



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Estudio de ejecución de una instalación fotovoltaica en un taller.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: García Giner, Jordi

Tutor/a: Alberola Sendra, Joan Enric

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



TRABAJO FIN DE GRADO. INGENIERIA MECÁNICA

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN
FOTOVOLTAICA CONECTADA A LA RED EN UN
TALLER MECÁNICO

AUTOR: JORDI GARCÍA GINER

TUTOR: JOAN ENRIC ALBEROLA SENDRA

CURSO ACADÉMICO: 2021-2022

RESUMEN

El presente proyecto se va a centrar en recoger los cálculos y especificaciones técnicas necesarias para la realización de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red de 14,76 kWp, ubicada en la cubierta de un taller mecánico en la localidad de Relleu (Alicante).

La instalación consta de 36 paneles de 410 Wp y un inversor de 15 kWn además de otros elementos, que en conjunto proporciona anualmente unos 23.376 kWh al año. Los paneles se dividirán en dos series en paralelo de 18 paneles conectados en serie para obtener el máximo rendimiento posible. Además la inclinación de las placas será la misma que la de la cubierta del taller (12º), ya que se van a usar estructuras coplanarias.

El presupuesto para realizar la instalación es de 13.919,21 € con IVA. Tras realizar un estudio económico se ha obtenido que a partir del cuarto año la instalación ya estará amortizada (sin tener en cuenta el mantenimiento) y lo producido será todo beneficio para la empresa.

Palabras Clave: Fotovoltaica, Conectada a la red, Inversor, Módulos fotovoltaicos, Coplanario.

RESUM

El present projecte se centrarà en recollir els càlculs i especificacions tècniques necessàries per a realitzar una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de 14,76 kWp a la coberta d'un taller mecànic en la localitat de Relleu (Alacant).

La instal·lació constarà de 36 panells de 410 Wp i un inversor de 15 kWn, a més d'altres elements, que en conjunt proporcionaran anualment uns 23.376 kWh. Els panells es dividiran en dos sèries en paral·lel de 18 panells connectats en sèrie per a obtindre el màxim rendiment possible. A més, la inclinació del panells serà la mateixa que la de la coberta del taller (12º), ja que van a utilitzar-se estructures coplanàries.

El pressupost per a aquesta instal·lació es de 13.919,21 € amb IVA. Després de realitzar un estudi econòmic, es pot afirmar que la instal·lació estarà amortitzada (sense tindre en compte el manteniment) al quart any.

Paraules Clau: Fotovoltaica, Connectada a la xarxa, Inversor, Mòduls fotovoltaics, Coplanària.

ABSTRACT

This project will focus on the calculations and technical specifications for the construction of a 14.76 kWp grid-connected solar photovoltaic installation, located on the roof of a mechanical workshop in Relleu (Alicante).

The installation consists of 36 panels of 410 Wp and an inverter of 15kWn, in addition to other elements that together provide about 23,376 kWh per year. The panels will be divided into two parallel series of 18 panels connected in series to obtain the maximum possible yield. In addition, the inclination of the panels will be the same as that of the workshop roof (12°), as co-planar structures will be used.

The budget for the installation is €13,919.21 including VAT. After carrying out an economic study, it has been concluded that, after the fourth year, the installation will have already paid for itself (without taking maintenance into account) and that the company will make a profit.

Keywords: Photovoltaic, Grid-connected, Inverter, Photovoltaic modules, Coplanar.

Índice

1. Memoria descriptiva	7
Introducción	8
Fotovoltaica en España, antecedentes.	8
¿Por qué aprovechar la energía solar?	8
Objeto	10
Emplazamiento	10
Normativa aplicable	12
Descripción general de la instalación fotovoltaica.....	13
Generador fotovoltaico.....	13
Panel Fotovoltaico.....	13
Inversor	16
Cableado	17
Estructura soporte	18
1.2.6 Cuadros de conexiones	19
Consumos Taller	20
Condiciones climatológicas	21
Producción estimada.....	23
Cálculos	24
Configuración de los paneles fotovoltaicos	24
Producción energética	27
Sección de los conductores.....	29
Elementos de protección	32
Estudio económico	33
Conclusiones.....	34
Bibliografía	35
Anexos	36
Fichas técnicas de los componentes principales de la instalación.....	36
Simulación PVGIS	44
1.10.3 Consumo taller	46
2. Planos.....	47
3. Pliego de condiciones.....	48
Introducción	49

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A LA RED EN UN TALLER MECÁNICO

Generalidades	49
Generadores fotovoltaicos.....	50
Estructura soporte.....	51
Inversor	51
Cableado.....	53
Conexión a red.....	53
Medidas.....	54
Protecciones.....	54
Plan de mantenimiento.....	54
4. Presupuesto de la instalación	56

1. Memoria descriptiva

Introducción

Fotovoltaica en España, antecedentes.

España ofrece las mejores condiciones, a pesar del marco regulatorio, en cuanto a radiación e infraestructuras para el desarrollo de un mercado de fotovoltaico estable. Las perspectivas son alentadoras y el sector industrial y empresarial supone una pieza clave en esta transición energética.

Tenemos la necesidad de modificar el modelo energético actual. Las principales causas son las siguientes:

-Los recursos energéticos combustibles son limitados, tanto el petróleo, gas, carbón, o cualquier otro mineral que se extraiga de la tierra. Ello significa que hay que buscar alternativas energéticas que no supongan el agotamiento del planeta.

-La combustión de elementos provoca la emisión de gases, muchos de ellos perjudiciales para el efecto invernadero que sufre el planeta. Si pensamos en la tecnología nuclear, existen riesgos para la salud humana en caso de fallos de los sistemas de seguridad. En todo caso, el uso de las fuentes tradicionales combustibles de energía lleva implícito la degradación paulatina del medio ambiente.

-La energía eléctrica está presente de forma inevitable en nuestra vida. Cada día son más las actividades humanas en las que la energía eléctrica es necesaria. Por tanto es una obligación moral intentar que toda la población mundial pueda acceder a este bien.

Existe por tanto una aspiración global a buscar nuevas formas de generación de energía que no tengan las consecuencias negativas expuestas anteriormente. Una de estas formas de generación es precisamente la transformación de energía solar en energía eléctrica por efecto fotovoltaico.

La evolución tecnológica y de producción de los elementos que integran estos sistemas, ha mejorado notablemente las características técnicas de los mismos. Y por otro lado, la fabricación a gran escala ha permitido en los últimos años una disminución considerable de su coste.

¿Por qué aprovechar la energía solar?

Cada vez son más las razones por las que todo tipo de empresas e industrias toman la decisión de instalar placas solares en sus cubiertas. El repunte de la economía unido a la conciencia social, hace que la energía fotovoltaica este en pleno auge en nuestro país.

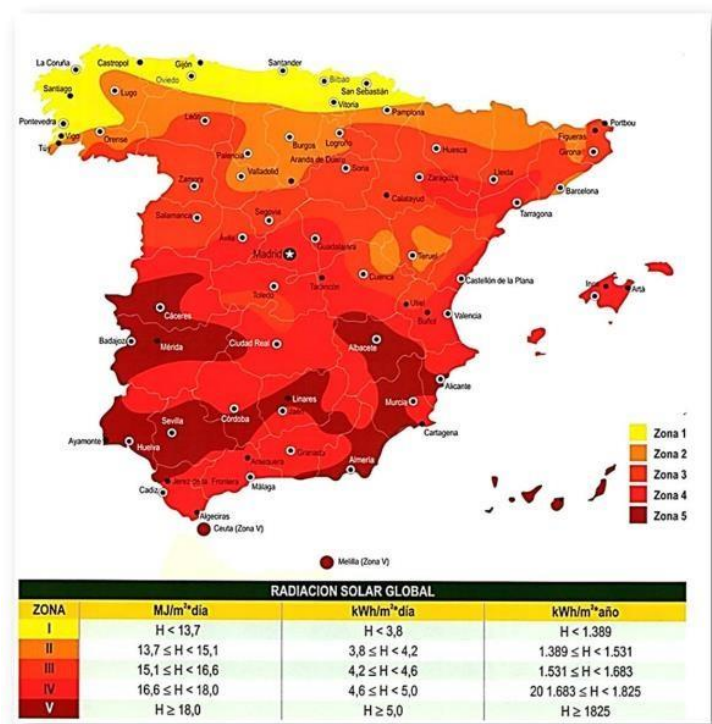
DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A LA RED EN UN TALLER MECÁNICO

Los visibles efectos del cambio climático, el continuo aumento del precio de la luz y el petróleo, unido al considerable abaratamiento de la tecnología solar, hacen que actualmente sea una solución ideal. **Estamos en un punto de no retorno hacia una auténtica revolución energética que cambiará nuestra forma de producir, distribuir y consumir la energía.**

Con la entrada en vigor del nuevo Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de Octubre, que incentiva el autoconsumo eléctrico, en este caso por parte de la energía solar fotovoltaica, muchas empresas están apostando por este tipo de soluciones debido a que no sólo les permite disminuir el coste de su factura eléctrica, sino que también les ayuda a ser más competitivas con empresas del mismo sector.

Aunque éste es un paso muy importante en la era de las renovables, no es menos cierto que en España y más concretamente en Alicante, por ser el lugar de estudio, la mayoría de las naves industriales con grandes consumos eléctricos sólo son capaces de reducir este gasto, en las mejores circunstancias, entre un 15 y un 20% del total, debido, mayoritariamente, a que la escasa superficie útil de la cubierta limita considerablemente la capacidad fotovoltaica a instalar.

Por último cabe destacar que la provincia de Alicante cuenta con las mejores condiciones en España para realizar una instalación fotovoltaica, ya que la irradiación en la zona es de lo más elevada en España y las temperaturas no son excesivas por lo que no habrá muchas pérdidas por temperatura. A continuación se muestra un mapa de la irradiación en España.



Objeto

Se pretende llevar a cabo una instalación solar fotovoltaica conectada a la red de baja tensión sobre la cubierta de un taller mecánico (coplanar) en la provincia de Alicante (Relleu). La potencia pico del campo será de 14.74 kWp correspondiente a una potencia nominal de 15 kWn. No ha sido posible conseguir las curvas de carga cuarto-horarias de dicha empresa, por lo que el estudio se apoyará en los consumos por periodos durante el pasado año.

Por lo tanto tiene por objetivo el presente proyecto justificar todas las condiciones técnicas por las que se ha de regir la instalación, así como los materiales a emplear.

Emplazamiento

La instalación fotovoltaica de este proyecto se realizará en la cubierta de un taller mecánico en la localidad de Relleu en la provincia de Alicante. Camí vell de Sella 13, 03578, Relleu.

Las coordenadas geográficas de este taller son:

Latitud: 38° 35' 24" N

Longitud: 0° 18' 34" O

Altitud: 470 m

Este taller cuenta con un área de 272,42 m², que se reparte en 25,7 m de largo y 8,6 m de ancho. Además la inclinación de la cubierta es de 12 grados, que es la inclinación que llevarán los paneles, ya que la estructura de estos será coplanaria a la cubierta (datos obtenidos por el dueño del taller).

La instalación se realizará en la cubierta orientada a la zona sur, exactamente S (+15), ya que es la orientación que más rendimiento dará para una instalación coplanaria.

A continuación se muestran diferentes imágenes de la nave que la definen ya que no se han podido obtener los planos de esta.

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A LA RED EN UN TALLER MECÁNICO



Normativa aplicable

El diseño, montaje, elección de los materiales construcción de esta instalación se llevará a cabo cumpliendo con las siguientes disposiciones:

Normalización Nacional. Normas UNE

Manual técnico de distribución. IBERDROLA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA

Código técnico de la edificación (CTE). Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.

Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción eléctrica de baja potencia

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión

Ley 24/2013, de 26 de diciembre, 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 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

- IDEA, octubre de 2002, Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red.

- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.

- Plan de Energías Renovables en España (PER) 2011-2020, que revisa el Plan de Fomento de las Energías Renovables en España. - Documento Básico HE Ahorro de Energía, marzo de 2006.

- Real Decreto-Ley 7/2006, de 23 de junio, por el que se adoptan medidas urgentes en el sector energético.

- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.

- Especificaciones Técnicas, Procedimientos y Normas particulares de la compañía suministradora.

Descripción general de la instalación fotovoltaica

Generador fotovoltaico

La instalación fotovoltaica está compuesta por un total de 36 módulos fotovoltaicos, que se formarán 2 series en paralelo de 18 módulos conectados en serie. El fabricante de estos es Canadian solar y se ha empleado el modelo Hiku6 Mono PERC de 410 W. El inversor escogido es un inversor Fronius Symo 15.0-3-M de 15 kWn.

La instalación se montará sobre la cubierta del taller de manera coplanaria por lo que los módulos tendrán una inclinación de 12° y se colocarán en la zona sur del tejado cuya orientación es S (+15).

Por lo tanto las características nominales y de operación de la instalación son:

- Potencia pico: 14760 Wp.
- Potencia nominal: 15000 Wn.

Panel Fotovoltaico

Las células fotovoltaicas que componen los paneles permiten transformar la radiación solar que incide en ellas en energía eléctrica de corriente continua.

En el mercado existen tres tipos de panel solar fotovoltaico:

Los paneles **Monocristalinos**, tienen una eficiencia mayor que los policristalinos (en condiciones STC). Su rendimiento de laboratorio es cercano al 24%, y su rendimiento comercial oscila entre 17 y el 20%. Este es un factor importante cuando no disponemos de mucha superficie para instalar paneles, ya que así podemos conseguir mayor potencia con el mismo espacio. Su vida útil también suele ser mayor que la de los paneles Policristalinos y generalmente se comportan mejor con radiación difusa. Estos factores hacen que su precio sea ligeramente superior a los policristalinos.

Los paneles **Policristalinos**, tienen un rendimiento de laboratorio cercano al 19%, y su rendimiento comercial oscila entre 13 y el 15%. Los paneles policristalinos tienen un menor precio que los monocristalinos y un mejor comportamiento a altas temperaturas, con lo que bajo estas condiciones pueden generar más energía que el resto de paneles.

Los paneles de **capa fina** generalmente tienen un rendimiento de laboratorio cercano al 13%, y su rendimiento comercial oscila entre 7 y el 9%. Estos paneles se crearon básicamente para reducir costos de producción y salir de la posible escasez de silicio, haciendo que se empezara a investigar en celdas de otros materiales. Por lo tanto, una de sus principales ventajas, es que a pesar de necesitar mayor espacio para generar la misma energía que los paneles policristalinos o monocristalinos, su precio es mucho menor y muy atractivo. Además, tienen un buen comportamiento a temperaturas altas, y su aspecto estético es muy atractivo, lo que hace que se usen constantemente en aplicaciones para arquitectura.

Los paneles de capa fina más importantes son los de capa fina de cobre, indio y selenio (**CIS**) o de cobre, indio, galio y selenio (**CIGS**) y por último los paneles de capa fina a base de cadmio y telurio (**CdTe**).

Para nuestra instalación hemos escogido los paneles monocristalinos ya que no se dispone de mucho espacio para la instalación y el rendimiento de estos es notablemente mayor. Además actualmente el precio de estos es cada más reducido, por lo que no supondrá una gran diferencia en el presupuesto.

El fabricante escogido para nuestros paneles es Canadian solar, que cuenta con las siguientes características generales:

- Uno de los fabricantes más grandes e importantes de módulos fotovoltaicos del mundo. Creada en Ontario (Canadá) en el año 2001, actualmente cotiza en el Nasdaq y fabrica todo tipo de equipos e instalaciones fotovoltaicas, opera en 3 continentes vendiendo productos a clientes en más de 30 países.
- Sus módulos cuentan con una garantía de producto de 10 años, garantía lineal de potencia de 25 años.
- Tecnología puntera Dual Cell incluida. Capaz de maximizar la producción energética durante la aparición de sombreados parciales.
- Eficiencia del módulo > 17,89%. Considerado un módulo de alta eficiencia.
- Los módulos fotovoltaicos se diseñan y fabrican según las normas de IEC 61215, TÜV Clase II, IEC 617030 con certificación ISO 9001, para ambos fabricantes.

Para nuestra instalación el modelo escogido es el Hiku6 Mono PERC de 410 Wp de potencia máxima. Formado por 132 células de silicio monocristalino, con tecnología PERC de doble celda que ofrece una eficiencia de hasta un 20,9%. Cuenta con la tecnología integral de mitigación LID/LeTID que ofrece hasta un 50% menos de degradación.

Todas las características de este panel se presentarán en el apartado de ANEJOS, pero las principales son las siguientes:

CARACTERÍSTICAS EN STC:

Potencia Máxima (Pmax): 410Wp

Tensión en el Punto de Máxima Potencia (Vmax): 39,1V

Corriente en el punto de máxima potencia (Imax): 10,49A

Tensión en Circuito Abierto (Voc): 47,6V

Corriente de cortocircuito (Isc): 11,06A

Tolerancia de Potencia (+): 5W

CARACTERÍSTICAS EN NMOT:

Potencia Máxima (Pmax): 304Wp

Tensión en el Punto de Máxima Potencia (Vmax): 35,7V

Corriente en el punto de máxima potencia (Imax): 8,52A

Tensión en Circuito Abierto (Voc): 44,6V

Corriente de cortocircuito (Isc):8,90A

Temperatura: 45 +/- 3°C

Rango temperatura: -40°C – 85°C

Tensión Máxima Sistema: 1000V o 1500V

Marco: Aleación aluminio anodizado con barras transversal reforzada

Caja Protecciones: IP68

Dimensiones: 2108x1048x40mm

Inversor

Para poder aprovechar la energía eléctrica generada por los paneles se necesita el inversor ya que es el encargado en convertir la corriente continua en alterna, para que de esta forma la energía ya se pueda utilizar cumpliendo con las condiciones de España de 230 V Y 50Hz.

El inversor utilizado es de la marca Fronius, modelo Fronius Symo 15.0-3-M de 15 kWn de potencia nominal. Se ha escogido este inversor de acuerdo con la potencia pico que generarán los módulos fotovoltaicos. Este se instalará en el interior del taller para que se proteja de los agentes meteorológicos y porque el punto de conexión se encuentra dentro del taller.

El Inversor de Conexión a Red FRONIUS Symo 15-3-M 15kW es un inversor trifásico de conexión a red con 2 MPPT. Es idóneo para instalaciones de autoconsumo de pequeña potencia. Gracias a su diseño flexible, el modelo Symo es perfecto para instalaciones en superficies irregulares y para tejados con diferentes orientaciones.

Es un inversor que nos permite interconectarse con la red eléctrica sin necesidad de baterías, es por ello que este tipo de instalaciones son económicas y muy rentables a largo plazo, dado su bajo coste proveniente de una instalación sencilla y con pocos aparatos electrónicos que encarezcan el sistema.

Los inversores Fronius disponen de un sistema de inyección a la red cero, esto significa que en el caso de que la instalación solar esté produciendo mayor energía de la que la vivienda o nave industrial esté consumiendo, el sistema de inyección cero permitirá rebajar a nuestro antojo la potencia del inversor solamente en el caso que haya un excedente energético.

Todas las características del inversor aparecerán en el ANEJO. Las principales características de nuestro inversor son:

DATOS DE ENTRADA

Número de seguidores MPP: 2

Máxima corriente de entrada total utilizada ($I_{dc\ máx. 1} + I_{dc\ máx. 2}$): 51 A

Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP1 / MPP2): 49.5/40.5 A

Rango de tensión de entrada CC ($U_{cc\ mín.} - U_{cc\ máx.}$): 200 - 1000 V

Tensión CC mínima de puesta en marcha ($U_{dc\ arranque}$): 200 V

Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$): 600 V

Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$): 320 - 800 V

Número de entradas CC: 3 + 3

Máxima salida del generador FV ($P_{cc\ máx.}$): 22,5 kW pico

DATOS DE SALIDA

Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$): 15.000 W

Máxima potencia de salida ($P_{ac\ máx.}$): 15.000 VA

Corriente de salida CA ($I_{ca\ nom}$): 21,7 A

DATOS GENERALES

Dimensión (altura x anchura x profundidad): 725 x 510 x 225 mm

Peso: 43,4 Kg

Tipo de protección: IP 66

RENDIMIENTO

Máximo rendimiento (FV - red): 98,1 %

Cableado

El cableado que se ha dimensionado presenta una sección mínima que asegura la reducción de las pérdidas por caída de tensión. Por eso se establece que tanto en corriente continua como alterna la caída de tensión máxima será de 1,5%. Las secciones de los cables han sido calculadas previamente, aparecen los cálculos en el apartado de cálculos de la sección del conductor (1.6.3).

Para el tramo de corriente continua (string al inversor) se empleará el cable tipo FOTOVOLTAICO ZZ-F, ya que presenta las cualidades óptimas para este tipo de uso. La sección del conductor será de

6 mm^2 , de cobre y con una tensión nominal de 1,8 V. De este tipo de cable se utilizarán 35 metros de cable ya que es la distancia que existe entre el módulo más alejado y el inversor, siempre teniendo unos metros de margen.

Para el tramo de corriente alterna (Inversor al punto de conexión) se va a utilizar el cable tipo RV-K. También presentará una sección de 6 mm^2 , de cobre y con una tensión nominal de 1V.

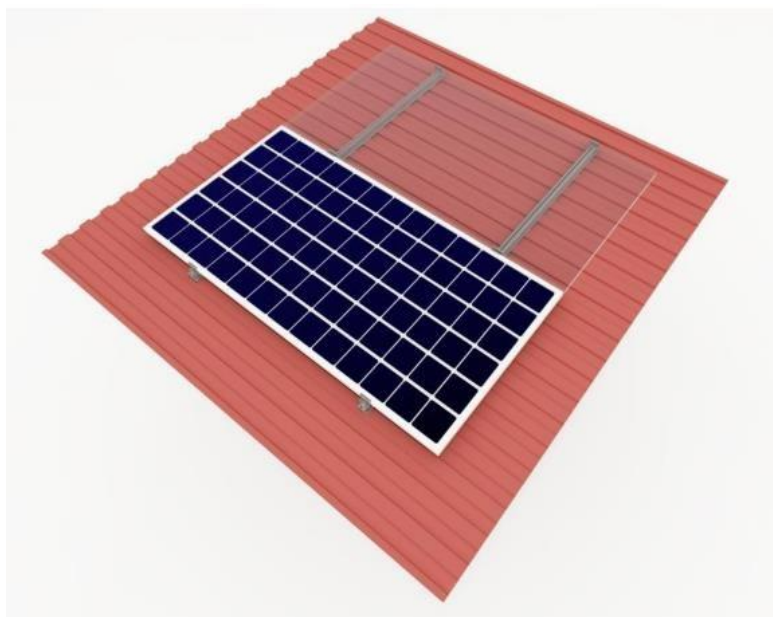
La longitud del este cable será más reducida (8 m) ya que el inversor y el punto de conexión se encuentran muy cerca.

Estructura soporte

La estructura soporte no tendrá ninguna inclinación ya que los paneles se instalarán de manera coplanaria al tejado del taller (12°).

Se utilizará la estructura coplanaria con perfil plano tipo H ya que es la ideal para aprovechar la inclinación de la cubierta metálica.

Cada estructura cuenta con dos perfiles planos tipo H y un juego de tornillería inox. Se van a utilizar 2 perfiles de la longitud de la fila de módulos por cada fila, por lo que se utilizarán 4 perfiles idénticos.



El proceso de montaje de las estructuras consistirá en anclar los perfiles planos tipo H a la cubierta de la nave de manera horizontal y recta con la tornillería inox, con una separación entre cada perfil de la misma estructura de 1200 mm.

Las placas se colocarán sobre los dos perfiles y se ajustarán las uniones terminales e intermedias para que estén bien sujetas.

En el apartado de ANEXOS se muestran las especificaciones de la estructura.

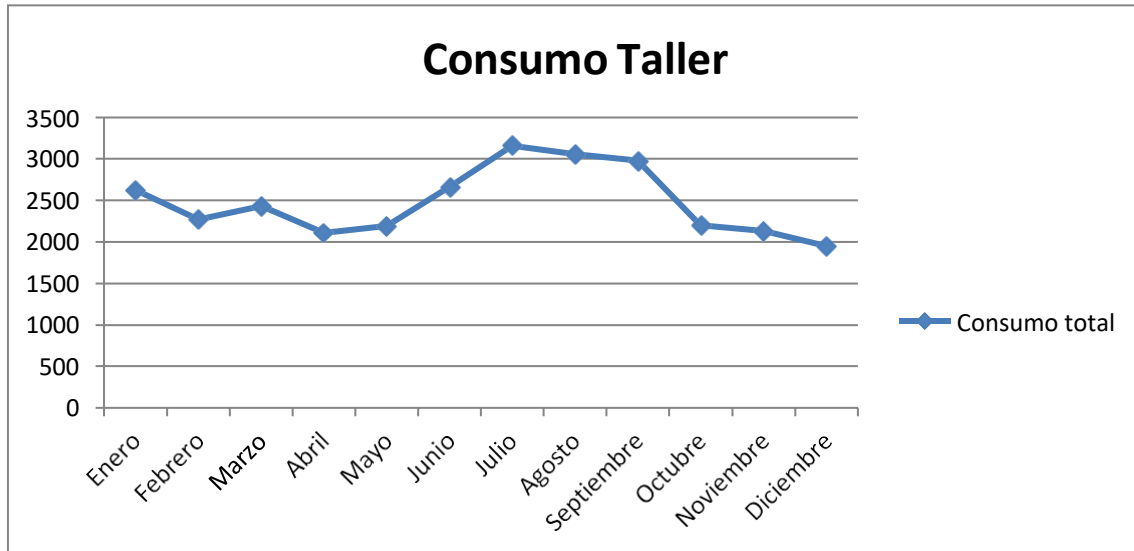
1.2.6 Cuadros de conexiones

El **cuadro de protección y medida** de la instalación se encuentra en el interior del taller mecánico y es el punto de conexión de la instalación con la red eléctrica. Este recibirá la corriente alterna producida por el inversor y tras pasar por las protecciones (especificadas en el apartado de cálculos) la conducirá a la red eléctrica.

Además del cuadro general también se instalará un **cuadro de conexiones CC** que permitirá agrupar el conjunto de líneas de cableado procedentes de los paneles que componen el generador fotovoltaico, en este caso solo dos.

Consumos Taller

En este apartado se van a mostrar los consumos del taller en los diferentes meses del año. Estos los hemos obtenido gracias a las tablas de consumos por periodos que nos ha facilitado la propia empresa y que se mostrará en el apartado de Anejos.



Como podemos observar en la gráfica los meses en los que hay más demanda energética son en los meses de vacaciones de verano. Eso se debe a que en estos meses el municipio de Relleu duplica su población por las vacaciones de verano y el trabajo del taller se dispara, ya que es el único en el pueblo.

El consumo anual en el pasado año fue de **29764 kWh/año** con un promedio mensual de **2480 kWh/mes**.

Condiciones climatológicas

Siempre que se habla de energías renovables hay que tener muy en cuenta la climatología, ya que es la base que sustenta a todo estudio de carácter medioambiental.

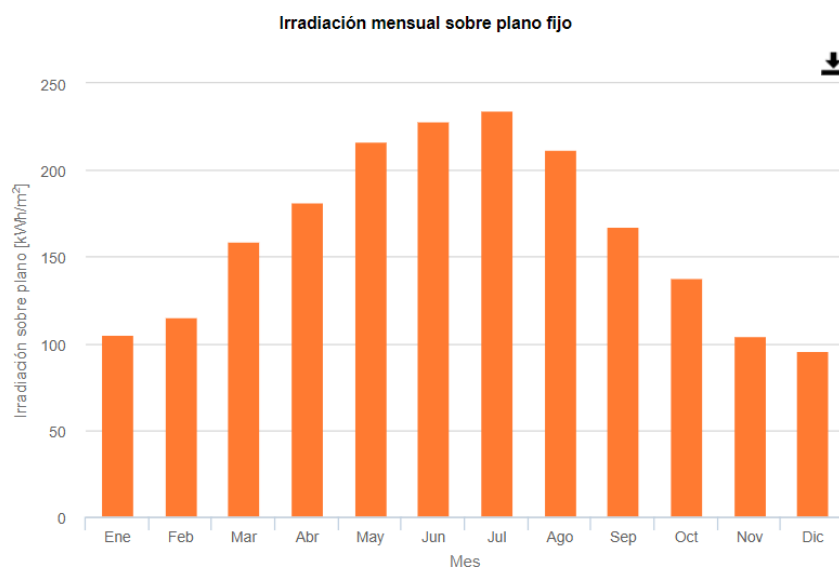
Al tratarse de una instalación solar fotovoltaica la radiación es el principal parámetro a conocer antes de realizar cualquier otro cálculo. Más tarde la temperatura media diaria.

La radiación solar queda definida como la cantidad de energía procedente del sol que se recibe en una superficie y en un tiempo determinado. Sus unidades son $\frac{kWh}{m^2}$.

Los datos de radiación solar se calculan a través de la irradiación, que es la potencia incidente por unidad de superficie ($\frac{W}{m^2}$) y cuyo valor se obtiene directamente del portal web PVGIS, por su tan conocida fiabilidad.

El taller tiene dos orientaciones claramente diferenciadas, NE (-165º) y S (+15º), ambas con una misma inclinación aproximada de 12º, se han recogido los datos horarios de irradiación para la orientación S(+15), ya que es donde se van a colocar los paneles, con el fin de conseguir un mayor grado de certeza de la cantidad de energía solar que será capaz de generar la instalación. Los datos de irradiación quedan recogidos en el ANEJO.

A continuación, se presenta una tabla resumen donde quedan representados los valores mensuales de radiación solar, conforme a los datos de orientación e inclinación anteriormente mencionados.



DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A LA RED EN UN TALLER MECÁNICO

Mes	Irradiación (kWh/m ²)
Enero	105.1
Febrero	115.2
Marzo	159.1
Abril	181.8
Mayo	216.3
Junio	228.3
Julio	234.7
Agosto	211.6
Septiembre	167.6
Octubre	137.8
Noviembre	104.1
Diciembre	96
Total	1957.6

Es necesario conocer la temperatura ambiente diaria, a través de la cual se pueden calcular las pérdidas del sistema debidas a este parámetro climatológico.

Para la toma de datos de temperaturas, al igual que con la irradiación, se escogerá el portal web PVGIS. La siguiente tabla muestra los datos medios de temperatura mensual.

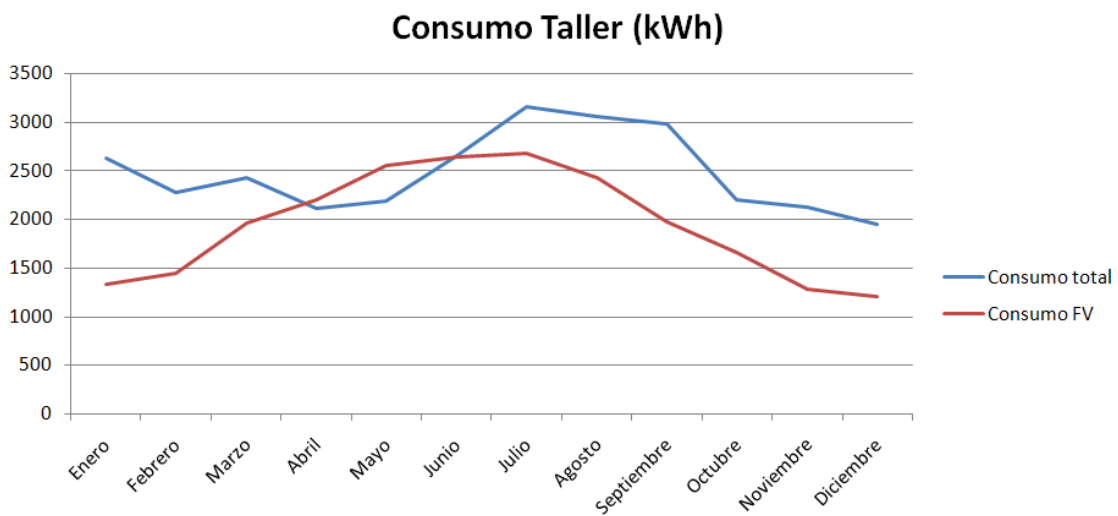
Mes	T(°C)
Enero	10.3
Febrero	13.1
Marzo	13.3
Abril	14.8
Mayo	19.9
Junio	22.5
Julio	25.8
Agosto	26.1
Septiembre	22.7
Octubre	17.9
Noviembre	14.9
Diciembre	10.7
Media	17.7

Con estos datos, se obtiene una temperatura media diaria en la provincia de Alicante (Relleu) de 17.7 °C. Esto quiere decir que, a pesar de ser un clima cálido, las temperaturas no suelen ser excesivamente altas, lo que supone que las pérdidas por exceso de la misma no sean tan elevadas y por consiguiente, resulta un lugar más que adecuado para este tipo de instalaciones.

Producción estimada

La producción total energética estimada de la instalación es de **23376 kWh** al año. Su cálculo se explica en el apartado de Cálculos.

A continuación se muestra una gráfica para hacer más visual como sería el consumo del taller actualmente y de la instalación fotovoltaica.



Como se puede observar en los meses de Abril Mayo y Junio la producción estimada es mayor que el consumo del taller por lo que la energía que no vaya a ser consumida se verterá a la red como también en los días en el que taller no esté en funcionamiento.

Cálculos

Configuración de los paneles fotovoltaicos

En este apartado trataremos la conexión óptima entre paneles y el inversor.

Para este cálculo, se tendrán en cuenta las temperaturas máximas y mínimas históricas de la provincia de Alicante. De este modo, se podrá estimar de una manera bastante rigurosa las temperaturas extremas a las que se verán afectadas las células.

$$T^a_{\text{célula}} = T^a_{\text{amb}} + \left(\frac{T_{\text{ONC}} - 20^\circ}{800} \right) * G$$

Donde:

T^a_{amb} serán las temperaturas máximas y mínimas históricas del emplazamiento.

Según el portal web AEMET, éstas temperaturas se registraron el 12 de Febrero de 1956 con $-4,6^\circ\text{C}$ y el 4 de Julio de 1994 con $41,4^\circ\text{C}$.

TONC, es la temperatura operacional de la célula, definida en el catálogo. En este caso, 41°C .

G es la irradiancia. Unidades en W/m^2

Por lo que:

$$T^a_{\text{célula max}} = 41.4 + \left(\frac{41-20}{800} \right) * 1000 = 67.65 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T^a_{\text{célula min}} = -4.6 + \left(\frac{41-20}{800} \right) * 1000 = -1.97 \text{ }^\circ\text{C}$$

Ahora hallaremos la tensión máxima y mínima del panel. Donde se calcularan en función de las temperaturas anteriormente expuestas.

Este cálculo se halla a través de la ecuación:

$$V_{\text{célula}} = V_{\text{pmp}} + \beta * (T^a_{\text{célula max/min}} - T^a_{\text{stc}})$$

Donde:

V_{pmp} , la tensión en el punto de máxima potencia, fijado por el catálogo. Es de 31,2 Voltios.

β , tensión que se pierde por cada grado de temperatura que está por encima de los 25°C, fijado por el fabricante como temperatura estándar. Según catálogo, es de - 0,26%/°C.

T_{stc}^a , temperatura en condiciones estándar. Toma un valor de 25°C.

Por lo que:

$$V_{célula \max \text{ stc}} = 31.2 + ((-0.26\%) * 31.2) * (-1.97 - 25) = 33.39 \text{ V}$$

$$V_{célula \max \text{ oc}} = 31.2 + ((-0.29\%) * 31.2) * (67.65 - 25) = 27.74 \text{ V}$$

La tensión máxima en circuito abierto es de:

$$V_{célula \max \text{ oc}} = 37.2 + ((-0.26\%) * 37.2) * (-1.97 - 25) = 39.81 \text{ V}$$

La intensidad aumenta al igual que lo hace la temperatura, aunque de menor manera. Esta es la razón por la que la intensidad máxima depende de la temperatura máxima de la célula.

Tendremos una intensidad máxima en el punto de máxima potencia y una intensidad máxima en cortocircuito de (valores fijados en el catálogo):

$$I_{\max \text{ pmp}} = 13.15 \text{ A}$$

$$I_{\max \text{ cc}} = 14.01 \text{ A}$$

Nuestro inversor Fronius Symo cuenta con 15kW de potencia y su tensión máxima y mínima es de 1000V y 200V respectivamente.

La cantidad máxima de paneles en serie conectados a este inversor será de:

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A LA RED EN UN TALLER MECÁNICO

$$NPS < \frac{V_{max}^{inv}}{V_{max}^{cel}} = \frac{1000}{39.81} = 25 \text{ paneles}$$

Y la cantidad mínima de paneles será:

$$NPS < \frac{V_{min}^{inv}}{V_{min}^{cel}} = \frac{200}{27.74} = 7 \text{ paneles}$$

Por lo tanto el número de paneles óptimo conectado en serie al inversor será de 25.

Ahora calculamos la potencia pico de nuestro inversor de 15kW

$$P_{serie} = (V_{pmp} * I_{pmp}) * n^{\circ} \text{paneles} = (31.2 * 13.15) * 25 = 10.25 \text{ kWp}$$

Dividiendo la potencia pico admisible por el inversor entre la potencia de cada serie, se obtendrá el número de series totales.

$$N^{\circ} \text{ series} = \frac{P_{inv}}{P_{serie}} = \frac{22.5}{10.25} = 2 \text{ series}$$

Ahora vamos a calcular cuántos módulos necesitaremos para nuestra instalación sabiendo que la potencia contratada en el taller es de 15 kW, que la potencia máxima permitida en el taller es de 14,7 kW y que la potencia de nuestros módulos es de 410 W.

$$\frac{14700}{410} = 35,85 = 36 \text{ paneles}$$

Por lo que nuestra instalación contará con 36 paneles de 410 W, es decir con una potencia pico de 14,76 kWp

Obtenemos que podemos conectar 2 series en paralelo de 25 paneles conectados en serie. Como nuestra instalación solo cuenta con 36 módulos, conectaremos 2 series en paralelo de 18 módulos en serie.

Producción energética

Un dato también muy importante es conocer de forma estimada la producción de energía que va a generar nuestro sistema fotovoltaico a lo largo de un año. Gracias a la simulación realizada con el PVGIS hemos podido obtener tanto la producción anual como de cada mes de nuestra instalación.

Los datos introducidos en el programa han sido:

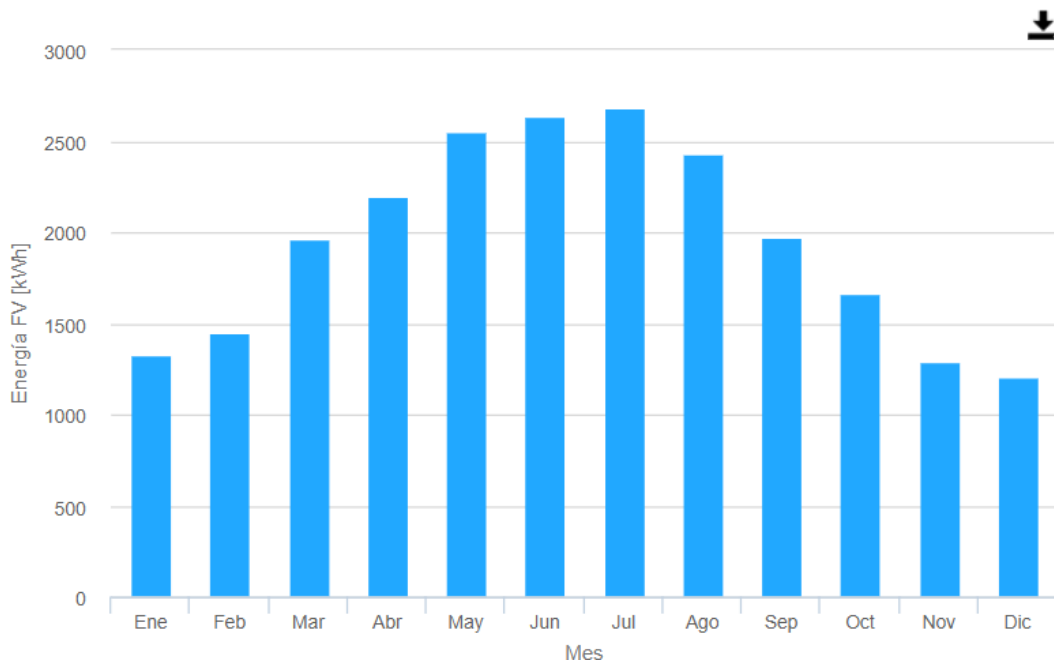
- Coordenadas geográficas
- Potencia pico de la instalación
- Inclinación
- Azimut
- Pérdidas

A parte de considerar las pérdidas por temperatura (calculadas por el PVGIS) deberemos considerar también las siguientes:

- Suciedad (2%)
- Mismatching (1%)
- Averías (1%)
- Rendimiento del inversor (2%)
- Cableado (1%)

Finalmente los datos obtenidos son los siguientes:

Producción de energía mensual del sistema FV fijo



Resumen

Datos proporcionados:

Localización [Lat/Lon]:	38.590,-0.309
Horizonte:	Calculado
Base de datos:	PVGIS-SARAH2
Tecnología FV:	Silicio cristalino
FV instalada [kWp]:	14.76
Pérdidas sistema [%]:	7

Resultados de la simulación:

Ángulo de inclinación [°]:	12
Ángulo de azimut [°]:	15
Producción anual FV [kWh]:	23376.24
Irradiación anual [kWh/m²]:	1957.53
Variación interanual [kWh]:	611.00
Cambios en la producción debido a:	
Ángulo de incidencia [%]:	-3.06
Efectos espectrales [%]:	0.51
Temperatura y baja irradiancia [%]:	-10.72
Pérdidas totales [%]:	-19.09

Mes	Producción (kWh)
Enero	1329.7
Febrero	1448.9
Marzo	1962.6
Abril	2200.6
Mayo	2550.7
Junio	2635.3
Julio	2678.4
Agosto	2433
Septiembre	1972.8
Octubre	1663.1
Noviembre	1291.3
Diciembre	1210
Total	23376.4

Nuestra instalación producirá anualmente unos **23376 kWh** aproximadamente.

Sección de los conductores

Para el cálculo de la sección de los conductores de la instalación se ha seguido lo que especifica el Reglamento Electrónico para Baja Tensión, así como las Hojas de interpretación del Ministerio y las condiciones particulares que añade el Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones Conectadas a la Red PCT-C del IDAE.

En este apartado es necesario distinguir el tramo en continua por un lado y el tramo en alterna por otro.

Se realizará el cálculo siguiendo los requisitos de la limitación de la caída de tensión fijada por el R.B.T, donde expone que ésta tiene que ser inferior al 1,5%.

-Tramo en **corriente continua** (C.C)

La sección de dicho cable se estimará con:

$$S = \frac{2 * L * I}{\Delta V * C}$$

Donde: S, sección mínima del cable (mm^2).

L, longitud del cable.

I, intensidad corriente (A).

ΔV , caída de tensión fijada en 1.5%.

C, conductividad del material, en nuestro caso supondremos que es cobre por lo que será de 56 $m/\Omega * mm^2$

Cada uno de los módulos genera una intensidad cercana a los valores que presenta la intensidad de cortocircuito, lo que nos indica que debemos de aumentar en un 25 % los valores obtenidos para dicha intensidad, debido principalmente a la acción de los valores de radiación, ya que son superiores a 1 kW/m^2

$$I_{string} = 13.15 * 1.25 = 16.44 A$$

$$\Delta V = 1.5\% * (31.2 * 18) = 8.42 V$$

$$S = \frac{2 * 35 * 16.44}{8.42 * 56} = 2.44 mm^2$$

-Tramo en **corriente alterna** (C.A)

La fórmula de dicho cálculo es:

$$S = \frac{2 * P * L}{\Delta V * C * V}$$

S, L, y C son ya parámetros presentados en el apartado anterior y además ahora se añade el valor de P, como potencia máxima que va a transportar el cable (W) y V, como tensión nominal de salida del inversor (Voltios).

Al no disponer de información acerca de la ubicación del centro de transformación propio del cliente, supondremos una distancia máxima de 8 metros ya que del inversor al cuadro de conexiones no suele haber mucha distancia.

Tenemos solo un tipo de inversor citado ya anteriormente, el de 15kW, con una tensión nominal de 400V.

Calculamos sabiendo todo esto, su caída de tensión máxima y su sección mínima.

$$\Delta V = 1.5\% * 400 = 6V$$

$$S = \frac{2 * 15000 * 8}{6 * 56 * 400} = 1.79 mm^2$$

Si recogemos los datos calculados obtenemos lo siguiente como resumen:

-Del String al inversor

Tensión (V) 561.6V

Caída de tensión admisible (V) (1.50%) 8.42V

Intensidad (A) $13.15 * 1.25 = 16.44 A$

Longitud (m) 35m

Sección teórica (mm^2) $2.44mm^2$

Sección comercial (mm^2) $6mm^2$

-Del Inversor al punto de conexión

Tensión (V) 400V

Caída de tensión admisible (V) (1.50%) 6V

Intensidad (A) 21,7A

Longitud (m) 8m

Sección teórica (mm^2) $1.79 mm^2$

Sección comercial (mm^2) $6mm^2$

Elementos de protección

Deberemos obtener la sección mínima de los conductores de protección, conforme a la Guía Técnica de Baja Tensión del 5 de Octubre del 2018.

Siguiendo la Guía BT-18 anteriormente mencionada, se tiene la siguiente tabla, la cual fija la sección mínima de los conductores de protección.

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

Por otro lado, al tener un inversor de un modelo PRO, este ya lleva incluido las protecciones necesarias del mismo para corriente continua. En el caso de la corriente alterna, utilizaremos solo un interruptor diferencial y magnetotérmico para toda la instalación.

Dicho esto, se tendrá un interruptor diferencial a la salida del inversor, lo más cerca posible del punto del punto de conexión, con una intensidad admisible igual o inmediatamente superior a la intensidad de salida del propio inversor.

Se tiene:

Inversor 15 kW: Interruptor diferencial 25A / 400V / 30mA

En cuanto al interruptores magnetotérmico, será tetrapolar con curva de disparo tipo C y con una intensidad igual a la del interruptor diferencial, de 25A.

Estudio económico

Esta parte del proyecto es una de las más importantes, ya que nos mostrará si dicha instalación es viable o no y su periodo de retorno.

El mantenimiento no lo incluimos, ya que es algo optativo, la mayoría de las empresas prefieren hacerlo por su cuenta, ya que tienen a alguien que se encarga del mantenimiento y de la limpieza.

Para calcular en ahorro equivalente hemos utilizado el precio medio actual de kWh por lo que este estudio podría variar dependiendo de este precio. Además hemos considerado que el 20% de los días del año el taller no estará activo por lo que todo lo producido por la instalación se verterá a la red y se cobrarán unos excedentes de 0,05 €/kWh.

		COSTE	PRODUCCION FV	FV APROVECHADA	€/kWh ACTUAL	AHORRO EQUIVALENTE	EXCEDENTES	FLUJO DE CAJA	FLUJO DE CAJA ACUMULADO
0		13.919,21 €	kWh/año	kWh/año	0,246	€	€	€	€
1	2022		23.376,0	18700,8		4600,40	233,76	4834,16	4834,16
2	2023		23.142,2	18513,8		4554,39	231,42	4785,82	9619,97
3	2024		22.910,8	18328,7		4508,85	229,11	4737,96	14357,93
4	2025		22.681,7	18145,4		4463,76	226,82	4690,58	19048,51
5	2026		22.454,9	17963,9		4419,12	224,55	4643,67	23692,18
6	2027		22.230,3	17784,3		4374,93	222,30	4597,24	28289,41
7	2028		22.008,0	17606,4		4331,18	220,08	4551,26	32840,68
8	2029		21.788,0	17430,4		4287,87	217,88	4505,75	37346,43
9	2030		21.570,1	17256,1		4244,99	215,70	4460,69	41807,12
10	2031		21.354,4	17083,5		4202,54	213,54	4416,09	46223,20
11	2032		21.140,8	16912,7		4160,52	211,41	4371,92	50595,13
12	2033		20.929,4	16743,5		4118,91	209,29	4328,21	54923,33
13	2034		20.720,1	16576,1		4077,72	207,20	4284,92	59208,26
14	2035		20.512,9	16410,3		4036,94	205,13	4242,07	63450,33
15	2036		20.307,8	16246,2		3996,58	203,08	4199,65	67649,99
16	2037		20.104,7	16083,8		3956,61	201,05	4157,66	71807,64
17	2038		19.903,7	15922,9		3917,04	199,04	4116,08	75923,72
18	2039		19.704,6	15763,7		3877,87	197,05	4074,92	79998,64
19	2040		19.507,6	15606,1		3839,09	195,08	4034,17	84032,81
20	2041		19.312,5	15450,0		3800,70	193,13	3993,83	88026,64
21	2042		19.119,4	15295,5		3762,70	191,19	3953,89	91980,53
22	2043		18.928,2	15142,6		3725,07	189,28	3914,35	95894,88
23	2044		18.738,9	14991,1		3687,82	187,39	3875,21	99770,09
24	2045		18.551,5	14841,2		3650,94	185,52	3836,46	103606,55
25	2046		18.366,0	14692,8		3614,43	183,66	3798,09	107404,64

Como se puede observar en la tabla el coste de nuestra instalación es de aproximadamente 14.000 €, por lo que a partir del **CUARTO** año la instalación ya estará amortizada y todo lo producido por esta serán beneficios para la empresa, siempre teniendo en cuenta el mantenimiento.

Conclusiones

Como hemos podido comprobar la realización de este tipo de instalación resulta muy rentable, ya que se ahorrará una gran cantidad de energía y a la vez de dinero, y además, el proyecto estará amortizado pasado el tercer año.

Se estima que nuestra instalación tendrá una vida media de unos 30 años siempre que el mantenimiento sea el adecuado. Además, se puede plantear un futuro proyecto para ampliar la instalación en el caso de que el consumo del taller aumentara, ya que el otro lado de la cubierta se encuentra vacío.

La conclusión, por tanto, no puede ser otra que se debe potenciar y favorecer, a nivel global, este tipo de sistemas de generación de energía eléctrica.

La evolución tecnológica de los elementos que se integran en una instalación fotovoltaica ha mejorado, al igual que sus características. La fabricación a gran escala de estos materiales como los paneles ha disminuido su coste, y ha pasado de 1€/W a 0.25€/W.

Otro aspecto fundamental, es la legislación actual. Ya que por ejemplo un dato real de Enero del 2020, es que había una subvención para las instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo con una potencia pico menor de 120kW.

Y por último, las emisiones de CO₂. Conforme más energía de la fotovoltaica consumamos, menos CO₂ emitiremos al a atmosfera. Además podremos también pedir un certificado de la Huella de Carbono, el cual se hace a través de una empresa como la de SGS, y con la calculadora del ministerio. Con este certificado podremos dar una mejor imagen de la empresa, ya que nos pasaríamos al sector de las renovables.

También cabría destacar que a nuestro cliente, le daríamos el consejo de cambiarse de distribuidora eléctrica, e irse a una como Ecovattos, donde la energía que consumirías de la red, sería también renovable. Por lo tanto serian ya una empresa con un consumo 100% renovable.

Bibliografía

- BOLETÓN OFICIAL DEL ESTADO:

<https://www.boe.es/>

- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE):

<https://www.idae.es/>

- CANADIAN SOLAR :

<https://www.canadiansolar.com/>

- FRONIUS:

<https://www.fronius.com/es-es/spain>

- PVGIS:

https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/

- ENNOVA RENOVABLES:

<https://ennovarenovables.com/estructuras/>

- CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN:

<https://www.codigotecnico.org/>

- UNIÓN ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA:

<https://www.unef.es/>

- AUTOSOLAR:

<https://autosolar.es/>

Anexos

Fichas técnicas de los componentes principales de la instalación

Panel Fotovoltaico



NEW

CanadianSolar

HiKu6 Mono PERC
395 W ~ 420 W
CS6R-395 | 400 | 405 | 410 | 415 | 420MS

MORE POWER

- 420 W** Module power up to 420 W
Module efficiency up to 21.5%
- \$** Lower LCOE & system cost
- Bar chart** Comprehensive LID / LeTID mitigation technology, up to 50% lower degradation
- Cloud** Better shading tolerance

MORE RELIABLE

- Shield** Minimizes micro-crack impacts
- ***** Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa*

25 Years Industry Leading Product Warranty on Materials and Workmanship*

25 Years Linear Power Performance Warranty*

1st year power degradation no more than 2%
Subsequent annual power degradation no more than 0.55%

*Subject to the terms and conditions contained in the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement. Also this 25-year limited product warranty is available only for products installed and operating on residential rooftops in certain regions.

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2015 / Quality management system
ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system
ISO 45001: 2018 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

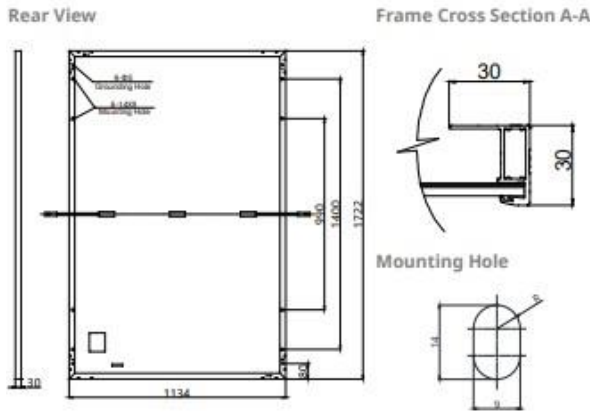
IEC 61215 / IEC 61730 / CE / INMETRO
UL 61730 / IEC 61701 / IEC 62716
Take-e-way



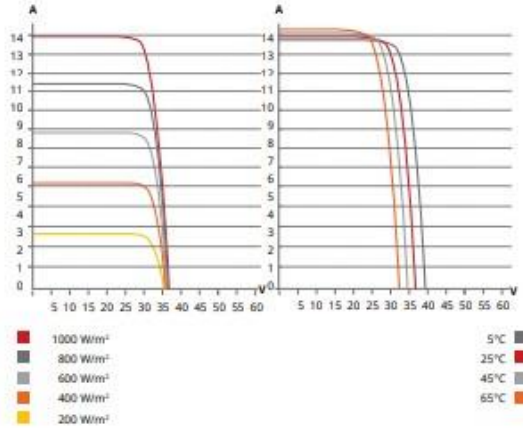
* The specific certificates applicable to different module types and markets will vary.

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A LA RED EN UN TALLER MECÁNICO

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS6R-405MS / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS6R	395MS	400MS	405MS	410MS	415MS	420MS
Nominal Max. Power (Pmax)	395 W	400 W	405 W	410 W	415 W	420 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	30.6 V	30.8 V	31.0 V	31.2 V	31.4 V	31.6 V
Opt. Operating Current (Imp)	12.91 A	12.99 A	13.07 A	13.15 A	13.23 A	13.31 A
Open Circuit Voltage (Voc)	36.6 V	36.8 V	37.0 V	37.2 V	37.4 V	37.6 V
Short Circuit Current (Isc)	13.77 A	13.85 A	13.93 A	14.01 A	14.09 A	14.17 A
Module Efficiency	20.2%	20.5%	20.7%	21.0%	21.3%	21.5%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C					
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)					
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 61730 1500V) or TYPE 2 (UL 61730 1000V) or CLASS C (IEC 61730)					
Max. Series Fuse Rating	25 A					
Application Classification	Class A					
Power Tolerance	0 ~ + 10 W					

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline
Cell Arrangement	108 [2 X (9 X 6)]
Dimensions	1722 x 1134 x 30 mm (67.8 x 44.6 x 1.18 in)
Weight	21.3 kg (47.0 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass with anti-reflective coating
Frame	Anodized aluminium alloy,
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4 mm ² (IEC), 12 AWG (UL)
Connector	MC4 or MC4-EVO2
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 410 mm (16.1 in) (+) / 290 mm (11.4 in) (-); landscape: 1100 mm (43.3 in)*
Per Pallet	35 pieces
Per Container (40' HQ)	910 pieces

* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS6R	395MS	400MS	405MS	410MS	415MS	420MS
Nominal Max. Power (Pmax)	296 W	300 W	304 W	307 W	311 W	315 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	28.7 V	28.9 V	29.1 V	29.2 V	29.4 V	29.6 V
Opt. Operating Current (Imp)	10.33 A	10.39 A	10.45 A	10.52 A	10.58 A	10.65 A
Open Circuit Voltage (Voc)	34.6 V	34.8 V	35.0 V	35.1 V	35.3 V	35.5 V
Short Circuit Current (Isc)	11.09 A	11.15 A	11.21 A	11.28 A	11.34 A	11.41 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m² spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.34 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.26 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	41 ± 3°C

Inversor

Fronius Symo 15.0-3-M



DETALLES DEL PRODUCTO

DATOS TÉCNICOS

DATOS DE ENTRADA

Número de seguidores MPP	2
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ máx}$)	33,0 / 27,0 A
Máxima corriente de cortocircuito	49,5 / 40,5 A
Rango de tensión de entrada CC ($U_{oc\ mín.} - U_{oc\ máx.}$)	200 - 1000 V
Tensión CC mínima de puesta en marcha ($U_{dc\ arranque}$)	200 V
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$)	600 V
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)	320 - 800 V
Rango de tensión de punto de rendimiento máximo utilizable	200 - 800 V
Número de entradas CC	3 + 3
Máxima salida del generador FV ($P_{oc\ máx.}$)	22,5 kW _{peak}

DATOS DE SALIDA

Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	15 kW
Máxima potencia de salida ($P_{ac,máx}$)	15 kVA
Corriente de salida CA ($I_{ca,nom}$)	21,7 A
Acoplamiento a la red ($U_{ca,r}$)	3~ NPE 400/230, 3~ NPE 380/220 V
Rango de tensión CA ($U_{min.} - U_{máx.}$)	150 - 280 V
Frecuencia (f_r)	50 / 60 Hz
Rango de frecuencia ($f_{min} - f_{máx}$)	45 - 65 Hz
Coefficiente de distorsión no lineal	1,5 %
Factor de potencia ($\cos \varphi_{ac,r}$)	0 - 1 ind./cap.

DATOS GENERALES

Dimensión / anchura	510 mm
Dimensión (altura)	725 mm
Peso	43,4 kg
Dimensión (profundidad)	225 mm
Tipo de protección	IP 66
Clase de protección	1
Categoría de sobretensión (CC / CA) ¹⁾	2 / 3
Consumo nocturno	< 1 W
Concepto de inversor	Sin transformador
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada
Instalación	Instalación interior y exterior
Rango de temperatura ambiente	-40°C - +60°C
Humedad del aire admisible	0 - 100 %
Máxima altitud ²⁾	2,000 m / 3,400 m
Tecnología de conexión CC	Conexión de 6x CC+, 6x CC- bornes roscados 2,5 mm ² - 16 mm ²
Tecnología de conexión principal	Conexión de 5 polos CA bornes roscados 2.5 - 16 mm ²
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21, NRS 097

RENDIMIENTO

Máximo rendimiento (FV - red)	98,1 %
Rendimiento europeo (η_{UE})	97,8 %
η con 5 % $P_{ac,r}^{3)}$	91,2 / 94,8 / 92,3 %
η con 10 % $P_{ac,r}^{3)}$	93,4 / 96,0 / 94,4 %
η con 20 % $P_{ac,r}^{3)}$	95,9 / 97,4 / 96,7 %
η con 25 % $P_{ac,r}^{3)}$	96,2 / 97,6 / 97,0 %
η con 30 % $P_{ac,r}^{3)}$	96,5 / 97,8 / 97,3 %
η con 50 % $P_{ac,r}^{3)}$	96,9 / 98,1 / 97,7 %
η con 75 % $P_{ac,r}^{3)}$	97,0 / 98,1 / 97,8 %
η con 100 % $P_{ac,r}^{3)}$	97,0 / 98,1 / 97,7 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD

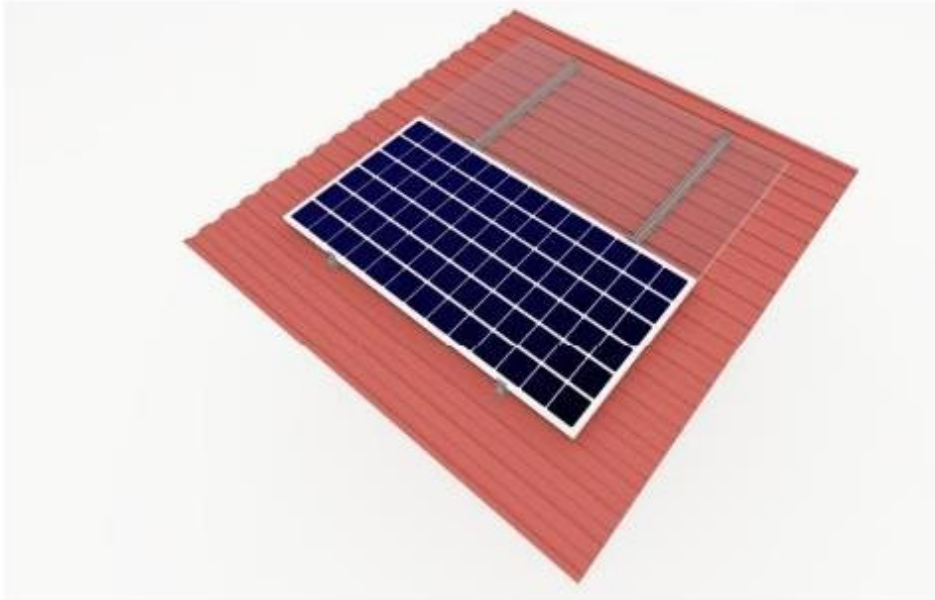
Medición del aislamiento CC	Sí
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia
Seccionador CC	Sí
DC Protección contra polaridad inversa	Sí

INTERFACES

WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)
6 inputs digitales o 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda
USB (Conector A) ⁴⁾	Datalogging, actualización de inversores vía USB
2 conectores RJ 45 (RS422) ⁴⁾	Fronius Solar Net
Salida de aviso ⁴⁾	Gestión de energía (salida de relé libre de potencial)
Datalogger y Servidor web	Integrado
Input externo ⁴⁾	Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador

Estructura coplanaria

ESTRUCTURA COPLANAR CON PERFIL PLANO TIPO H



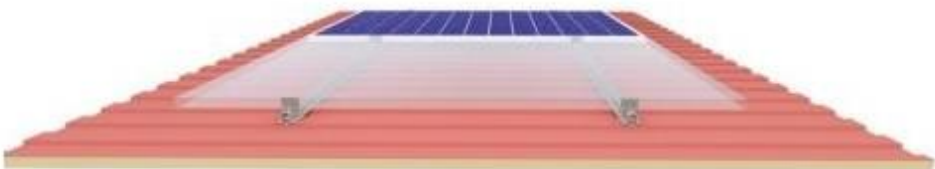
La estructura coplanar con perfil plano de **Ennova®**, es la solución ideal para aprovechar la inclinación propia de la cubierta metálica.

La estructura está formada por: perfil plano tipo H de aluminio y tornillería de Inox.

Su aplicación es para todo tipo de cubiertas metálicas.

Gracias a su versatilidad, ligereza y facilidad de montaje podemos hacer instalaciones sin importar el tamaño o la distribución de los módulos.

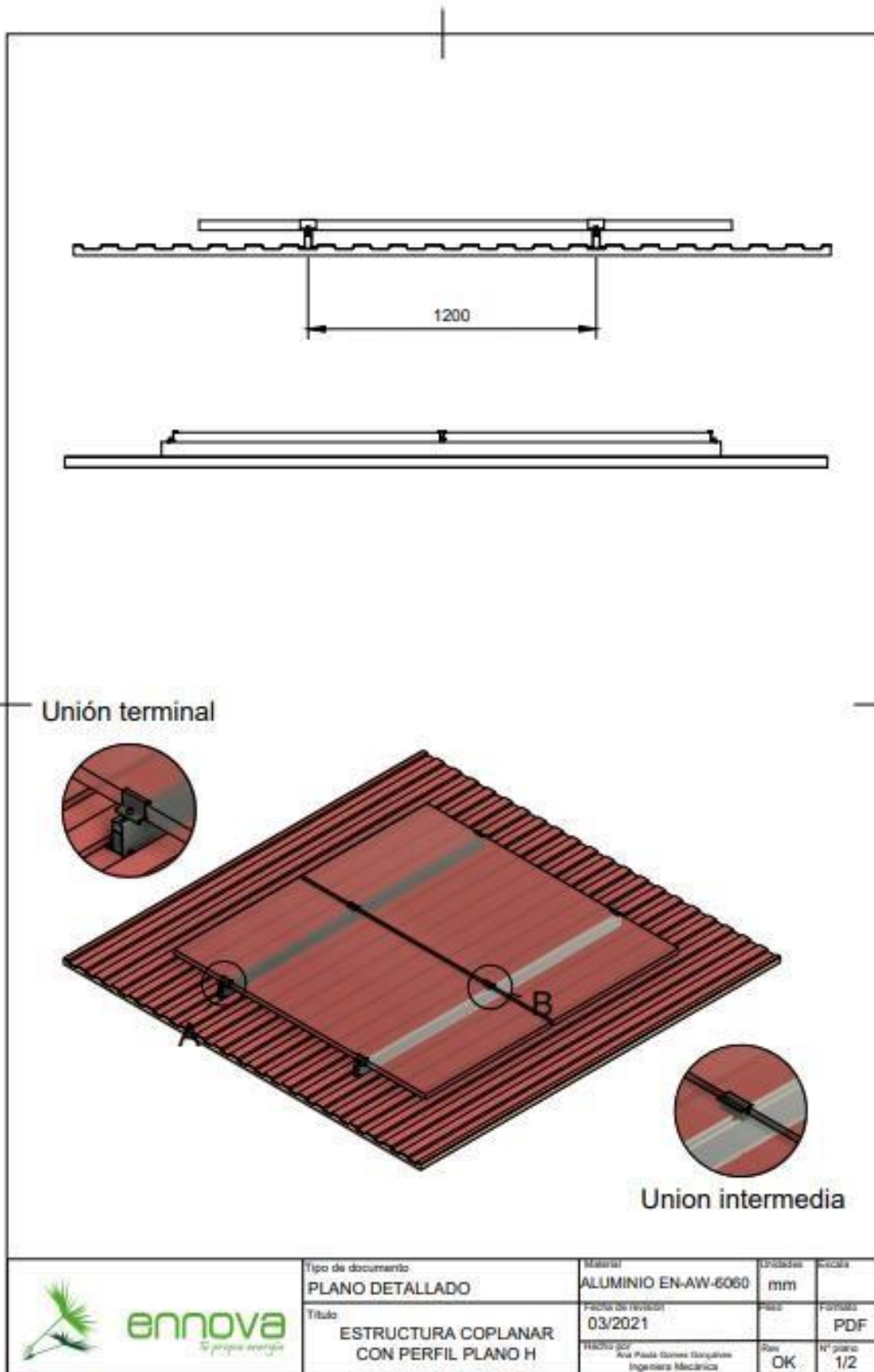
ENNOVA LE OFRECE 10 AÑOS DE GARANTÍA EN ESTRUCTURAS Y SOPORTES.



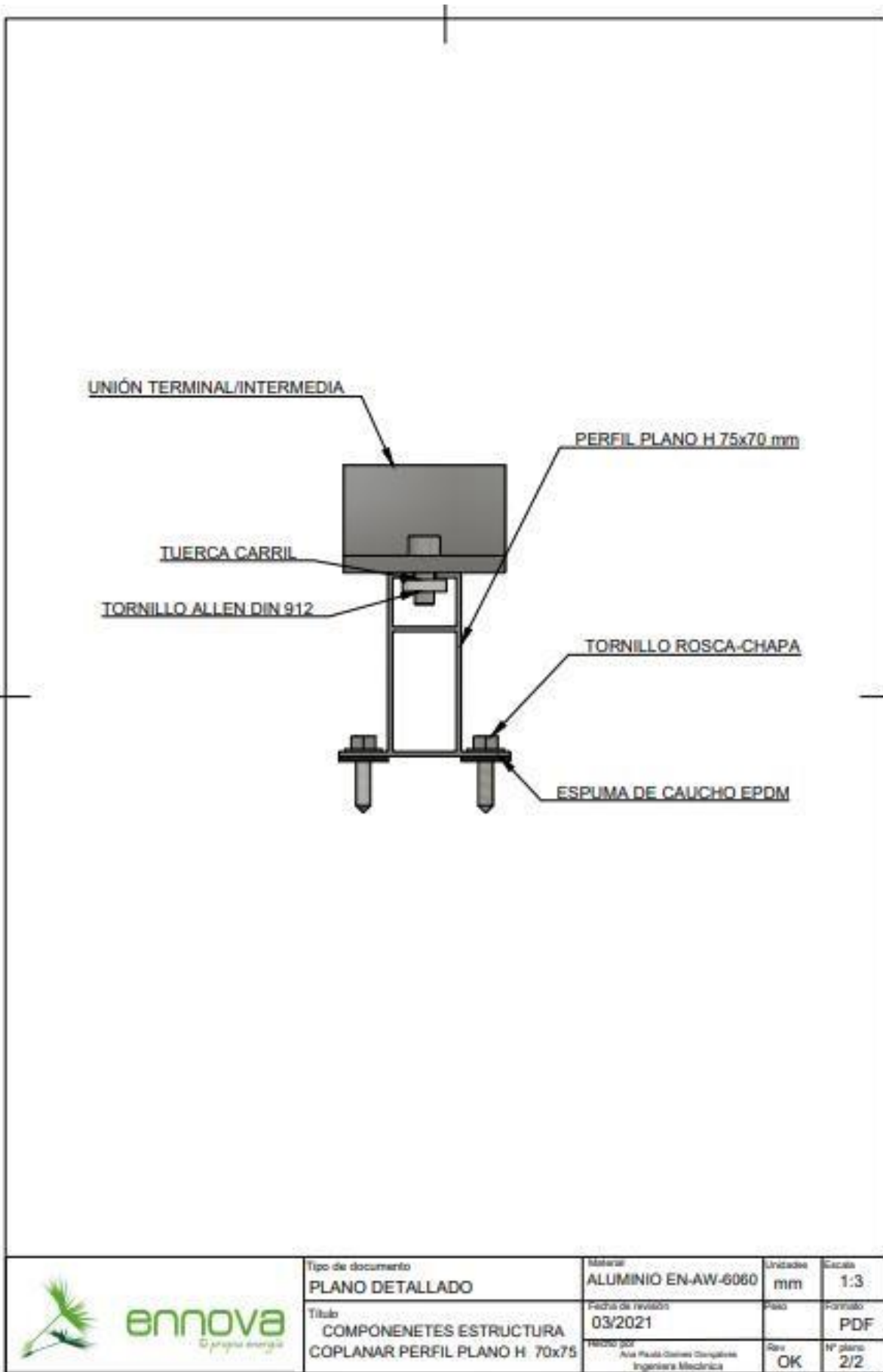
Materiales

Tornillería
Perfil plano H 75x70 mm

Inox. A2-70
Aluminio EN-AW-6060



	Tipo de documento	Material	Unidades	escala
	PLANO DETALLADO	ALUMINIO EN-AW-6060	mm	
	Título	Fecha de revisión	País	Formato
ESTRUCTURA COPLANAR CON PERFIL PLANO H	03/2021		PDF	
	Elaborador	Rev	Nº plano	
	Ava Paula Torres Sotgiu Ingeniera Mecánica	OK	1/2	



Simulación PVGIS

Rendimiento de un sistema FV conectado a red

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

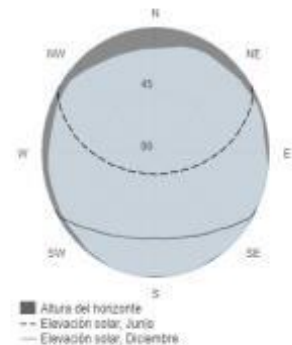
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 38.590,-0.309
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-SARAH2
 Tecnología FV: Silicio cristalino
 FV instalado: 14.76 kWp
 Pérdidas sistema: 7 %

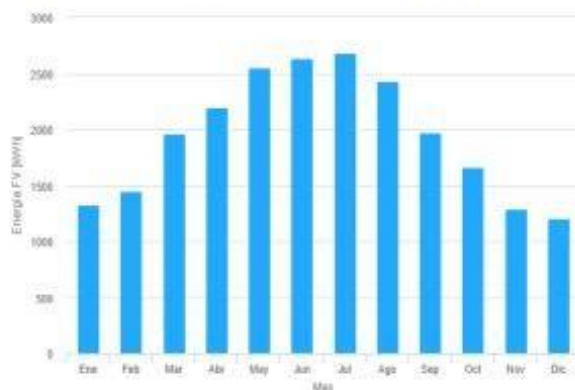
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 12 °
 Ángulo de azimut: 15 °
 Producción anual FV: 23376.24 kWh
 Irradiación anual: 1957.53 kWh/m²
 Variación interanual: 611.00 kWh
 Cambios en la producción debido a:
 Ángulo de incidencia: -3.06 %
 Efectos espectrales: 0.51 %
 Temperatura y baja irradiancia: -10.72 %
 Pérdidas totales: -19.09 %

Perfil del horizonte en la localización seleccionada



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	1329.7	105.1	131.1
Febrero	1448.9	115.2	149.7
Marzo	1962.6	159.1	152.7
Abril	2200.6	181.8	175.8
Mayo	2550.7	216.3	203.0
Junio	2635.3	228.3	110.3
Julio	2678.4	234.7	88.6
Agosto	2433.0	211.6	74.5
Septiembre	1972.8	167.6	135.8
Octubre	1663.1	137.8	122.5
Noviembre	1291.3	104.1	116.0
Diciembre	1210.0	96.0	67.2

E_m: Producción eléctrica media mensual del sistema definido [kWh].

H(i)_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].

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

Informe creado el

PVGIS-5 base de datos de irradiación geoespacial

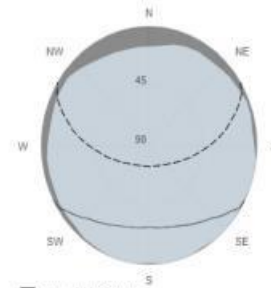
Datos proporcionados

Latitud/Longitud: 38.590,-0.309
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-SARAH2
 Año inicial: 2020
 Año final: 2020

Variables incluidas en este informe:

Irradiación global horizontal: No
 Irradiación directa normal: No
 Irradiación global con el ángulo óptimo: No
 Irradiación global con el ángulo 12°: Si
 Ratio difusa/global: No
 Temperatura media: Si

Perfil del horizonte en la localización seleccio



■ Altura del horizonte
 - - Elevación solar, Junio
 — Elevación solar, Diciembre

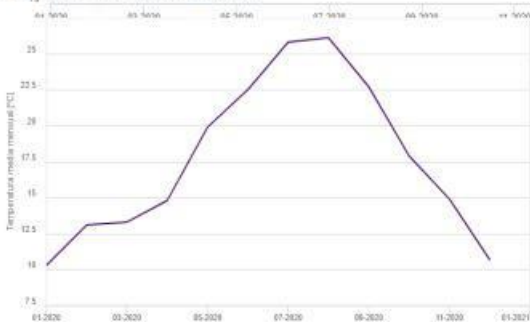
Irradiación solar mensual



Irradiación global con el ángulo

Mes	2020
Enero	110.3
Febrero	133.21
Marzo	140.35
Abril	159.98
Mayo	220.14
Junio	220.07
Julio	229.5
Agosto	209.59
Septiembre	166.2
Octubre	149.4
Noviembre	103.44
Diciembre	101.77

Temperatura media mensual



Temperatura media mensual

Month	2020
Enero	10.3
Febrero	13.1
Marzo	13.3
Abril	14.8
Mayo	19.9
Junio	22.5
Julio	25.8
Agosto	26.1
Septiembre	22.7
Octubre	17.9
Noviembre	14.9
Diciembre	10.7

1.10.3 Consumo taller

Mes	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
Enero	481	1530	309	51	133	120	2624
Febrero	538	1075	347	66	130	118	2274
Marzo	557	1170	424	42	122	116	2431
Abril	276	1200	374	36	116	108	2110
Mayo	246	1174	377	55	177	164	2193
Junio	0	0	1081	782	0	797	2660
Julio	1379	842	0	0	0	938	3159
Agosto	0	0	1206	888	0	960	3054
Septiembre	0	0	1259	933	0	787	2979
Octubre	0	0	0	865	565	770	2200
Noviembre	0	915	540	0	0	676	2131
Diciembre	875	502	0	0	0	572	1949
Total (kWh/año)	29764						
Media (kWh/mes)	2480						

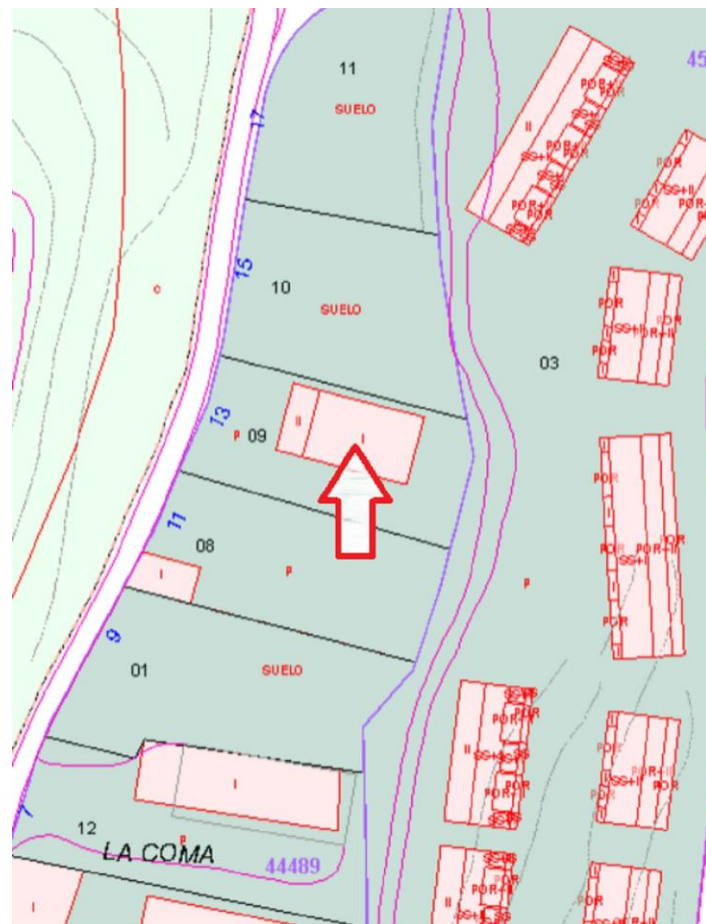
2. Planos



Escala 1:20.000.000



Escala 1:2.000

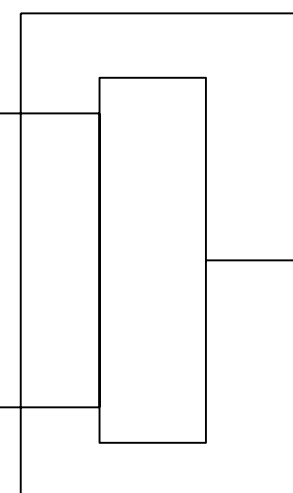
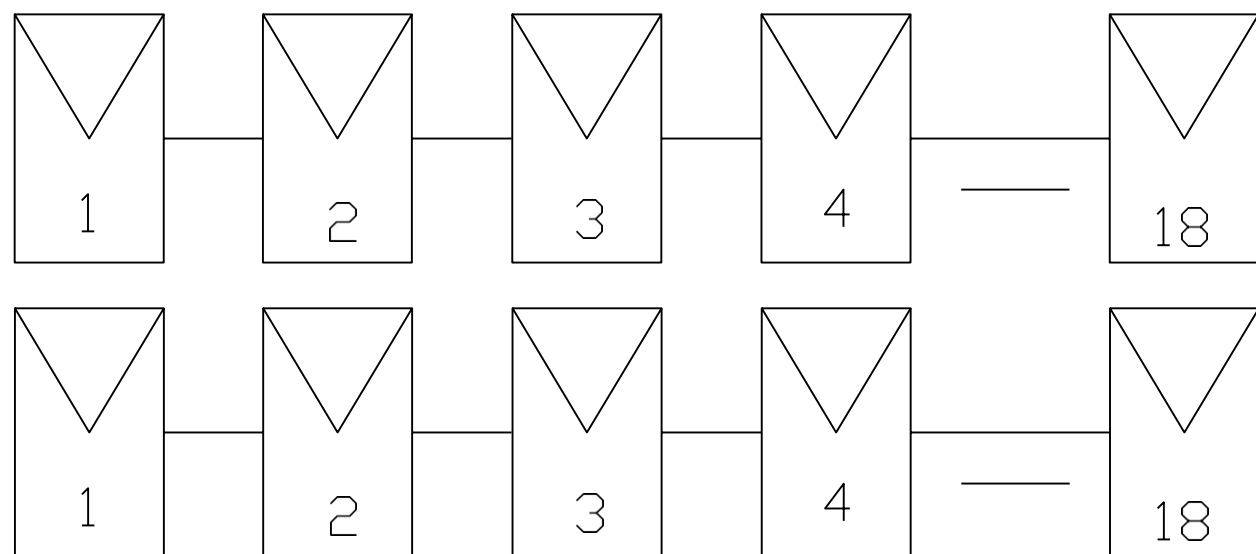


Escala 1:20.000

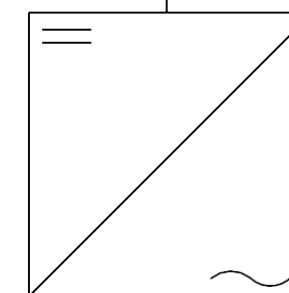
	NOMBRE	FECHA	FIRMA	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO TRABAJO DE FIN DE GRADO
DIBUJADO	Jordi García	20/06/2022		TÍTULO: Instalación FV Taller mecánico
PROYECTADO	Jordi García	20/06/2022		
CONFORMADO				ALUMNO: Jordi García Giner
ESCALA:	DENOMINACIÓN DEL PLANO:			Nº DE PLANO:
Varias	EMPLAZAMIENTO			1

2 Ramas con 18 módulos en serie

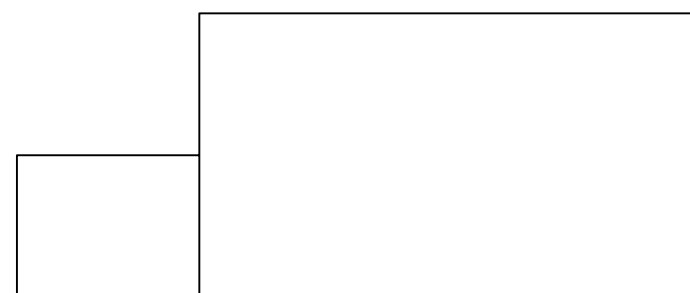
Cuadro
Conexiones CC



Inversor

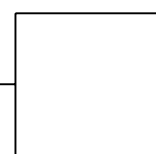


Cuadro General Nave

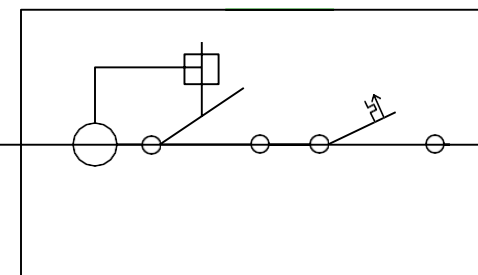


Interruptor diferencial

Interruptor magnetotérmico



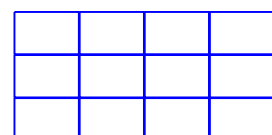
Fronius
Smart metter



Caja de Protecciones

Red Eléctrica

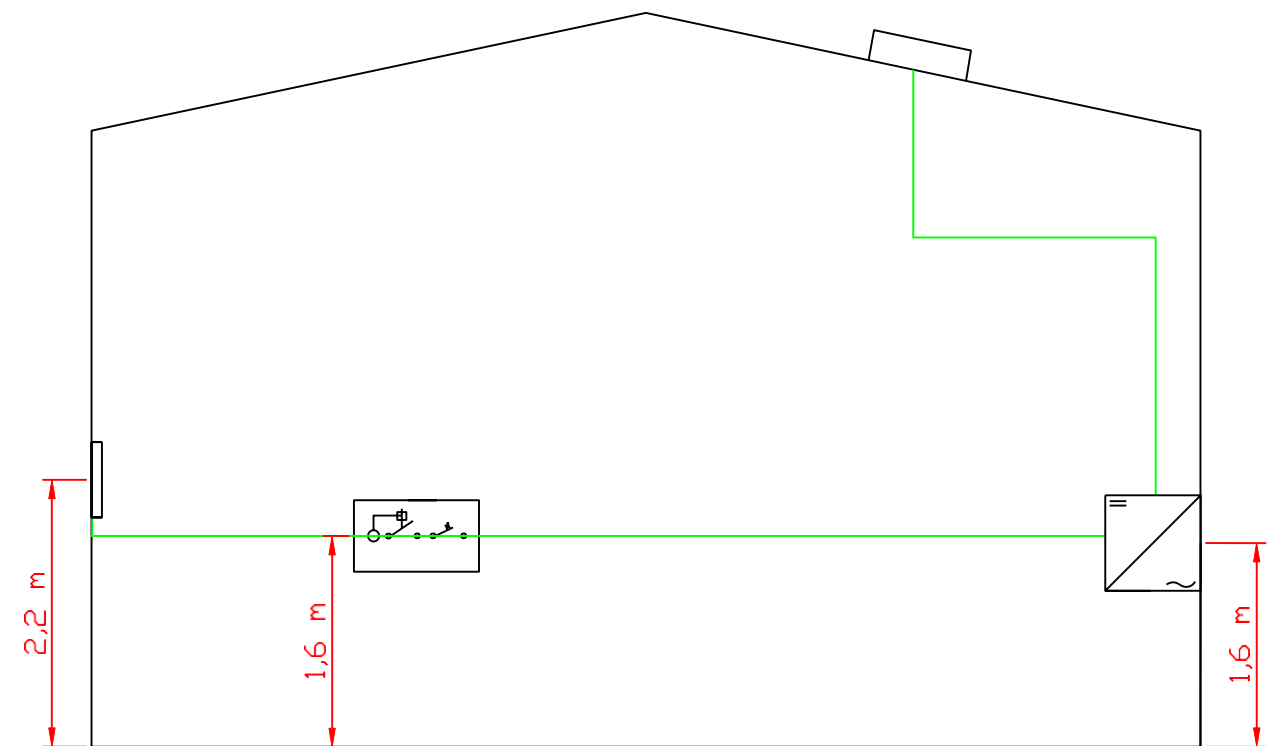
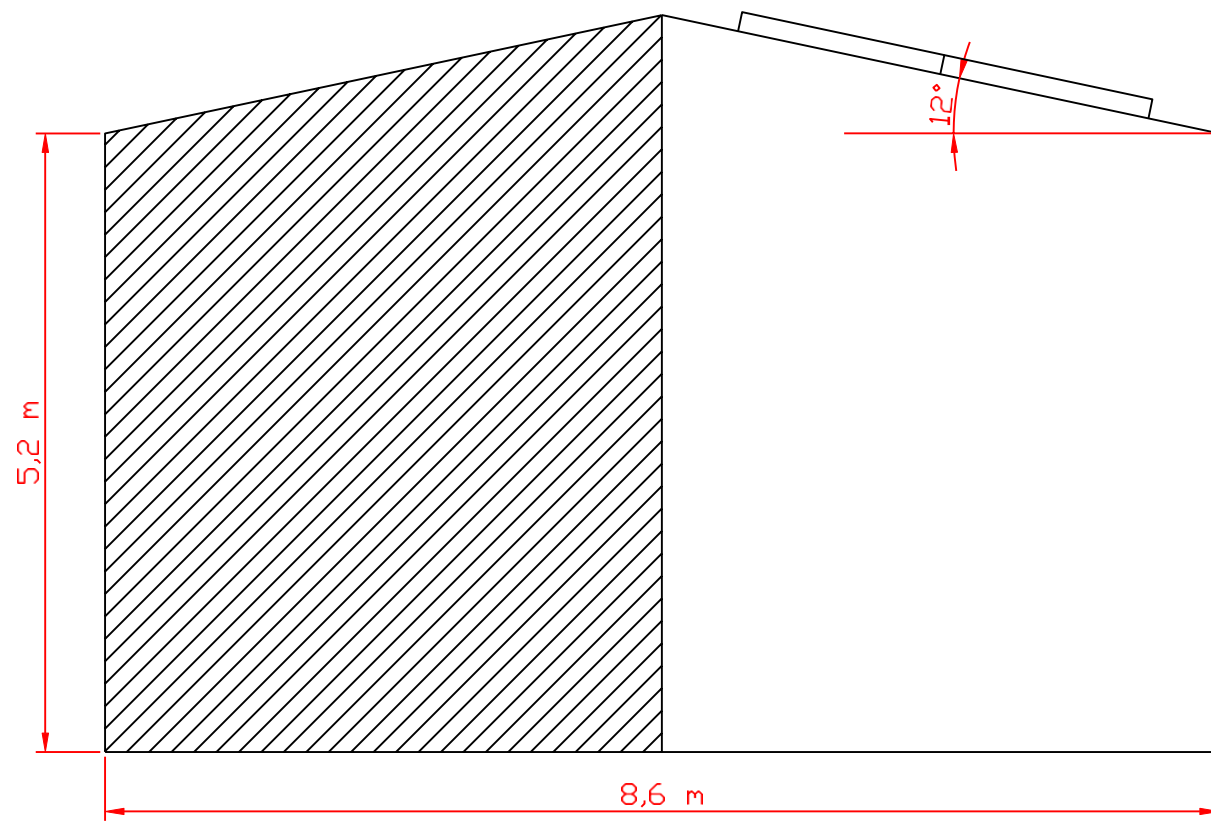
	NOMBRE	FECHA	FIRMA	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO TRABAJO DE FIN DE GRADO
DIBUJADO	Jordi García	20/06/2022		TÍTULO: Instalación FV Taller mecánico ALUMNO: Jordi García Giner
PROYECTADO	Jordi García	20/06/2022		
CONFORMADO				
ESCALA:	DENOMINACIÓN DEL PLANO:			Nº DE PLANO:
S/E	ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN			2



Módulo FV: 1722 x 1134 x 30 mm

— CABLEADO

	NOMBRE	FECHA	FIRMA	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO TRABAJO DE FIN DE GRADO
DIBUJADO	Jordi García	20/06/2022		TÍTULO: Instalación FV Taller mecánico ALUMNO: Jordi García Giner
PROYECTADO	Jordi García	20/06/2022		
CONFORMADO				
ESCALA: 1:200	DENOMINACIÓN DEL PLANO: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA EXTERIOR			Nº DE PLANO: 3



	NOMBRE	FECHA	FIRMA	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO TRABAJO DE FIN DE GRADO
DIBUJADO	Jordi García	20/06/2022		TÍTULO: Instalación FV Taller mecánico ALUMNO: Jordi García Giner
PROYECTADO	Jordi García	20/06/2022		
CONFORMADO				
ESCALA:	DENOMINACIÓN DEL PLANO:			Nº DE PLANO:
1:100	PERFIL			4



ENTRADA

	NOMBRE	FECHA	FIRMA	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO TRABAJO DE FIN DE GRADO
DIBUJADO	Jordi García	20/06/2022		TÍTULO: Instalación FV Taller mecánico ALUMNO: Jordi García Giner
PROYECTADO	Jordi García	20/06/2022		
CONFORMADO				
ESCALA:	DENOMINACIÓN DEL PLANO:			Nº DE PLANO:
1:100	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA INTERIOR			5

3. Pliego de condiciones

Introducción

El objeto del pliego de condiciones técnicas (PCT) es especificar las condiciones técnicas mínimas que debe cumplir la instalación fotovoltaica conectada a la red de 14,7 kWp que se va a proyectar, para que se ejecute de manera correcta.

El alcance de esta especificación se extiende a todos los componentes eléctricos, mecánicos y electrónicos que componen la instalación, incluyendo especificaciones y cumplimiento de normativas ya expuestas en la Memoria descriptiva.

Al configurar este tipo de proyecto son aplicables diferentes soluciones en este PCT, siempre que estas estén justificadas y no signifiquen una merma en la calidad del servicio prestado.

Generalidades

Este documento únicamente recogerá todas las especificaciones y generalidades de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red.

Estas generalidades se aplicarán a las siguientes normativas que afectan a instalaciones solares fotovoltaicas:

- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- Resolución de 31 de mayo 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.
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión. – Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (B.O.E. de 18-9-2002).

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

Generadores fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos deberán cumplir las normas UNE-EN 61730, UNE-EN 50380 y UNE-EN 61215 (Silicio cristalino), además de incorporar el marcado CE.

Los módulos deberán llevar las características del diseño, modelo y nombre del fabricante. Además, cada módulo deberá ser identificado de manera individual o llevar un número de serie para que se pueda identificar.

Los módulos se deberán ajustar a las siguientes características:

- Los marcos laterales serán de aluminio o acero inoxidable
- Deberán llevar diodos de derivación para evitar averías por sombreados y tendrán un grado de protección IP65.
- Cualquier módulo con cualquier defecto será rechazado.
- Para considerarse aceptables debe haber un margen de $\pm 3\%$ de los valores nominales de catálogo que comprenda la potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar.
- Alta eficiencia de las células
- Se instalarán elementos para la desconexión de forma unilateral en ambos terminales en todas las ramas del generador. Para así aumentar la seguridad y facilitar las reparaciones.
- Los módulos estarán garantizados por el fabricante como mínimo durante 10 años y contarán con una garantía de rendimiento de 25 años.

Estructura soporte

La estructura cumplirá con lo obligado en el CTE, además de cumplir con las siguientes especificaciones:

La estructura soporte debe resistir los módulos y las sobrecargas de viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el CTE y otras normativas.

Deben existir suficientes puntos de sujeción en número para que no se produzcan flexiones en los módulos superiores.

El diseño de estructura se escogerá conforme a la orientación e inclinación especificados en la memoria descriptiva.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. Los taladros en la estructura se realizarán antes del galvanizado y protección de la misma.

La tornillería será de acero inoxidable.

La estructura no arrojará ningún tipo de sombra sobre los módulos.

En el caso de instalaciones integradas en cubierta, el diseño de la estructura y la estanqueidad entre módulos se ajustará a las exigencias vigentes en materia de edificación.

La estructura será calculada según el CTE para que pueda soportar cargas extremas debido a factores climatológicos.

Inversor

Será del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, con una potencia de entrada variable para que sea capaz de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día.

Las características básicas son:

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

La caracterización del inversor seguirá las siguientes normas:

- UNE-EN 60293: Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales
- UNE-EN 61683: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- IEC 62116. Testing procedure of islanding prevention measures for utility interactive photovoltaic inverters.

Para cumplir las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética, habrá que incorporar protecciones contra:

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

El inversor contará con señalizaciones para su correcto funcionamiento, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su correcto manejo y supervisión.

Incorporará los siguientes controles manuales:

- Encendido y apagado general del inversor
- Conexión y desconexión del inversor a la interfaz CA

Las características eléctricas del inversor son:

- El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar un 10% superiores a las CEM (condiciones estándar de medida 1000 W/m² y 25 °C). Además soportará picos de un 30% superior a las CEM durante períodos de hasta 10 segundos.

- El rendimiento de potencia del inversor (Psalida/Pentrada) para una potencia de salida en CA igual al 50% y al 100% de la potencia nominal, será como mínimo del 92% y del 94% respectivamente
- El autoconsumo de los equipos en “stand-by” (pérdidas en vacío) o modo nocturno deberá ser inferior al 2% de su potencia nominal de salida.
- El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25% y el 100% de la potencia nominal.
- A partir de potencias mayores al 10% de su potencia nominal, el inversor deberá inyectar en red.

Grado de protección mínima IP30 para inversores en el interior de edificios y lugares accesibles.

El inversor estará garantizado para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre 0°C y 40°C de temperatura y entre 0% y 85% de humedad relativa.

El inversor deberá garantizar aislamiento galvánico entre la instalación fotovoltaica y la red de distribución a la que se conecta.

El inversor estará garantizado por el fabricante durante un período mínimo de 3 años.

Cableado

El cableado será de cobre y su sección será la estipulado en el capítulo de Cálculos para que no haya pérdidas de tensión y calentamientos. Los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior al 1,5%.

Deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos entre los elementos de la instalación ni la posibilidad de enganche por el tránsito de personas.

Todo el cableado de CC será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

Conexión a red

Al no superar los 100 kWn la instalación cumplirá con lo expuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículos 8 y 9) sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

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.

Protecciones

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.

Las protecciones se colocarán en los lugares pertinentes, siendo de montaje superficial y a una altura adecuada, según lo estipula la norma y con un grado de protección mínima IP30.

Plan de mantenimiento

Dentro del plan de mantenimiento se incluirán las acciones de carácter preventivo, predictivo y de limpieza de paneles.

Las acciones incluidas dentro de este mantenimiento son:

Acciones preventivas:

Inspección visual de defectos en el marco, ralladuras, golpes, células, exceso de suciedad...).

Estudio termográfico de una muestra de la instalación.

Inspección visual de la estructura.

Comprobación visual de la unión panel-estructura.

Comprobación de la puesta a tierra de la estructura.

Comprobación visual del estado mecánico de los cables.

Comprobación de fusibles y demás elementos de seguridad Revisión visual de lámparas de señalización y display.

Comprobación del filtro de entrada de aire y rejillas protectoras de entrada/salida del aire del inversor.

Limpieza del polvo y suciedad que interfiera en el inversor.

Comprobación visual de la envolvente (golpes, óxidos,...).

Revisión del estado de conexiones y aprietes de terminales.

Comprobación de la fijación de los prensaestopas.

Verificación de los terminales de puesta a tierra.

Acciones predictivas:

-Monitorización* de la instalación.

*La monitorización consta de: -Instalación, configuración y puesta en marcha de sistema de monitorización externa y especializada en plantas FV.

- Dron termografico (estudio termografico).

-Monitorización diaria asistida por técnico competente.

-Elaboración mensual de informes de consumo y producción.

-Informe anual con estado de planta tras visita técnica, producción, consumo y comparación realidad vs estudio.

-Respuesta ante alarmas en menos de 24 horas.

-SAT y estudio gratuito de factura eléctrica al año de instalación.

Limpieza paneles:

Incluye una limpieza semestral de la instalación.

4. Presupuesto de la instalación

Presupuesto

UNIDADES	CONCEPTO	PRECIO	SUMA
	MATERIALES		
36	Módulos FV Canadian Solar 410 W	165,90 €	5.972,40 €
1	Inversor Fronius Symo 1500 W	2.572,69 €	2.572,69 €
1	Diferencial Legrand 25 A	76,05 €	76,05 €
1	Magnetotérmico SCHNEIDER 25 A	45,18 €	45,18 €
1	Fronius smart meter trifásico 65 A	251,04 €	251,04 €
50	Cable unifilar 6mm ² PV ZZ-F	1,22 €	61 €
15	Cable rv-k 6mm ²	0,85 €	12,70 €
18	Estructura coplanaria con perfil plano	37 €	668 €
	MANO DE OBRA		
8	Ayudante electricista 1	11,42 €	91,36 €
16	Ayudante electricista 2	11,42 €	182,72 €
16	Oficial 1ª electricista	20 €	320 €
	Transporte		150 €
	Grúa		100 €
	Proyecto y gestiones		1000 €
	TOTAL SIN IVA		11.503,48 €
	TOTAL CON IVA (21%)		13919,21 €
	€/Wp		0,94303596

El presupuesto total para la instalación será de **13.919,21 €** lo que supone **0,94 €** por cada Wp instalado.