



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

*Estudio de una instalación solar  
fotovoltaica conectada a la red  
eléctrica en una vivienda  
unifamiliar*

---

**MEMORIA PRESENTADA POR:**

*CARLES PERIS CASTELLÓ*

**TUTOR:**

*MARCOS PASCUAL MOLTÓ*

GRADO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Convocatoria de defensa: Julio de 2020

## **RESUMEN**

En el presente trabajo académico se realizará el estudio de una instalación solar fotovoltaica con conexión a la red eléctrica, más concretamente en una vivienda unifamiliar. Como precedente al diseño de la instalación, se tendrá en cuenta el consumo de energía de dicha vivienda. Para la realización de este análisis, se basará en la legislación actual. Una vez realizado, se procederá al diseño de la propia instalación y sus cálculos técnicos necesarios. Por último, se desarrollará un presupuesto incluyendo los datos técnicos obtenidos de la instalación y junto a ello, se efectuará un estudio económico de viabilidad.

## **RESUM**

En el present treball acadèmic es realitzarà l'estudi d'una instal·lació solar fotovoltaica amb connexió a la xarxa elèctrica, més concretament en un habitatge unifamiliar. Com a precedent al disseny de la instal·lació, es tindrà en compte el consum d'energia d'aquest habitatge. Per a la realització d'aquesta anàlisi, es basarà en la legislació actual. Una vegada realitzat, es procedirà al disseny de la pròpia instal·lació i els seus càlculs tècnics necessaris. Finalment, es desenvoluparà un pressupost incloent les dades tècniques obtingudes de la instal·lació i al costat d'això, s'efectuarà un estudi econòmic de viabilitat.

## **SUMMARY**

In the present academic work, the study of a photovoltaic solar installation with connection to the electrical grid will be carried out, more specifically in a single-family home. As it was before the design of the installation, it will be necessary to take into account the energy consumption of this house. For the realization of this analysis, it will be based on the current legislation. Once this has been done, the design of the installation itself and its technical calculations will be carried out. Finally, a budget will be developed, including the technical data obtained from the installation, and an economic feasibility study will be carried out at the same time.

### **PALABRAS CLAVE**

Solar fotovoltaica, energía renovable, consumo eléctrico

### **PARAULES CLAU**

Solar fotovoltaica, energia renovable, consum elèctric

### **KEYWORDS**

Solar photovoltaic, renewable energy, electricity consumption

## Tabla de contenido

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 1.      | Índice de tablas, ilustraciones y gráficos .....     | 1  |
| 1.1.    | Tablas.....  | 1  |
| 1.2.    | Ilustraciones.....                                   | 1  |
| 1.3.    | Gráficos.....  | 1  |
| 2.      | Objetivos.....                                       | 1  |
| 3.      | Situación actual de la energía solar en España ..... | 1  |
| 4.      | Normativa vigente en España .....                    | 3  |
| 5.      | Emplazamiento de la instalación .....                | 9  |
| 6.      | Estudio consumo energético de la vivienda .....      | 10 |
| 7.      | Dimensionado de la instalación solar .....           | 12 |
| 7.1.    | Ubicación de la instalación .....                    | 12 |
| 7.2.    | Orientación de las placas solares. ....              | 13 |
| 7.3.    | Características placas solares.....                  | 14 |
| 8.      | Inversor.....  | 17 |
| 9.      | Dimensionado del cableado.....                       | 17 |
| 9.1.    | Dimensionado cableado CC.....                        | 18 |
| 9.2.    | Dimensionado cableado CA .....                       | 19 |
| 9.3.    | Dimensionado cableado toma de tierra.....            | 22 |
| 10.     | Protecciones .....                                   | 23 |
| 10.1.   | Protección tramo CC.....                             | 23 |
| 10.1.1. | Protección contra sobrecargas .....                  | 23 |
| 10.1.2. | Protección contra sobretensiones .....               | 23 |
| 10.2.   | Protección tramo CA .....                            | 24 |
| 10.2.1. | Protección contra sobrecargas .....                  | 24 |
| 10.2.2. | Protección ante contacto indirecto.....              | 24 |
| 11.     | Planos .....   | 25 |
| 12.     | Estudio económico .....                              | 28 |
| 12.1.   | Presupuesto .....                                    | 28 |
| 12.2.   | Rentabilidad.....                                    | 28 |
| 12.2.1. | Valor Actual Neto.....                               | 28 |
| 12.2.2. | Tasa Interna de Rentabilidad (TIR).....              | 30 |
| 13.     | Pliego de condiciones.....                           | 31 |
| 13.1.   | Antecedentes.....                                    | 31 |
| 13.2.   | Promotor .....                                       | 31 |
| 13.3.   | Objeto .....   | 31 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 13.4.   | Generalidades.....                                | 31 |
| 13.5.   | Definiciones.....                                 | 32 |
| 13.5.1. | Radiación solar.....                              | 32 |
| 13.5.2. | Instalación.....                                  | 32 |
| 13.5.3. | Módulos.....                                      | 33 |
| 13.6.   | Emplazamiento instalación.....                    | 33 |
| 13.7.   | Características instalación fotovoltaica.....     | 33 |
| 13.7.1. | Generador fotovoltaico.....                       | 33 |
| 13.7.2. | Estructura de los módulos fotovoltaicos.....      | 34 |
| 13.7.3. | Inversor.....                                     | 34 |
| 13.8.   | Características eléctricas de la instalación..... | 35 |
| 13.8.1. | Cableado.....                                     | 35 |
| 13.8.2. | Protecciones.....                                 | 35 |
| 13.8.3. | Puesta a tierra.....                              | 35 |
| 13.9.   | Conexión a la red eléctrica.....                  | 35 |
| 13.10.  | Consideraciones finales.....                      | 36 |
| 14.     | Bibliografía.....                                 | 36 |



# Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

## 1. Índice de tablas, ilustraciones y gráficos

### 1.1. Tablas

Tabla 1: Consumo medio por hogar

Tabla 2: Consumo de electricidad según Zona Climática

Tabla 3: Consumo medio anual de electrodomésticos según zona climática

Tabla 4: Consumo medio anual de electrodomésticos según tipo de vivienda

Tabla 5: Consumo energético vivienda

Tabla 6: Irradiación solar PVGIS

Tabla 7: Irradiación solar PVGIS

Tabla 8: Conductividad eléctrica

Tabla 9: Intensidad máxima admisible

Tabla 10: Amortización VAN

Tabla 11: Tasa Rentabilidad TIR

### 1.2. Ilustraciones

Ilustración 1: Zonas de radiación solar en España

Ilustración 2: Localización geográfica

Ilustración 3: Vista aérea de la vivienda

### 1.3. Gráficos

Gráfico 1: Irradiación solar mensual

## 2. Objetivos

El objetivo principal del estudio es llevar a cabo un diseño e instalación fotovoltaica de una vivienda unifamiliar, la cual ha de ser económicamente viable a lo largo de su vida útil. Para ello, ha de ser capaz de una vez amortizado el gasto inicial debido al ahorro energético, siga proporcionando rentabilidad hasta el fin de su utilización.

## 3. Situación actual de la energía solar en España

Actualmente en España hay 17 millones de viviendas habitadas, eso se traduce en que el 20% del consumo de energía eléctrica sea consumido en los hogares. Las viviendas consumen la quinta parte del total de energía consumida en España y la cuarta parte de la electricidad.

El consumo energético anual de un hogar español es de 9.922 kilovatios-hora (kWh). Esto varía según la zona climática, si es Atlántico Norte, Continental o Mediterránea y según el tipo de vivienda, diferenciando entre unifamiliar o piso. Dicho consumo energético se puede observar en la siguiente tabla.

| kWh/hogar     | Zona Climática  |             |              |        |
|---------------|-----------------|-------------|--------------|--------|
|               | Atlántico Norte | Continental | Mediterránea | España |
| Pisos         | 7.306           | 9.796       | 6.128        | 7.544  |
| Unifamiliares | 14.987          | 19.653      | 13.239       | 15.513 |
| España        | 9.293           | 12.636      | 8.363        | 9.922  |

Tabla 1: Consumo medio por hogar





## Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

Como se puede observar el consumo mayoritariamente pertenece a las viviendas unifamiliares, siendo prácticamente el doble del consumo energético medio en España.

Hoy en día existen multitud de servicios dentro de un hogar y estos representan una gran parte del consumo energético de las viviendas. En las siguientes tablas se puede observar los consumos según la zona climática o el tipo de vivienda.

| Unidad: GWh             | España        |             | Zona Atlántica |             | Zona Continental |             | Zona Mediterránea |             |
|-------------------------|---------------|-------------|----------------|-------------|------------------|-------------|-------------------|-------------|
| Calefacción             | 4.418         | 7,4%        | 691            | 8,8%        | 1.698            | 8,4%        | 2.029             | 6,4%        |
| Agua caliente sanitaria | 4.480         | 7,5%        | 622            | 8,0%        | 894              | 4,4%        | 2.964             | 9,3%        |
| Cocina                  | 5.572         | 9,3%        | 1.068          | 13,7%       | 2.341            | 11,6%       | 2.163             | 6,8%        |
| Refrigeración           | 1.400         | 2,3%        | 14             | 0,2%        | 535              | 2,6%        | 851               | 2,7%        |
| Iluminación             | 7.045         | 11,7%       | 796            | 10,2%       | 1.902            | 9,4%        | 4.346             | 13,6%       |
| Electrodomésticos       | 33.099        | 55,2%       | 4.094          | 52,4%       | 11.521           | 57,0%       | 17.483            | 54,7%       |
| Standby                 | 3.969         | 6,6%        | 529            | 6,8%        | 1.337            | 6,6%        | 2.103             | 6,6%        |
| <b>TOTAL</b>            | <b>59.983</b> | <b>100%</b> | <b>7.815</b>   | <b>100%</b> | <b>20.229</b>    | <b>100%</b> | <b>31.940</b>     | <b>100%</b> |

Tabla 2: Consumo de electricidad según Zona Climática.

En la siguiente tabla se analizarán los consumos eléctricos medio anual en base a los aparatos y electrodomésticos del hogar en función de su zona climática y según tipo de vivienda.

| Unidad: kWh             | España       |             | Zona Atlántica |             | Zona Continental |             | Zona Mediterránea |             |
|-------------------------|--------------|-------------|----------------|-------------|------------------|-------------|-------------------|-------------|
| Frigoríficos            | 662          | 22,4%       | 552            | 18,5%       | 688              | 23,4%       | 673               | 22,8%       |
| Congeladores            | 563          | 19,1%       | 664            | 22,3%       | 427              | 14,5%       | 614               | 20,8%       |
| Lavadoras               | 255          | 8,6%        | 307            | 10,3%       | 240              | 8,2%        | 252               | 8,6%        |
| Lavavajillas            | 246          | 8,3%        | 300            | 10,1%       | 253              | 8,6%        | 230               | 7,8%        |
| Secadoras               | 255          | 8,6%        | 270            | 9,1%        | 237              | 8,1%        | 260               | 8,8%        |
| Horno                   | 231          | 7,8%        | 263            | 8,8%        | 258              | 8,8%        | 205               | 6,9%        |
| TV                      | 263          | 8,9%        | 149            | 5,0%        | 319              | 10,9%       | 255               | 8,7%        |
| Ordenadores             | 172          | 5,8%        | 137            | 4,6%        | 188              | 6,4%        | 170               | 5,8%        |
| Standby                 | 231          | 7,8%        | 235            | 7,9%        | 231              | 7,9%        | 229               | 7,8%        |
| Resto Electrodomésticos | 76           | 2,6%        | 104            | 3,5%        | 95               | 3,2%        | 57                | 1,9%        |
| <b>TOTAL</b>            | <b>2.953</b> | <b>100%</b> | <b>2.980</b>   | <b>100%</b> | <b>2.938</b>     | <b>100%</b> | <b>2.946</b>      | <b>100%</b> |

Tabla 3: Consumo medio anual de electrodomésticos según zona climática

Conocer el consumo medio de los hogares, proporciona una perspectiva de aquellos electrodomésticos que tiene un mayor consumo y en los cuales hay que centrarse para llevar a cabo un mayor ahorro energético de la vivienda. Según se expone en los datos de las tablas anteriores, los frigoríficos y congeladores tienen un mayor consumo con diferencia respecto a los otros aparatos eléctricos del hogar.

| Unidad: kWh             | España       |             | Pisos        |             | Unifamiliares |             |
|-------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|---------------|-------------|
| Frigoríficos            | 662          | 22,4%       | 651          | 22,2%       | 688           | 22,4%       |
| Congeladores            | 563          | 19,1%       | 488          | 16,6%       | 631           | 20,5%       |
| Lavadoras               | 255          | 8,6%        | 253          | 8,6%        | 261           | 8,5%        |
| Lavavajillas            | 246          | 8,3%        | 242          | 8,2%        | 253           | 8,2%        |
| Secadoras               | 255          | 8,6%        | 258          | 8,8%        | 252           | 8,2%        |
| Horno                   | 231          | 7,8%        | 223          | 7,6%        | 244           | 7,9%        |
| TV                      | 263          | 8,9%        | 249          | 8,5%        | 294           | 9,6%        |
| Ordenadores             | 172          | 5,8%        | 249          | 8,5%        | 186           | 6,0%        |
| Standby                 | 231          | 7,8%        | 237          | 8,1%        | 216           | 7,0%        |
| Resto Electrodomésticos | 76           | 2,6%        | 86           | 2,9%        | 51            | 1,7%        |
| <b>TOTAL</b>            | <b>2.953</b> | <b>100%</b> | <b>2.936</b> | <b>100%</b> | <b>3.076</b>  | <b>100%</b> |

Tabla 4: Consumo medio anual de electrodomésticos según tipo de vivienda



# Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

## 4. Normativa vigente en España

La normativa que regula las instalaciones productoras de energía solar fotovoltaica ha sufrido cambios en un tiempo menor a la fase de amortización de estas, lo cual ha provocado que en multitud de sucesos se haya visto repercutido el retorno de la inversión, ya que estas fueron calculadas en relación a unos requisitos iniciales que luego se han visto agravados.

A continuación se hará un repaso por la legislación más importante:

***Real Decreto 661/2007 de 25 de mayo, por el que se establece el régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.***

Este RD 661/2007 permitía dos opciones de venta de energía: se podía ceder electricidad al sistema a través de la red de transporte o distribución, recibiendo por ello una tarifa regulada expresada en c€/kWh. O la otra opción era vender libremente la electricidad en el mercado, a través del sistema de ofertas gestionado por el operador en el mercado, del sistema de contratación bilateral o a plazo o de una combinación de todos ellos. El precio de venta de la electricidad en este caso, era el precio que resultaba en el mercado organizado o el precio libremente negociado por el titular o por el representante de la instalación.

Si se decidía vender en el mercado, la tarifa retributiva regulada se fijó inicialmente en 44,0381 c€/kWh durante los 25 primeros años de la vida útil de la instalación y, a partir del año 26 y el resto de la vida útil de la instalación, se fijó en 35,2305 c€/kWh.

***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.***

El sistema fijado por el Real Decreto 1578/2008 rompe con todo lo que había anteriormente y establece un sistema mucho más coherente, flexible y controlable, definiendo con mayor claridad los siguientes aspectos:

- Tipo I. Instalaciones que estén ubicadas en cubiertas o fachadas de construcciones fijas, cerradas, hechas de materiales resistentes, dedicadas a usos residencial, de servicios, comercial o industrial, incluidas las de carácter agropecuario. O bien, instalaciones que estén ubicadas sobre estructuras fijas de soporte que tengan por objeto un uso de cubierta de aparcamiento o de sombreado, en ambos casos de áreas dedicadas a alguno de los usos anteriores, y se encuentren ubicadas en una parcela con referencia catastral urbana. Esta a su vez se subdividen en:
  - Tipo 1.1. Potencia menor a 20 Kw. Su retribución es de 34 cent € Kw/h
  - Tipo 1.2. Potencia superior a 20Kw. Su retribución es de 32 cent € Kw/h
- El segundo tipo de instalaciones fotovoltaicas (el 2) es, simplemente, aquel que no esté comprendido en ninguno de los descritos anteriormente. Su retribución será de 32 cent € Kw/h.

***Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico.***

El motivo por el que el gobierno aborda esta reforma es debido a diversos factores:

- El precio de la electricidad está por encima de la media europea, tanto doméstica como industrial



## Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

- A pesar de las medidas adoptadas durante los años 2012 y 2013 de ajuste de costes del sistema, todavía persiste un déficit de tarifa de 4500 M€ en 2013.
- Si no se adoptara ninguna medida, el déficit seguiría creciendo hasta alcanzar 10.000M€ en el año 2020.

Con esta reforma, el Gobierno quiere:

1. Establecer un marco que garantice la estabilidad financiera del sistema con carácter definitivo.
2. Lograr una reducción significativa de los costes del sistema
3. Garantizar el suministro al menor coste posible para el consumidor.

**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.**

En el Artículo 4, sobre la clasificación de modalidades de autoconsumo, se establecen:

| <b>CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES (Art 4.1)</b>  |  |
|--|--|
| <b>AUTOCONSUMO TIPO 1</b>  | <b>AUTOCONSUMO TIPO 2</b>  |
| No estarán inscritas en el Registro de Producción.<br>No se pueden cobrar los vertidos de la red.<br>No se pueden conectar varios consumidores.<br><u>Inscripción:</u> (Art 19,20 y 21) El titular es el obligado, pero puede delegar en los instaladores: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Las de menos de 10 kW en la sección 1ª Registro</li> <li>- Las de más de 10 kW en la sección 2ª</li> </ul> El Ministerio puede imponer la instalación de dispositivos de vertido 0 | Estarán inscritas en el Registro de Producción.<br>Pueden cobrar los vertidos de la red.<br>No se pueden conectar a varios consumidores.<br><u>Inscripción:</u> (Art 19,20 y 21) Deben inscribirse en la Sección 2ª Las instalaciones aisladas, fotovoltaicas o no, de cualquier potencia no están obligadas a inscribirse |

En el Artículo 5, sobre los requisitos generales, se establecen:

| <b>REQUISITOS GENERALES (Art 5)</b>   |  |
|---|--|
| <b>AUTOCONSUMO TIPO 1</b>   | <b>AUTOCONSUMO TIPO 2</b>  |
| Menos de 100 kW de potencia   | Pueden superar los 100 kW de potencia  |
| La potencia será inferior o igual a la contratada   | La potencia será inferior o igual a la contratada.   |
| Los titulares de la instalación de consumo y de producción coinciden en el mismo titular  | Los titulares del consumo y de la producción pueden ser distintos, pero si existen varias instalaciones de producción, el titular será único para todas ellas. |
| Cumplirá requisitos técnicos generales y los del RD 1699/2011 que regula la instalación < 100 kW Se considerarán instalaciones sólo de producción | Cumplirá requisitos técnicos generales y los del RD RD 1699/2011 que regula la instalación < 100 kW y RD 1955/2000 Y RD 413/2014                               |
| La distribuidora puede cortar suministro por incumplimiento normativo o peligro.  | La distribuidora puede cortar suministro por incumplimiento normativo o peligro  |
| <u>INSTALACIÓN DE BATERIAS:</u> Están permitidas si comparten el equipo de medida de la generación neta o de la energía horaria consumida.        | <u>INSTALACIÓN DE BATERIAS:</u> Están permitidas si comparten el equipo de medida de la generación neta o de la energía horaria consumida.                     |
| <b>Disposición adicional 5ª , Quedan excluidas de autorización administrativa previa las de menos de 100 kW de potencia.</b>                      |  |

En el Artículo 7, establece el procedimiento de conexión y acceso en las modalidades de autoconsumo



## Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

| <b>PROCEDIMIENTO DE CONEXIÓN Y ACCESO (Art 7)</b>  |   |
|--|---|
| <b>AUTOCONSUMO TIPO 1</b>  | <b>AUTOCONSUMO TIPO 2</b>   |
| Solicitar a la distribuidora aunque no se vierta.  | Solicitar a la distribuidora.   |
| Procedimiento el del Cap. II del RD 1699/2011, que cuenta con uno abreviado para < 10 kW.          | Para = < 100 kW Aplicar Cap II del RD 1699/2011<br>Para > 100 kW Aplicar RD 1955/2000   |
| Para instalaciones de menos de 10 kW con dispositivo de vertido 0 no se pagarán gastos de estudio. | Conforme al art 6 del RD 1699/2011 se abonarán los estudios de acceso y conexión establecidos por el Art. 30 del RD 1048/2013 |

Las instalaciones de autoconsumo tienen asociados varios cargos vinculados a:

- **Cargo asociado a la potencia instalada (€/kW año):** Solo se aplica si la instalación cuenta con baterías que permitan reducir la potencia contratada con la compañía eléctrica o si el consumo pico supera la potencia contratada con la compañía eléctrica. Este cargo se pagará por la fracción de horas en las que haya autoconsumo.
- **Cargo por la energía auto-consumida (€/kWh):** Este cargo estará compuesto por los peajes de acceso menos las pérdidas en redes más los servicios de ajuste (pagos por capacidad y servicios de ajuste, interrumpibilidad y retribuciones al operador del mercado y del sistema). Se exime de estos cargos:
  - A las instalaciones de  $P \leq 10\text{kW}$
  - A las instalaciones ubicadas en las islas Canarias, Ceuta y Melilla
  - A las instalaciones de cogeneración y frenado de trenes hasta 2020
  - Se establece un cargo reducido en Mallorca y Menorca

El “impuesto al sol” implica un sobrecoste para aquellos consumidores que lo tengan que abonar, ya que estarán pagando más peajes para el mantenimiento del sistema que el resto de consumidores, siendo además los que menos lo utilizan. Cuanto mayor es el porcentaje de autoconsumo sobre el consumo total, más se cargan los kWh importados de la red con “impuesto al sol”.

Los resúmenes del RD 900/2015 son nombrados de la UNEF, es la Unión Española de Fotovoltaica.

### ***Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.***

Puntos del Real Decreto-Ley (RDL) 15/2018 sobre el autoconsumo fotovoltaico:

1. No habrá ningún peaje por autoconsumir energía fotovoltaica.
2. Se reconoce el derecho al autoconsumo compartido entre varios consumidores.
3. Simplificación de la parte administrativa y técnica, especialmente para las instalaciones de pequeña potencia.

En el Artículo 18 se definen dos tipos de autoconsumo:

- **Modalidades de suministro con autoconsumo sin excedentes:** cuando un dispositivo físico impide la inyección de electricidad a la red y existe solo un tipo de sujeto, el
- **Modalidades de suministro con autoconsumo con excedentes:** cuando las instalaciones pueden autoconsumir e inyectar el excedente de la energía a la red. Existen dos sujetos: el consumidor y el productor.

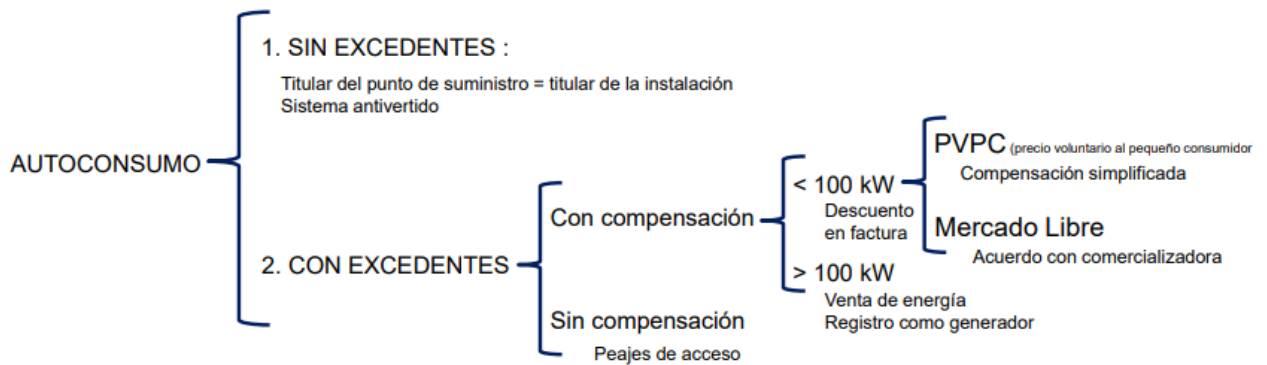


# Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

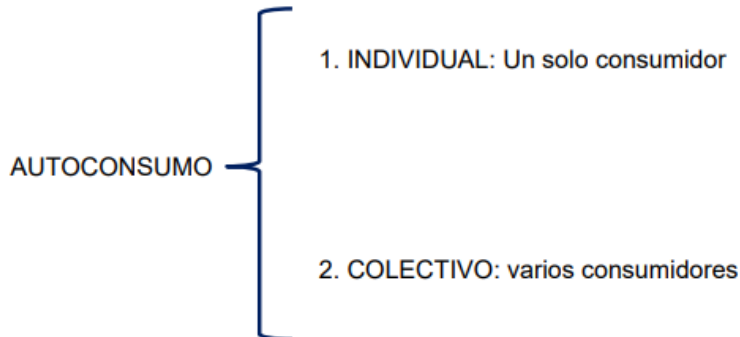
Definición de autoconsumo compartido:

- Las conectadas a la red interior de los consumidores asociados;
- Las que estén unidas a estos a través de líneas directas;
- Las conectadas a la red de BT derivada del mismo centro de transformación.

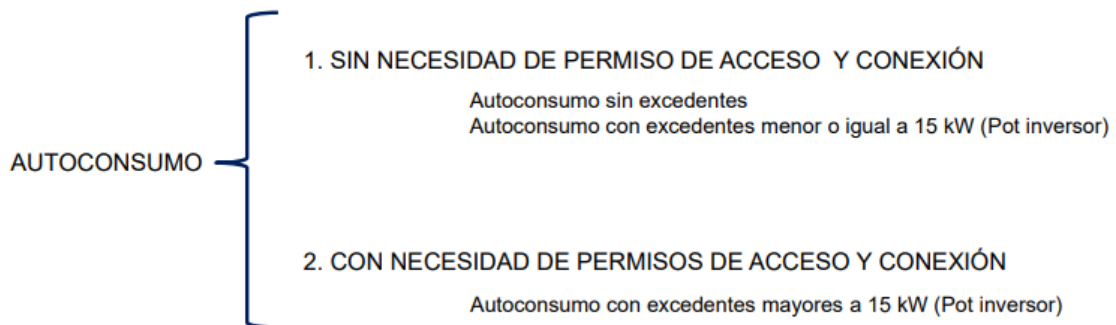
*Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.*



AUTOCONSUMO en función de **LA PROPIEDAD**



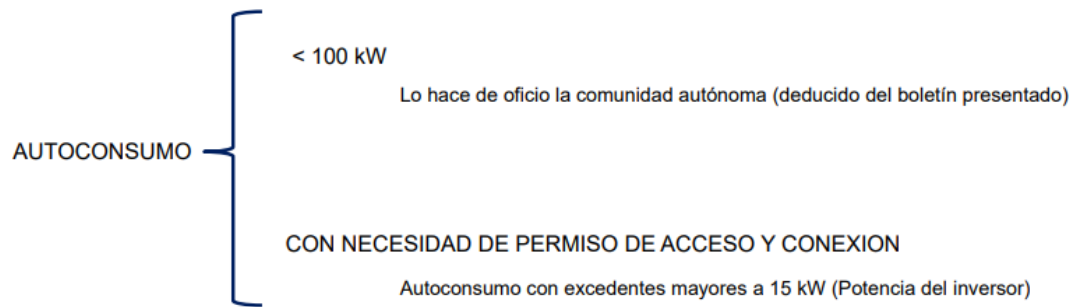
AUTOCONSUMO en función de **PERMISOS DE ACCESO Y CONEXIÓN**





# Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

AUTOCONSUMO en función de **INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO ADMINISTRATIVO DE AUTOCONSUMO**



## Simplificación administrativa

1. Hasta 15 kW con excedentes o hasta 100 kW sin excedentes, se reduce a una única gestión: **Boletín de baja tensión** en la Comunidad autónoma. (Según norma ITC 40 del REBT-Se introducen cambios-)

2. Para las instalaciones de menos de 100kW en baja tensión, las administraciones recabarán información a partir del boletín presentado. Ellas serán las encargadas de comunicar a la administración central para llevar un registro que será gratis y público. Será la distribuidora quien modifique el contrato de acceso de los pequeños consumidores que realicen autoconsumo y éste solo tenga que manifestar su consentimiento.

## Autoconsumo compartido

- Permite la implantación de coeficientes de reparto dinámicos.
- Esto significa que la energía que se genere en un sistema compartido se podrá compartir entre los usuarios en **función de quién esté consumiendo en cada momento**, y por tanto un mejor aprovechamiento de la instalación

## CONTADOR

### AUTOCONSUMO INDIVIDUAL CON VERTIDO:

No hay que poner contador. La compañía eléctrica conoce nuestro vertido con el contador bidireccional existente.

### AUTOCONSUMO INDIVIDUAL SIN VERTIDO

No hay que poner contador. Hay que poner sistema de inyección cero. Debe cumplir norma antivertido del REBT ITC-40 (en proceso de cambio para hacerla mas clara y simple)

### AUTOCONSUMO COLECTIVO

Será necesario medir la energía generada con **otro equipo** para hacer el "reparto de energía" entre los consumidores participantes.

En caso de que el coste de ubicar los equipos de medida en el punto frontera supere el 10% de la inversión de la instalación, o que el punto frontera esté en una fachada o espacio catalogado o protegido por alguna Administración, los contadores podrán estar ubicados en un lugar distinto siempre que se garantice el acceso físico y la medida al encargado de lectura.



# Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

RD 244 / 2019 5 Abril 2019

## PLAZO DE ADAPTACIÓN A LAS NUEVAS MODALIDADES

Una vez registrado un autoconsumo, no se pueden hacer modificaciones durante 12 meses.

Las instalaciones existente previas a este nuevo RD pueden hacer la actualización al nuevo RD sin tener en cuenta estos plazos.

### • INSTALACIONES MONOFÁSICAS HASTA 15KW

Con la normativa anterior las instalaciones de consumo de baja tensión podían ser monofásicas hasta los 15kW, y sin embargo las de generación para autoconsumo monofásico **estaban limitadas a los 5kW**. Esto dificultaba la implantación de instalaciones de autoconsumo monofásicas

La nueva normativa de autoconsumo permite instalar sistemas de generación para autoconsumo monofásicas de **hasta 15kW**.

### • POTENCIA MÁXIMA

Es la potencia del inversor o suma de inversores

#### Instalación de producción próxima a las de consumo y asociada a las mismas

Instalación de producción o generación destinada a generar energía eléctrica para suministrar a uno o más consumidores acogidos a cualquiera de las modalidades de autoconsumo en las que se cumpla alguna de las siguientes condiciones:

1. Estén conectadas a la **red interior** de los consumidores asociados o estén unidas a éstos a través de líneas directas.
2. Estén conectadas a cualquiera de las redes de baja tensión derivada del **mismo centro de transformación**.
3. Se encuentren conectados, tanto la generación como los consumos, en baja tensión y a una distancia entre ellos inferior a **500 metros**. A tal efecto se tomará la distancia entre los equipos de medida en su proyección ortogonal en planta.
4. Estén ubicados, tanto la generación como los consumos, en una **misma referencia catastral según sus primeros 14 dígitos** o, en su caso, según lo dispuesto en la disposición adicional vigésima del 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.

Aquellas instalaciones próximas y asociadas que cumplan la condición 1 de esta definición se denominarán **instalaciones próximas de red interior**. Aquellas instalaciones próximas y asociadas que cumplan las condiciones 2, 3 o 4 de esta definición se denominarán instalaciones **próximas a través de la red**.

## ¿Qué ocurre con las instalación ya existentes con RD 900/2015?

- Modalidad tipo 1 con antivertido pasarán a AUTOCOSUMO SIN EXCEDENTES.
- Modalidad tipo 1 sin antivertido pasarán a AUTOCONSUMO CON EXCEDENTES NO ACOGIDOS A COMPENSACION
- Modalidad tipo 2 pasarán a AUTOCONSUMO CON EXCEDENTES NO ACOGIDOS A COMPENSACION

Tipo 1: eran hasta 100 kW sin contrato de venta de energía

En el plazo de seis meses desde el 5 de Abril 2019, los consumidores que se encuentren en alguna de dichas modalidades señaladas anteriormente, deberán comunicar al órgano competente en materia de energía de su Comunidad, la modalidad de autoconsumo a la que se acogen. Pudiéndose cambiar de modalidad con los cambios técnicos pertinentes.

## 5. Emplazamiento de la instalación

España es uno de los países del mundo con mayor capacidad de explotación de la energía solar. Debido a su situación climática y geográfica, tiene una cantidad de horas al año del sol, notablemente superior al resto de países europeos.

La ubicación de las instalaciones fotovoltaicas es uno de los elementos más importantes en la generación de electricidad. Como se puede observar en la siguiente ilustración, existen distintas zonas de exposición a la radiación solar.

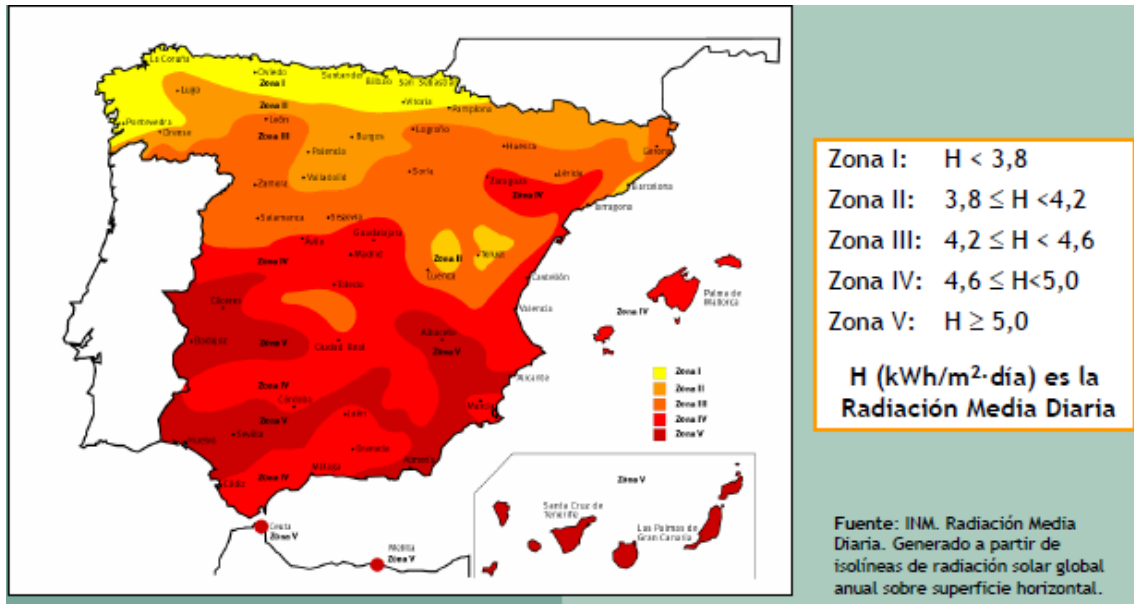


Ilustración 1: Zonas de radiación solar en España

La presente vivienda se encuentra ubicada en la costa mediterránea, más concretamente en la provincia de Valencia. La ubicación de la vivienda está situada en la zona 4, siendo una de las zonas con mayor irradiancia solar de nuestro país. La radiación media diaria se encuentra situada entre 4,6 y 5 kWh/m<sup>2</sup>, es por eso que se encuentra en un lugar óptimo para realizar una instalación solar.

En la siguiente ilustración se puede observar la localización de la vivienda, objeto del TFG, dentro del territorio español.



Ilustración 2: Localización geográfica





## Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

Las coordenadas de la instalación servirán para poder realizar una valoración de la capacidad total de producción de energía de la instalación, gracias a existentes datos de bases.

### 6. Estudio consumo energético de la vivienda

El estudio del consumo energético de la vivienda sirve para conocer qué aparatos tienen un consumo mayor de electricidad en la vivienda y cuántas horas al día están en funcionamiento.

Respecto a esto, se va a exponer una tabla en la que se ven reflejados todos los dispositivos eléctricos, cada uno que su respectiva potencia y su uso (en cuanto a horas) diario. Además, puesto que cada día se tiene un consumo diferente, se procederá a hacer una aproximación del consumo de horas de cada aparato.

Se centrará en aquellos meses en los cuales el consumo energético sea mayor, ya que con esto se conseguirá abastecer la instalación durante todo el año, incluso en los meses más desfavorables que suelen ser los meses de invierno (entre diciembre y febrero).

Seguidamente, se procederá a mostrar la tabla con todos los aparatos eléctricos que tenemos en la vivienda y su consumo diario.



## Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

| Aparatos eléctricos          | Potencia (W) | Nº Uds. | Potencia total (W) | Horas/Día | Wh/Día        |
|------------------------------|--------------|---------|--------------------|-----------|---------------|
| <b>RECIBIDOR</b>             |              |         |                    |           |               |
| LED                          | 6            | 2       | 12                 | 0.25      | 3             |
| <b>COMEDOR</b>               |              |         |                    |           |               |
| Lámpara de techo LED         | 25           | 2       | 50                 | 6         | 300           |
| Televisión                   | 150          | 1       | 150                | 4         | 600           |
| Aire Acondicionado           | 750          | 1       | 750                | 2         | 1500          |
| Rúter WIFI                   | 12           | 1       | 12                 | 24        | 288           |
| <b>HABITACIÓN MATRIMONIO</b> |              |         |                    |           |               |
| Lámpara de techo LED         | 25           | 1       | 25                 | 2         | 50            |
| Televisión                   | 100          | 1       | 100                | 2         | 200           |
| Lámpara mesilla              | 8            | 2       | 16                 | 1.5       | 24            |
| <b>HABITACIÓN NÚM. 1</b>     |              |         |                    |           |               |
| Lámpara de techo LED         | 25           | 1       | 25                 | 3         | 75            |
| PC Portátil                  | 45           | 1       | 45                 | 3         | 135           |
| Lámpara mesilla              | 8            | 1       | 8                  | 0.5       | 4             |
| <b>HABITACIÓN NÚM. 2</b>     |              |         |                    |           |               |
| Lámpara de techo LED         | 25           | 1       | 25                 | 2         | 50            |
| PC Portátil                  | 45           | 1       | 45                 | 2         | 90            |
| <b>DESPACHO</b>              |              |         |                    |           |               |
| Lámpara de techo LED         | 25           | 1       | 25                 | 3         | 75            |
| PC Sobremesa                 | 150          | 1       | 150                | 5         | 750           |
| Impresora                    | 30           | 1       | 30                 | 0.2       | 6             |
| Monitor PC                   | 100          | 1       | 100                | 4         | 400           |
| <b>PASILLO</b>               |              |         |                    |           |               |
| LED                          | 6            | 5       | 30                 | 0.3       | 9             |
| <b>COCINA</b>                |              |         |                    |           |               |
| Downlight LED                | 30           | 2       | 60                 | 6         | 360           |
| Microondas                   | 900          | 1       | 900                | 0.2       | 180           |
| Nevera                       | 400          | 1       | 400                | 3         | 1200          |
| Horno                        | 1300         | 1       | 1300               | 1.5       | 1950          |
| Extractor                    | 80           | 1       | 80                 | 1         | 80            |
| <b>BAÑO NÚM. 1</b>           |              |         |                    |           |               |
| LED                          | 6            | 2       | 12                 | 2         | 24            |
| Plancha del pelo             | 1500         | 1       | 1500               | 0.1       | 150           |
| <b>BAÑO NUM.2</b>            |              |         |                    |           |               |
| LED                          | 6            | 2       | 12                 | 2         | 24            |
| <b>PARKING</b>               |              |         |                    |           |               |
| LED                          | 6            | 4       | 24                 | 0.3       | 7.2           |
| <b>PISCINA</b>               |              |         |                    |           |               |
| LED                          | 10           | 4       | 40                 | 3         | 120           |
| Bomba piscina                | 500          | 1       | 500                | 1         | 500           |
| <b>TOTAL</b>                 |              |         |                    |           | <b>9154.2</b> |

Tabla 5: Consumo energético vivienda



# Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

Una vez realizado el estudio de consumo energético de la vivienda, se ha obtenido 9,154 kW/día, todo esto en el día mas desfavorable. Con esta información, se puede saber cuánta energía en kWh es la mínima necesaria para abastecer a la instalación y así no tener ningun problema durante todo el año.

Para elaborar dicho estudio, se ha estimado el uso de cada una de las zonas iluminadas. Muchas de ellas solo son usadas en ciertas épocas del año, como la piscina. Para poder reflejarlo en el estudio, se ha obtenido el cómputo de horas total durante los meses de uso y se ha estimado anualmente.

Como se puede apreciar, el uso de luminarias tipo LED en la vivienda, condiciona que el consumo sea mucho menor en comparacion con otro tipo de tecnología menos eficiente.

## 7. Dimensionado de la instalación solar

Una vez realizado el estudio del consumo diario, se procederá a realizar los cálculos en función del consumo y de la ubicación geográfica.

### 7.1. Ubicación de la instalación

La vivienda unifamiliar en la cual se va a realizar la instalación tiene un tejado de 180 m<sup>2</sup>. Se va a ubicar los paneles fotovoltaicos en la orientación óptima, dirección Sur, siendo esta para que la generación de energía sea máxima.

En cuanto al valor óptimo de inclinación, el ángulo de las placas que se instalarán oscilará entre 25 y 35 grados, ya que de esta forma aprovecharemos la inclinación del tejado, y así, se evitará tener que instalar una estructura metálica. Para reducir las pérdidas al mínimo, lo más importante es que las placas estén orientadas al Sur.



Ilustración 3: Vista aérea de la vivienda

## 7.2. Orientación de las placas solares.

Para realizar la instalación de las placas solares, se debe ser como se van a orientar dichas placas para que la radiación que reciban sea máxima. Como se ha comentado anteriormente, la vivienda está situada al sur, y esta recibe a lo largo del día la mayor radiación posible. Respecto al ángulo, será de 35 grados, siendo esta la inclinación del propio tejado. Todo esto supone un ahorro en costes, ya que no se necesita una estructura metalizada.

Para obtener la información acerca de la irradiación solar de la vivienda se ha empleado el programa llamado PVGIS ([https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html#PVP](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP)), en él se permite al usuario descubrir que ventajas o desventajas tendría en un futuro el instalar un equipo en una determinada zona geográfica. En la siguiente ilustración se puede observar los datos en función de la ubicación de la instalación.

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

| Datos proporcionados:             | Resultados de la simulación        |                            |
|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| Latitud/Longitud: 39.185, -0.386  | Ángulo de inclinación:             | 35 °                       |
| Horizonte: Calculado              | Ángulo de azimut:                  | 0 °                        |
| Base de datos: PVGIS-SARAH        | Producción anual FV:               | 1507.92 kWh                |
| Tecnología FV: Silicio cristalino | Irradiación anual:                 | 2021.59 kWh/m <sup>2</sup> |
| FV instalado: 1 kWp               | Variación interanual:              | 47.42 kWh                  |
| Pérdidas sistema: 14 %            | Cambios en la producción debido a: |                            |
|                                   | Ángulo de incidencia:              | -2.59 %                    |
|                                   | Efectos espectrales:               | 0.63 %                     |
|                                   | Temperatura y baja irradiancia:    | -11.52 %                   |
|                                   | Pérdidas totales:                  | -25.41 %                   |

Energía FV y radiación solar mensual

| Mes        | E_m   | H(i)_m | SD_m |   |
|------------|-------|--------|------|---|
| Enero      | 109.8 | 137.9  | 17.3 | E_m: Producción eléctrica media mensual del sistema dado [kWh].   |
| Febrero    | 104.0 | 132.6  | 15.3 | H(i)_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m <sup>2</sup> ]. |
| Marzo      | 131.6 | 172.1  | 15.3 | SD_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].                                    |
| Abril      | 133.4 | 177.8  | 12.3 |   |
| Mayo       | 144.3 | 197.2  | 11.7 |   |
| Junio      | 145.1 | 202.8  | 5.9  |   |
| Julio      | 151.4 | 213.7  | 6.2  |   |
| Agosto     | 145.3 | 203.3  | 8.3  |   |
| Septiembre | 128.3 | 176.9  | 12.0 |   |
| Octubre    | 114.2 | 153.1  | 14.7 |   |
| Noviembre  | 99.5  | 127.7  | 14.9 |   |
| Diciembre  | 101.1 | 126.6  | 9.0  |   |

Tabla 6: Irradiación solar PVGIS

Se puede observar que el PVGIS proporciona diferentes datos según las coordenadas. Cabe destacar la importancia de la primera columna, puesto que es la que proporciona información acerca de la producción eléctrica media mensual del sistema dado, todo esto con una potencia nominal de 1kWp.

Mediante PVGIS también se puede ver la cantidad de kWh que hay durante un año en la instalación, como se puede apreciar en el siguiente gráfico.

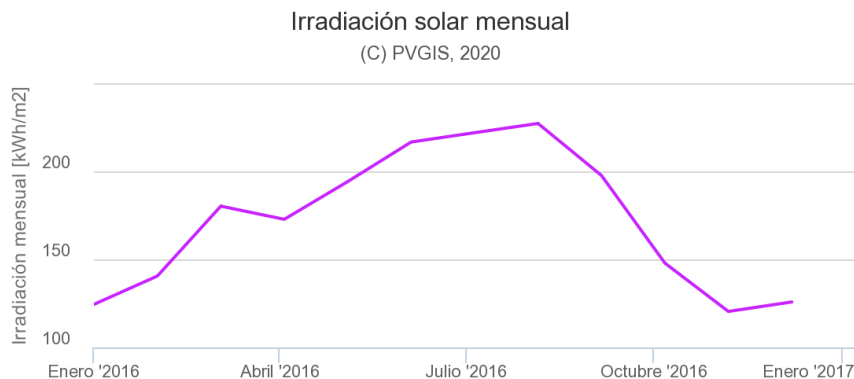


Gráfico 1: Irradiación solar mensual



# Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

## 7.3. Características placas solares.

Una vez realizados el estudio y los cálculos de la vivienda, se procederá al dimensionado de los paneles fotovoltaicos.

Como la instalación se encuentra en un clima cálido, se optará por paneles fotovoltaicos con tipo de célula policristalina, a priori menos eficiente que la célula tipo monocristalina, pero los paneles policristalinos absorben el calor con mayor velocidad y, por tanto, les afecta en menor medida el sobrecalentamiento. Esto se ve reflejado en que en climas más cálidos producen más energía que los monocristalinos.

Una vez elegido el tipo de panel fotovoltaico y haber comparado con distintos fabricantes de paneles solares fotovoltaicos, se ha optado por el panel que calidad/precio más se ajustaba a las necesidades de la instalación. A continuación se muestran las características del panel elegido:

| <b>PANEL ATERSA A-270P</b>               |               |
|--|---------------|
| Potencia Nominal (0/+5 W)                | 270 W         |
| Eficiencia del módulo                    | 16,56%        |
| Corriente Punto de Máxima Potencia (Imp) | 8,47 A        |
| Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp)   | 31,88 V       |
| Corriente en Cortocircuito (Isc)         | 9,07 A        |
| Tensión de Circuito Abierto (Voc)        | 38,30 V       |
| Dimensiones (mm ± 2 mm)                  | 1645x990x40   |
| Temperatura                              | -40°C a +85°C |

Una vez conocidas las características de las placas solares que se van a instalar en la vivienda, se procederá a calcular la cantidad de módulos que se necesitan para poder afrontar la máxima potencia en un momento dado de la instalación.

Para ello se necesitarán saber diferentes factores, que unidos son determinantes a la hora de saber el número de módulos necesarios:

1. **Energía necesaria:** Previamente calculada en el estudio de consumo. Será el valor de potencia en el mes más desfavorable. En nuestro caso 9,154 kWh/día.
2. **HSP:** Unidad que mide la irradiación solar y se define como la energía por unidad de superficie que se recibiría con una hipotética irradiancia solar constante de 1000 W/m<sup>2</sup>. Se tomará el mes más desfavorable (Diciembre = 3,27 kW h/m<sup>2</sup>)
3. **Rendimiento del trabajo:** tiene en cuenta pérdidas producidas por el posible ensuciamiento y/o deterioramiento de los paneles fotovoltaicos (normalmente 0,7 – 0,8).
4. **Potencia pico del módulo:** Es la potencia nominal del panel que hemos seleccionado, 270W)

$$N^{\circ} \text{ módulos} = \frac{\text{Energía necesaria}}{\text{HSP} * \text{rendimiento de trabajo} * \text{potencia pico del módulo}}$$

$$N^{\circ} \text{ módulos} = \frac{9154,2}{3,27 * 0,8 * 270} = 12,96 \text{ módulos} \approx 13 \text{ módulos}$$



## Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

Haciendo el cálculo respecto al mes más desfavorable se ha obtenido un total de 13 módulos fotovoltaicos de 270 W de potencia.

Con los módulos que se han calculado anteriormente, se estaría excediendo electricidad ya que solo se ha tenido en cuenta el mes más desfavorable.

Con un total de 13 módulos de 270 W de potencia cada uno, se tendrá una potencia nominal de 3510 W. Se procederá a calcular nuevamente la producción anual del FV con la nueva potencia.

### PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

| Datos proporcionados: |                    | Resultados de la simulación        |                            |
|-----------------------|--------------------|------------------------------------|----------------------------|
| Latitud/Longitud:     | 39.186, -0.384     | Ángulo de inclinación:             | 35 °                       |
| Horizonte:            | Calculado          | Ángulo de azimut:                  | 0 °                        |
| Base de datos:        | PVGIS-SARAH        | Producción anual FV:               | 5518.13 kWh                |
| Tecnología FV:        | Silicio cristalino | Irradiación anual :                | 2021.62 kWh/m <sup>2</sup> |
| FV instalado:         | 3.51 kWp           | Variación interanual:              | 178.12 kWh                 |
| Pérdidas sistema:     | 14 %               | Cambios en la producción debido a: |                            |
|                       |                    | Ángulo de incidencia:              | -2.59 %                    |
|                       |                    | Efectos espectrales:               | 0.63 %                     |
|                       |                    | Temperatura y baja irradiancia:    | -7.75 %                    |
|                       |                    | Pérdidas totales:                  | -22.23 %                   |

| Mes                   | E <sub>d</sub> | E <sub>m</sub> | H <sub>m</sub> |
|-----------------------|----------------|----------------|----------------|
| Enero                 | 12.92          | 400.40         | 137.90         |
| Febrero               | 13.10          | 379.90         | 132.60         |
| Marzo                 | 15.55          | 482.00         | 172.10         |
| Abril                 | 16.28          | 488.40         | 177.80         |
| Mayo                  | 17.05          | 528.40         | 197.20         |
| Junio                 | 17.72          | 531.60         | 202.80         |
| Julio                 | 17.91          | 555.10         | 213.70         |
| Agosto                | 17.19          | 532.90         | 203.30         |
| Septiembre            | 15.69          | 470.70         | 176.90         |
| Octubre               | 13.48          | 417.80         | 153.10         |
| Noviembre             | 12.09          | 362.70         | 127.70         |
| Diciembre             | 11.88          | 368.20         | 126.60         |
| <b>Promedio anual</b> | <b>15.07</b>   | <b>459.84</b>  | <b>168.48</b>  |
| <b>Total por año</b>  | <b>5518.10</b> | <b>2021.70</b> |                |

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>E<sub>d</sub></b> | Producción diaria promedio de electricidad a partir del sistema dado (kWh)   |
| <b>E<sub>m</sub></b> | Producción mensual promedio de electricidad a partir del sistema dado (kWh/m <sup>2</sup> )                                  |
| <b>H<sub>m</sub></b> | Suma de promedio de la irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos del sistema dado (kWh/m <sup>2</sup> ) |

Tabla 7: Irradiación solar PVGIS



## Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

Después de realizar los cálculos, se puede observar que ha salido un producción anual de 5518, 13 kWh, con una potencia nominal del sistema fotovoltaico de 3,51 kWp. Sabiendo el consumo diario es de 9,154 kWh, a final de año se tendrá un consumo de:

$$\text{Consumo anual} = \text{Consumo diario (en kWh)} * 365$$

$$\text{Consumo anual} = 9,1542 * 365 = 3341,283 \text{ kWh}$$

Esto nos indica que la vivienda llegaría a consumir en el peor de los escenarios los 3341,283 kWh. Por lo tanto, con 13 módulos tendríamos un excedente de electricidad.

Se procederá a estimar un montaje más adecuado para intentar ajustar la producción de electricidad con la que consume la instalación

Con una potencia nominal de 3,51 kWh, se obtiene una promedio anual de 15,2 kWh. Para compensar el consumo diario de la instalación que es de 9,1542 kWh, debemos tener un promedio anual diario de:

$$\text{Promedio anual diario} = \frac{3,51 * 9,1542}{15,2} = 2,113 \text{ kW}$$

Una vez es sabido que el promedio anual es de 2,262 kW y que la potencia de cada módulo es de 270 W:

$$N^{\circ} \text{ módulos} = \frac{2113,9}{270} = 7,83 \approx 8 \text{ módulos}$$

Se puede calcular la potencia que nos van a producir los 8 módulos que vamos a instalar:

$$\text{Potencia total producida} = 270 * 8 = 2160 \text{ W}$$

Se puede comprobar cómo los 8 paneles proporcionan una potencia ligeramente superior a la que se necesita (2160 W frente a los 2113,9 W). Para evitar que la producción sea tan exacta y en algún caso no llegue a la demanda diaria prevista, se añadirá un panel más a la instalación haciendo un total de **9 paneles**. De esta forma, el consumo diario previsto estaría cubierto con un ligero margen.

$$\text{Potencia total producida} = 270 * 9 = 2430 \text{ W}$$



## Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

| Mes                   | $E_d$          | $E_m$         | $H_m$          |
|-----------------------|----------------|---------------|----------------|
| Enero                 | 8.60           | 266.70        | 137.90         |
| Febrero               | 8.72           | 252.80        | 132.60         |
| Marzo                 | 10.32          | 319.90        | 172.10         |
| Abril                 | 10.81          | 324.30        | 177.80         |
| Mayo                  | 11.31          | 350.60        | 197.20         |
| Junio                 | 11.75          | 352.50        | 202.80         |
| Julio                 | 11.86          | 367.80        | 213.70         |
| Agosto                | 11.39          | 353.00        | 203.30         |
| Septiembre            | 10.40          | 311.90        | 176.90         |
| Octubre               | 8.95           | 277.50        | 153.10         |
| Noviembre             | 8.06           | 241.80        | 127.70         |
| Diciembre             | 7.92           | 245.60        | 126.60         |
| <b>Promedio anual</b> | <b>10.01</b>   | <b>305.37</b> | <b>168.48</b>  |
| <b>Total por año</b>  | <b>3664.40</b> |               | <b>2021.70</b> |

Se comprueba como el promedio anual diario con una potencia nominal de 2,43 kWh es de 10,01kWh mayor por tanto que el consumo diario previsto que era de 9,1542 kWh.

### 8. Inversor

Uno de los elementos más importantes a la hora de realizar una instalación FV es el inversor. El inversor tiene como función convertir la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA), la cual es apta para la vivienda.

Además, sincroniza la onda eléctrica generada con la corriente eléctrica de la red para que su compatibilidad sea total. Dispone de funciones de protección para garantizar la calidad eléctrica vertida a la red, así como la seguridad de la propia instalación y de las personas.

Una vez realizados los cálculos del número de módulos, los cuales proporcionarían una potencia máxima de  $9 \cdot 270W = 2430 W$ , habrá que escoger un inversor que proporcione una potencia mínima de 2430 W o hasta un 10% inferior a la potencia nominal.

Después de haber comparado diversos inversores y teniendo en cuenta la relación calidad/precio, se ha decantado por el Fronius Primo 3.0-1. Se ha elegido esta opción, ya que admite la interconexión con la red sin el requisito un sistema de almacenaje, como son las baterías. Como consecuencia, el coste de la instalación será menor que en caso de que se hubiesen tenido que recurrir a instalar baterías.

### 9. Dimensionado del cableado

Para realizar el dimensionado del cableado de la instalación se debe seguir lo citado en el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

La instalación FV estará diferenciada por dos tramos. El primero de ellos, es el tramo de CC, que comunica los paneles fotovoltaicos con la entrada del inversor. El segundo tramo, el de CA, engloba desde que se sale del inversor hasta la conexión a la red eléctrica de baja tensión.





# Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

## 9.1. Dimensionado cableado CC

El cableado que se va a utilizar en el tramo de corriente continua será de cobre ya que tienen mejores características eléctricas y mecánicas que los de aluminio.

Según indica el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %.

Para verificar que se cumple con la caída de tensión, se utilizará la siguiente ecuación:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_{CC}}{C \cdot \Delta U \cdot V_{MP}}$$

- $L$ : Longitud del conductor
- $C$ : Conductividad del conductor
- $I_{CC}$ : Corriente de cortocircuito
- $V_{MP}$ : Tensión máxima de los paneles fotovoltaicos
- $\Delta U$  = Caída de tensión de los conductores

La longitud que se utilizará para realizar el cálculo de la sección mínima del conductor será desde el panel que se encuentre más alejado (situación más desfavorable) hasta la entrada del inversor. En el caso que se está estudiando, la longitud del panel que se encuentra más alejada es de 15 metros.

Se elegirá la conductividad del conductor de acuerdo con la tabla que tenemos a continuación, que dependen del tipo de material y de su temperatura a la que trabajan.

| Material    | $\gamma_{20}$ | $\gamma_{70}$ | $\gamma_{90}$ |
|-------------|---------------|---------------|---------------|
| Cobre       | 56            | 48            | 44            |
| Aluminio    | 35            | 30            | 28            |
| Temperatura | 20°C          | 70°C          | 90°C          |

Tabla 8: Conductividad eléctrica

Como se utilizarán conductores de cobre en la instalación, la conductividad de estos según la tabla será de 44  $m/\Omega \cdot m^2$ , con un aislamiento de polietileno reticulado (o más conocido como XLPE).

Para conocer la corriente de cortocircuito ( $I_{CC}$ ), se observa en las características técnicas de los módulos FV, siendo esta de 9,07 A. Una vez es sabida la corriente de cortocircuito, y por motivos de seguridad habrá que aumentar dicha corriente un 25 %.

$$I_{CC} = I_{sc} \cdot 1,25 = 9,07 \cdot 1,25 = 11,3375 \text{ A}$$

Respecto a la máxima tensión de los paneles FV, estará detallada en las características técnicas con un valor de 31,88 V.



## Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

En relación a la caída de tensión, según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), y como se ha comentado anteriormente, la sección será suficiente para que la caída de tensión sea inferior al 1,5 %.

Se procederá a resolver el cálculo de la sección de los conductores:

$$S = \frac{2 \cdot 15 \cdot 11,3375}{44 \cdot 0,015 \cdot 286,92} = 1,79 \text{ mm}^2 \rightarrow 2,5 \text{ mm}^2$$

Como se puede comprobar, ha dado una sección de 1,79 mm<sup>2</sup> pero al no existir un calibre como tal, se elegirá el calibre comercial superior, que se trata de **2,5 mm<sup>2</sup>**.

El conductor que se ha elegido se trata del cable TOPSOLAR PV H1Z2Z2-K 1,5/1,5 (1,8) DC. Se trata de un cable que ha sido diseñado para poder resistir las exigentes condiciones entre la red de Baja Tensión y los paneles FV.

El cable TOPSOLAR PV H1Z2Z2-K está formado a partir de un conductor de cobre estañado, un aislamiento libre de halógenos (LSZH) y cubierta de goma libre de halógenos (LSZH). Éstas son sus prestaciones más representativas:

- Cables solares resistentes a los rayos ultravioleta.
- Cables libres de halógenos (Certificación CPR: Dca -s2a, d2, a2).
- Certificación TÜV y EN.
- Tienen una vida útil de 30 años a 90°C.

### 9.2. Dimensionado cableado CA

La parte del cableado de corriente alterna, se instalará por dentro de la vivienda, que parte desde la salida del inversor hasta la red que transporta CA. Los conductores se calculan para que cuando el inversor proporcione la potencia máxima estos conductores sean capaces de soportarla. Existe una fórmula que sirve para ver que corriente soportaran los conductores:

$$I_B = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi}$$

- $I_B$ : Intensidad de servicio (A)
- P: Potencia máxima que soporta el inversor (W)
- V: Tensión de línea, CA monofásica (230 V)
- $\cos \varphi$  : Factor potencia inversor

La potencia máxima del inversor según podemos observar en sus especificaciones técnicas es de 3000 W con un  $\cos \varphi$  de 0,85.

$$I_B = \frac{3000}{230 \cdot 0,85} = 15,35 \text{ A}$$



## Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

Una vez realizado el cálculo de la intensidad de servicio, se procede a verificar los resultados con la tabla B de la ITC-19. En ella se podrá cotejar que la sección que elijamos sea capaz de soportar la corriente máxima admisible. Se tendrá que cumplir la condición de que  $I_Z > I_B$ .

*Tabla B - Tipos de instalación de cables no enterrados*

|    |   |
|----|---|
| A1 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conductores unipolares aislados en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes</li> <li>- Cables multiconductores empotrados directamente en paredes térmicamente aislantes.</li> <li>- Conductores unipolares aislados en molduras.</li> <li>- Conductores unipolares aislados en conductos o cables uni o multiconductores dentro de los marcos de las puertas.</li> <li>- Conductores unipolares aislados en tubos o cables uni o multiconductores dentro de los marcos de las ventanas.</li> </ul>  |
| A2 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes.</li> </ul>  |
| B1 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conductores aislados o cable unipolar en tubos empotrados en obra</li> <li>- Conductores aislados o cable unipolar en tubo sobre pared de madera o mampostería separados a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo.</li> <li>- Conductores unipolares aislados en canales o conductos cerrados de sección no circular sobre pared de madera</li> <li>- Cables unipolares o multiconductores en huecos de obra de fábrica *)</li> <li>- Conductores unipolares aislados en tubos dentro de huecos de obra de fábrica *)</li> <li>- Conductores unipolares aislados en conductos cerrados de sección no circular en huecos de obra de fábrica *)</li> <li>- Conductores aislados en conductos cerrados de sección no circular empotrados en obra de fábrica con una resistividad térmica no superior a <math>2K \cdot m/W</math> *)</li> <li>- Conductores unipolares aislados o cables unipolares en canal protectora empotrada en el suelo</li> <li>- Conductores aislados o cables unipolares en conductos perfilados empotrados</li> <li>- Cables uni o multiconductores en falsos techos o suelos técnicos *)</li> <li>- Conductores unipolares aislados o cables unipolares en canal protectora suspendida</li> <li>- Conductores aislados o cables unipolares en tubos en canalizaciones no ventiladas *)</li> <li>- Conductores unipolares aislados en tubos en canales de obra ventilados</li> <li>- Cables uni o multiconductores en canales de obra ventilados</li> <li>- Conductores unipolares aislados o cables unipolares dentro de zócalos acanalados (rodapiés ranurado)</li> </ul> |

# Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

**Tabla A - Intensidades admisibles para cables con conductores de cobre, no enterrados  
Temperatura ambiente 40°C en el aire**

| Método de instalación*        | Número de conductores cargados y tipo de aislamiento |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|-------------------------------|--|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                               |  | 3x PVC | 2x PVC |         | 3x XLPE | 2x XLPE |         |         |         |         |         |         |
| A1                            |  |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| A2                            | 3x PVC   | 2x PVC |        | 3x XLPE | 2x XLPE |         |         |         |         |         |         |         |
| B1                            |  |        |        | 3x PVC  | 2x PVC  |         | 3x XLPE |         | 2x XLPE |         |         |         |
| B2                            |  |        | 3x PVC | 2x PVC  |         | 3x XLPE | 2x XLPE |         |         |         |         |         |
| C                             |  |        |        |         | 3x PVC  |         | 2x PVC  | 3x XLPE |         | 2x XLPE |         |         |
| E                             |  |        |        |         |         | 3x PVC  |         | 2x PVC  | 3x XLPE |         | 2x XLPE |         |
| F                             |  |        |        |         |         |         | 3x PVC  |         | 2x PVC  | 3x XLPE |         | 2x XLPE |
| Sección mm <sup>2</sup> COBRE | 2  | 3      | 4      | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      | 13      |
| 1,5                           | 11   | 11,5   | 13     | 13,5    | 15      | 16      | 16,5    | 19      | 20      | 21      | 24      | --      |
| 2,5                           | 15   | 16     | 17,5   | 18,5    | 21      | 22      | 23      | 26      | 26,5    | 29      | 33      | --      |
| 4                             | 20   | 21     | 23     | 24      | 27      | 30      | 31      | 34      | 36      | 38      | 45      | --      |
| 6                             | 25   | 27     | 30     | 32      | 36      | 37      | 40      | 44      | 46      | 49      | 57      | --      |
| 10                            | 34   | 37     | 40     | 44      | 50      | 52      | 54      | 60      | 65      | 68      | 76      | --      |
| 16                            | 45   | 49     | 54     | 59      | 66      | 70      | 73      | 81      | 87      | 91      | 105     | --      |
| 25                            | 59   | 64     | 70     | 77      | 84      | 88      | 95      | 103     | 110     | 116     | 123     | 140     |
| 35                            | --   | 77     | 86     | 96      | 104     | 110     | 119     | 127     | 137     | 144     | 154     | 174     |
| 50                            | --   | 94     | 103    | 117     | 125     | 133     | 145     | 155     | 167     | 175     | 188     | 210     |
| 70                            | --   | --     | --     | 149     | 160     | 171     | 185     | 199     | 214     | 224     | 244     | 269     |
| 95                            | --   | --     | --     | 180     | 194     | 207     | 224     | 241     | 259     | 271     | 296     | 327     |
| 120                           | --   | --     | --     | 208     | 225     | 240     | 260     | 280     | 301     | 314     | 348     | 380     |
| 150                           | --   | --     | --     | 236     | 260     | 278     | 299     | 322     | 343     | 363     | 404     | 438     |
| 185                           | --   | --     | --     | 268     | 297     | 317     | 341     | 368     | 391     | 415     | 464     | 500     |
| 240                           | --   | --     | --     | 315     | 350     | 374     | 401     | 435     | 468     | 490     | 552     | 590     |
| 300                           | --   | --     | --     | 361     | 401     | 430     | 461     | 500     | 538     | 563     | 638     | 678     |
| 400                           | --   | --     | --     | 431     | 480     | 515     | 552     | 600     | 645     | 674     | 770     | 812     |
| 500                           | --   | --     | --     | 493     | 551     | 592     | 633     | 687     | 741     | 774     | 889     | 931     |
| 630                           | --   | --     | --     | 565     | 632     | 681     | 728     | 790     | 853     | 890     | 1028    | 1071    |

Se indican como 3x los circuitos trifásicos y como 2x los monofásicos.  
A efecto de las intensidades admisibles los cables con aislamiento termoplástico a base de poliolefina (Z1) son equivalentes a los cables con aislamiento de policloruro de vinilo (V).

*Esta tabla presenta de manera simplificada, varias tablas de la norma, de forma que en determinados casos se han agrupado en la misma columna diferentes tipos de cable y diferentes tipos de instalación cuyos valores de intensidad admisibles son prácticamente iguales. Por lo tanto, la columna de la izquierda que corresponde al "tipo de instalación" (de A hasta F) abarca los sistemas indicados en la tabla B.*

*Tabla 10: Intensidad máxima admisible*

En referencia a la Tabla B de la ITC-19, expone los tipos de instalaciones de cables no enterrados, y en la instalación se elegirá el tipo B1, que se trata de conductores aislados o cable unipolar en tubos empotrados en obra.

Según la Tabla A, que trata de las intensidades admisibles para cables con conductores de cobre, no enterrados y con una temperatura ambiente de 40°C en el aire, con una sección de 2,5 mm<sup>2</sup>, la I<sub>adm</sub> del conductor que se ha elegido sería de 21 A.



## Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

Se puede comprobar como cumplimos con la condición de  $I_z > I_B$ :

$$21 A > 15,35 A \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Una vez se ha verificado que cumplimos la condición anterior, procederemos a comprobar que se cumple la caída de tensión con respecto a la sección que ha salido anteriormente ( $2,5 \text{ mm}^2$ ).

$$\%V_{LINEA AC} = \frac{200 \cdot P_{LINEA AC} \cdot l}{C \cdot S \cdot V^2}$$

$$\%V_{LINEA AC} = \frac{200 \cdot 3000 \cdot 25}{56 \cdot 2,5 \cdot 230^2} = 2,02 \% > 1,5 \% \rightarrow \text{NO CUMPLE}$$

Una vez realizado el cálculo, se observa que no cumple el criterio por caída de sección, por lo tanto, habrá que aumentar la sección a la inmediatamente superior, es decir a  $6 \text{ mm}^2$ . Según la tabla de intensidades admisibles (Tabla A) la  $I_z=36 A$ . Se vuelve a calcular para ver si esta vez si se cumple la condición por caída de tensión.

$$\%V_{LINEA AC} = \frac{200 \cdot 3000 \cdot 25}{56 \cdot 6 \cdot 230^2} = 0,84 \% < 1,5 \% \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Se puede observar como esta vez sí se cumplen ambas condiciones.

### 9.3. Dimensionado cableado toma de tierra

Acorde con la ITC-BT-18 (Instalaciones de puesta a tierra), se deberá conectar a una única tierra todas las masas que existan en la instalación. En ella podemos extraer lo siguiente: “*Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.*”

Podemos obtener de la tabla 2 de la ITC-BT-18 la sección del cable que vamos a utilizar en la puesta a tierra.

| Sección de los conductores de fase de la instalación<br>$S \text{ (mm}^2\text{)}$ | Sección mínima de los conductores de protección<br>$S_p \text{ (mm}^2\text{)}$ |
|---|--|
| $S \leq 16$   | $S_p = S$  |
| $16 < S \leq 35$  | $S_p = 16$   |
| $S > 35$  | $S_p = S/2$  |

Ya que la sección de los conductores de la instalación son  $S \leq 16 \text{ mm}^2$ , se tendrá la misma sección en los cables de puesta a tierra,  $S_p = 6 \text{ mm}^2$ .



# Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

## 10. Protecciones

El apartado de las protecciones es uno de más importantes, ya que no solo se protege la instalación solar, si no, también la seguridad de las personas encargadas de realizar el trabajo de mantenimiento.

Como se ha visto en el apartado anterior, se realizará el cálculo de las protecciones distinguiendo dos tramos: la parte de corriente continua y la parte de corriente alterna.

Se puede diferenciar los interruptores magnetotérmicos y los fusibles de la parte de corriente continua de la alterna, pero su cálculo resulta muy parecido; según la ITC-BT-22 del RBT, un dispositivo protege contra sobrecargas si cumplen las siguientes condiciones:

- Condición número 1:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

- Condición número 2:

$$I_f \leq I_Z * 1,45$$

*I<sub>B</sub>*: Intensidad de servicio conductor

*I<sub>N</sub>*: Intensidad nominal dispositivo protección

*I<sub>Z</sub>*: Intensidad máx admisible del conductor protegido

*I<sub>f</sub>*: Corriente que garantiza el funcionamiento efectivo de la protección

### 10.1. Protección tramo CC

En el tramo que se va a estudiar de CC, se protegerán desde los módulos fotovoltaicos hasta la entrada del inversor. Se necesitará de un interruptor-seccionador, que sirva para dejar la instalación desconectada en caso de necesitarlo. Por otra parte, se establecerá una protección contra sobretensión de 1000 V ya que es la U<sub>cc</sub> max (Rango de tensión de entrada CC) de nuestro inversor.

#### 10.1.1. Protección contra sobrecargas

No se precisará de protección contra sobrecargas, ya que el inversor que hemos elegido ya las tiene, tanto en CC como en CA.

#### 10.1.2. Protección contra sobretensiones

Gracias a la hoja de características del inversor, se sabe que se tendrá una U<sub>cc</sub> max de 1000 V. Se establecerá un dispositivo de protección contra sobretensiones de tensión igual a la máxima que admite el inversor (1000 V) y una tensión de servicio mayor a la de funcionamiento.

El interruptor-seccionador poseerá la capacidad de dejar sin servicio toda la instalación en caso de precisar algún mantenimiento, ya sea preventivo o correctivo. Tendrá que tener la capacidad de cortar la instalación a 1000V y 12A.



## Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

### 10.2. Protección tramo CA

La protección del tramo de CA que empieza a la salida del inversor, para proteger los circuitos y la conexión a la red eléctrica de la instalación una vez se ha transformado la CC que deriva de los paneles solares a CA para que sea inyectada a la red eléctrica.

#### 10.2.1. Protección contra sobrecargas

Para la protección contra sobrecargas utilizaremos un interruptor magnetotérmico con una intensidad nominal que varíe entre la de servicios y la máxima que el conductor admite. Habrá que cumplir la condición núm. 1:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$15,35 A \leq 16 A \leq 36 A$$

A priori se cumpliría con el calibre de 16 A pero al estar muy justo, se elegirá el inmediatamente superior, siendo este de 25 A y con un poder de corte de 6kA.

#### 10.2.2. Protección ante contacto indirecto

En cuanto a la protección ante contacto indirecto de CA, se instalará un Interruptor Diferencial general con una intensidad nominal de 25A y una sensibilidad 30mA.



# Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

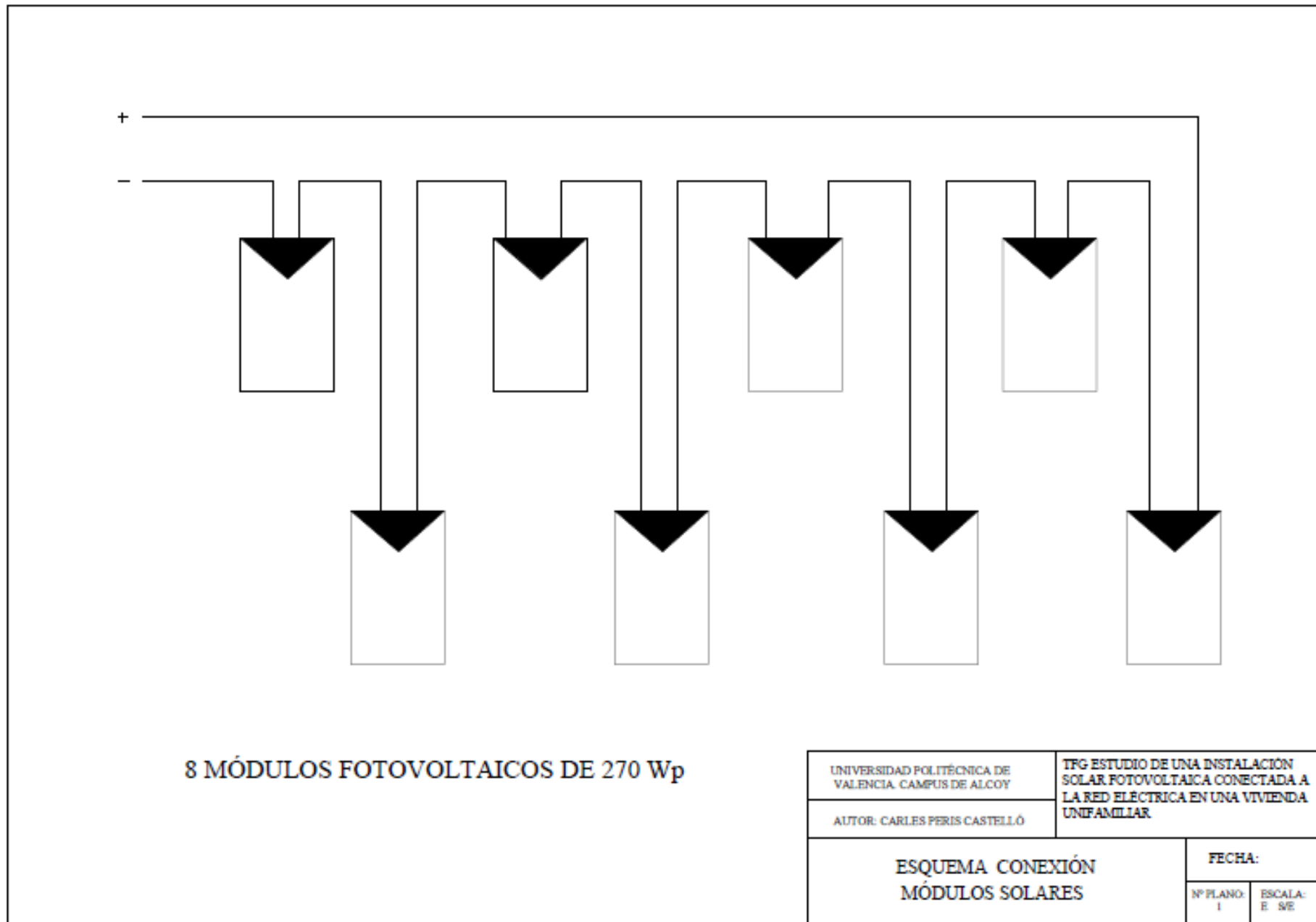
## 11. Planos

En este apartado se mostrarán los planos de la instalación solar fotovoltaica. El primero de ellos, corresponde al esquema de conexión de los módulos fotovoltaicos, y el segundo plano, se corresponde al esquema unifilar de la instalación.



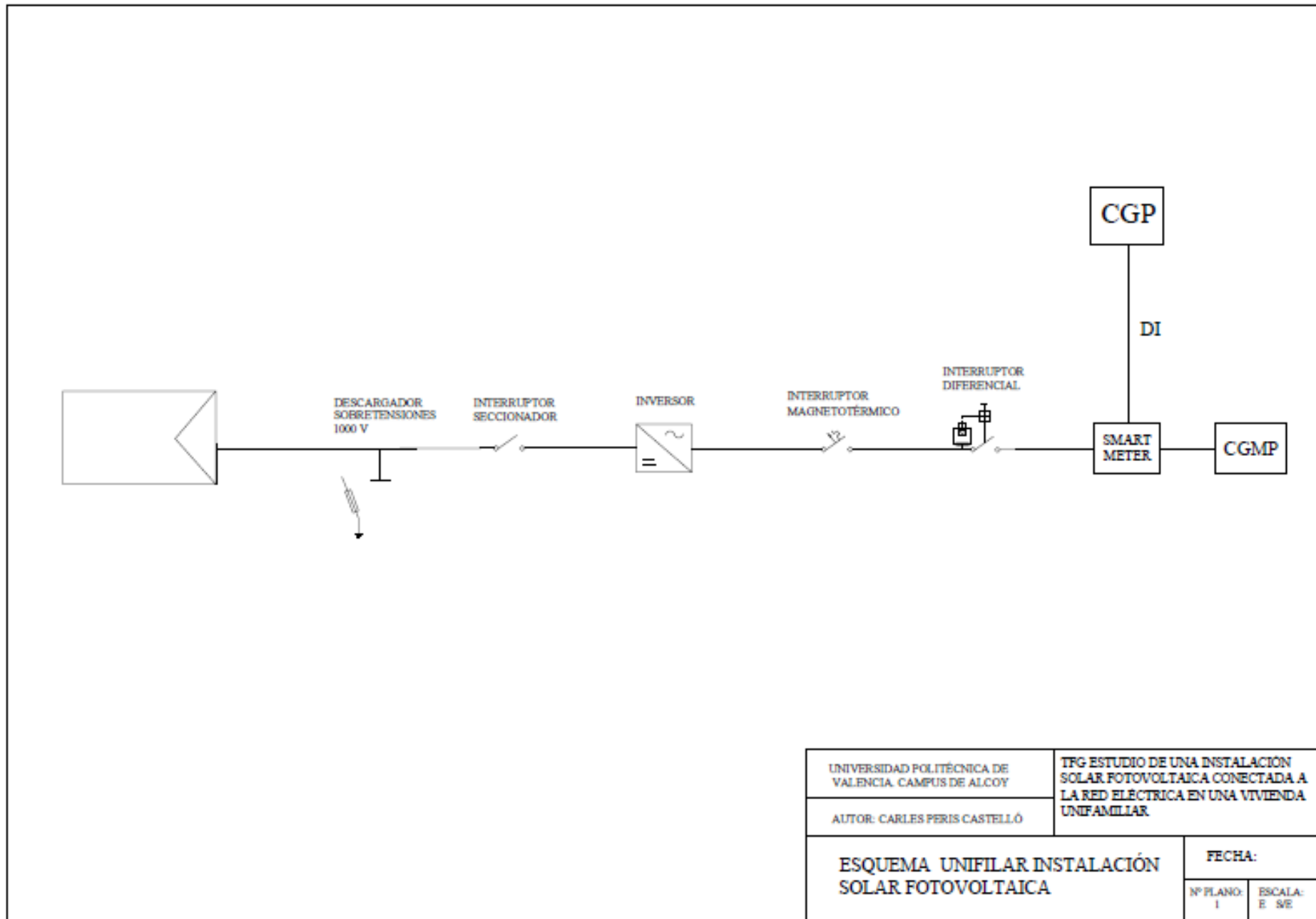


# Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar





# Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar





# Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

## 12. Estudio económico

Se procederá a realizar el estudio económico de la instalación, es decir, este punto es clave para saber si el proyecto será viable o no. Para ello, se tomarán los datos del presupuesto que se ha realizado.

Se realizarán dos estudios, uno de rentabilidad y otro de amortización, se basará en el método del VAN (Valor Actual Neto) y del TIR (tasa Interna de Rentabilidad).

### 12.1. Presupuesto

En el Anexo 1, se puede observar el presupuesto que se ha realizado en función del material necesario para la instalación. El precio total es de 4563,66 €. De acuerdo con el estudio de rentabilidad, se asegurará 25 años de vida útil en cada uno de los componentes, a partir de esos años se tendrán que cambiar con total seguridad la mayoría de los componentes.

### 12.2. Rentabilidad

Como hemos comentado anteriormente, se procederá a realizar el estudio de rentabilidad con el método del VAN y el TIR.

#### 12.2.1. Valor Actual Neto

El valor actual neto (abreviado como VAN) es un indicador del cálculo dinámico de la inversión. Los inversores utilizan el VAN para determinar el valor de pagos e ingresos futuros en el momento actual. De esta manera, se pueden comparar importes de diferentes periodos de cálculo y las diferentes oportunidades de inversión se pueden contrastar con respecto a su rentabilidad.

El Valor Actual Neto nos permitirá afrontar un par de decisiones. Por un lado, conocer si las inversiones a realizar merecen la pena por la obtención de beneficios y por otro comprobar qué inversión es la más ventajosa. Para ello hay que tener en cuenta los siguientes parámetros.

- VAN superior a 0: el proyecto de inversión permite conseguir ganancias y beneficios.
- VAN inferior a 0: debe rechazarse la inversión al provocar pérdidas.
- VAN igual a 0: el proyecto de inversión no genera ni pérdidas ni beneficios, por lo que su ejecución provoca indiferencia.

Se aplicará el método del VAN a la instalación, para ello se ha elegido un interés o tipo de descuento del 3%, ya que significa un riesgo medio bajo en la actualidad. También se tendrá en cuenta la inversión que se realizará en el momento inicial y el periodo de tiempo, en nuestro caso son 25 años ya que es lo que nos ofrece el fabricante de los componentes.

Debemos aplicar la siguiente fórmula para calcular el VAN:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

$F_t$  son los flujos de dinero en cada periodo  $t$

$I_0$  es la inversión realiza en el momento inicial ( $t = 0$ )

$n$  es el número de periodos de tiempo

$k$  es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión



## Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

| Año                | Produccion anual (kWh) | Precio kWh (€) | Ingresos anuales (€) | Mantenimiento (€) | Flujo de caja no actualizado | VAN         |
|--------------------|------------------------|----------------|----------------------|-------------------|------------------------------|-------------|
| Inversion inicial: |                        |                | -4563,66             |                   |                              |             |
| 1                  | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | -4.107,78 € |
| 2                  | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | -3.665,18 € |
| 3                  | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | -3.235,47 € |
| 4                  | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | -2.818,28 € |
| 5                  | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | -2.413,24 € |
| 6                  | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | -2.020,00 € |
| 7                  | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | -1.638,21 € |
| 8                  | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | -1.267,54 € |
| 9                  | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | -907,66 €   |
| 10                 | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | -558,27 €   |
| 11                 | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | -219,05 €   |
| 12                 | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 110,28 €    |
| 13                 | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 430,02 €    |
| 14                 | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 740,45 €    |
| 15                 | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 1.041,84 €  |
| 16                 | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 1.334,45 €  |
| 17                 | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 1.618,54 €  |
| 18                 | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 1.894,36 €  |
| 19                 | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 2.162,14 €  |
| 20                 | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 2.422,12 €  |
| 21                 | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 2.674,52 €  |
| 22                 | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 2.919,58 €  |
| 23                 | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 3.157,50 €  |
| 24                 | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 3.388,49 €  |
| 25                 | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 3.612,75 €  |

Tabla 10: Amortización VAN



## Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

Como se puede observar en la tabla anterior, a partir del 12 año se tiene un Valor Actual Neto positivo, esto se traduce en que a partir de ese año la instalación será viable, económicamente hablando.

Al salir un VAN positivo, se procederá a calcular el otro método de rentabilidad, el TIR.

### 12.2.2. Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)

La TIR o Tasa Interna de Retorno, es la tasa de interés o rentabilidad que genera un proyecto. Y se encarga de medir la rentabilidad de una inversión. Esto quiere decir, el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá esta, para los montos que no hayan sido retirados del proyecto.

A continuación se mostrará una tabla con el cálculo correspondiente al TIR en función del VAN que nos ha salido anteriormente:

| Año                       | Produccion anual (kWh) | Precio kWh (€) | Ingresos anuales (€) | Mantenimiento (€) | Flujo de caja no actualizado | VAN         | TIR  |
|---------------------------|------------------------|----------------|----------------------|-------------------|------------------------------|-------------|------|
| <b>Inversion inicial:</b> |                        |                |                      |                   | -4563,6602                   | -4563,6602  |      |
| 1                         | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | -4.107,78 € | -89% |
| 2                         | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | -3.665,18 € | 61%  |
| 3                         | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | -3.235,47 € | -41% |
| 4                         | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | -2.818,28 € | -27% |
| 5                         | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | -2.413,24 € | -18% |
| 6                         | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | -2.020,00 € | -11% |
| 7                         | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | -1.638,21 € | -7%  |
| 8                         | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | -1.267,54 € | -3%  |
| 9                         | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | -907,66 €   | -1%  |
| 10                        | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | -558,27 €   | 1%   |
| 11                        | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | -219,05 €   | 3%   |
| 12                        | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 110,28 €    | 4%   |
| 13                        | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 430,02 €    | 5%   |
| 14                        | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 740,45 €    | 6%   |
| 15                        | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 1.041,84 €  | 7%   |
| 16                        | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 1.334,45 €  | 7%   |
| 17                        | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 1.618,54 €  | 8%   |
| 18                        | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 1.894,36 €  | 8%   |
| 19                        | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 2.162,14 €  | 9%   |
| 20                        | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 2.422,12 €  | 9%   |
| 21                        | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 2.674,52 €  | 9%   |
| 22                        | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 2.919,58 €  | 10%  |
| 23                        | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 3.157,50 €  | 10%  |
| 24                        | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 3.388,49 €  | 10%  |
| 25                        | 3664,40                | 0,1527         | 559,554              | 90                | 469,554                      | 3.612,75 €  | 10%  |

Tabla 11: Tasa Rentabilidad TIR

En la tabla mostrada anteriormente, se puede observar cómo está compuesta por el VAN y el TIR. En dicha tabla aparece un TIR del 10% a los 25 años de vida. Esto se traduce en que al final de esos 25 años, la instalación ha tenido una Tasa Interna de Rentabilidad del 10%.



# Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

## 13. Pliego de condiciones

### 13.1. Antecedentes

Esta documentación es una revisión del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red, en la cual se acredita las normativas actuales que existen hoy en día en España.

Su finalidad es establecer las condiciones técnicas que deben tomarse en consideración en las instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a la red eléctrica de distribución.

El ámbito de aplicación de dicha instalación quedará definido por los artículos 6 y 9 de la Ley 24/2013 de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. Además del debido cumplimiento de los requisitos técnicos contenidos en la normativa del sector eléctrico y el reglamento que dicho sector aplica a todas las instalaciones de este tipo.

### 13.2. Promotor

El promotor de la instalación solar fotovoltaica, será el propietario de la vivienda con NIF 00000001V y con su domicilio fiscal en la misma vivienda.

### 13.3. Objeto

El objeto del pliego de condiciones es aclarar y describir lo mejor posible aquellas condiciones técnicas y requerimientos que se deben cumplir en las instalaciones conectadas a la red eléctrica. Esto será esencial para poder realizar el presupuesto y posteriormente la ejecución de la instalación conforme lo establecido en el pliego de condiciones. Por otra parte, servirá de guía para fabricantes de equipos e instaladores.

### 13.4. Generalidades

Este Pliego es de aplicación a las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de distribución. Quedan excluidas expresamente las instalaciones aisladas de la red.

En todo caso serán de aplicación todas las normativas que afecten a instalaciones solares fotovoltaicas, y en particular las siguientes:

- 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



## Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 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.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia
- Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico  
Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico
- Real Decreto 1048/2013, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de distribución de energía eléctrica
- Real Decreto 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
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores
- Reglamento electrotécnico de Baja Tensión vigente, además de las instrucciones técnicas correspondientes.

### 13.5. Definiciones

#### 13.5.1. Radiación solar

- **Radiación Solar**  
Energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas.
- **Irradiancia**  
Densidad de potencia incidente en una superficie o la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide  $kW/m^2$ .
- **Irradiación**  
Energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto período de tiempo. Se mide en  $kWh/m^2$ , o bien en  $MJ/m^2$ .

#### 13.5.2. Instalación

- **Instalaciones fotovoltaicas**  
Aquellas que disponen de módulos fotovoltaicos para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica sin ningún paso intermedio.
- **Generador fotovoltaico**  
Asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas.



## Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

- **Rama fotovoltaica**  
Subconjunto de módulos interconectados en serie o en asociaciones serie-paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador.
- **Inversor**  
Convertidor de tensión y corriente continua en tensión y corriente alterna. También se denomina ondulator.
- **Potencia nominal del generador**  
Suma de potencias máximas de los módulos fotovoltaicos.
- **Potencia de la instalación fotovoltaica o potencia nominal**  
Suma de la potencia nominal de los inversores (la especificada por el fabricante) que intervienen en las tres fases de la instalación en condiciones nominales de funcionamiento.

### 13.5.3. Módulos

- **Célula solar o fotovoltaica**  
Dispositivo que transforma la radiación solar en energía eléctrica.
- **Módulo o panel fotovoltaico**  
Conjunto de células solares directamente interconectadas y encapsuladas como único bloque, entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.

### 13.6. Emplazamiento instalación

Dicha instalación se efectuará en la localidad de Benicull del Xúquer, perteneciente a la comarca de la Ribera Baja, en la provincia de Valencia. La dirección de la vivienda es la c/ Progrés s/n, Benicull del Xúquer (Valencia)

### 13.7. Características instalación fotovoltaica

La presente instalación estará dotada de todas las características y elementos que se necesiten para que se puede garantizar la calidad del sistema eléctrico, ya sea para para la parte de autoconsumo como la de vertido a la red eléctrica.

#### 13.7.1. Generador fotovoltaico

El generador fotovoltaico de la instalación está formado por una cadena de 9 paneles solares fotovoltaicos proporcionando una potencia máxima 2,43 kW en las mejores condiciones posibles.

Toda la energía que se obtenga a través de los paneles será transportada al inversor que hemos elegido, y una vez que la energía ha pasado a través del inversor, se decidirá que queremos hacer con dicha energía. Se tienen dos opciones, si la utilizamos para autoconsumo, la vertemos a la red o utilizamos parte de la energía y la otra la vertemos a la red eléctrica.





## Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

### 13.7.2. Estructura de los módulos fotovoltaicos

Las estructuras soporte deberán cumplir las especificaciones de este apartado. En todos los casos se dará cumplimiento a lo obligado en el Código Técnico de la Edificación respecto a seguridad.

La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el Código Técnico de la edificación y demás normativa de aplicación.

La colocación que se realizara de la estructura de los módulos fotovoltaicos será sobre el mismo tejado de la vivienda, en dirección Sur.

### 13.7.3. Inversor

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

Las características básicas de los inversores serán las siguientes:

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

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

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

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

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 del 10 % de su potencia nominal, el inversor deberá inyectar en red.

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



# Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

## 13.8. Características eléctricas de la instalación

### 13.8.1. Cableado

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

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %.

El cable deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

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

### 13.8.2. Protecciones

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 11) sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

En conexiones a la red trifásicas las protecciones para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 Hz y 49 Hz respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 Um y 0,85 Um respectivamente) serán para cada fase.

### 13.8.3. Puesta a tierra

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 12) sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

Cuando el aislamiento galvánico entre la red de distribución de baja tensión y el generador fotovoltaico no se realice mediante un transformador de aislamiento, se explicarán en la Memoria de Diseño o Proyecto los elementos utilizados para garantizar esta condición.

Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección continua como de la alterna, estarán conectadas a una única tierra. Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo con el Reglamento de Baja Tensión.

## 13.9. Conexión a la red eléctrica

Todas las instalaciones de hasta 100 kW cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículos 8 y 9) sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

La instalación solar fotovoltaica que vamos a realizar es una instalación conectada a la red eléctrica. Al ser una instalación conectada a la red eléctrica, el consumo lo tenemos asegurado pero el objetivo principal de la instalación es llevar a cabo este proyecto es impedir en lo que sea posible, el consumo eléctrico.



## Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

### 13.10. Consideraciones finales

Acorde con la ley que existe actualmente, al ser una instalación inferior a 10kW, no es de obligado cumplimiento el dar de alta en el registro administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica.

Todos los materiales existentes en la instalación deberán cumplir todos y cada uno de los aspectos físicos y técnicos destacados en la ley que existe hoy en día. Debemos de garantizar la totalidad de los componentes, tanto en la manipulación, montaje y transporte.

Se precisará presentar en el organismo competente toda aquella documentación que se necesite para que se pueda asegurar lo descrito anteriormente en el Pliego de Condiciones Técnicas.

## 14. Bibliografía

- Catálogo material Fronius ©.
- Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red (IDAE).
- Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado (BOE).
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT).
- Informe Consumos del Sector Residencial en España (IDAE).
- Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS).
- Catálogo material de TopCable ©.
- Catálogo material Atersa ©.




Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

## **ANEXO 1: PRESUPUESTO**



# Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

|  |  |            |
|--|--|------------|
|  <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b><br>CAMPUS D'ALCOI | <b>PRESUPUESTO</b>   | Nº: 000001 |
|  | ESTUDIO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADA A LA RED ELÉCTRICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR | Fecha:     |
|  | Autor: CARLES PERIS CASTELLÓ   |            |

| Nº   | Descripción  | Cantidad | Precio ud.          | Importe (€)      |
|--|--|----------|---------------------|------------------|
| <b>Instalación parte de Corriente Continua</b>     |  |          |                     |                  |
| 1.01   | Placa fotovoltaica Atersa A-270P                         | 9        | 148.53              | 1336.77          |
| 1.02   | Cable cc TOPSOLAR PV H1Z2Z2-K 2,5 mm <sup>2</sup>        | 30       | 1.15                | 34.5             |
| 1.03   | Interruptor Seccionador 16 A y 1000 V                    | 1        | 20.5                | 20.5             |
| 1.04   | Limitador de tensión 1000 V                              | 1        | 165.95              | 165.95           |
| <b>Sistema de almacenamiento de energía</b>        |  |          |                     |                  |
| 2.01   | Sin batería  |          |                     |                  |
| <b>Instalación con conexión a la red eléctrica</b> |  |          |                     |                  |
| 3.01   | Inversor Fronius Primo 3,0-1                             | 1        | 1215.24             | 1215.24          |
| 3.02   | Smart Meter Fronius 63 A y 1000 V                        | 1        | 140                 | 140              |
| 3.03   | Cable de cobre 0.6/1 kV 6mm <sup>2</sup>                 | 70       | 1.95                | 136.5            |
| 3.04   | Tubo PVC correguda 20 mm <sup>2</sup>                    | 21       | 1.8                 | 37.8             |
| 3.05   | Interruptor diferencial clase AC 6kA 30mA 25A In         | 1        | 13.41               | 13.41            |
| 3.06   | Interruptor magnetotérmico 6kA 25A In                    | 1        | 15.95               | 15.95            |
| <b>Instalación elementos de sujección</b>          |  |          |                     |                  |
| 4.01   | Estructura Placa Solar Cubierta Metálica 9 ud KH915 60mm | 1        | 180                 | 180              |
| <b>Mano de obra</b>                                |  |          |                     |                  |
| 5.01   | Mano de obra   | 19       | 25                  | 475              |
|  |  |          | <b>TOTAL</b>        | <b>3771.62</b>   |
|  |  |          | <b>IVA 21%</b>      | <b>792.0402</b>  |
|  |  |          | <b>PRECIO TOTAL</b> | <b>4563.6602</b> |



Estudio de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica en una vivienda unifamiliar

## **ANEXO 2: FICHA CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

# **+Ultra** *nueva gama*

➔ Módulo fotovoltaico  
**A-270P (TYCO 3.2)**



**+UltraTolerancia positiva**  
Positiva 0/+5 Wp

**+UltraCalidad**  
Anti Hot-Spot

**+UltraGarantía**  
10 años de garantía de producto

**+UltraFiabilidad**  
En el mercado desde 1979

**+UltraResistencia**  
Cristal templado de 3.2 mm

**+UltraTES**  
Verificación eléctrica célula a célula



Sistema único  
en el mercado,  
patentado por  
Atersa.

Características eléctricas (STC: 1kW/m<sup>2</sup>, 25°C±2°C y AM 1,5)\*

**A-270P**

|  |         |
|--|---------|
| Potencia Nominal (0/+5 W)                | 270 W   |
| Eficiencia del módulo                    | 16,56%  |
| Corriente Punto de Máxima Potencia (Imp) | 8,47 A  |
| Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp)   | 31,88 V |
| Corriente en Cortocircuito (Isc)         | 9,07 A  |
| Tensión de Circuito Abierto (Voc)        | 38,30 V |

Parámetros térmicos

|  |            |
|--|------------|
| Coefficiente de Temperatura de Isc (α) | 0,04% /°C  |
| Coefficiente de Temperatura de Voc (β) | -0,32% /°C |
| Coefficiente de Temperatura de P (γ)   | -0,43% /°C |

Características físicas

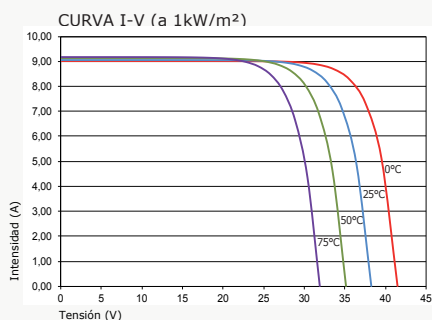
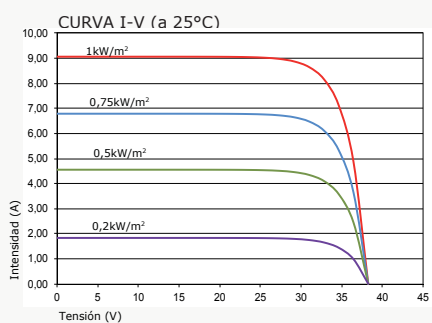
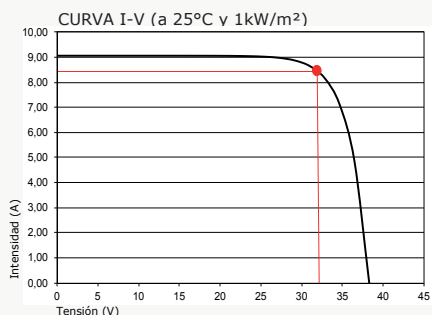
|                         |   |
|-------------------------|---|
| Dimensiones (mm ± 2 mm) | 1645x990x40   |
| Peso (0,5 kg)           | 19,2  |
| Área (m <sup>2</sup> )  | 1,63  |
| Tipo de célula (± 1 mm) | Policristalina 156x156 mm (6 pulgadas)                |
| Células en serie        | 60 (6x10)   |
| Cristal delantero       | Cristal templado ultra claro de 3.2 mm                |
| Marco                   | Aleación de aluminio anodizado o pintado en poliéster |
| Caja de conexiones      | TYCO IP67   |
| Cables                  | Cable Solar 4 mm <sup>2</sup> 1.200 mm                |
| Conectores              | TYCO PV4  |

Rango de funcionamiento

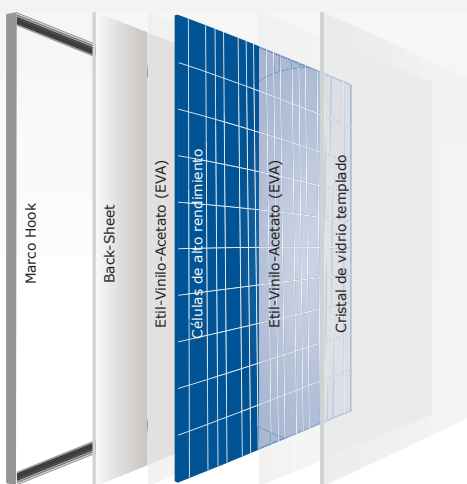
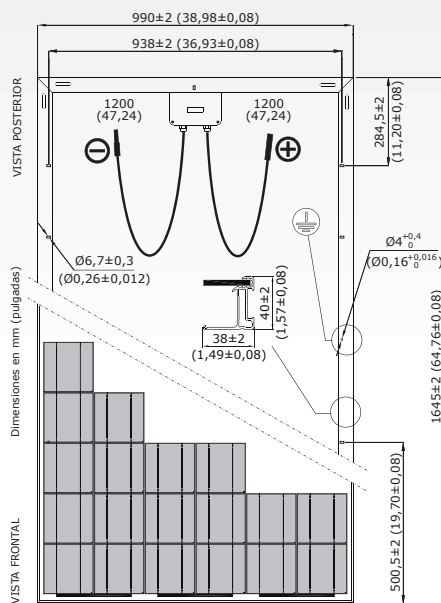
|   |   |
|---|---|
| Temperatura                             | -40°C a +85°C   |
| Máxima Tensión del Sistema / Protección | 1000 V / CLASS II                                     |
| Carga Máxima Viento / Nieve             | 2400 Pa (130 km/h) / 5400 Pa (551 kg/m <sup>2</sup> ) |
| Máxima Corriente Inversa (IR)           | 15,1 A  |

\*Especificaciones eléctricas medidas en STC. NOCT: 47±2°C.  
Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±10% (Isc, Voc, Imp, Vmp).

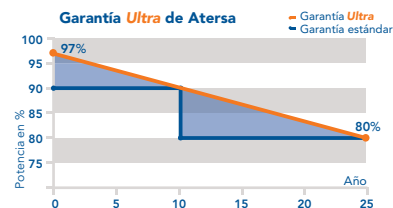
Curvas modelo A-270P



Vista genérica de la construcción de un módulo fotovoltaico



- Módulos por caja: **25 uds**
- Peso por palé: **495 kg**
- En un contenedor de 40 pies entran 25 cajas: **625 paneles**
- En un contenedor de 40 pies HC entran 26 cajas: **650 paneles**
- En un contenedor de 20 pies entran 10 cajas: **250 paneles**
- En un camión TAUTLINER entran 30 cajas: **750 paneles**



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

[www.atersa.com](http://www.atersa.com) • [atersa@elecnor.com](mailto:atersa@elecnor.com)  
Madrid 915 178 452 • Valencia 902 545 111

Revisado: 28/04/17  
Ref.: MU-6P (8) 6x10-B (TY 3.2)  
© Atersa SL, 2016







NUESTRA  
EMPRESA

EXPERIENCIA

CLIENTES &  
SOCIOS

CENTRO DE  
INFORMACIÓN

CONTACTO

Home ▶ Productos ▶ Fronius Primo ▶ Fronius Primo 3.0-1

## FRONIUS PRIMO

### EL INVERSOR COMUNICATIVO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE ENERGÍA

Con sus rangos de potencia de entre 3,0 y 8,2 kW, el Fronius Primo completa la generación de inversores SnapINverter a la perfección. Este equipo monofásico sin transformador atiende las necesidades de cualquier hogar. Su innovador diseño SuperFlex ofrece la máxima flexibilidad en el diseño del sistema y junto con el sistema de montaje SnapINverter, la instalación y mantenimiento son más fáciles que nunca. Incluye un paquete de comunicaciones con conexión WLAN, gestión de la energía, numerosas.

Elige el producto que deseas



# DETALLES DEL PRODUCTO

## DATOS TÉCNICOS

### DATOS DE ENTRADA

|  |             |
|--|-------------|
| Número de seguidores MPP   | 2,0         |
| Máxima corriente de entrada ( $I_{dc \text{ máx}}$ )                           | 12 / 12 A   |
| Máxima corriente de cortocircuito por serie FV                                 | 18 / 18 A   |
| Rango de tensión de entrada CC ( $U_{cc \text{ mín.}} - U_{cc \text{ máx.}}$ ) | 80 - 1000 V |
| Tensión CC mínima de puesta en marcha ( $U_{dc \text{ arranque}}$ )            | 80,0 V      |
| Tensión de entrada nominal ( $U_{dc,r}$ )                                      | 710,0 V     |
| Rango de tensión MPP ( $U_{mpp \text{ mín.}} - U_{mpp \text{ máx.}}$ )         | 200 - 800 V |
| Rango de tensión de punto de rendimiento máximo utilizable                     | 80 - 800 V  |
| Número de entradas CC  | 2 + 2       |
| Máxima salida del generador FV ( $P_{cc \text{ máx.}}$ )                       | 4,5 kWpeak  |

### DATOS DE SALIDA

|  |                    |
|--|--------------------|
| Potencia nominal CA ( $P_{ac,r}$ )                 | 3000,0 W           |
| Máxima potencia de salida ( $P_{ac \text{ máx}}$ ) | 3000,0 VA          |
| Corriente de salida CA ( $I_{ca \text{ nom}}$ )    | 13,0 A             |
| Acoplamiento a la red ( $U_{ca,r}$ )               | 1~ NPE 220/230 V   |
| Rango de tensión CA ( $U_{mín.} - U_{máx.}$ )      | 180 - 270 V        |
| Frecuencia ( $f_r$ )                               | 50 / 60 Hz         |
| Rango de frecuencia ( $f_{mín.} - f_{máx.}$ )      | 45 - 65 Hz         |
| Coefficiente de distorsión no lineal               | < 5 %              |
| Factor de potencia ( $\cos \varphi_{ac,r}$ )       | 0,85 - 1 ind./cap. |

### DATOS GENERALES



|  |  |
|--|--|
| <b>Dimensión (altura)</b>                                | 645,0 mm   |
| <b>Dimensión (anchura)</b>                               | 431,0 mm   |
| <b>Dimensión (profundidad)</b>                           | 204,0 mm   |
| <b>Peso</b>  | 21,5 kg  |
| <b>Tipo de protección</b>                                | IP 65  |
| <b>Clase de protección</b>                               | 1,0  |
| <b>Categoría de sobretensión (CC / CA) <sup>1)</sup></b> | 2 / 3  |
| <b>Consumo nocturno</b>                                  | < 1 W  |
| <b>Concepto de inversor</b>                              | Sin transformador  |
| <b>Refrigeración</b>                                     | Refrigeración de aire regulada   |
| <b>Instalación</b>                                       | Instalación interior y exterior  |
| <b>Rango de temperatura ambiente</b>                     | -40°C - +55°C  |
| <b>Humedad del aire admisible</b>                        | 0 - 100 %  |
| <b>Máxima altitud <sup>2)</sup></b>                      | 4.000 m  |
| <b>Tecnología de conexión CC</b>                         | Conexión de 4x CC+, 4x CC- bornes roscados 2,5 mm <sup>2</sup> - 16 mm <sup>2</sup>  |
| <b>Tecnología de conexión principal</b>                  | Conexión de 3 polos CA bornes roscados 2.5 - 16 mm <sup>2</sup>  |
| <b>Certificados y cumplimiento de normas</b>             | DIN V VDE 0126-1-1/A1, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727,&lt;br /&gt; AS 4777-2, AS 4777-3, G83/2, G59/3, CEI 0-21, VDE AR N 4105 |

## RENDIMIENTO

|   |                      |
|---|----------------------|
| <b>Máximo rendimiento (FV - red)</b>                                  | 98,0 %               |
| <b>Rendimiento europeo (<math>\eta_{UE}</math>)</b>                   | 96,1 %               |
| <b><math>\eta</math> con 5 % <math>P_{ac,r}</math> <sup>3)</sup></b>  | 80,8 / 82,5 / 82,5 % |
| <b><math>\eta</math> con 10 % <math>P_{ac,r}</math> <sup>3)</sup></b> | 84,1 / 86,5 / 86,1 % |
| <b><math>\eta</math> con 20 % <math>P_{ac,r}</math> <sup>3)</sup></b> | 90,3 / 95,5 / 94,8 % |



|   |                      |
|---|----------------------|
| $\eta$ con 25 % $P_{ac,r}$ <sup>3)</sup>  | 91,8 / 96,4 / 95,1 % |
| $\eta$ con 30 % $P_{ac,r}$ <sup>3)</sup>  | 92,7 / 96,9 / 96,0 % |
| $\eta$ con 50 % $P_{ac,r}$ <sup>3)</sup>  | 94,5 / 97,4 / 97,0 % |
| $\eta$ con 75 % $P_{ac,r}$ <sup>3)</sup>  | 95,4 / 97,9 / 97,7 % |
| $\eta$ con 100 % $P_{ac,r}$ <sup>3)</sup> | 95,7 / 97,9 / 97,8 % |
| <b>Rendimiento de adaptación MPP</b>      | > 99,9 %             |

## EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD

|  |   |
|--|---|
| <b>Medición del aislamiento CC</b>         | Sí  |
| <b>Comportamiento de sobrecarga</b>        | Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia |
| <b>Seccionador CC</b>                      | Sí  |
| <b>Protección contra polaridad inversa</b> | Sí  |

## INTERFACES

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

## TECNOLOGÍA

### TECNOLOGÍA SNAPINVERTER





punto óptimo de funcionamiento. La particularidad que tiene el Dynamic Peak Manager es que comprueba de forma automática la totalidad de la curva característica periódicamente y encuentra el punto de máxima potencia (GMPP), incluso en sombreados parciales.



## SMART GRID READY

Los inversores Fronius están preparados para las Redes Inteligentes del futuro. Diseñados y equipados perfectamente, los inversores cumplen con los requisitos técnicos de las redes del futuro, incorporando una serie de funciones inteligentes denominadas funciones avanzadas de red. Entre estas, se incluyen las funciones de control, para una óptima inyección de energía reactiva y efectiva. Estas funciones están diseñadas para permitir un funcionamiento estable de la red, incluso cuando la densidad del sistema fotovoltaico es muy alta y también para evitar interrupciones no deseadas que provocan pérdidas de rendimiento. Por lo tanto, los inversores Fronius ayudan a garantizar el rendimiento del sistema FV. Con los inversores Fronius se puede realizar además una regulación de alimentación dinámica teniendo en cuenta el autoconsumo cuando existen límites de alimentación. ¡Solo hay que conectar el contador y ajustar el límite!



## ALIMENTACIÓN CERO

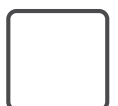
Las empresas distribuidoras de red eléctrica de muchos países exigen cada vez más una limitación de alimentación de la potencia FV como condición previa para un acoplamiento a red. Fronius ofrece una solución para la óptima gestión de la alimentación, reduciendo la potencia dinámica. En este caso, el inversor alimenta primero los consumos de la casa para reducir a continuación la potencia hasta alcanzar la máxima alimentación de corriente admitida por la empresa distribuidora de red. Con los inversores Fronius se puede realizar incluso una alimentación cero gracias a esta función, evitando completamente el suministro de energía fotovoltaica a la red y cumpliendo por tanto las correspondientes exigencias de la empresa distribuidora con un sencillo ajuste en el interface web del inversor.



 **¡ENCUENTRA TU CONTACTO!**

**Propietario**

**Negocio o propietario de negocio**



---

**Instalador**

---



---

**Mayorista**

---



---

**Distribuidor**

---



---

**Periodista**

---



---

**No mencionado anteriormente**

**RESIDENTIAL SOLUTIONS**

## FRONIUS SNAPINVERTERS



### Fronius SnapInverters

Tanto los instaladores como los clientes se muestran muy entusiasmados por el sofisticado diseño de alta calidad de los Fronius SnapInverter.

## DESCARGAS

Certificado Dominican Republic Fronius Symo UL and Primo

---

Certificado Fronius Primo CDP0 R244 2019

---

Certificado Fronius Primo Genérico Islas

---

Certificado Fronius Primo Genérico Peninsula

---

Folleto Soluciones Fronius

---

Folleto Why a PV System MX

---

Hoja de datos Fronius Primo

---

Hoja de datos Fronius Revamping

---



Instrucciones de instalación  
Fronius Primo - Installation  
(Online)

---

Manual de instrucciones  
Fronius Primo 3.0-1 - 8.2-1 ES /  
IT / PB

---

Referencia Autoconsumo  
doméstico en Cartagena

---

Referencia Instalación Fronius  
España

---

Referencia Vivienda unifamiliar  
Gran Canaria

---

Certificado TÜV DC-Injection  
Spain Requirement Fronius  
Primo

---

Instrucciones de instalación  
Fronius Primo 3,0 - 8,2 kW -  
Installation

---

⏪ ◀ 1 2 3 4 5 ... 7 ▶ ⏩

**Mostrar todas las descargas para el  
producto**

---

## NOTAS AL PIE PARA DATOS TÉCNICOS

- 1) En conformidad con IEC 62109-1.
- 2) Gama de tensión sin restricciones.
- 3) Y en Umpp mín / Udc,r / Umpp máx.
- 4) También disponible en la versión ligera.

## PRODUCTOS RELACIONADOS

FRONIUS OHMPILOT

FRONIUS SMART  
METER 62A-1

FRONIUS  
DATAMANAGER 3.0

FRONIUS SOLAR.WEB  
DESKTOP



**METER 05A-1**

Optimizar el autoconsumo a través de la regulación inteligente y continuamente ajustable de las fuentes de calor.

**DATAMANAGER 2.0**

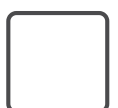
El contador bidireccional permite registrar la curva de carga del hogar.



El primer Datalogger integrado con conexión inalámbrica para todo tipo de aplicaciones

**DESKTOP**

Herramientas para monitorizar, analizar, visualizar y presentar datos de la instalación fotovoltaica.



# FRONIUS SMART METER

/ Contador bidireccional para registrar el consumo de energía en su hogar



/ El Fronius Smart Meter es un contador bidireccional que optimiza el autoconsumo y registra la curva de consumo de su hogar. Gracias a la medición de alta precisión y la rápida comunicación a través del interface Modbus RTU, la limitación de potencia remota, cuando hay límites impuestos, es más rápida y precisa que con el controlador S0. Junto con Fronius Solar.web, ofrece una visión detallada del consumo de energía en su hogar. Para la solución de almacenaje Fronius Energy Package basada en el Fronius Symo Hybrid, el Fronius Smart Meter permite realizar una gestión sistematizada de los distintos flujos de energía, optimizando así la energía total. Es perfecto para su uso junto al Fronius Symo, Fronius Symo Hybrid, Fronius Galvo, Fronius Primo, Fronius Eco y Fronius Datamanager 2.0.

## FRONIUS SMART METER

| DATOS TÉCNICOS                               | FRONIUS SMART METER 63A-3 | FRONIUS SMART METER 50kA-3 <sup>1)</sup>  | FRONIUS SMART METER 63A-1 |
|--|---------------------------|---|---------------------------|
| Tensión nominal                              | 400 – 415 V               | 400 – 415 V                               | 230 – 240 V               |
| Máxima corriente                             | 3 x 63 A                  | 3 x 50.000 A                              | 1 x 63 A                  |
| Sección de cable de entrada                  | 1 – 16 mm <sup>2</sup>    | 0,05 - 4 mm <sup>2</sup>                  | 1 – 16 mm <sup>2</sup>    |
| Sección de cable de comunicación y neutro    |                           | 0,05 – 4 mm <sup>2</sup>                  |                           |
| Consumo de energía                           | 1,5 W                     | 2,5 W                                     | 1,5 W                     |
| Intensidad de inicio                         |                           | 40 mA                                     |                           |
| Clase de precisión                           |                           | 1   |                           |
| Precisión de energía activa                  |                           | Class B (EN50470)                         |                           |
| Precisión de energía reactiva                |                           | Class 2 (EN/IEC 62053-23)                 |                           |
| Sobrecorriente de corta duración             |                           | 30 x I <sub>max</sub> / 0,5 s             |                           |
| Montaje                                      |                           | Interior (Carril DIN)                     |                           |
| Carcasa (ancho)                              | 4 módulos DIN 43880       | 4 módulos DIN 43880                       | 2 módulos DIN 43880       |
| Tipo de protección                           |                           | IP 51 (marco frontal), IP 20 (terminales) |                           |
| Rango de temperatura de operación            |                           | -25 - +55°C                               |                           |
| Dimensiones (Altura x Anchura x Profundidad) | 89 x 71,2 x 65,6          | 89 x 71,2 x 65,6                          | 89 x 35 x 65,6            |
| Interface para el inversor                   |                           | Modbus RTU (RS485)                        |                           |
| Display                                      | 8 dígitos LCD             | 8 dígitos LCD                             | 6 dígitos LCD             |

<sup>1)</sup> Disponible sin transformador de corriente. Más información sobre la correcta elección de los transformadores en [www.fronius.es](http://www.fronius.es).

## VENTAJAS

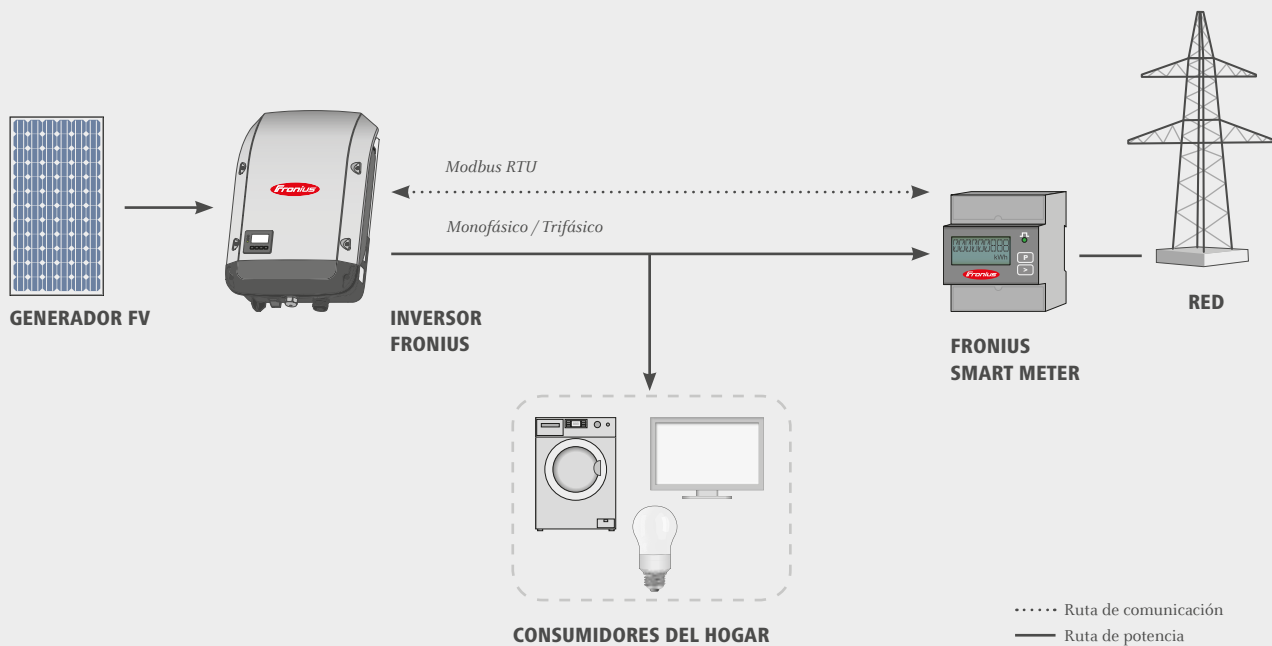
/ Limitación de potencia remota rápida y precisa

/ Junto con el Fronius Solar.web ofrece una visión detallada del consumo de energía en su hogar

/ Optimiza la gestión de energía con la solución de almacenaje Fronius Energy Package



## ESQUEMA DE CONFIGURACIÓN



/ El Fronius Smart Meter es compatible con todos los inversores con un Interface RS485 (Modbus RTU). El Fronius Smart Meter funciona en paralelo con el Datamanager 2.0 para los inversores Fronius IG Plus. El Fronius Smart Meter puede ser instalado en cualquier momento junto con el Fronius Datamanager 2.0, después de la puesta en marcha de un inversor.

<sup>1)</sup> No es posible reducir la potencia del inversor.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

### SOMOS TRES DIVISIONES CON UNA MISMA PASIÓN: SUPERAR LÍMITES.

/ No importa si se trata de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica o tecnología de carga de baterías, nuestra exigencia está claramente definida: ser líder en innovación. Con nuestros más de 3.000 empleados en todo el mundo superamos los límites y nuestras más de 1.000 patentes concedidas son la mejor prueba. Otros se desarrollan paso a paso. Nosotros siempre damos saltos de gigante. Siempre ha sido así. El uso responsable de nuestros recursos constituye la base de nuestra actitud empresarial.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite [www.fronius.com](http://www.fronius.com)

v04 Nov 2014 ES

Fronius España S.L.U.  
Parque Empresarial LA CARPETANIA  
Miguel Faraday 2  
28906 Getafe (Madrid)  
España  
Teléfono +34 91 649 60 40  
Fax +34 91 649 60 44  
pv-sales-spain@fronius.com  
[www.fronius.es](http://www.fronius.es)

Fronius International GmbH  
Froniusplatz 1  
4600 Wels  
Austria  
Teléfono +43 7242 241-0  
Fax +43 7242 241-953940  
pv-sales@fronius.com  
[www.fronius.com](http://www.fronius.com)

# TOPSOLAR PV H1Z2Z2-K

## 1. Object

This document defines the design and manufacturing characteristics of the cables type TOP SOLAR PV H1Z2Z2-K manufactured by Top Cable.

## 2. Design

This type of cables are designed, manufactured and tested according to the latest revision of EN 50618 standard.

Approvals available:

EN 50618

## 3. Applications

Low smoke halogen-free, flexible, single-core power cables with cross-linked insulation and sheath. In particular for use at direct current (d.c.) side of photovoltaic systems, with a nominal d.c. voltage of 1,5 kV between conductors and between conductor and earth.

The cables are suitable to be used with Class II equipment.

The cables are designed to operate at a normal maximum conductor temperature of 90 °C, but for a maximum of 20 000 hours a max. conductor temperature of 120 °C at a max. ambient temperature of 90 °C is permitted. The expected period of use under normal usage conditions as specified in the standard EN 50618 is at least 25 years.

Suitable for submerged installations (AD8).

## 4. Characteristics

Rated voltage:

**DC voltage:** nominal 1,5 kV, both between conductors as well between conductors and earth. The maximum permitted operating d.c. voltage of the systems shall not exceed 1,8 kV.

**AC voltage:** voltage rating is 1,0/1,0 kV (U<sub>0</sub>/U). U<sub>0</sub> is the r.m.s. value between any insulated conductor and earth. U is the r.m.s. value between any two phases.

**Ambient temperature range:** -40 °C to + 90 °C

**Maximum conductor temperature:** 120 °C

**Maximum short-circuit temperature:** 250 °C (maximum 5 s)

**Minimum bending radius (fixed):** 5 x cable Ø

**No flame propagation:** EN 60332-1-2

**Halogen free:** according to EN 50525-1 (Annex B)

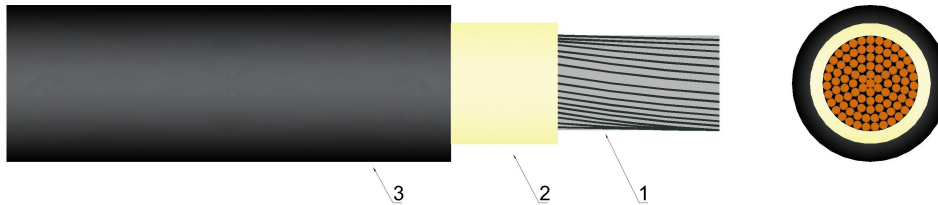
HCl content < 0,5%

pH > 4,3

conductivity < 10 µS/mm

# TOPSOLAR PV H1Z2Z2-K

## 5. General make-up of the cable



### 5.1 Conductor (1)

Electrolytic annealed tinned copper conductor, class 5 according to EN 60228.

### 5.2 Insulation (2)

Halogen free cross-linked rubber insulation. Requirements of insulation of table B.1 in Annex B of EN 50618.

### 5.3 Outer sheath (3)

Halogen free cross-linked rubber outer sheath. Requirements of sheath of table B.1 in Annex B of EN 50618. Black or red colour.

## 6. Current-carrying capacities

### 6.1 Nominal current-carrying capacities

Table 1 show the current-carrying capacities and electric parameters detailed for every cable.

Current-carrying capacities, in amperes, are according to HD 60364-5-52, and for the following conditions:

- Single cables free in air installation: one single-core cable and ambient temperature of 60 °C; with adequate ventilation (supported by cleats and hangers or on perforated tray).
- Single cable on surfaces installation: one single-core cable directly on a wall with low thermal conductivity, ambient temperature of 60 °C.
- To cables adjacent on surfaces installation: ambient temperature of 60 °C.
- In all cases it is supposed a direct current circuit.

Voltage drop is calculated with conductor temperature of 120 °C.

For conditions other than this apply the adequate correction factors (point 6.2).

# TOPSOLAR PV H1Z2Z2-K

| Cross-section<br>mm <sup>2</sup> | Single cable<br>free in air<br>A | Single cable<br>on surfaces<br>A | To cables adjacent<br>on surface<br>A | Voltage drop<br>V/A·km |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| 1 x 1,5                          | 30                               | 29                               | 24                                    | 38,2                   |
| 1 x 2,5                          | 41                               | 39                               | 33                                    | 23,0                   |
| 1 x 4                            | 55                               | 52                               | 44                                    | 14,3                   |
| 1 x 6                            | 70                               | 67                               | 57                                    | 9,49                   |
| 1 x 10                           | 98                               | 93                               | 79                                    | 5,46                   |
| 1 x 16                           | 132                              | 125                              | 107                                   | 3,47                   |
| 1 x 25                           | 176                              | 167                              | 142                                   | 2,23                   |
| 1 x 35                           | 218                              | 207                              | 176                                   | 1,58                   |
| 1 x 50                           | 276                              | 262                              | 221                                   | 1,10                   |
| 1 x 70                           | 347                              | 330                              | 278                                   | 0,772                  |
| 1 x 95                           | 416                              | 395                              | 333                                   | 0,585                  |
| 1 x 120                          | 488                              | 464                              | 390                                   | 0,457                  |
| 1 x 150                          | 566                              | 538                              | 453                                   | 0,368                  |
| 1 x 185                          | 644                              | 612                              | 515                                   | 0,301                  |
| 1 x 240                          | 775                              | 736                              | 620                                   | 0,228                  |

Table 1

## 6.2 Correction factors

The current-carrying capacities must be multiplied with the adequate correction factor when the installation conditions differs from point 6.1

Correction factors for air temperatures other than 60°C.

| Air Temp. (°C) | Up to 60 | 70   | 80   | 90   |
|----------------|----------|------|------|------|
| Factor         | 1        | 0,92 | 0,84 | 0,75 |

Table 2

## 6.3 Groups

For groups reduction factors according to IEC 60364-5-52, Table A.52-17 shall apply.

# TOPSOLAR PV H1Z2Z2-K

## 7. Dimensions

Table 3 show diameters and weight detailed for every cable.

| Cross-section<br>mm <sup>2</sup> | Outer Ø <sup>(1)</sup><br>mm | Weight<br>kg/km |
|----------------------------------|------------------------------|-----------------|
| 1 x 1,5                          | 4,6                          | 35              |
| 1 x 2,5                          | 5,0                          | 45              |
| 1 x 4                            | 5,5                          | 60              |
| 1 x 6                            | 6,1                          | 80              |
| 1 x 10                           | 7,0                          | 120             |
| 1 x 16                           | 8,2                          | 180             |
| 1 x 25                           | 10,2                         | 280             |
| 1 x 35                           | 11,5                         | 375             |
| 1 x 50                           | 13,3                         | 525             |
| 1 x 70                           | 15,0                         | 720             |
| 1 x 95                           | 17,0                         | 930             |
| 1 x 120                          | 18,7                         | 1.175           |
| 1 x 150                          | 21,0                         | 1.475           |
| 1 x 185                          | 23,5                         | 1.805           |
| 1 x 240                          | 26,3                         | 2.345           |

Table 3

(1) The tolerances on the nominal outer diameters are:

Cables with outer diameter  $d \leq 7$  mm. → -0,1 +0,2 mm

Cables with outer diameter  $7 < d < 10$  mm. → -0,1 +0,3 mm

Cables with outer diameter  $d \geq 10$  mm. → -0,2 +0,4 mm