificados, deberá justificarse debidamente y aportar documentación sobre las pruebas y ensayos a los que han sido sometidos en laboratorios homologados a los ensayos necesarios para satisfacer la norma UNE-EN 61215 para módulos de Silicio Cristalino, o UNE- EN 61646.

### **1.2.3 Estructura soporte**

La estructura soporte ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y la nieve, de acuerdo con lo indicado en el CTE Código Técnico de la Edificación (RD 314/2006).

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de los módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.

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

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 se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura.

La tortillería será realizada en acero inoxidable, cumpliendo la norma MV-106. En el caso de ser la estructura galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma que serán de acero inoxidable.

Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos.

En el caso de instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, el diseño de la estructura la estanqueidad entre módulos se ajustará a las exigencias de la Normas Básicas de la Edificación y a las técnicas usuales en la construcción de cubiertas.

Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos, tanto sobre superficie plana (terracea) como integrados sobre tejado, cumpliendo los requisitos del PCT IDAE, sobre sombras.

La estructura será calculada según la norma MV-103 para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc...

Si está construido con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirá la norma MV-102 para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.

Si de tipo galvanizado en caliente, cumplirá la norma y UNE-EN ISO 1461:2010, con espesor mínimo de 80 micras para eliminar las necesidades de mantenimiento y prolongar su vida útil.

#### 1.2.4 Inversores

Serán del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, trifásico a 400V, con una potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo del día.

Las características básicas de los inversores serán las siguientes:

- Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
- Autoconmutados.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- No funcionará en isla o en modo aislado.

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

- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de 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.

Las características eléctricas de los inversores serán las siguientes:

- El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiación solar un 10% superior a la CEM (Condiciones Estándar de Medida). 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 85% y 88% respectivamente (valores medidos incluyendo el transformador de salida si lo hubiere) para inversores de potencia inferior a 5 kW, y del 90,5 al 92% para inversores mayores de 5 kW.
- 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 el 100 % de la potencia nominal.
- A partir de potencias superiores al 10% de su potencia, el inversor deberá inyectar a la red.
- Los inversores tendrán un grado de protección mínima IP 20 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP30 para inversores en el interior de edificios y lugares accesibles, y de IP65 para inversores instalados a la intemperie. En cualquier caso, se cumplirá la legislación vigente.
- Los inversores estarán garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre 0° C y 40 ° C de temperatura y entre 0% y 85 % de humedad.

#### 1.2.5 Diseño del sistema de monitorización

El sistema de monitorización, proporcionará medidas, como mínimo, de las siguientes variables:

- Voltaje y corriente CC a la entrada del inversor.
- Voltaje de fase/s en la red, potencia total de salida del inversor.
- Radiación solar en el plano de los módulos.
- Temperatura ambiente en la sombra.
- Potencia activa de salida del inversor.
- Potencia reactiva de salida del inversor para instalaciones mayores de 5 kWp.
- Temperatura de los módulos en integración arquitectónica y siempre que sea posible, en potencia mayores de 5 kW.
- Energía autoconsumida.

### 1.2.6 Cableado.

De acuerdo a recomendaciones del pliego de condiciones técnicas del IDAE, el cableado cumplirá los puntos siguientes:

- Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte de CC tendrán la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 % y los de la parte de CA para que la caída de tensión sea inferior del 2%, teniendo en ambos casos como referencia las tensiones correspondientes a cajas de conexiones.
- Se incluirá toda la longitud de cable CC y CA. Deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.
- Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

### 1.2.7 Conexión a red.

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 sobre conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

### 1.2.8 Medidas

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto 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.

### 1.2.9 Protecciones

El sistema de protecciones cumplirá las exigencias previstas en la reglamentación vigente, según el artículo 14 Real Decreto 1699/2011, de 18 de Noviembre, incluyendo lo siguiente:

- Interruptor general manual, que será un interruptor magnetotérmico con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión. Este interruptor será accesible a la empresa distribuidora en todo momento, con objeto de realizar la desconexión manual. 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 de la parte de continua de la instalación.
- Interruptor automático de la interconexión, para la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida 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 tabla 1. 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.

Tabla 1

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
Frecuencia máxima.	50,5 Hz	0,5 s
Frecuencia mínima.	48 Hz	3 s

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

De acuerdo al artículo 15 del RD 1699/2011, de 18 de Noviembre, 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.

La instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la red de distribución de baja tensión y las instalaciones fotovoltaicas, bien sea por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones, con base en el desarrollo tecnológico.

Las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra 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.

### 1.2.11 Recepción y pruebas

El instalador entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de los 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.

Antes de la puesta en servicio de todos los elementos principales (módulos, inversores, contadores) éstos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad.

Las pruebas a realizar por el instalador serán como mínimo las siguientes:

- Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
- Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.
- Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como actuación. Con excepción de las pruebas referidas al interruptor automático de la desconexión.

- Determinación de la potencia instalada.

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la Instalación. No obstante, el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos que forman parte del suministro han funcionado correctamente durante un mínimo de 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas causadas por fallos o errores del sistema suministrado, y además se hayan cumplido los siguientes requisitos:

- Entrega de toda 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 de los sistemas suministrados, si bien deberá adiestrar al personal de operación.
- Todos los elementos suministrados, así como la instalación en su conjunto, estarán protegidos frente a defectos de fabricación, instalación o diseño por una garantía de tres años.
- No obstante, el instalador quedará obligado a la reparación de los fallos de funcionamiento que se puedan producir si se apreciase que su origen de defectos ocultos de diseño, construcción, materiales o montaje, comprometiéndose a subsanarlos sin cargo alguno. En cualquier caso, deberá atenerse a lo establecido en la legislación vigente en cuanto a vicios ocultos.

#### **1.2.12 Armónicos y compatibilidad electromagnética**

Los niveles de emisión e inmunidad deberán cumplir con la reglamentación vigente, incluyéndose la documentación mencionada en el del RD 1699/2011 los certificados que así lo acrediten, esta función la asegura el inversor.

#### **1.2.13 Transporte y acopio a pie de obra**

Los materiales no serán arrastrados ni golpeados.

Los materiales se transportarán en góndola por carretera hasta el almacén de obra y desde este punto con carros especiales o elementos apropiados hasta el pie de obra.

Se tendrá especial cuidado con los módulos fotovoltaicos y los inversores, ya que un golpe puede romperlos.

El contratista tomará nota de los materiales recibidos dando cuenta al director de obra de las anomalías que se produzcan.

#### **1.2.14 Certificados y documentación**

Se adjuntarán, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos competentes, las documentaciones indicadas a continuación:

- Autorización administrativa de la obra.
- Proyecto firmado por un técnico competente.
- Certificado de tensión de paso y contacto, emitido por una empresa homologada.
- Certificación de fin de obra.

- Contrato de mantenimiento.
- Conformidad por parte de la compañía suministradora.

### 1.2.15 Libro de órdenes

Se dispondrá en este centro de un libro de órdenes, en el que se registrarán todas las incidencias surgidas durante la vida útil del citado centro, incluyendo cada visita, revisión, etc.

### 1.3 Normas complementarias

Además del contenido del presente Pliego de Condiciones y en todo lo que se contradiga con él, deberán ser tenidas en cuenta las siguientes normas:

- Ley 54/1997 de 27 de noviembre del sector eléctrico.
- RD 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Decreto 842/2002 de 2 de Agosto por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Real Decreto 1699/2011 de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre, por el que se reglan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Orden ETU/1976/2016, de 23 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso de energía eléctrica para 2018
- Real Decreto 661/2007, de 25 de Noviembre, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Código Técnico de la Edificación (RD 314/2006)
- Especificaciones técnicas específicas de la compañía eléctrica distribuidora.
- Reglamento de Seguridad en el Trabajo y posteriores disposiciones a esta Memoria

I.C. de Zaragoza, 05 de Noviembre de 2.018

SERVICIO CONSERVACIÓN ARQUITECTURA  
UNIDAD DE ENERGÍA E INSTALACIONES  
El Funcionario Municipal

El Ingeniero Industrial  
Colegiado nº: 2474 COIIAR



Fdo: Fco Javier Pérez Abad

Fdo: Pedro Machín Iturria  
Asistencia Técnica Externa

**PROYECTO PARA INSLATACIÓN FOTOVOLTAICA DE  
AUTOCONSUMO 25 KW EN PABELLON SIGLO XXI (AMPLIACIÓN)  
17-049 ACT PDM SIGLO XXI EFIC IEF -P2 AMPL**

- **ESTUDIO BÁSICO SEGURIDAD**

# Estudio de Seguridad y Salud

## 1.1 Objeto

El Real Decreto 1627/1997 supone el marco normativo sobre la seguridad e Higiene en el trabajo. Entre las exigencias se encuentra la necesaria realización de una documentación referente a los aspectos sobre la seguridad de la obra que se vaya a ejecutar.

En cumplimiento de las prescripciones del referido Reglamento corresponde realizar la obra que nos ocupa un ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD, en virtud del citado RD.

Este estudio básico debe recoger las normas de seguridad aplicables a la obra de que se trata, con identificación de los riesgos que estén presentes, así como las medidas técnicas dispuestas en orden a su disminución. Se debe incluir asimismo la relación de equipos de protección que se utilizan, incluyendo también aquellas informaciones útiles para la posterior realización de trabajos sucesivos que pudieran ser previsibles.

Este estudio de seguridad establece, durante la ejecución de los trabajos de la unidad de obra citada, las previsiones respecto a la prevención de riesgos y accidentes profesionales.

Servirá para dar unas directrices básicas a la empresa instaladora (y sus contratistas, si las hubiere) para llevar a término sus obligaciones en materia de prevención de los riesgos laborales facilitando el desarrollo de las obras bajo el control de la Dirección Técnica de la misma en consonancia con lo exigido por el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre.

Si se contratara alguna empresa auxiliar para el desarrollo de los trabajos, el adjudicatario de las obras es responsable solidario con la principal de cualquier incumplimiento en esta materia (art. 42.20 de la Ley 31/95, de Prevención de Riesgos Laborales).

Por último hay que tener en cuenta que en cada obra las situaciones de riesgo son distintas, aunque el trabajo a realizar sea prácticamente el mismo, por lo que habrá que realizar este estudio en cada una de las obras adaptándolo a sus propias características.

## 1.2 Legislación Aplicable

Resulta aplicable el Real Decreto 1627/97, sobre seguridad en obras de construcción en relación con la Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales y sus Reglamentos de desarrollo, en especial el RD 39/96 sobre los Servicios de Prevención.

Las instalaciones responderán a los Proyectos tipo y se ajustaran a lo dispuesto en la normativa vigente:

- Reglamento técnico de Líneas eléctricas de Alta Tensión, aprobado por Decreto REAL DECRETO 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 1725/1984, de 18 de julio, por el que se modifican el Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía y el modelo de póliza de abono para el suministro de energía eléctrica y las condiciones de carácter general de la misma
- Real Decreto 337/2014, de 9 de Noviembre, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión

- Otras disposiciones Oficiales, Decretos, O. Ministeriales, Resoluciones de la Dirección General de la Energía, etc., que modifican o puntualizan el contenido de 105 citados...

- Normativa de Eléctricas Reunidas de Zaragoza, en la que se recoge la anterior, así como las Normas y Recomendaciones UNESA.

Resultan de aplicación asimismo las siguientes normas de la Compañía suministradora:

Normas particulares para instalaciones de alta tensión (hasta 30 KV) Y baja tensión, según MTDYC 2.03.20 de noviembre de 1994, por la que se fijan:

- Las condiciones técnicas y de aplicación de los Proyectos tipo
- Las características de los materiales. La ejecución de las instalaciones.
- La recepción técnica de las instalaciones.
- Plan Básico de prevención de riesgos para empresas contratistas.

### **1.3 Descripción por Fases del Proceso**

#### **1.3.1 Fase de Actuaciones Previas: REPLANTEO**

El constructor, una vez firmada el acta de replanteo y antes del comienzo de la obra, comprobará que han sido reflejadas en el proyecto las modificaciones para adecuarlas a la realidad de la obra. Las variaciones se comunicarán al director de la obra y al encargado de recepción de la obra.

En esta fase se consideran las labores previas al inicio de las obras, como puede ser el replanteo, mediante el cual el topógrafo marca la zona de terreno donde se colocarán los distintos elementos integrantes de la instalación, como módulos, inversores, soportes, línea eléctrica. Se pondrán señales de prohibido el paso a toda persona ajena a la obra.

#### **Identificación de los RIESGOS LABORALES más frecuentes:**

- Caídas en el mismo nivel Generación de polvo
- Pisadas sobre objetos
- Factores climáticos de Frío o calor Contactos con líneas eléctricas existentes

#### **Medidas preventivas de seguridad:**

Se llevará a cabo la inspección visual por *la/s*. personas encargadas de realizar el replanteo sobre el terreno, de modo que se observen los lugares donde se sitúen posibles líneas eléctricas aéreas u otros servicios.

Se confirmará y verificará la existencia o inexistencia de instalaciones subterráneas en el lugar (gas, agua, pozos).

Estará absolutamente prohibida la presencia de trabajadores operando en planos inclinados en lugares de fuerte pendiente, así como debajo de macizos horizontales.

#### **Protecciones personales para controlar y reducir los riesgos descritos:**

- Casco homologado.
- Ropa de trabajo
- Guantes homologados
- Calzado de seguridad

#### **1.3.2 Fase de Acopio y Transporte de Materiales.**

Se realiza mediante la selección de los materiales a emplear en el propio almacén de la empresa instaladora o en otros almacenes donde se encuentren los materiales a utilizar. Se transportarán por

medios propios de la empresa o ajenos (camiones con pluma). El material se deposita a pie de obra para su posterior instalación, construcción y montaje.

### **Identificación de los RIESGOS LABORALES más frecuentes:**

- Atropellos, atrapamientos y colisiones originados por maquinaria y vehículos
- Vuelcos y deslizamientos de vehículos en obra. Caídas en el mismo nivel
- Caídas a distinto nivel Generación de polvo
- Choques entre vehículos
- Contactos con líneas eléctricas

### **Medidas preventivas de seguridad**

Mantener una adecuada ordenación de los materiales delimitando las zonas de apilamiento.

Mantener en condiciones de limpieza y libre de obstáculos la zona de almacenaje.

El acarreo de materiales debe realizarse por medios mecánicos siempre que sea posible para evitar sobre esfuerzos. No se izarán cargas manualmente superiores a 25 Kilogramos

Para la manipulación manual de objetos, mantener la espalda recta; deben estar limpios y sin sustancias resbaladizas; la base de apoyo de los objetos debe ser estable, en otro caso se deberá proceder a estabilizar. Utilizar medios auxiliares siempre que sea posible en estas tareas de transporte (Carretillas de mano, etc.)

Para los vehículos: los elementos de seguridad deben estar en buen estado (frenos, resguardos, etc.); Revisar las ITV's. Utilizar los vehículos sólo para el fin establecido; limitar la velocidad de circulación en el recinto de la obra a 15 Km./h en zonas con trabajadores. Los medios de transporte automotores dispondrán de pórtico de seguridad; para las plumas de los camiones; respetar la capacidad de carga del elemento de carga y descarga; la pluma debe orientarse en el sentido de los vientos dominantes y ser puesta en veleta (giro libre), desenfrenando el motor de orientación.

En Camiones de transporte: CARGA y DESCARGA: Antes de iniciar las operaciones de carga y descarga disponer el freno de mano del vehículo y calzos en las ruedas. Las operaciones de carga y descarga serán dirigidas por una persiana experta, además de contar con la asistencia de al menos otras dos personas, que sigan sus indicaciones.

En camiones de transporte: TRANSPORTE: El colmo máximo permitido de los materiales no sujetos no podrá superar la pendiente ideal del 5% y se cubrirán con lonas aradas en previsión de desplomes. La carga de los vehículos debe disponerse de forma adecuada, quedando uniformemente repartida; se atará la carga con cadenas, cuerdas, sirgas o medios adecuados que la dejen sujeta y sin posibilidad de desplazamiento; los vehículos se desplazarán cautelosamente una vez cargados.

En camión-grúa: Antes de iniciar maniobras se calzarán las ruedas y los gatos estabilizadores.

Los ganchos de cuelgue estarán dotados de pestillos de seguridad. Se prohíbe la capacidad de carga de la pluma o elemento de carga bajo ningún concepto. Las rampas de acceso a los tajos no superarán el: 20% en evitación de vuelcos. Se prohíbe realizar suspensión de cargas de forma lateral cuando la superficie de apoyo del camión esté inclinada hacia el lado de la carga. Se prohíbe arrastrar cargas con el camión-grúa. Las cargas en suspensión se guiarán mediante guías de gobierno. Se prohíbe la presencia de personas en torno al camión-grúa a menos de 5 metros de distancia. Se prohíbe el paso y permanencia bajo cargas en suspensión. Se prohíbe realizar trabajos dentro del radio de acción de cargas suspendidas. Se balizará la zona de trabajo siempre que se altere por la ubicación de la máquina la normal circulación de vehículos, señalizando con señales de dirección obligatoria.

Para operadores de camión-grúa: Mantener la máquina alejada de terrenos inseguros, con pendiente o propensos a hundimientos. Evitar el brazo articulado sobre el personal. Subir y bajar del camión por

las zonas previstas ello. Asegurar la inmovilización del brazo de la grúa antes de iniciar ningún desplazamiento.

Levantar una sola carga cada vez. No permitir que nadie se encarama o suba sobre la carga. Limpiar el calzado del conductor de barro o grava antes de inicial maniobras para evitar resbalones sobre los pedales. No permitir trabajo o estancias de trabajadores bajo cargas suspendidas. No realizar arrastres de cargas ni tirones sesgados. Mantener la vista en la carga y su zona de influencia.

No abandonar la máquina con cargas suspendidas. Antes de poner en servicio el camión-grúa comprobar el frenado. Utilice las prendas de protección que se le indique en la obra.

El anclaje de las máquinas y aparatos que produzcan ruidos, vibraciones o trepidaciones, se realizará de modo que se logre su óptimo equilibrio estático y dinámico, tales como bancadas cuyo peso sea superior 2 veces al menos al de la máquina que soportan, por aislamiento de la estructura general o por otros medios técnicos (art. 31 OGSHT).

En trabajos en altura: colocar protección perimetral de 0,90 metros con plintos y rodapiés de 15 cm., al menos. Entre la base de plataforma de trabajo y la barandilla de 90 cm., deben colocarse cercas o arriostramiento capaces de soportar una carga de 150 kg., por metro lineal.

Utilizar cinturones anti-caída y equipos de protección individual.

Protecciones personales para controlar y reducir los riesgos descritos:

- Casco homologado + Mono de trabajo (traje de agua y botas de goma, si fuera necesario)
- Guantes de seguridad
- Calzado de seguridad
- Cinturones anti-caída para trabajos en altura

### **1.3.3 Fase de Excavaciones.**

Se procede a realizar las excavaciones y zanjas por medios mecánicos (retroexcavadora y pala mecánica) donde se colocarán los postes o torres a instalar, así como las zapatas para los seguidores o la estructura de soportación, según sea el caso.

**Identificación de los RIESGOS LABORALES más frecuentes:**

- Caídas en el mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Atrapamientos, golpes, cortes por objetos, herramientas y vehículos
- Atropellos por maquinaria y vehículos en obra
- Proyección de objetos desprendidos Vuelcos
- Contactos con líneas eléctricas e infraestructuras urbanas existentes
- Proyección de partículas
- Ruido y vibraciones
- Desplomes de taludes

**Medidas preventivas de seguridad: PALAS Y RETROEXCAVADORAS:**

Para subir y bajar de la pala o retroexcavadora, utilizar los peldaños dispuestos para ello de forma frontal, asistiéndose con las manos. No realizar ajustes con las máquinas en movimiento o el motor funcionando, para ello: apoyar en el suelo el cazo o cuchara, parando el motor, poniendo el freno de mano y bloqueando la máquina. No poner trapos grasientos o combustible sobre la máquina. Seguir un mantenimiento de la máquina. En operaciones de limpieza con aire a presión colocarse guantes, mascarilla, mono y mandil. No liberar los frenos de la máquina en posición de parada sin instalar antes los tacos de inmovilización. Las palas y retros deben tener pórtico de seguridad en la cabina para su conductor. Revisar los puntos de escape del motor periódicamente. Debe existir botiquín de primeros

auxilios en la máquina. Se prohíbe que los conductores abandonen la máquina con el motor en marcha o con el cazo izado sin apoyar en el suelo.

La cuchara permanecerá lo más cerca posible del suelo en los desplazamientos de tierras. Se prohíbe izar personas utilizando la cuchara de la maquinaria.

Deberán estar dotadas de extintor revisado al día. Deberán disponer de luces y bocina de retroceso. Los conductores, antes de iniciar nuevos recorridos, deberán recorrer a pié el terreno a recorrer. Se prohíbe mover grandes carga en caso de fuertes vientos.

En retroexcavadoras se prohíbe realizar movimientos de tierras sin poner en servicio antes los apoyos hidráulicos de inmovilización. Se prohíbe realizar esfuerzos por encima del límite de la máquina.

El Cambio de posición se realizará situando el brazo en el sentido de la marcha.

Se instalará una señal de peligro sobre una pica o estaca (o señal móvil) en el límite de actuación de la máquina

### **Protecciones personales para controlar y reducir los riesgos descritos**

- Casco homologado
- Ropa de trabajo
- Guantes homologados
- Calzado de seguridad
- Cinturón anticaída

#### **1.3.4 Fase de Puesta a Tierra de Estructura de Soportación.**

Se tomará medida de la resistividad del terreno a diferentes profundidades y según tablas técnicas se realizará en la forma propuesta en los proyectos-tipo.

### **Identificación de los RIESGOS LABORALES más frecuentes:**

- Caídas en el mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Atrapamientos, golpes, cortes por objetos, herramientas y vehículos.
- Atropellos por maquinaria y vehículos en obra
- Proyección de objetos desprendidos
- Contactos con líneas eléctricas e infraestructuras existentes
- Proyección de partículas Contactos eléctricos

### **Medidas preventivas de seguridad:**

El hincado de electrodos de barra se realizará mediante sufrideras adecuadas para no deformar la barra.

Los conductores de cobre de unión de los electrodos con los apoyos estarán entubados en la peana y abrochados a los montantes en la parte interior de éstos, de modo que queden ocultos.

Las conexiones de los flagelos y picas con los apoyos se realizaran mediante los conectores y terminales adecuados.

Para mediciones de tierras. La resistencia será medida con aparatos apropiados y los valores obtenidos se pondrán en conocimiento del representante de la empresa encargado de la recepción, se efectuará sin tensión. En caso de que no se puedan clavar picas se humedecerá el terreno con agua

salada, colocando encima la pica con un paño también con agua salada; nunca se desconectará la toma de tierra del apoyo.

### **Protecciones Personales para controlar y reducir los riesgos descritos**

- Casco homologado
- Ropa de trabajo
- Guantes homologados
- Calzado de seguridad
- Cinturón anticaída

#### **1.3.5 Fase de montaje de soportes y colocación de módulos fotovoltaicos.**

Se procede a replantear la estructura sobre la cubierta de la nave, hecho esto se procede a taladrar la cubierta para pasar los pernos de anclaje de los soportes fotovoltaicos a la estructura de la nave.

Se procede a montar las estructuras metálicas, trabajando en la cubierta y en el interior de la nave mediante plataformas elevadoras.

Una vez montada la estructura se procede a montar los módulos fotovoltaicos.

#### **Identificación de los RIESGOS LABORALES más frecuentes:**

- Caídas en el mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Atrapamientos, golpes, cortes por objetos, herramientas y vehículos
- Colisión entre vehículos
- Atropellos por maquinaria y vehículos en obra
- Proyección de objetos desprendidos
- Proyección de partículas.

#### **Medidas preventivas de seguridad**

Antes de montar los tubos sobre el chasis se comprobará que se mantienen los caballetes de sujeción del mismo.

Para el camión – grúa se habilitará una zona adecuada para poder realizar los trabajos. La puesta en estación y movimientos del vehículo durante las operaciones de montaje serán dirigidas por un señalista. Las operaciones de montaje a lo largo de cortes en el terreno se efectuarán sin que las ruedas del camión sobrepasen la línea blanca de seguridad situada a dos metros del borde.

Para la grúa. Antes de iniciar maniobras se calzarán las ruedas y los gatos estabilizadores.

Los ganchos de cuelgue estarán dotados de pestillos de seguridad. Se prohíbe superar la capacidad de carga de la pluma o elemento de carga bajo ningún concepto. Las rampas de acceso o los tajos no superarán el 20% en evitación de vuelcos. Se prohíbe realizar suspensión de cargas de forma lateral cuando la superficie de apoyo del camión esté inclinada hacia el lado de la carga. Se prohíbe arrastrar cargas con la grúa. Las cargas en suspensión se guiarán mediante guías de gobierno. Se prohíbe la presencia de personas en torno a la grúa a menos de 5 metros de distancia. Se prohíbe el paso y permanencia bajo cargas en suspensión.

Se prohíbe realizar trabajos dentro del radio de acción de cargas suspendidas. Se balizará la zona de trabajo siempre que se altere la ubicación de la máquina la normal circulación de vehículos, señalizando con señales de dirección obligatoria.

El izado se realizará coordinadamente, disponiéndose una persona como señalista de las operaciones. Los miembros de las empresas participantes deberán estar coordinados y bajo las órdenes de la dirección de obra.

Para el montaje de módulos fotovoltaicos: estará calificado como material autorizado, se trasladarán a la obra en su propio embalaje y no desembalado hasta el momento mismo del montaje; evitar golpes durante el transporte; los módulos se sujetarán a sus soportes utilizando los materiales adecuados con las dosificaciones encomendadas por el fabricante, el soporte debe quedar perfectamente concentrado con el módulo.

### **Protecciones Personales para controlar y reducir los riesgos descritos**

- Casco homologado
- Ropa de trabajo
- Guantes homologados
- Calzado de seguridad
- Cinturón anti-caída
- Escaleras aisladas en todas sus partes

#### **1.3.6 Fase de tendido, tensado y regulado.**

Se dispone el conductor en su bobina en un extremo del tramo a instalar tirando de éste hasta dejarlo cerca del lugar de su utilización. Se colocan poleas para proceder al tiro del conductor que se anclan en la parte superior de cada apoyo.

Se fijan las poleas al poste en su parte superior y se pasa por la canaleta el conductor. Se tira del mismo para conseguir su elevación.

### **Identificación de los RIESGOS LABORALES más frecuentes:**

- Caídas en el mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel
- Atrapamientos, golpes, cortes por objetos, herramientas.
- Proyección de objetos desprendidos
- Proyección de partículas
- Atropellos por maquinaria y vehículos en obra
- Sobreesfuerzos
- Contactos eléctricos directos electrocución atmosférico por aparato eléctrico

### **Medidas preventivas de seguridad:**

Se utilizarán siempre que se puedan medios mecánicos. Si se procede a tirar a mano se realizará entre varias personas con los descansos correspondientes.

Se dispondrá la bobina del conductor sobre una superficie estable y quedará fijada de modo que no toque el suelo. Se deberán utilizar los medios de protección individual suministrados, su falta de utilización supondrá una negligencia del trabajador.

En trabajos en altura se utilizarán siempre cinturones anti-caída y se amarrarán convenientemente. Se procederá a la reposición de los equipos siempre que sea necesario.

En el tiro del conductor se procederá a tirar en el plano definido por el poste y la polea siempre que sea posible, a fin de no someterla a sobreesfuerzos. La polea deberá quedar anclada con su correspondiente pasador. El coeficiente de seguridad de la polea deberá ser de al menos 3, es decir su diseño deberá permitir su uso en condiciones seguras para efectuar esfuerzos tres veces superiores al que se la somete. Si el tramo ofrece dificultades orográficas o de otro tipo no previstas, se estudiarán antes de proceder a los trabajos.

Las operaciones de tendido se iniciarán siempre que el hormigón haya alcanzado al menos el 50% de su resistencia característica proyectada, tomando precauciones como arriostramiento para evitar fatigas o deformaciones anormales, en particular en los apoyos correspondientes a los puntos firmes.

Estos trabajos se realizarán al menos por una brigada de trabajo de tres personas, que actuarán coordinadamente bajo la dirección del jefe de equipo o brigada: deberán estar comunicados. No se realizarán trabajos de regulado con vientos superiores a 10 Km/h., o temperaturas inferiores 0°C.

La regulación se realizará en cada tramo comprendido por dos apoyos, dejando al menos 24h. el conductor sobre las poleas. La comprobación de la tensión del tendido se hará por dinamómetro o bien fijando la flecha correspondiente en cada tramo.

Las cadenas de suspensión una vez apretadas a las grapas quedarán en posición vertical. No se deben sobrepasar los pares de apriete de los estribos a las grapas según indicación del fabricante.

Colocación de tierras tanto en la zona anterior como en la posterior de la zona de trabajos, de modo que ésta quede por completo aislada y protegida con las conexiones a tierra.

#### **Protecciones personales para controlar y reducir los riesgos descritos:**

- Casco homologado
- Ropa de trabajo
- Guantes homologados
- Calzado anticaída
- Escaleras aisladas en todas sus partes
- Faja
- Juego de tierras portátil

#### **1.3.7 Fase de conexionado a Red.**

Se procede a conectar la instalación a la red de modo que quede en funcionamiento, colocando en éste la caja de protecciones correspondientes.

#### **Identificación de los RIESGOS LABORALES más frecuentes:**

- Caída en el mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Atrapamientos, golpes, cortes por objetos, herramientas
- Atropellos por maquinaria y vehículos en obra
- Proyección de objetos desprendidos
- Proyección de partículas
- Contactos eléctricos directos e indirectos
- 

#### **Medidas preventivas de seguridad:**

Experiencia y capacitación de los profesionales intervinientes: oficiales. Obligatoria utilización de EPIs: en especial casco con barbuquejo y cinturones anti-caída.

#### **Protecciones personales para controlar y reducir los riesgos descritos:**

Casco homologado  
Ropa de trabajo  
Guantes homologados  
Calzado de seguridad  
Cinturón anti-caída  
Escaleras aisladas en todas sus partes

Pértiga de puesta a tierra y en cortocircuito (acotando la zona de trabajo en el menor espacio posible).

I.C. de Zaragoza, 05 de Noviembre de 2.018

SERVICIO CONSERVACIÓN ARQUITECTURA  
UNIDAD DE ENERGÍA E INSTALACIONES  
El Funcionario Municipal

El Ingeniero Técnico Industrial  
Colegiado nº: 2474 COIIAR



Fdo: Fco Javier Pérez Abad

Fdo: Pedro Machín Iturria  
Asistencia Técnica Externa

**PROYECTO PARA INSLATACIÓN FOTOVOLTAICA DE  
AUTOCONSUMO 25 KW EN PABELLON SIGLO XXI (AMPLIACIÓN)  
17-049 ACT PDM SIGLO XXI EFIC IEF -P2 AMPL**

▪ **MEDICIONES Y PRESUPUESTO**

	DESCRIPCION	UD.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>CAPITULO 1.- GENERADOR FOTOVOLTAICO</b>					
<b>Suministro e instalación de Equipos.</b>					
1.1	Suministro de toma de tierra de la instalación compuesto por 76 metros cable RVK 0,6/1kV de 4 mm <sup>2</sup> , puente de comprobación en caja registrable, grapas de conexión. Toma de tierra para la estructura metálica de los soportes de los módulos fotovoltaicos con 90 m de cable RVK 0,6/1kV de 4 mm <sup>2</sup> .	Ud	1,00	120,06 €	<b>120,06 €</b>
1.2	Suministro de 96 módulos solares SOLARWATT BLUE 60P de 275Wp, para instalación de 26,4 kW pico. Garantía del fabricante 25 años	Ud	96,00	120,18 €	<b>11.536,80 €</b>
1.3	Suministro de estructura Autoportante con deflectores modelo inclinado sierra 1 AH 10° de la marca SUPORTS para 96 módulos de 60 células, montaje horizontal con una inclinación de 10°, incluso grapas y tornillos de sujeción de Módulos fotovoltaicos.	Ud	1,00	2.760,00 €	<b>2.760,00 €</b>
1.4	Suministro de Bloques de hormigón distribuidos homogéneamente a través de toda la estructura a razón de 36,6 kg por bloque	Ud	112,00	2,76 €	<b>309,12 €</b>
1.5	Suministro e instalación de Bandeja portacables aislante con resistencia a la radiación ultravioleta de 200x60 Unex U43x. con tapa y pequeño material para montaje y sujeción de la misma.	m	70,00	10,35 €	<b>724,50 €</b>
1.6	Suministro e instalación de Cableado de continua CC desde los módulos hasta el inversor, de cable unipolar H1Z2Z2-K de 4 mm <sup>2</sup> de sección, de exterior y en bandeja portacables. Con p/p de conexionado.	m	420,00	0,67 €	<b>280,14 €</b>
1.7	Suministro e instalación de conectores rápidos MC4 macho para conexión entre filas de módulos fotovoltaicos.	Ud	10,00	5,18 €	<b>51,75 €</b>
1.8	Suministro e instalación de Conectores rápidos MC4 hembra para conexión entre filas de módulos fotovoltaicos.	Ud	10,00	5,18 €	<b>51,75 €</b>
1.9	Suministro de Cuadro de protecciones de de CC: Incluye 12 Fusibles de 10 A 1000V.	Ud	1,00	552,00 €	<b>552,00 €</b>
1.10	Suministro de Protector de sobretensiones de continua SMA Surge Arrester A+B para Sunny Tripower TL 30.	Ud	1,00	103,50 €	<b>103,50 €</b>
1.11	Suministro de inversor solar SMA SUNNY TRIPOWER 25000 TL de 25 kW de potencia nominal de la marca SMA o equivalente, con seccionador de cc. Incluso sistema de adquisición de datos.	Ud	1,00	2.698,18 €	<b>2.698,18 €</b>
1.12	Suministro de cableado de interconexión entre inversor y Cuadro de protecciones AC con conductor de cobre con aislamiento tipo RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 5G16 mm <sup>2</sup> o 4x1x16mm <sup>2</sup> , en instalación sobre bandeja portacables, con p/p de conexionado.	m	25,00	5,75 €	<b>143,75 €</b>

1.13	Suministro de Cuadro de AC con : Sobretensiones tipo 2, Interruptor magnetotermico tetrapolar para 40 A, Interruptor diferencial tetrapolar de 40 A / 300 mA, montado en modulo de doble aislamiento .	Ud	1,00	103,50 €	<b>103,50 €</b>
1.14	Suministro de módulo de protecciones de conexión de la instalación al cuadro general del transformador compuesto por Bases para fusibles y fusibles NH de 100 A, 500V. Mano de obra de instalación, cableado, conexionado todo ello totalmente instalado y funcionando.	Ud	1,00	115,60 €	<b>115,60 €</b>
1.15	Comunicar nuevo inversor SMA con equipo inyección cero ya instalado para el correcto funcionamiento de la instalación generadora.	Ud	1,00	450,00 €	<b>450,00 €</b>
<b>TOTAL CAPÍTULO 1</b>					<b>20.000,65 €</b>
<b>CAPÍTULO 2.- MANO DE OBRA E INSTALACION DE EQUIPOS</b>					
2.1	Suministro e instalación de línea de vida hasta completar toda la superficie de la cubierta	Ud	1,0	2.120,00 €	<b>2.120,00 €</b>
2.2	Mano de obra total de la instalación: Instalación de modulos fotovoltaicos con anclajes en la estructura de soportación y pegado a la misma, instalada y conexionada. Cableado de la instalación, montajes, etc.	Ud	1,0	5.106,00 €	<b>5.106,00 €</b>
2.3	Puesta en marcha de la instalación	Ud.	1,0	540,00 €	<b>540,00 €</b>
<b>CAPÍTULO 2.- MANO DE OBRA E INSTALACION DE EQUIPOS</b>					<b>7.766,00 €</b>

<b>Resumen de Presupuesto:</b>	
<b>CAPÍTULO 1.- GENERADOR FOTOVOLTAICO</b>	<b>20.000,65 €</b>
<b>CAPÍTULO 2.- MANO DE OBRA E INSTALACION DE EQUIPOS</b>	<b>7.766,00 €</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>27.766,65 €</b>
<b>BENEFICIO INDUSTRIAL (13%)</b>	3.609,66 €
<b>GASTOS GENERALES (6%)</b>	1.666,00 €
<b>TOTAL CON BENEFICIO INDUSTRIAL</b>	<b>33.042,31 €</b>
<b>IVA (%21)</b>	<b>6.938,88 €</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO CON IVA</b>	<b>39.981,19 €</b>

I.C. de Zaragoza, 05 de Noviembre de 2.018

SERVICIO CONSERVACIÓN ARQUITECTURA  
UNIDAD DE ENERGÍA E INSTALACIONES  
El Funcionario Municipal

El Ingeniero Industrial  
Colegiado nº: 2474 COIIAR

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

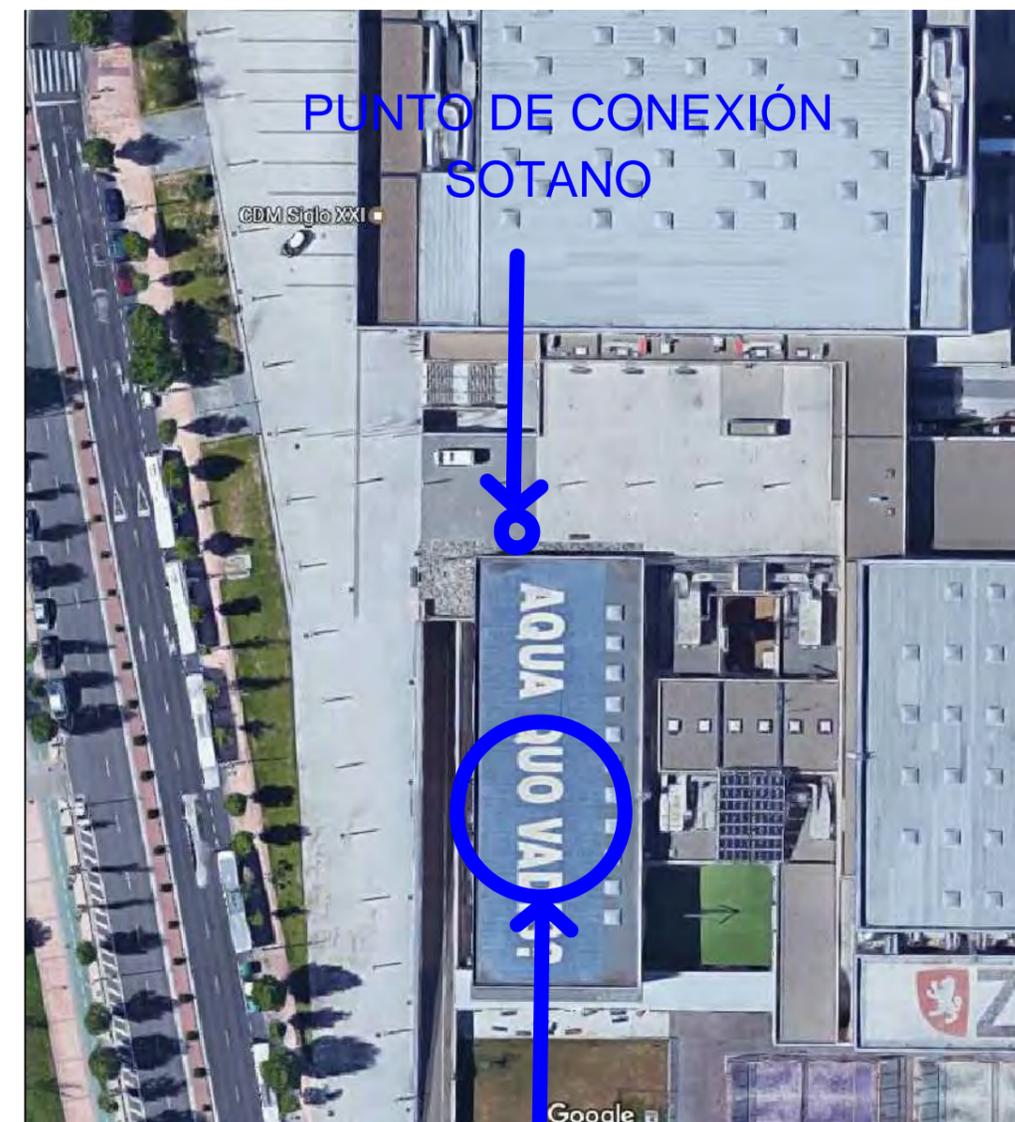
Fdo: Fco Javier Pérez Abad

Fdo: Pedro Machín Iturria  
Asistencia Técnica Externa

**PROYECTO PARA INSLATACIÓN FOTOVOLTAICA DE 17-049 ACT  
PDM SIGLO XXI EFIC IEF-P1**

**17-049 ACT PDM SIGLO XXI EFIC IEF -P2 AMPL**

- **PLANOS**



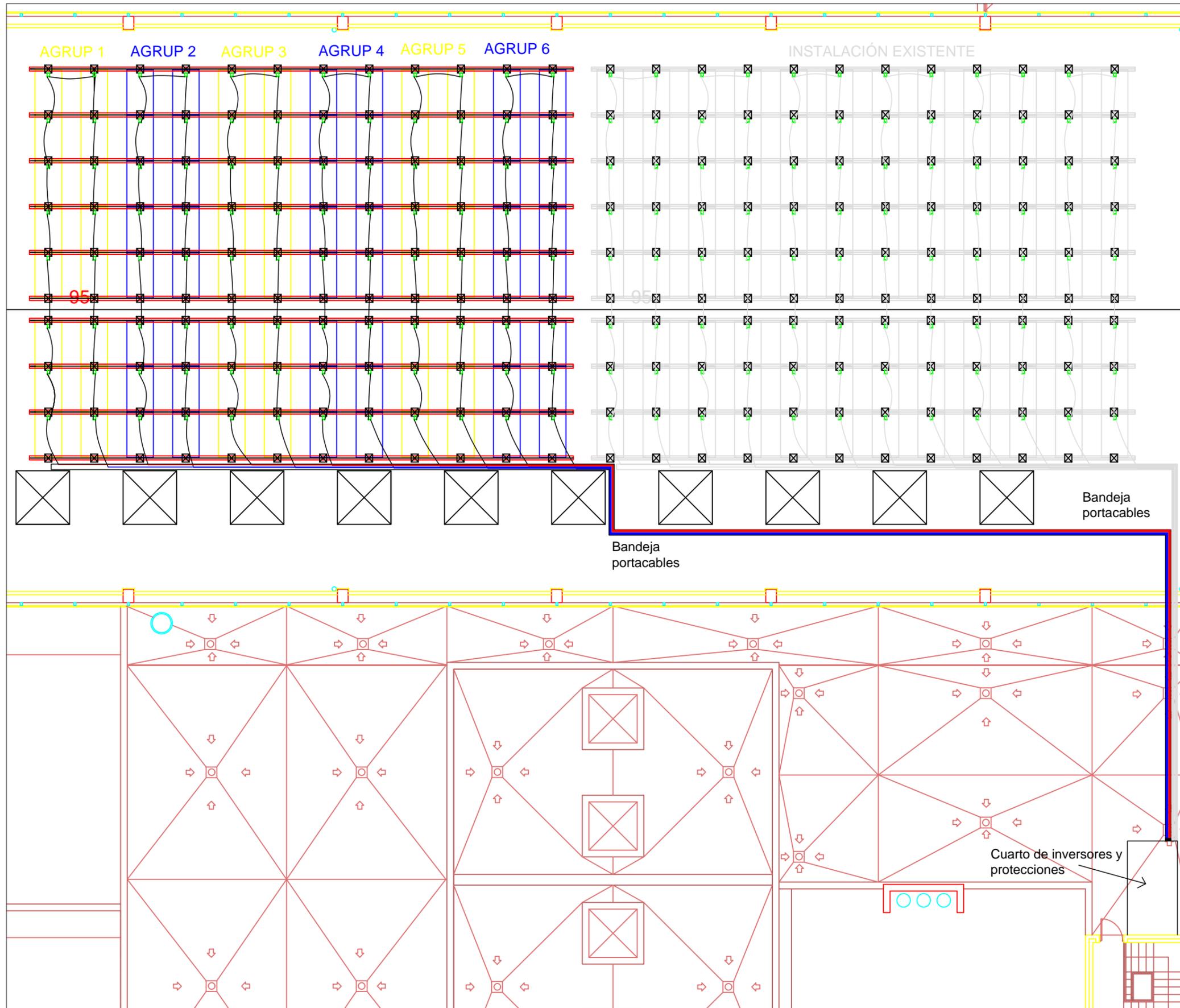
 Zaragoza  
AYUNTAMIENTO  
Gerencia de Urbanismo

8-F977-6-B'89'5FEI +97HI F5  
SERVICIO CONSERVACIÓN ARQUITECTURA  
UNIDAD DE ENERGÍA E INSTALACIONES

DFCM97HC'51 HC7CBGI AC': CHCJC@57C'G; @'LL=f5AD@57-6BL

PLANO:  
**GHI 57-6-B'M9AD@N5A-9BHC** **1**

INGENIERO T. INDUSTRIAL Funcionario Municipal	INGENIERO INDUSTRIAL Asistencia Técnica Externa	TEC. GRADO SUP.:	ESCALA: S/E	NOV 2018 REM:
Fco. Javier Pérez Abad	Pedro Machín Iturria Colegiado nº: 2474 COIAR	IDENTIFICADOR: 17-049 ACT PDM SIGLO XXI EFIC IEF -P2 AMPL		



**Zaragoza**  
 AYUNTAMIENTO  
 Gerencia de Urbanismo

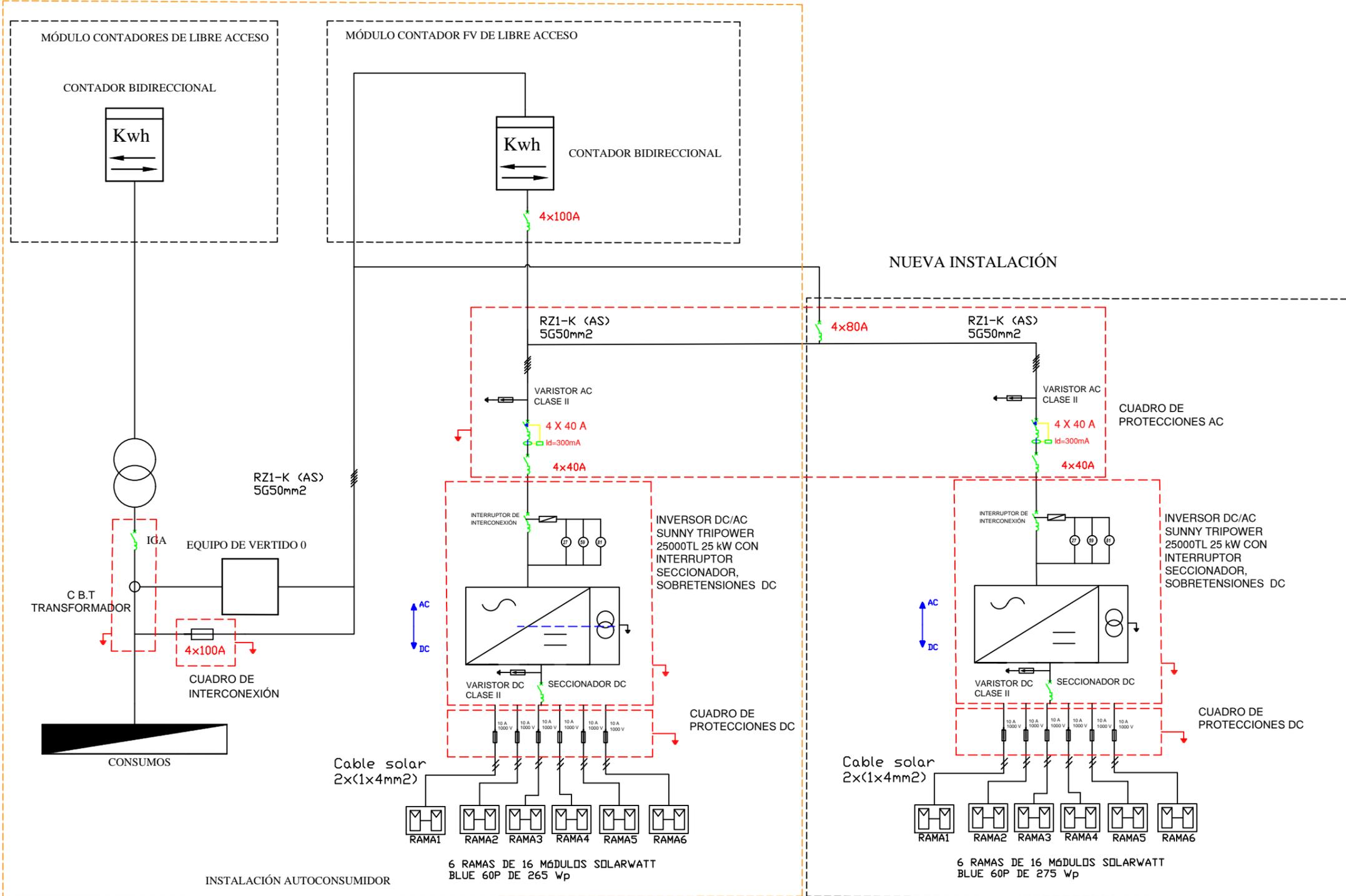
8-F977-é-B'89'5FEI-497HI-F5  
 SERVICIO CONSERVACIÓN ARQUITECTURA  
 UNIDAD DE ENERGÍA E INSTALACIONES

**PROYECTO DE AUTOCONSUMO  
 FOTOVOLTAICO SIGLO XXI  
 f5 A D@5 7 -é BŁ**

PLANO: **AD@BH57-éB'75ADC:J** **2**

INGENIERO T. INDUSTRIAL Funcionario Municipal	INGENIERO INDUSTRIAL Asistencia Técnica Externa Pedro Machin Iturria
Fco. Javier Pérez Abad	Colegiado nº: 2474 COIAR
TEC. GRADO SUP.:	ESCALA: 1/150
	NOVIEMBRE 2018 REM:
IDENTIFICADOR: 17-049 ACT PDM SIGLO XXI EFIC IEF -P2 AMPL	

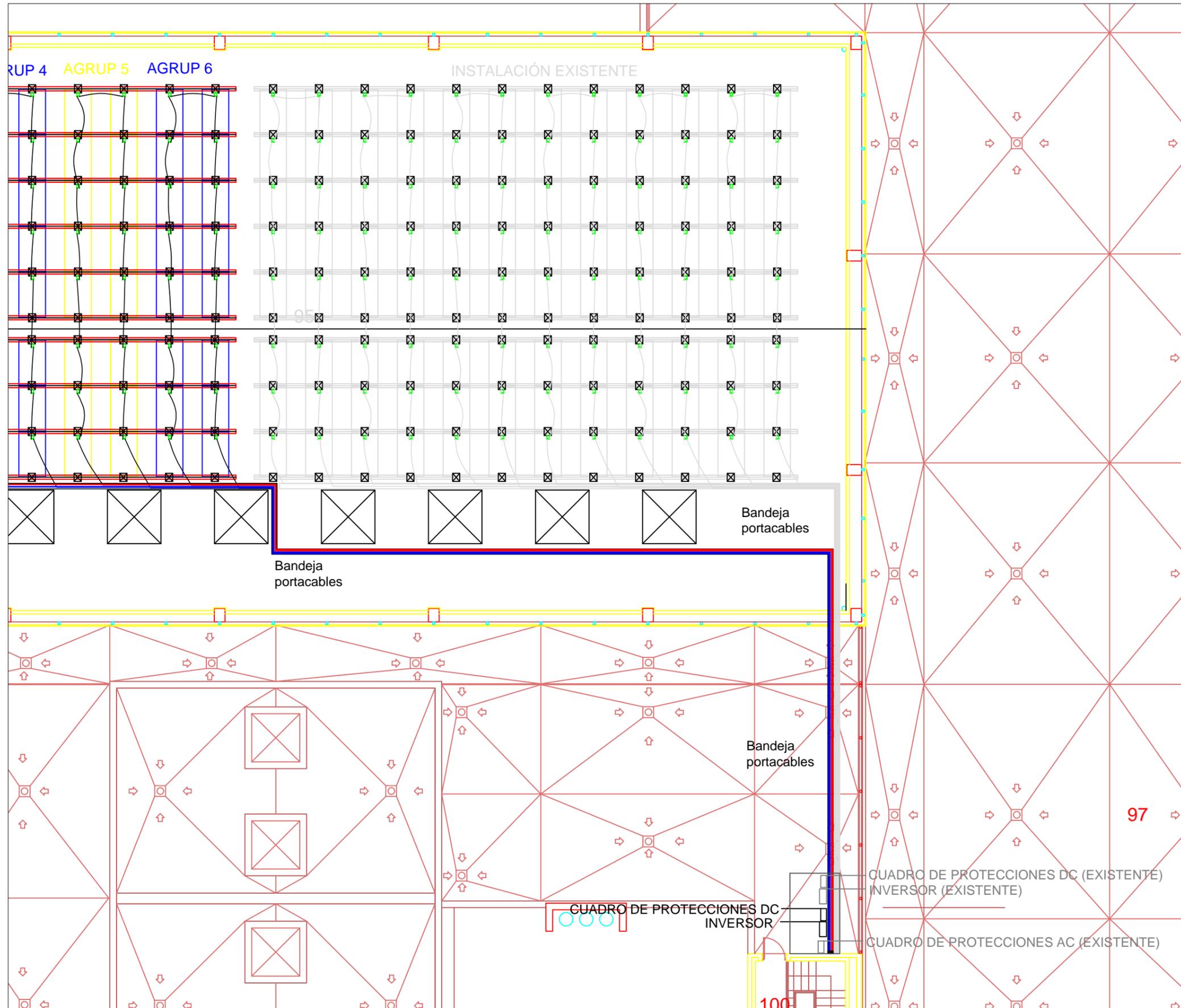
INSTALACIÓN EXISTENTE



**PROYECTO DE AUTOCONSUMO FOTVOLTAICO SIGLO XXI**  
f5 A D @ 5 7 - 6 B L

**ESQUEMA UNIFILAR DEFINITIVO**

INGENIERO T. INDUSTRIAL Funcionario Municipal	INGENIERO INDUSTRIAL Asistencia Técnica Externa
Fco. Javier Pérez Abad	Pedro Machín Iturria Colegiado nº: 2474 COIAR
TEC. GRADO SUP.:	ESCALA: S/E
	NOVIEMBRE 2018   REM:
IDENTIFICADOR: 17-049 ACT PDM SIGLO XXI EFIC IEF -P2 AMPL	



 Zaragoza  
 AYUNTAMIENTO  
 Gerencia de Urbanismo

8-F977-6-B'89'5FEI-497HI-F5  
 SERVICIO CONSERVACIÓN ARQUITECTURA  
 UNIDAD DE ENERGÍA E INSTALACIONES

**PROYECTO DE AUTOCONSUMO  
 FOTOVOLTAICO SIGLO XXI**  
 f5 A D@57-6 B.L

PLANO: 4

**I 6757-6 B'9EI-DCG**

INGENIERO T. INDUSTRIAL Funcionario Municipal	INGENIERO INDUSTRIAL Asistencia Técnica Externa
Fco. Javier Pérez Abad	Pedro Machín Iturria Colegiado nº: 2474 COIAR
TEC. GRADO SUP.:	ESCALA: 1/150
	NOVIEMBRE 2018 REM:
IDENTIFICADOR: 17-049 ACT PDM SIGLO XXI EFIC IEF -P2 AMPL	