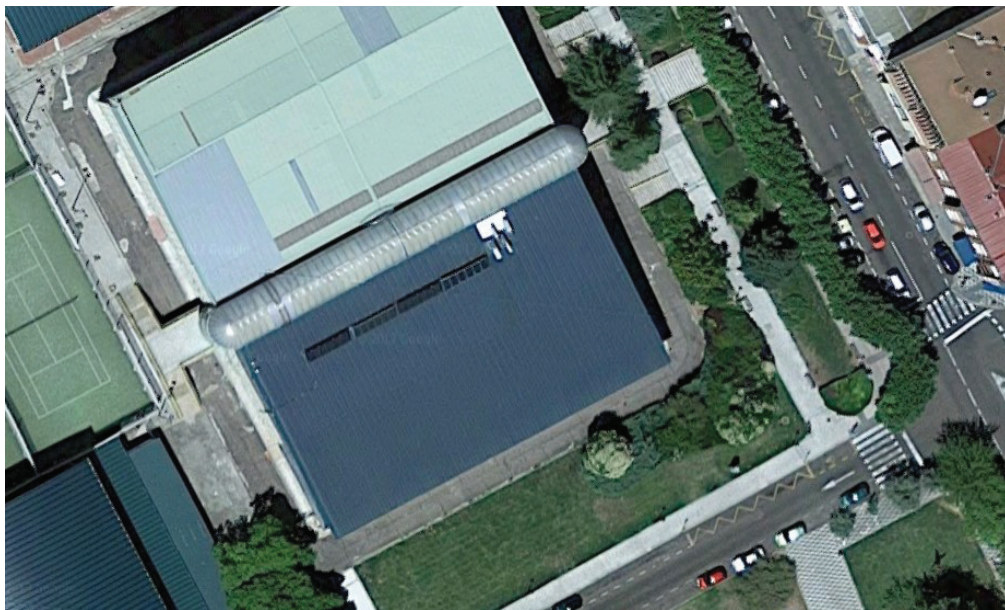




# MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA AUTOCONSUMO EN EL COMPLEJO DEPORTIVO ERAS DE SANTA MARINA (PALENCIA)



Para consultar la autenticidad de este documento consulte la siguiente página web

Código Seguro de Validación **ba293d49963d4f5e89beb82165b1c947001**

Url de validación <https://sede.aytopalencia.es/absis/idi/arx/idiarxabsaweb/castellano/asp/verificadorfirma.asp>

AUTOMÁTICO DEL  
AYUNTAMIENTO  
DE PALENCIA



|  |           |
|--|-----------|
| <b>1.- MEMORIA</b>   | <b>3</b>  |
| 1.1 JUSTIFICACIÓN Y OBJETO DE LA INSTALACIÓN                           | 4         |
| 1.2 PROMOTOR   | 4         |
| 1.3 UBICACIÓN  | 4         |
| 1.4 NORMATIVA  | 4         |
| 1.5 MEMORIA DESCRIPTIVA  | 5         |
| 1.5.1 USO DEL EDIFICIO   | 5         |
| 1.5.2 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO   | 5         |
| 1.5.3 ALCANCE DE LOS TRABAJOS  | 5         |
| 1.5.4 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN                                    | 7         |
| 1.5.4.1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS  | 8         |
| 1.5.4.2 ESTRUCTURA SOPORTE DE LA INSTALACIÓN.                          | 8         |
| 1.5.4.3 INVERSOR DE CONEXIÓN A RED.                                    | 8         |
| 1.5.4.4 SISTEMA DE MONITORIZACIÓN Y GESTIÓN DE LA ENERGÍA              | 11        |
| 1.5.4.5 CONTADORES, PROTECCIONES Y CABLEADO                            | 11        |
| 1.5.5 DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN                  | 12        |
| 1.6 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS  | 14        |
| 1.6.1 CÁLCULO DE LA CONFIGURACIÓN MÓDULOS FOTOVOLTAICOS-INVERSOR       | 14        |
| 1.6.2 CABLEADO DC. DESDE EL CAMPO FOTOVOLTAICO AL INVERSOR.            | 16        |
| 1.6.3 CABLEADO AC. DESDE EL INVERSOR AL CUADRO PRINCIPAL DEL EDIFICIO. | 17        |
| 1.6.4 PUESTA A TIERRA  | 19        |
| 1.7 ANÁLISIS ENERGÉTICO Y DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO                 | 19        |
| <b>2.- PRESUPUESTO</b>   | <b>26</b> |



**Ayuntamiento  
de Palencia**



**Unión Europea**

# 1.- MEMORIA



## **1.1 JUSTIFICACIÓN Y OBJETO DE LA INSTALACIÓN**

En el marco de las medidas de mejora de la eficiencia y ahorro energético que promueve el Excmo. Ayuntamiento de Palencia se encuentra la utilización de energías de carácter renovable y no contaminante, así como el ahorro en la factura eléctrica del conjunto de edificios municipales. Así el presente proyecto pretende contribuir a la consecución de ambos objetivos, utilizando una fuente de energía limpia y sostenible que además reduzca los costes en electricidad del Ayuntamiento.

El presente proyecto tiene por objeto la definición de la instalación de 100 kWp de generación fotovoltaica para autoconsumo que se pretende realizar en el Complejo Deportivo de ERAS DE SANTA MARINA situado en la Avda San Antonio de Palencia.

## **1.2 PROMOTOR**

El promotor del proyecto es el Excmo. Ayuntamiento de Palencia, el cual se encuentra en la C/ Mayor, 7 de la capital de Palencia.

## **1.3 UBICACIÓN**

El complejo deportivo de Eras de Santa Marina cuyo acceso principal está situado en la Calle San Antonio, s/n de la capital de Palencia.

## **1.4 NORMATIVA**

- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del sector eléctrico
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero.
- 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.

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- 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 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.

## **1.5 MEMORIA DESCRIPTIVA**

### **1.5.1 USO DEL EDIFICIO**

El edificio tiene un uso continuo durante el horario diurno de 8 a 22 horas, prácticamente durante los 365 días del año.

### **1.5.2 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO**

La zona del edificio que se utilizará para la instalación de los paneles fotovoltaicos será la cubierta de la piscina, la cual tiene una inclinación aproximada de 25º y está orientada 26º hacia el este.

El grupo inversor se situará en el interior del edificio, junto al cuadro eléctrico general de consumo eléctrico.

### **1.5.3 ALCANCE DE LOS TRABAJOS**

El presente proyecto incluye los trabajos de instalación y puesta en marcha de un sistema fotovoltaico para autoconsumo con posibilidad de inyección de excedentes a red:



- Diseño completo e ingeniería de detalle de la planta de paneles fotovoltaicos. El proyecto para instalación legalización de la planta, incluirá cálculos de secciones de cableados en CC y CA, pérdidas por caídas de tensión, cálculos de producción estimativa, planos de detalle incluyendo un esquema unifilar con la configuración definitiva a implantar, presupuesto de ejecución desglosado, pliego de condiciones, estudio de seguridad y salud, y programa de ejecución del suministro de la instalación.
- Suministro de todos los componentes necesarios para la completa instalación de la planta y su puesta en marcha.
- Dirección técnica del montaje y puesta en marcha de la planta A realizar por un técnico competente, con titulación de ingeniero técnico o superior y con experiencia en este tipo de instalaciones.
- Instalación de la estructura soporte de los módulos sobre la cubierta del edificio. Anclaje de la misma al forjado asegurando que no se interfiere en la impermeabilidad del mismo.
- Instalación de los módulos fotovoltaicos sobre la estructura soporte.
- Conexión eléctrica de los módulos fotovoltaicos entre sí y del campo de módulos al inversor de conexión a red. realizando las conducciones, bandejas, canalizaciones, etc. Necesarias para los cableados eléctricos.
- Conexión eléctrica en AC del inversor de conexión a red al cuadro general del edificio.
- Instalación y conexión de equipos de protección y medida eléctrica según normativa vigente, tanto al cuadro general como las protecciones exigidas previo a la conexión a red distribuidora.
- Instalación y conexión de sistema de telemonitorización del inversor de conexión a red y de gestión de las cargas para optimizar el aprovechamiento del sistema, incluido punto de visualización.
- Realización de todas las gestiones que fueran necesarias con las administraciones públicas, para la instalación, legalización de la planta y dado de alta su conexión a la red distribuidora.
- Realización de las pruebas necesarias, que demuestren el correcto funcionamiento y cumplimiento de los requisitos de la planta.
- Mantenimiento y garantía de los primeros 2 años.



- Control diario de la planta durante los 2 primeros años con emisión de informes mensuales.

#### **1.5.4 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN**

El sistema que se propone es un sistema de generación de energía eléctrica a través de una instalación de módulos fotovoltaicos e inversor. Los módulos fotovoltaicos se instalarán sobre la cubierta del edificio, aprovechando la inclinación y orientación de uno de los paños del mismo.

La salida AC del grupo inversor de conexión a red trifásico se conectará al cuadro principal de la red eléctrica interna del edificio. Toda la energía generada será consumida por el propio complejo deportivo, el excedente será vertido a la red de distribución eléctrica, para lo cual el adjudicatario deberá realizar las gestiones oportunas con la distribuidora para agilizar el trámite administrativo reflejado en el Real Decreto 1699/2011, aportando al Ayuntamiento la documentación técnica necesaria, gestionando la presentación de documentación y asesorando sobre las distintas tramitaciones.

A continuación se detallan los equipos que formarán la instalación fotovoltaica para autoconsumo con conexión a red:



#### **1.5.4.1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS**

Se instalarán aproximadamente 300 módulos fotovoltaicos de 330 Wp distribuidos en las ramas en paralelo de un número de paneles en serie por cada rama, de modo que se optimice el aprovechamiento de la energía producida.

Los módulos deberán cumplir las siguientes características mínimas:

| <b>Magnitud</b>                           | <b>Unidad</b> | <b>Valor</b> |
|---|---------------|--------------|
| Potencia mínima bajo condiciones STC      | Wp            | 250          |
| Tolerancia de Potencia                    | W             | 0/+3         |
| Espesor mínimo del cristal de los módulos | mm            | 3,2          |
| Resistencia máx carga de viento           | Pa            | >2.400       |
| Resistencia máx carga de nieve            | Pa            | >7.200       |

Dichas magnitudes deberán venir avalados por el Certificado TÜV correspondiente.

#### **1.5.4.2 ESTRUCTURA SOPORTE DE LA INSTALACIÓN.**

La estructura deberá ser de aluminio extrusionado, sin perforaciones. Deberán ser capaces de soportar picos de viento de hasta 120 km/h y las cargas de nieve correspondientes en la zona, considerando los coeficientes de seguridad establecidos en el DB-SE-AE Acciones de la edificación (CTE).

#### **1.5.4.3 INVERSOR DE CONEXIÓN A RED.**

Este grupo inversor está compuesto de 1 inversor trifásico o 3 inversores conectados a cada una de las fases. Cada uno de ellos dispondrá de microprocesadores de control, y de un PLC de comunicaciones que se adaptará a los requisitos particulares del proyecto. El inversor conectado por su lado DC a un generador fotovoltaico, y por su lado AC a un transformador elevador que adapta la tensión de salida del inversor, 230 V, a la red. El inversor incorporará dos sistemas de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) para maximizar la energía obtenida de los paneles fotovoltaicos.

Para minimizar las pérdidas durante el proceso de inversión empleará tecnología de conmutación mediante transistores bipolares de puerta aislada (IGBTs), garantizando una curva senoidal con una mínima distorsión.





La lógica de control empleada garantizará un funcionamiento automático completo y evitará las posibles pérdidas durante periodos de reposo (Stand-By). Dispondrá de un display LCD que muestra detalladamente el estado del inversor. Incorporará además un software que indicará el estado del sistema en tiempo real, ayudará a diagnosticar fallos y permitirá registrar eventos. El interface gráfico del usuario ofrecerá la posibilidad de proveer comunicaciones reales directamente con un PC local o vía módem, adaptándose a los requisitos particulares de cada proyecto.

El inversor cumplirá siguientes especificaciones técnicas:

- Dispondrá de un relé contactor de interconexión interno o contactores para la desconexión automática y protección de la red, en caso que los límites citados a continuación se superen:

Parámetros Límite Tiempo Desconexión

Fmax 50.5 Hz 500 ms

Fmin 48 Hz 3000 ms

Uac max 1  $U_n \times 1.1$  1500 ms

Uac max 2  $U_n \times 1.15$  200 ms

Uac min  $U_n \times 0.85$  1500 ms

- Será capaz de realizar una reconexión automática al cabo de 180 segundos, una vez que los parámetros de la red vuelven a estar dentro de las condiciones exigidas.
- Disponer de protección contra funcionamiento en isla.
- La desconexión y reconexión del inversor en el punto de inyección, se llevará a cabo por medio de relés internos o contactores controlados por software.



- Disponer de protección frente a temperaturas altas peligrosas mediante un sensor de temperatura.
- Disponer de una separación electro-mecánica entre la red de distribución y la instalación fotovoltaica completa. Las funciones de supervisión y protección internas actuarán sobre el interruptor de separación.
- El inversor arriba referenciado garantizará que la corriente continua inyectada en la red de distribución no supera el 0,5% de la corriente nominal alterna del mismo. Los tests se realizarán de acuerdo a la "Nota de Interpretación técnica de la equivalencia de la separación galvánica de la conexión de instalaciones generadoras en baja tensión", emitida por el Ministerio de Industria, con resultado favorable.
- Disponer de una vigilancia de aislamiento a tierra en la parte de continua.

Las principales características técnicas de cada uno de los inversores son las que se citan a continuación:

| <b>Características adicionales</b>         |             |
|--|-------------|
| Rendimiento máximo                         | 0,984       |
| Rendimiento europeo                        | 0,98        |
| Tipo de protección                         | IP 65       |
| Rango T <sup>a</sup> para potencia nominal | -20°C/+60°C |
| Periodo de garantía                        | 5 años      |

#### **1.5.4.4 SISTEMA DE MONITORIZACIÓN Y GESTIÓN DE LA ENERGÍA**

Deberá disponer de un Portal Web que sirva como interfaz de usuario del programa Manager, estableciendo la conexión a internet a través de un rúter para conectarse al Portal, y envía los datos leídos. A través del Portal Web, el programa Manager permitirá una monitorización detallada de la planta, la notificación de la energía fotovoltaica disponible durante el día y el aviso en directo de todos los flujos energéticos del edificio. Con ello, el programa elaborará unas recomendaciones para el uso responsable de la energía eléctrica teniendo en cuenta los precios de la electricidad.

#### **1.5.4.5 CONTADORES, PROTECCIONES Y CABLEADO**

La instalación cumplirá con todas las consideraciones técnicas expuestas en el Real Decreto 1699/2011 y contará con los siguientes elementos:

##### **I. Contador bidireccional (entrada / salida) propio del titular.**

Este contador existente, actualmente mide la energía consumida por el propietario, su objetivo es contabilizar además la energía excedente del generador fotovoltaico que puede verter a la red por no ser consumida, que debe ser prácticamente nula.

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

##### **II. Contador de energía para la energía generada.**

Se instalará un contador de energía para medir y registrar exclusivamente la producción del sistema fotovoltaico. Se situará conforme al esquema unifilar incluido en esta memoria técnica.



### **III. Interruptor automático magnetotérmico.**

Situado en la parte de alterna con el fin de proteger la instalación contra sobrecargas y cortocircuitos.

### **IV. Interruptor automático diferencial.**

Como protección contra derivaciones en la parte de 230 Vca de la instalación.

### **V. Interruptor automático de interconexión controlado por software, controlador permanente de aislamiento, aislamiento galvánico y protección frente a funcionamiento en isla.**

Estas protecciones están incluidas en el inversor. Este interruptor estará controlado por un vigilante de la tensión y la frecuencia de la red eléctrica. Los umbrales permitidos son:

- En frecuencia: 49 - 51 Hz
- En tensión:  $0,85 \cdot U_m - 1,1 \cdot U_m$

### **VI. Aislamiento clase II**

En todos los componentes: módulos, cableado, cajas de conexión, etc.

### **VII. Varistores**

Entre positivo y tierra y negativo y tierra para el generador fotovoltaico, contra sobretensiones inducidas por descargas atmosféricas (incluido en inversor).

## **1.5.5 DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN**

El adjudicatario deberá llevar a cabo el mantenimiento preventivo de la instalación fotovoltaica, durante el plazo ofertado, mínimo de 2 años.

El adjudicatario deberá disponer de una plataforma WEB que permita el acceso a las curvas diarias de producción fotovoltaica, implementación de alarmas y la lectura remota de al menos un contador eléctrico.



El adjudicatario realizará y presentará en la planta informes mensuales de funcionamiento con los datos en formato Excel, y las gráficas diarias, de energía, potencia instantánea, intensidad... durante el periodo de mantenimiento ofertado.

Los gastos de personal y desplazamiento, así como el material necesario para la vigilancia y el mantenimiento preventivo o correctivo quedan incluidos en la presente actuación, no pudiendo el adjudicatario trasladar los gastos al Ayuntamiento.



## 1.6 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

### 1.6.1 CÁLCULO DE LA CONFIGURACIÓN MÓDULOS FOTOVOLTAICOS-INVERSOR

Para diseñar una correcta configuración de módulos fotovoltaicos-inversor, que pueda funcionar en unas condiciones que optimicen el rendimiento de los equipos y que eviten averías futuras, se tendrán en cuenta los siguientes parámetros:

- Tensión del sistema fotovoltaico.

Este valor de tensión es variable principalmente en función de la temperatura ambiente. Por ello se debe considerar una configuración de módulos cuya tensión resultante esté en todo momento dentro de la ventana de tensiones que admite el inversor. Esto evitará por un lado averías por sobretensión en días fríos y pérdidas de aprovechamiento de energía en días cálidos.

- Intensidad del sistema fotovoltaico.

La intensidad depende principalmente de la radiación solar en cada momento. Puesto que el inversor tiene limitada la corriente de entrada en CC, habrá que diseñar el sistema de módulos de manera que nunca se supere ese valor límite de intensidad, para evitar daños en el equipo.

- Condiciones ambientales.

Se debe calcular el comportamiento de los módulos en función de unos parámetros límite que consideraremos en función de la ubicación de la instalación. En nuestro caso, se han tomado como valores extremos una temperatura de célula mínima de -10°C y una máxima de 70 °C.

La temperatura de la célula fotovoltaica se puede expresar en función de la temperatura ambiente, a través de la expresión:

$$T_c = T_a + \frac{TONC - 20}{800} * E$$

Donde:

Tc es la temperatura de la célula o módulo

Ta es la temperatura ambiente



TONC es la temperatura de operación nominal de célula (46°C para el módulo utilizado en este proyecto)

E es la irradiancia solar

Bajo estas premisas y a través del software que los fabricantes de inversores facilitan para estos cálculos, se realizará la mejor configuración, cuyo diseño sea correcto.



### **1.6.2 CABLEADO DC. DESDE EL CAMPO FOTOVOLTAICO AL INVERSOR.**

Para el conexionado de las ramas en paralelo de la instalación se llevarán directamente los conductores hasta la entrada de los inversores por medio de los conectores propios. Estas entradas se encontrarán protegidas por medio de fusibles ubicados dentro del propio inversor. El inversor contará con suficientes entradas positivas y negativas para el lado de Corriente Continua, además de un seccionador CC y un seccionador AC.

El interruptor seccionador CC cortará el positivo y el negativo de cada paralelo de las ramas en el interior del inversor.

Para el cálculo de la sección mínima de conductores se empleará el criterio de la caída de tensión máxima admisible.

La caída de tensión,  $\Delta V$ , que se produce en una línea con corriente continua en cable de cobre, siendo conocida la potencia, viene dada por la siguiente expresión:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot P \cdot L}{56 \cdot V S}$$

La intensidad que circula por el conductor vendrá dada por la expresión:

$$I = \frac{P}{V}$$

Teniendo en cuenta los comentarios anteriores, se dimensionará la sección de los conductores en los tres tramos que corresponden a cada serie de módulos, asegurándose de que no supere la caída de tensión máxima de 1,5% desde la serie más alejada del inversor hasta este.

Para calcular la sección de los conductores se tendrá solamente en cuenta la rama más alejada del inversor.

Las secciones elegidas en todos los tramos tendrán una intensidad admisible superior a la intensidad máxima en condiciones óptimas de radiación y temperatura, siendo además la caída de tensión inferior al 1,5 %.





La intensidad de cada una de las series será igual a la intensidad máxima del módulo de 300 W:

$$I \text{ máxima potencia del módulo} = 8,72 \text{ A}$$

Para el cálculo de la caída de tensión, se considerará la tensión del campo de módulos y la distancia entre la rama más alejada y el inversor.

$$V \text{ máxima potencia de la serie} = 36,74 \text{ V} \times \text{número de módulos} < 1000 \text{ V}$$

Este es el valor para una temperatura de célula de 25 °C, por lo que se hará una corrección para temperaturas más altas, en las que la tensión será menor y se necesitará mayor sección de cableado:

$$\text{Coeficiente variación } V = 135,27 \text{ mV/}^\circ\text{C}$$

$$V \text{ máxima potencia (a } 5 \text{ }^\circ\text{C)} =$$

$$= 36,74 - (0,13527 \times 20) = 34,035 \text{ V}$$

$$V \text{ máx. potencia de la serie (a } 5 \text{ }^\circ\text{C)} = 34,035 \times n^\circ \text{ paneles} < 1000 \text{ V}$$

Teniendo en cuenta que la distancia desde la serie más alejada, se obtendrá la sección elegida.

Se seleccionará una sección mínima de 6 mm<sup>2</sup>, que cumpla holgadamente tanto con el criterio de caídas de tensión como con el criterio térmico según el RBT (UNE 20460-5-523), teniendo además en cuenta la agrupación de cables (9 cables de mínimo 6 mm<sup>2</sup>) que se producirá en la canalización.

### **1.6.3 CABLEADO AC. DESDE EL INVERSOR AL CUADRO PRINCIPAL DEL EDIFICIO.**

Con tensión alterna trifásica, la expresión que proporciona la caída de tensión que se produce en la línea es:



$$\Delta U = \frac{1 \cdot P \cdot L}{\sigma \cdot U \cdot S}$$

Siendo:

U la tensión compuesta en voltios.

$\sigma = 56$  si el conductor es de cobre

$\sigma = 35$  si el conductor es de aluminio

Aplicando dicha fórmula se obtendrá la sección mínima para una caída de tensión máxima del 1 %.

Se seleccionará una sección mínima de 6 mm<sup>2</sup> para que cumpla, como en el cálculo del lado de corriente continua, los dos criterios de diseño: caída de tensión e intensidad máxima admisible por temperatura.

#### **1.6.4 PUESTA A TIERRA**

La puesta a tierra se realizará de forma que no altere la de la compañía eléctrica distribuidora, con el fin de no transmitir defectos a la misma.

Se realizará una única toma de tierra a la que se conectará tanto la estructura soporte del generador fotovoltaico como la borna de puesta a tierra del inversor teniendo en cuenta la distancia entre estos, con el fin de no crear diferencias de tensión peligrosas para las personas. Para ello se tenderá un cable de 4 mm<sup>2</sup> de Cu a lo largo de toda la cubierta. A este cable se conectarán las estructuras de los paneles y la puesta a tierra del inversor.

#### **1.7 ANÁLISIS ENERGÉTICO Y DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO**

La energía generada por el sistema fotovoltaico será aprovechada para alimentar los consumos internos del edificio.

En este tipo de instalaciones, toda la energía generada será instantáneamente consumida en el propio edificio solo se verterá energía a la red de la compañía eléctrica en caso de excedente.

La potencia de salida del inversor estará controlada en función de los consumos que se estén produciendo. En el caso de que los consumos sean inferiores a la potencia que los módulos fotovoltaicos puedan suministrar, el sistema de gestión pondría en marcha la entrega de energía a la red ajustándose a las cargas de consumo para mantener la estabilidad de la red.



Se han considerado las potencias leídas por el maxímetro para cada mes, en el periodo de tiempo que comprende los últimos 12 meses de uso de LAS INSTALACIONES DEPORTIVAS ERAS DE SANTA MARINA:

**Tabla 1. - Potencias leídas por el maxímetro en los últimos 12 meses**

|   | kWh    | P1 (kW) | P2 (kW) | P3 (kW) |
|---|--------|---------|---------|---------|
| 01/01/2016 - 31/01/2016                           | 47.692 | 144     | 136     | 120     |
| 01/02/2016 - 29/02/2016                           | 44.391 | 140     | 112     | 104     |
| 01/03/2016 - 31/03/2016                           | 39.367 | 128     | 116     | 96      |
| 01/04/2016 - 16/04/2016 / 17/04/2016 - 30/04/2016 | 41.848 | 76      | 96      | 84      |
| 01/05/2016 - 31/05/2016                           | 37.111 | 76      | 88      | 88      |
| 01/06/2016 - 30/06/2016                           | 29.526 | 64      | 96      | 84      |
| 01/07/2016 - 31/07/2016                           | 27.321 | 56      | 72      | 72      |
| 01/08/2016 - 31/08/2016                           | 25.777 | 44      | 76      | 72      |
| 01/09/2016 - 30/09/2016                           | 27.129 | 64      | 100     | 84      |
| 01/10/2016 - 31/10/2016                           | 36.006 | 84      | 120     | 84      |
| 01/11/2016 - 30/11/2016                           | 43.076 | 136     | 104     | 96      |
| 01/12/2016 - 31/12/2016                           | 43.784 | 144     | 124     | 112     |

Con el objeto de que todo el potencial fotovoltaico sea aprovechado, se ha dimensionado una instalación de 100 kWp con un grupo inversor que puede suministrar una potencia en corriente alterna de 100 kW.

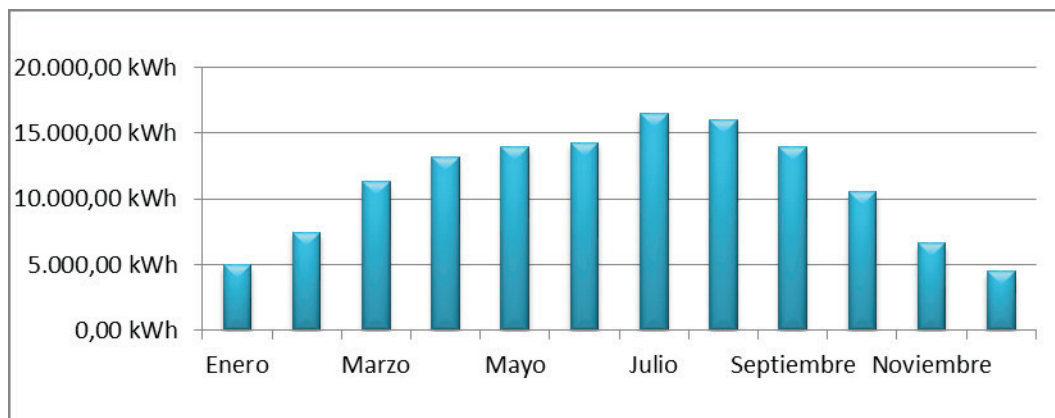
La energía producida se calcula en base a los datos de radiación solar y temperatura de Palencia, la inclinación del tejado (25°) y su orientación (26° de ángulo acimutal). El campo de módulos guardará una distancia suficiente con el tejado para permitir la circulación de aire y evitar el sobrecalentamiento de las células fotovoltaicas, lo que conllevaría una pérdida en la producción eléctrica.



Los datos obtenidos son los siguientes:

|                   |               |
|-------------------|---------------|
| <b>Enero</b>      | 5.001,68 kWh  |
| <b>Febrero</b>    | 7.468,94 kWh  |
| <b>Marzo</b>      | 11.299,21 kWh |
| <b>Abril</b>      | 13.216,22 kWh |
| <b>Mayo</b>       | 13.973,46 kWh |
| <b>Junio</b>      | 14.255,40 kWh |
| <b>Julio</b>      | 16.503,38 kWh |
| <b>Agosto</b>     | 16.024,06 kWh |
| <b>Septiembre</b> | 13.914,24 kWh |
| <b>Octubre</b>    | 10.525,61 kWh |
| <b>Noviembre</b>  | 6.652,32 kWh  |
| <b>Diciembre</b>  | 4.516,56 kWh  |

**Ilustración 1. Generación de energía en kWh**



Una vez obtenida la cantidad de energía producida y recopilados los datos eléctricos de consumo de los últimos 12 meses, se procede a calcular el ahorro en la factura que supondrá la instalación.

Para ello, y dado que el edificio consume con una tarifa 3.0, es necesario separar las cantidades de energía estimadas anteriormente según los periodos de tarificación, ya que cada parte de la energía producida supondrá un ahorro distinto en función del precio de la electricidad para cada tramo.



De esta forma, se obtiene:

|                   |        |   |   |                |                |            |
|-------------------|--------|---|---|----------------|----------------|------------|
| <b>Enero</b>      | 5.002  | 7 | 0 | 0              | 0              |            |
|                   |        |   | 0 | 0              | 0              |            |
|                   |        |   | 8 | 5.002          | 5.002          | 28%        |
| <b>Febrero</b>    | 7.469  | 7 | 0 | 0              | 0              |            |
|                   |        |   | 0 | 0              | 0              |            |
|                   |        |   | 8 | 7.469          | 7.469          | 50%        |
| <b>Marzo</b>      | 11.299 | 7 | 1 | 1.130          | 1.130          | 11%        |
|                   |        |   | 0 | 0              | 0              |            |
|                   |        |   | 9 | 10.169         | 10.169         | 77%        |
| <b>Abril</b>      | 13.216 | 7 | 4 | 4.806          | 4.806          | 65%        |
|                   |        |   | 0 | 0              | 0              |            |
|                   |        |   | 7 | 8.410          | 8.410          | 51%        |
| <b>Mayo</b>       | 13.973 | 7 | 4 | 4.658          | 4.658          | 69%        |
|                   |        |   | 0 | 0              | 0              |            |
|                   |        |   | 8 | 9.316          | 9.316          | 45%        |
| <b>Junio</b>      | 14.255 | 7 | 4 | 4.752          | 4.752          | 89%        |
|                   |        |   | 0 | 0              | 0              |            |
|                   |        |   | 8 | 9.504          | 9.504          | 75%        |
| <b>Julio</b>      | 16.503 | 7 | 4 | 5.501          | 4.730          | 100%       |
|                   |        |   | 0 | 0              | 0              |            |
|                   |        |   | 8 | 11.002         | 11.002         | 93%        |
| <b>Agosto</b>     | 16.024 | 7 | 4 | 5.341          | 4.092          | 100%       |
|                   |        |   | 0 | 0              | 0              |            |
|                   |        |   | 8 | 10.683         | 10.683         | 96%        |
| <b>Septiembre</b> | 13.914 | 7 | 4 | 5.060          | 4.826          | 100%       |
|                   |        |   | 0 | 0              | 0              |            |
|                   |        |   | 7 | 8.855          | 8.855          | 69%        |
| <b>Octubre</b>    | 10.526 | 7 | 3 | 3.509          | 3.509          | 66%        |
|                   |        |   | 0 | 0              | 0              |            |
|                   |        |   | 6 | 7.017          | 7.017          | 43%        |
| <b>Noviembre</b>  | 6.652  | 7 | 0 | 0              | 0              |            |
|                   |        |   | 0 | 0              | 0              |            |
|                   |        |   | 8 | 6.652          | 6.652          | 41%        |
| <b>Diciembre</b>  | 4.517  | 7 | 0 | 0              | 0              |            |
|                   |        |   | 0 | 0              | 0              |            |
|                   |        |   | 7 | 4.517          | 4.517          | 27%        |
|                   |        |   |   | <b>133.351</b> | <b>131.097</b> | <b>29%</b> |



|                   | Energía<br>Generada (kWh) | Emisiones Ahorradas |               |
|-------------------|---------------------------|---------------------|---------------|
|                   |                           | CO2 (kg)            | SOx (kg)      |
| <b>Enero</b>      | <b>5.001,68</b>           | 2.000,67            | <b>14,72</b>  |
| <b>Febrero</b>    | <b>7.468,94</b>           | 2.987,57            | <b>21,98</b>  |
| <b>Marzo</b>      | <b>11.299,21</b>          | 4.519,69            | <b>33,25</b>  |
| <b>Abril</b>      | <b>13.216,22</b>          | 5.286,49            | <b>38,89</b>  |
| <b>Mayo</b>       | <b>13.973,46</b>          | 5.589,38            | <b>41,12</b>  |
| <b>Junio</b>      | <b>14.255,40</b>          | 5.702,16            | <b>41,95</b>  |
| <b>Julio</b>      | <b>16.503,38</b>          | 6.601,35            | <b>48,56</b>  |
| <b>Agosto</b>     | <b>16.024,06</b>          | 6.409,62            | <b>47,15</b>  |
| <b>Septiembre</b> | <b>13.914,24</b>          | 5.565,70            | <b>40,94</b>  |
| <b>Octubre</b>    | <b>10.525,61</b>          | 4.210,24            | <b>30,97</b>  |
| <b>Noviembre</b>  | <b>6.652,32</b>           | 2.660,93            | <b>19,57</b>  |
| <b>Diciembre</b>  | <b>4.516,56</b>           | 1.806,62            | <b>13,29</b>  |
| <b>Total</b>      | <b>133.351,09</b>         | <b>53.340,44</b>    | <b>392,38</b> |

Aplicando el precio por cada periodo tarifario se consigue el ahorro económico de la instalación y con él la rentabilidad de la misma.



| <b>RENTABILIDAD DEL PROYECTO</b> |                 |                         |  |                        |                            |
|----------------------------------|-----------------|-------------------------|--|------------------------|----------------------------|
| <b>AÑO</b>                       | <b>Periodos</b> | <b>Energía ahorrada</b> | <b>Coste Energía - Peaje de respaldo</b> | <b>Cash-flow anual</b> | <b>Cash-flow acumulado</b> |
| 0                                |                 | 0,00 kWh                | --                                       | -130.000 €             | -130.000 €                 |
| 1                                | Punta           | 32.501,98 kWh           | 0,09261 €/kWh                            | 9.844 €                | -120.156 €                 |
|                                  | Valle           | 0,00 kWh                | 0,05889 €/kWh                            |                        |                            |
|                                  | Llano           | 98.594,91 kWh           | 0,10075 €/kWh                            |                        |                            |
| 2                                | Punta           | 32.241,96 kWh           | 0,09446 €/kWh                            | 10.184 €               | -109.973 €                 |
|                                  | Valle           | 0,00 kWh                | 0,06006 €/kWh                            |                        |                            |
|                                  | Llano           | 97.806,15 kWh           | 0,10277 €/kWh                            |                        |                            |
| 3                                | Punta           | 31.984,03 kWh           | 0,09635 €/kWh                            | 10.532 €               | -99.440 €                  |
|                                  | Valle           | 0,00 kWh                | 0,06127 €/kWh                            |                        |                            |
|                                  | Llano           | 97.023,70 kWh           | 0,10482 €/kWh                            |                        |                            |
| 4                                | Punta           | 31.728,16 kWh           | 0,09828 €/kWh                            | 10.889 €               | -88.551 €                  |
|                                  | Valle           | 0,00 kWh                | 0,06249 €/kWh                            |                        |                            |
|                                  | Llano           | 96.247,51 kWh           | 0,10692 €/kWh                            |                        |                            |
| 5                                | Punta           | 31.474,33 kWh           | 0,10024 €/kWh                            | 11.255 €               | -77.295 €                  |
|                                  | Valle           | 0,00 kWh                | 0,06374 €/kWh                            |                        |                            |
|                                  | Llano           | 95.477,53 kWh           | 0,10906 €/kWh                            |                        |                            |
| 6                                | Punta           | 31.222,54 kWh           | 0,10225 €/kWh                            | 11.630 €               | -65.665 €                  |
|                                  | Valle           | 0,00 kWh                | 0,06502 €/kWh                            |                        |                            |
|                                  | Llano           | 94.713,71 kWh           | 0,11124 €/kWh                            |                        |                            |
| 7                                | Punta           | 30.972,76 kWh           | 0,10429 €/kWh                            | 12.014 €               | -53.651 €                  |
|                                  | Valle           | 0,00 kWh                | 0,06632 €/kWh                            |                        |                            |
|                                  | Llano           | 93.956,00 kWh           | 0,11346 €/kWh                            |                        |                            |
| 8                                | Punta           | 30.724,97 kWh           | 0,10638 €/kWh                            | 12.408 €               | -41.243 €                  |
|                                  | Valle           | 0,00 kWh                | 0,06764 €/kWh                            |                        |                            |
|                                  | Llano           | 93.204,35 kWh           | 0,11573 €/kWh                            |                        |                            |
| 9                                | Punta           | 30.479,17 kWh           | 0,10851 €/kWh                            | 12.811 €               | -28.432 €                  |
|                                  | Valle           | 0,00 kWh                | 0,06899 €/kWh                            |                        |                            |
|                                  | Llano           | 92.458,71 kWh           | 0,11805 €/kWh                            |                        |                            |
| 10                               | Punta           | 30.235,34 kWh           | 0,11068 €/kWh                            | 13.224 €               | -15.208 €                  |
|                                  | Valle           | 0,00 kWh                | 0,07037 €/kWh                            |                        |                            |
|                                  | Llano           | 91.719,05 kWh           | 0,12041 €/kWh                            |                        |                            |
| 11                               | Punta           | 29.993,46 kWh           | 0,11289 €/kWh                            | 13.647 €               | -1.561 €                   |
|                                  | Valle           | 0,00 kWh                | 0,07178 €/kWh                            |                        |                            |
|                                  | Llano           | 90.985,29 kWh           | 0,12282 €/kWh                            |                        |                            |
| 12                               | Punta           | 29.753,51 kWh           | 0,11515 €/kWh                            | 14.080 €               | 12.519 €                   |
|                                  | Valle           | 0,00 kWh                | 0,07322 €/kWh                            |                        |                            |
|                                  | Llano           | 90.257,41 kWh           | 0,12527 €/kWh                            |                        |                            |

De la tabla anterior se pueden extraer los siguientes parámetros de análisis de la inversión:





|                            |              |
|----------------------------|--------------|
| <b>Inversión</b>           | 130.000,00 € |
| <b>Ingresos en 25 años</b> | 370.060 €    |
| <b>Plazo amortización</b>  | 7 años       |

|                    |        |
|--------------------|--------|
| <b>TIR 10 años</b> | -2,10% |
| <b>TIR 15 años</b> | 4,58%  |
| <b>TIR 25 años</b> | 8,77%  |

Se han tomado en cuenta los siguientes valores:

- Costes de mantenimiento anual: 500 eur/año
- Costes de la energía consumida:

|  |               |               |
|--|---------------|---------------|
| Costes de energía<br>(impuestos incluidos) | Punta (€/kWh) | <b>0,1232</b> |
|  | Valle (€/kWh) | <b>0,0779</b> |
|  | Llano (€/kW)  | <b>0,1101</b> |

Variación del precio de energía = 2 % anual

- Cargo por energía autoconsumida (pendiente de aprobación por Real Decreto)

|                               |               |                 |
|-------------------------------|---------------|-----------------|
| Cargo por E<br>autoconsumida* | Punta (€/kWh) | <b>0,030553</b> |
|                               | Llano (€/kWh) | <b>0,019056</b> |
|                               | Valle (€/kWh) | <b>0,009381</b> |

\* Cargo transitorio por energía autoconsumida para tarifa 3.0 según Proyecto de Real Decreto por el que se establece la regulación de las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo. (Pendiente de aprobación)

Palencia 3 de octubre de 2017

El Ingeniero Industrial Municipal

Fdo. D. Gabriel Rubí Montes



## **2.- PRESUPUESTO**



| CAPÍTULO 1. - MÓDULOS FOTOVOLTAICOS |          |    |  |                 |                    |
|-------------------------------------|----------|----|--|-----------------|--------------------|
| Código                              | Cantidad | Ud | Descripción  | Precio unitario | Total              |
| 1.1                                 | 300      | Ud | Suministro y conexión eléctrica de módulo fotovoltaico Cristalino 330 Wp, 72 células de 6". Marco anodizado, caja de conex. IP65. Tolerancia 0/+5Wp mod. A300PGSE o similar, incluidos accesorios. | 303,75          |                    |
| <b>Total Capítulo 1</b>             |          |    |  |                 | <b>91.125,00 €</b> |

| CAPÍTULO 2. - INVERSOR  |          |    |   |                 |                    |
|-------------------------|----------|----|---|-----------------|--------------------|
| Código                  | Cantidad | Ud | Descripción   | Precio unitario | Total              |
| 2.1                     | 3        | Ud | Suministro y conexión de inversor solar para autoconsumo Sunny Tripower 20000TL o similar | 4.880,00        |                    |
| <b>Total Capítulo 2</b> |          |    |   |                 | <b>14.640,00 €</b> |

| CAPÍTULO 3. - ESTRUCTURA SOPORTE |          |    |  |                 |                   |
|----------------------------------|----------|----|--|-----------------|-------------------|
| Código                           | Cantidad | Ud | Descripción  | Precio unitario | Total             |
| 3.1                              | 1        | Ud | Suministro estructura en aluminio para soporte de módulos sobre tejado de teja/chapa, incluidos anclajes sobre forjado, aislamiento y pinzas para fijación de módulos fotovoltaicos. |                 |                   |
| 3.2                              | 1        | Ud | Montaje de estructura soporte, anclaje sobre tejado y montaje mecánico de módulos en estructura mediante pinzas ajustadas a las dimensiones del marco del módulo                     |                 |                   |
| <b>Total Capítulo 3</b>          |          |    |  |                 | <b>8.925,00 €</b> |

| CAPÍTULO 4. - INSTALACIÓN ELÉCTRICA |          |    |  |                 |       |
|-------------------------------------|----------|----|--|-----------------|-------|
| Código                              | Cantidad | Ud | Descripción  | Precio unitario | Total |
| 4.1                                 | 1        | Ud | Suministro e instalación de cableado en el tramo DC, desde cada una de las series a la entrada del inversor, incluidas líneas de tierra y accesorios         |                 |       |
| 4.2                                 | 1        | Ud | Suministro e instalación de cableado en el tramo AC, para la conexión del inversor al cuadro de protecciones y medida, incluida línea de tierra y accesorios |                 |       |



|                         |   |    |   |  |                   |
|-------------------------|---|----|---|--|-------------------|
| 4.3                     | 1 | Ud | Suministro e instalación de cuadro de protecciones en corriente alterna, incluyendo interruptor magnetotérmico y diferencial, incluida línea de tierra y accesorios |  |                   |
| 4.4                     | 1 | Ud | Suministro e instalación de contador de medida para la instalación de producción, incluyendo fusibles de protección y demás accesorios                              |  |                   |
| <b>Total Capítulo 4</b> |   |    |   |  | <b>6.100,00 €</b> |

| <b>CAPÍTULO 5. - SISTEMA DE CONTROL Y COMUNICACIÓN AUTOCONSUMO INYECCIÓN RED</b> |          |    |  |                 |                   |
|--|----------|----|--|-----------------|-------------------|
| Código   | Cantidad | Ud | Descripción  | Precio unitario | Total             |
| 5.1  | 1        | Ud | Suministro e instalación de Home Manager para monitorización y gestión del sistema |                 |                   |
| 5.2  | 1        | Ud | Suministro e instalación de Energy Meter   |                 |                   |
| 5.3  | 1        | Ud | Suministro e instalación de conexión a red   |                 |                   |
| <b>Total Capítulo 5</b>  |          |    |  |                 | <b>5.355,00 €</b> |

| <b>CAPÍTULO 6. - INGENIERÍA Y LEGALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN</b> |          |    |   |                 |                   |
|--|----------|----|---|-----------------|-------------------|
| Código   | Cantidad | Ud | Descripción   | Precio unitario | Total             |
| 6.1  | 1        | Ud | Legalización de la instalación, incluyendo documentación técnico-administrativa para la tramitación y puesta en marcha de la instalación. |                 |                   |
| 6.2  | 1        | Ud | Dirección de obra durante la planificación, ejecución y puesta en marcha de la instalación.   |                 |                   |
| <b>Total Capítulo 6</b>  |          |    |   |                 | <b>3.571,00 €</b> |

| <b>RESUMEN DEL PRESUPUESTO</b>                            |             |
|---|-------------|
| CAPÍTULO 1.-MÓDULOS FOTOVOLTAICOS                         | 91.125,00 € |
| CAPÍTULO 2.-INVERSOR                                      | 14.640,00 € |
| CAPÍTULO 3.-ESTRUCTURA SOPORTE                            | 8.925,00 €  |
| CAPÍTULO 4.-INSTALACIÓN ELÉCTRICA                         | 6.100,00 €  |
| CAPÍTULO 5.-SISTEMA DE CONTROL AUTOCONSUMO INYECCIÓN CERO | 5.355,00 €  |
| CAPÍTULO 6.-INGENIERÍA Y LEGALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN   | 3.571,00 €  |

|                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| <b>TOTAL SIN IVA</b> | <b>129.716,00 €</b> |
|----------------------|---------------------|

|                  |                    |
|------------------|--------------------|
| <b>IVA (21%)</b> | <b>27.240,36 €</b> |
|------------------|--------------------|

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| <b>TOTAL</b> | <b>156.956,36 €</b> |
|--------------|---------------------|