



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

## **Titulación:**

MÁSTER UNIVERSITARIO EN ENERGÍAS RENOVABLES:  
GENERACIÓN ELÉCTRICA

## **Título del TFM:**

“ESTUDIO DEL DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN  
FOTOVOLTAICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR”

Alumno: Maitane Espierriz Crespo  
Director del TFM: Eduardo Prieto Cobo  
Codirector: Jose Luis Torres Escribano  
Pamplona, Junio 2015

## CAPÍTULO 0: ÍNDICE

### CAPÍTULO 0: ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1: MEMORIA DESCRIPTIVA.....</b>                         | <b>5</b>  |
| 1. OBJETO.....  | 5         |
| 2. ALCANCE.....   | 5         |
| 3. ANTECEDENTES .....   | 6         |
| 3.1 Situación y emplazamiento de la vivienda .....                  | 6         |
| 3.2 Descripción de la vivienda .....                                | 9         |
| 3.3 Consumo de la vivienda: .....                                   | 10        |
| 3.4 Datos meteorológicos en el emplazamiento.....                   | 11        |
| 4. NORMAS Y REFERENCIAS.....  | 11        |
| 4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas.....                   | 11        |
| 4.1.1 Disposiciones legales .....                                   | 11        |
| 4.1.2 Normas técnicas .....   | 12        |
| 5. REQUISITOS DE DISEÑO .....                                       | 12        |
| 5.1 Requisitos establecidos por el cliente.....                     | 13        |
| 5.2 Requisitos establecidos por elementos externos al proyecto..... | 13        |
| 6. ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....                                      | 15        |
| 6.1 Solución adoptada .....   | 16        |
| <b>CAPÍTULO 2: ANÁLISIS Y MÉTODOS .....</b>                         | <b>17</b> |
| 1. EVALUACIÓN CARGA DE LA VIVIENDA .....                            | 17        |
| 2. EVALUACIÓN DEL RECURSO SOLAR.....                                | 20        |
| 3. PREDIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA: MÉTODO 1.....    | 24        |
| 3.1 Método de cálculo 1. Manual del proyectista.....                | 24        |
| 3.1.1 Aporte del sistema solar fotovoltaico.....                    | 24        |
| 3.1.2 Dimensionado del campo de paneles fotovoltaicos.....          | 24        |
| 3.1.2.1 Descripción de los elementos .....                          | 27        |

|   |  |           |
|---|--|-----------|
| 3.1.2.2   | Orientación y sombras.....                                     | 28        |
| 3.1.2.3   | Días de autonomía.....   | 28        |
| 3.1.3   | Dimensionado y diseño del resto de componentes y equipos ..... | 29        |
| 3.1.3.1   | Sistema de acumulación o de baterías.....                      | 29        |
| 3.1.3.2   | Sistema de regulación.....                                     | 32        |
| 3.1.3.3   | Sistema de adaptación al suministro .....                      | 33        |
| 3.1.4   | Solución adoptada método de cálculo 1.....                     | 33        |
| 3.2   | Método de cálculo 2. Estimación de la producción horaria. .... | 34        |
| <b>CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN FINAL .....</b> |  | <b>42</b> |
| 1.  | BALANCE MENSUAL .....  | 42        |
| 1.1   | Sin utilizar baterías.....                                     | 43        |
| 1.2   | Estudio de la implantación de baterías .....                   | 51        |
| 2.  | BALANCE DIARIO .....   | 59        |
| 2.1   | Sin utilizar baterías.....                                     | 60        |
| 2.2   | Estudio de la implantación de baterías .....                   | 62        |
| 3.  | BALANCE HORARIO .....  | 65        |
| 3.1   | Sin utilizar baterías.....                                     | 65        |
| 3.2   | Estudio de la implantación de baterías .....                   | 72        |
| 4.  | ANÁLISIS DE SOLUCIONES .....                                   | 77        |
| <b>CAPÍTULO 4: DIMENSIONADO DEL CABLEADO .....</b>    |  | <b>80</b> |
| 1.  | Selección del cableado .....                                   | 80        |
| 1.1   | Cálculo sección de los conductores.....                        | 80        |
| 1.2   | Resumen cableado.....  | 83        |
| 1.3   | Protecciones .....   | 83        |
| <b>CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES .....</b>                 |  | <b>84</b> |
| <b>CAPÍTULO 6: PRESUPUESTO .....</b>                  |  | <b>86</b> |
| <b>CAPÍTULO 7: BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....</b>    |  | <b>89</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CAPÍTULO 8: ANEXOS.....</b>         | <b>90</b> |
| ANEXO 1: PLANOS DE LA VIVIENDA .....   | 90        |
| ANEXO 2: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS..... | 95        |

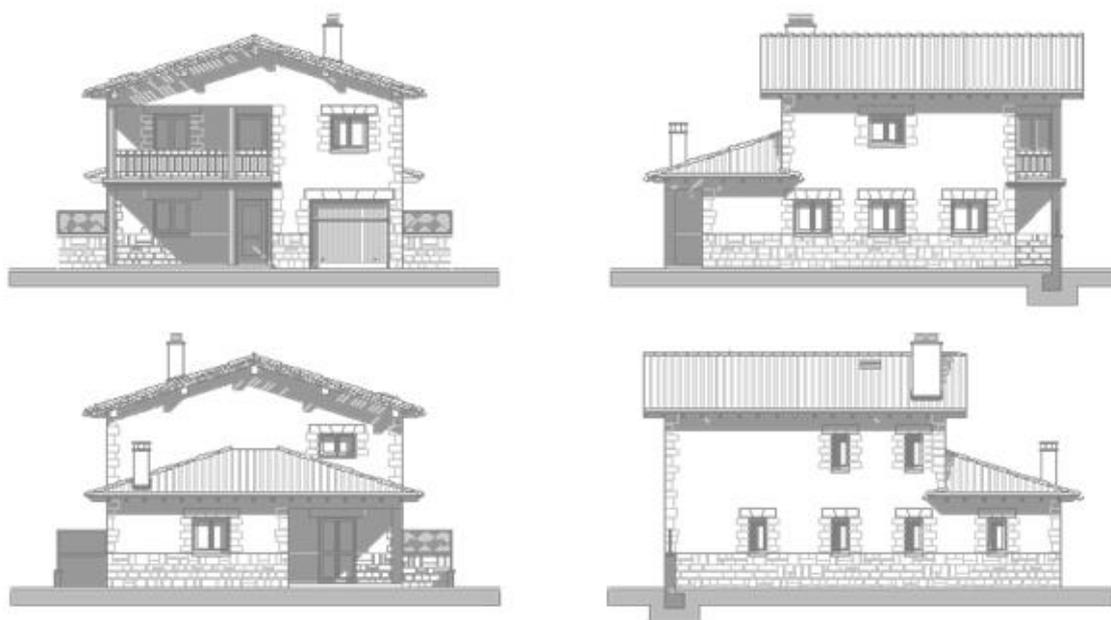
## CAPÍTULO 1: MEMORIA DESCRIPTIVA

### 1. OBJETO

El objetivo de este trabajo es estudiar diferentes opciones de diseño de una instalación fotovoltaica, para seleccionar el más adecuado, para una vivienda unifamiliar ya construida (ver ilustración 1) en el municipio de Tudela (Navarra).

La finalidad es reducir -para el consumo eléctrico de la vivienda- la dependencia de las compañías eléctricas y conseguir una reducción de la factura eléctrica, mediante el uso de energías renovables, concretamente la energía fotovoltaica.

Para la realización del trabajo se utilizarán los conocimientos adquiridos durante el máster de energías renovables.



*Ilustración 1. Vivienda objeto del proyecto*

### 2. ALCANCE

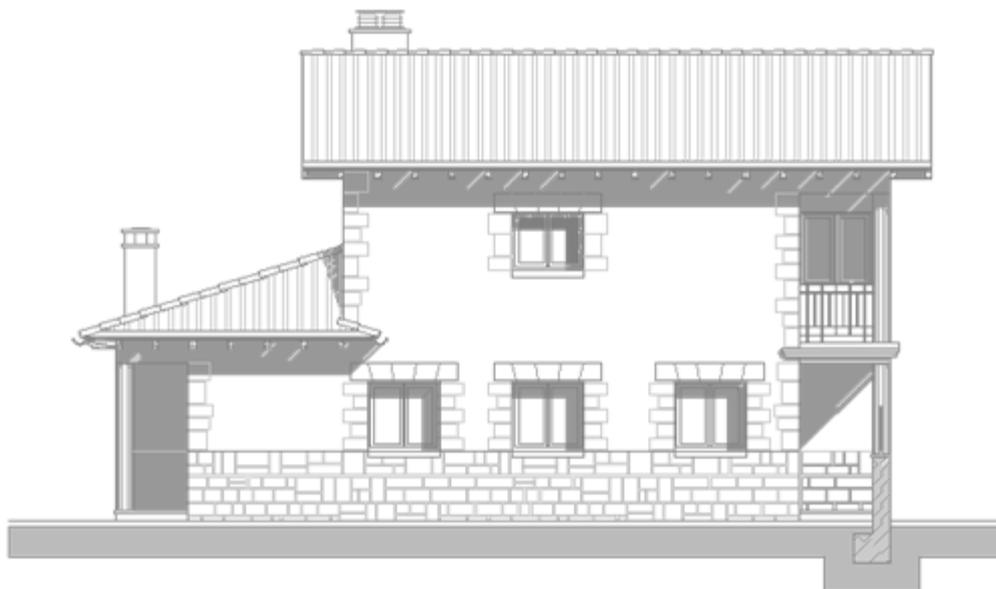
En el trabajo se desarrollan dos métodos diferentes. Uno de ellos, mucho más sencillo y basado en el manual del proyectista, el cual nos ofrece una posible solución a partir del mes más desfavorable y el otro, más complejo, estimando la producción horaria de la instalación (en función de distintas dimensiones) de un año típico a partir de los datos de temperatura y radiación registrados en los últimos trece años para calcular el dimensionado más adecuado para la instalación fotovoltaica a incorporar en la vivienda.



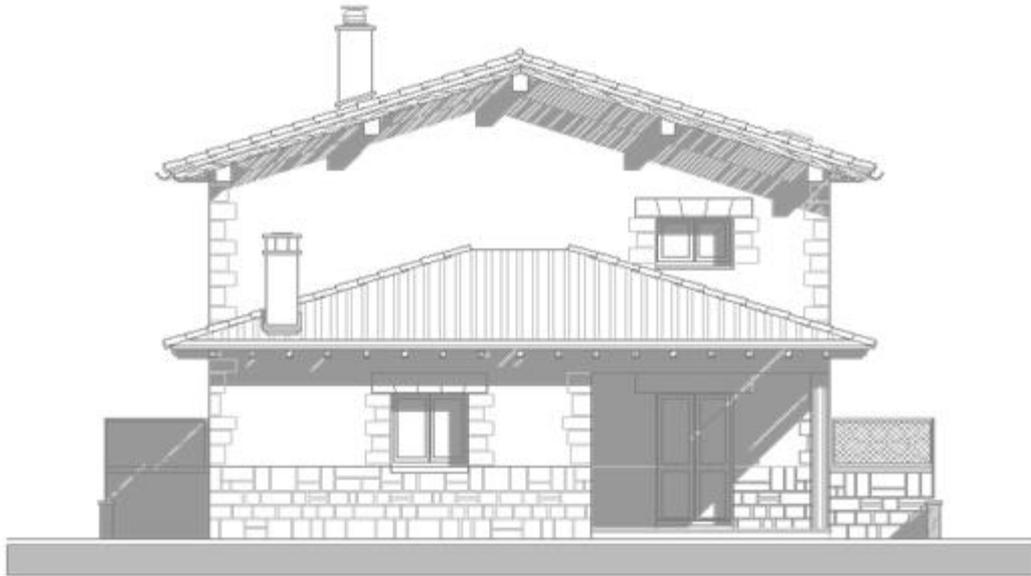
A continuación se muestran algunas imágenes de la vivienda objeto:



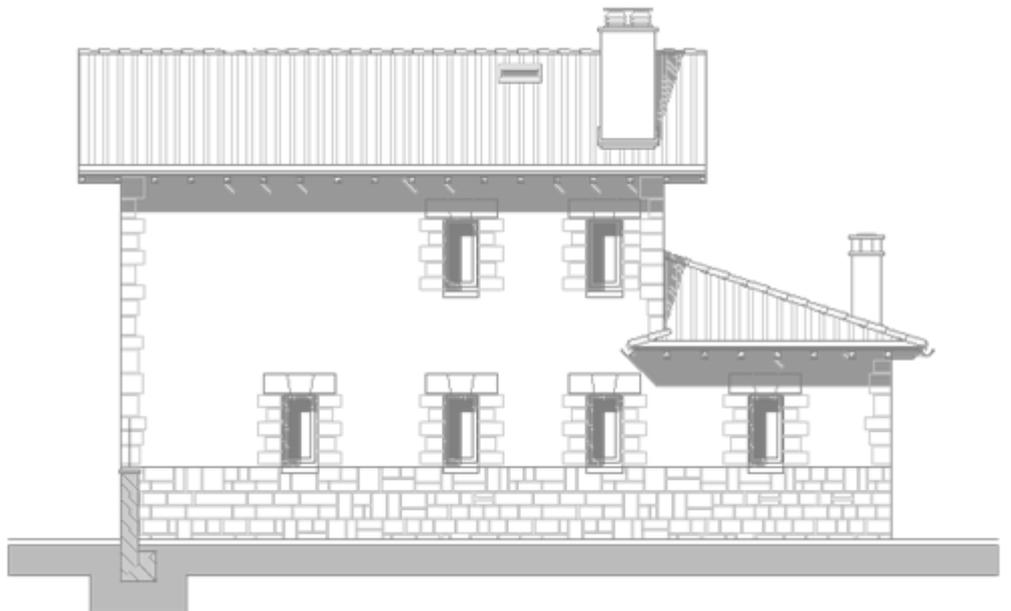
*Ilustración 3. Alzado Este de la vivienda objeto*



*Ilustración 4. Alzado Sur de la vivienda objeto*



*Ilustración 5. Alzado Oeste de la vivienda objeto*



*Ilustración 6. Alzado Norte de la vivienda objeto*

### 3.2 Descripción de la vivienda

| CUADRO SUPERFICIE ÚTIL DE LA VIVIENDA                          |   |
|--|---|
| <b>PLANTA BAJA</b>   | <b>PRIMERA PLANTA</b>   |
| PORCHE 1(1/2)_____ 3.92m <sup>2</sup>                          | ESCALERAS_____ 1.56m <sup>2</sup>                             |
| VESTIBULO_____ 3.50m <sup>2</sup>                              | PASO_____ 3.89m <sup>2</sup>                                  |
| ESCALERAS_____ 2.90m <sup>2</sup>                              | DORMITORIO2_____ 17.91m <sup>2</sup>                          |
| COCINA_____ 10.08m <sup>2</sup>                                | BAÑO_____ 5.84m <sup>2</sup>                                  |
| ESTAR-COMEDOR_____ 24.12m <sup>2</sup>                         | DORMITORIO3_____ 15.16m <sup>2</sup>                          |
| PASO_____ 4.23m <sup>2</sup>                                   | DORMITORIO4_____ 13.52m <sup>2</sup>                          |
| DORMITORIO1_____ 15.11m <sup>2</sup>                           | BAÑO 1_____ 3.94m <sup>2</sup>                                |
| ASEO_____ 2.88m <sup>2</sup>                                   | TERRAZA 1(1/2)_____ 3.63m <sup>2</sup>                        |
| TRASTERO_____ 1.18m <sup>2</sup>                               |   |
| TERRAZA (1/2)_____ 2.18m <sup>2</sup>                          |   |
| TOTAL SUPERFICIE ÚTIL PLANTA BAJA_____ 70.10m <sup>2</sup>     | TOTAL SUPERFICIE ÚTIL PRIMERA PLANTA_____ 65.46m <sup>2</sup> |
| <b>TOTAL SUPERFICIE UTIL VIVIENDA_____ 135.55m<sup>2</sup></b> |   |

Tabla 1. Cuadro de la superficie útil de la vivienda

| CUADRO SUPERFICIE ÚTIL OTRAS DEPENDENCIAS                               |  |
|---|--|
| <b>PLANTA BAJA</b>  |  |
| GARAJE _____ 24.71m <sup>2</sup>  |  |
| SALA CALDERAS _____ 12.07m <sup>2</sup>                                 |  |
| <b>TOTAL SUPERFICIE UTIL OTRAS DEPENDENCIAS_____ 36.78m<sup>2</sup></b> |  |

Tabla 2. Cuadro de la superficie útil de otras dependencias

| CUADRO SUPERFICIE CONSTRUIDA                                       |  |
|--|--|
| <b>PLANTA BAJA</b>   |  |
| EN PLANTA BAJA_____ 80.81m <sup>2</sup>                            |  |
| EN PRIMERA PLANTA_____ 83.33m <sup>2</sup>                         |  |
| OTRAS DEPENDENCIAS _____ 36.78m <sup>2</sup>                       |  |
| <b>TOTAL SUPERFICIE CONSTRUIDA EDIFICIO___ 200.92m<sup>2</sup></b> |  |

Tabla 3. Cuadro de la superficie construida de la vivienda

### 3.3 Consumo de la vivienda:

La vivienda objeto donde vamos a implantar la instalación fotovoltaica es una vivienda unifamiliar de 170 m<sup>2</sup> útiles. Habitable por una familia de 4 miembros. El consumo diario en Wh/día se estima teniendo en cuenta los aparatos eléctricos utilizados en la vivienda y las horas de uso de estos aparatos eléctricos. Datos que se facilitan por la propia familia que reside en la vivienda y que hace uso de los aparatos.

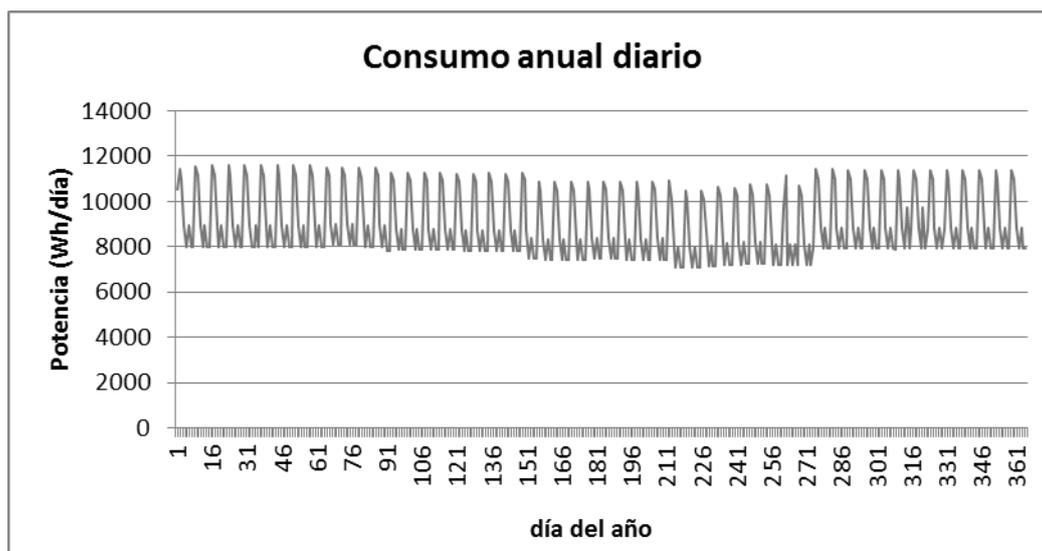


Ilustración 7. Gráfica consumo anual diario (Wh/día)

| Mes               | kWh/mes        | Wh/día         | Potencia máxima [W] |
|-------------------|----------------|----------------|---------------------|
| <b>Enero</b>      | 291,34         | 9398,08        | 3652                |
| <b>Febrero</b>    | 258,50         | 9232,29        | 3652                |
| <b>Marzo</b>      | 284,62         | 9181,23        | 3652                |
| <b>Abril</b>      | 269,22         | 8974,00        | 3652                |
| <b>Mayo</b>       | 282,54         | 9114,29        | 3652                |
| <b>Junio</b>      | 257,24         | 8574,67        | 3652                |
| <b>Julio</b>      | 267,49         | 8628,65        | 3652                |
| <b>Agosto</b>     | 258,71         | 8345,58        | 3652                |
| <b>Septiembre</b> | 251,17         | 8372,17        | 3652                |
| <b>Octubre</b>    | 285,42         | 9207,19        | 3682                |
| <b>Noviembre</b>  | 275,94         | 9198,00        | 3682                |
| <b>Diciembre</b>  | 279,39         | 9012,68        | 3682                |
| <b>Año</b>        | <b>3261,59</b> | <b>8935,86</b> | <b>3682</b>         |

Tabla 4. Tabla de consumo estimado mensual y diario en la vivienda.

El cálculo más detallado del consumo estimado de la vivienda se especifica más adelante, en la evaluación de carga de la vivienda.

### 3.4 Datos meteorológicos en el emplazamiento

Los valores de radiación en el emplazamiento se han obtenido a partir de los datos facilitados por meteonavarra, a quienes se les pidió específicamente los datos de la estación más cercana al emplazamiento. La serie de datos facilitada por esta fuente ofrece valores *diezminutales* (13 años en total), a partir de los cuales y con ayuda de una hoja Excel para su filtrado, se obtienen los valores de radiación sobre superficie inclinada horaria y mensual.

| Mes               | Radiación $\beta=20^\circ$ (kWh /m <sup>2</sup> /día) |
|-------------------|---|
| <b>ENERO</b>      | 2,289   |
| <b>FEBRERO</b>    | 3,242   |
| <b>MARZO</b>      | 4,697   |
| <b>ABRIL</b>      | 5,719   |
| <b>MAYO</b>       | 6,560   |
| <b>JUNIO</b>      | 7,423   |
| <b>JULIO</b>      | 7,573   |
| <b>AGOSTO</b>     | 6,892   |
| <b>SEPTIEMBRE</b> | 5,835   |
| <b>OCTUBRE</b>    | 4,323   |
| <b>NOVIEMBRE</b>  | 3,051   |
| <b>DICIEMBRE</b>  | 2,422   |

Tabla 5. Radiación global sobre plano inclinado (kWh/m<sup>2</sup>/día)

Los datos detallados de la radiación en el emplazamiento se especifican más adelante, en la evaluación del recurso solar.

## 4. NORMAS Y REFERENCIAS

En este apartado se relacionan los documentos empleados en la realización de este trabajo, así como los programas de cálculo utilizados.

### 4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

#### 4.1.1 Disposiciones legales

- España. Real Decreto 842/2002, de 2 Agosto 2002, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (RBT)
- España. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código técnico de edificación.
- España. 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.

#### 4.1.2 Normas técnicas

- Asociación Española de Normalización. (2006). UNE 20460-7-712. *Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7-712: Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sistemas de alimentación solar fotovoltaica (PV)*. (AENOR)
- Asociación Española de Normalización. (2014). UNE-HD 60364-5-52. *Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 5: Selección e instalación de equipos eléctricos. Canalizaciones*. (AENOR)
- Asociación Española de Normalización. (2010) UNE-EN 60891. *Procedimiento de corrección con la temperatura y la irradiancia de la característica I-V de dispositivos fotovoltaicos*. (AENOR)
- Asociación Española de Normalización. (2014). UNE 157001. *Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico*. (AENOR)
- Asociación Española de Normalización. (2006). UNE 157701. *Criterios generales para la elaboración de proyectos de instalaciones eléctricas de baja tensión*.(AENOR)
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones conectadas a red del IDAE.

### 5. REQUISITOS DE DISEÑO

Actualmente, en la vivienda la electricidad se toma de la red eléctrica, las alternativas que se plantean para abastecer el consumo de la vivienda son:

**Alternativa 1.** Instalación solar fotovoltaica aislada sin sistema de generación auxiliar. Esta alternativa consiste en complementar la instalación fotovoltaica con acumuladores para cubrir la totalidad del consumo de la vivienda sin poseer ningún sistema de generación auxiliar.

**Alternativa 2.** Instalación solar fotovoltaica con sistema de generación auxiliar. En este caso se reduciría el número de baterías (consiguiendo así reducir los costes de la instalación) y para ello se incorporará un generador auxiliar con el fin de cubrir la demanda de la vivienda cuando la radiación sea nula durante un largo periodo de tiempo.

**Alternativa 3.** Instalación conectada a red. En este caso, la legislación vigente permite recurrir a la red para abastecer la demanda en los momentos de baja irradiancia pero no vender nuestra energía sobrante.

En este trabajo, la opción que se contempla *como requisito de diseño* en principio es la alternativa 1; cubriendo la totalidad de la demanda con *la mejor combinación de baterías y módulos fotovoltaicos*. Con opción de considerar también la alternativa 3 y estimar si

sería rentable una conexión a red en estos momentos con la normativa actualmente vigente.

### **5.1 Requisitos establecidos por el cliente**

El cliente propiedad de la vivienda impone una serie de requisitos que nos condicionan el diseño del proyecto y que se detallan a continuación:

- La instalación debe colocarse de tal manera que el impacto visual sea el menor posible.
- La totalidad del generador se colocara en la cubierta sur de la vivienda.
- La instalación del resto de componentes de la instalación se tratará de colocar en el garaje.
- Los componentes utilizados han de ser de calidad reconocida cuyas empresas ofrezcan servicio técnico en España.
- Módulos de silicio cristalino.

### **5.2 Requisitos establecidos por elementos externos al proyecto**

Existe una limitación en el número de paneles a emplear, que se ajusta a la superficie de la cubierta sur de la vivienda, en la cual deben instalarse los paneles fotovoltaicos como requisito del cliente.

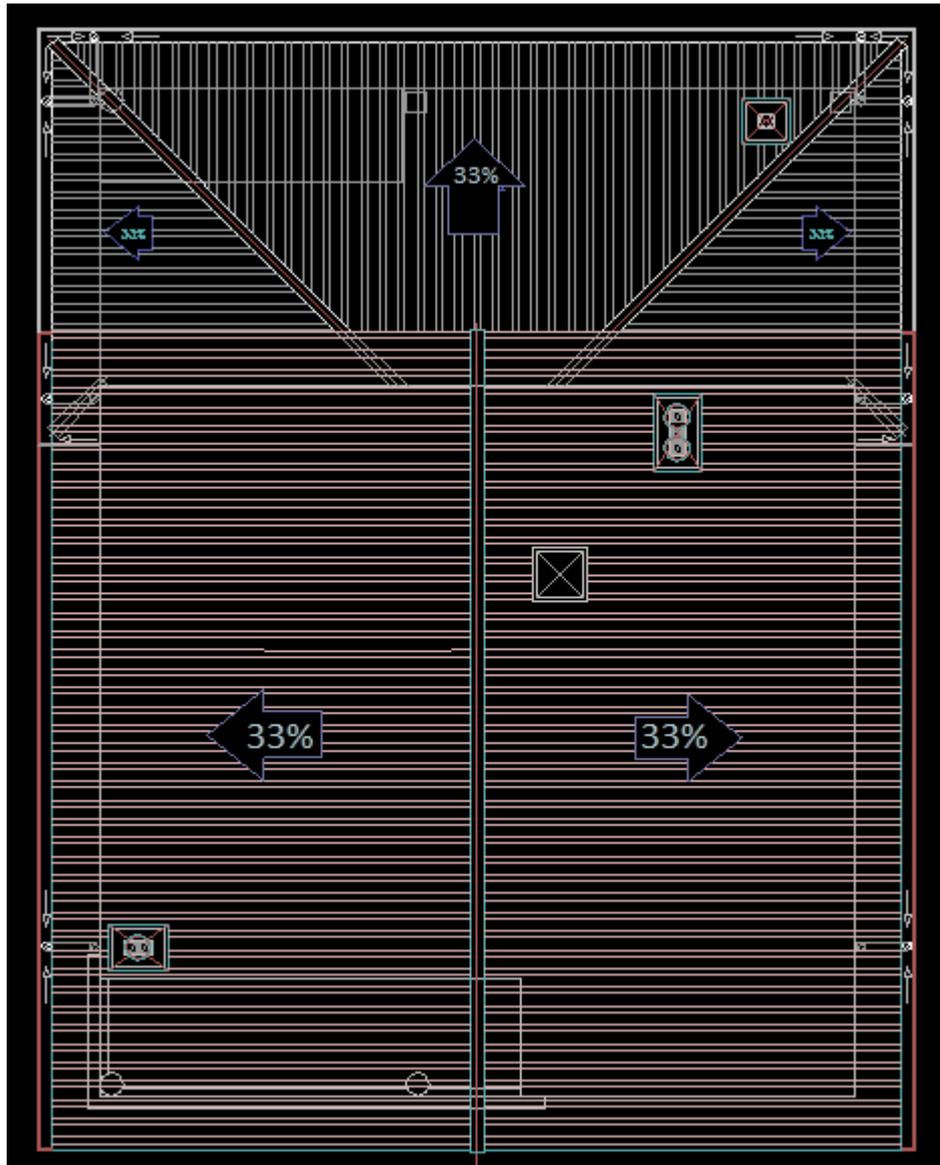


Ilustración 8. Plano de la cubierta de la vivienda. (Parte orientada al Sur y parte orientada al Norte)

Los módulos fotovoltaicos se instalarán a ras de la cubierta, es decir, con su misma inclinación ( $20^\circ$ ), no muy lejos de la inclinación óptima, aunque esto implique no aprovechar al máximo el recurso solar, se reducirán costes en la estructura soporte de la instalación.

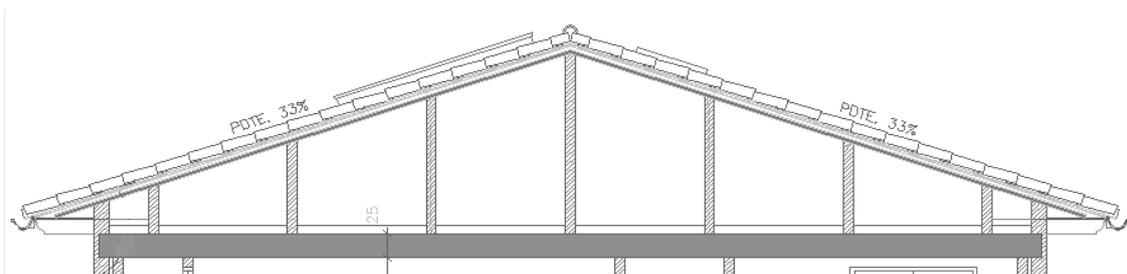


Ilustración 9. Inclinación de la cubierta

Se dispone de un amplio garaje para poder instalar el resto de elementos del sistema fotovoltaico que no son el generador.

Para aprovechar al máximo el recurso solar, se estudiará el disponer de baterías que acumulen la potencia del generador cuando ésta supere a la energía consumida por la vivienda para poder utilizarse en otro momento.

## **6. ANÁLISIS DE SOLUCIONES**

Una vez establecido por el cliente el tipo de instalación que quiere implantarse (sistema FV aislado con baterías), se desarrollan *dos sistemas de cálculo* para obtener *diferentes soluciones* a contrastar:

1. En un primer método de cálculo, se utiliza el método del manual del proyectista el cual desarrolla los cálculos teniendo en cuenta sólo el mes más desfavorable para la instalación, que coincide con el mes de Enero. A partir de este mes y considerando la potencia pico del generador, el rendimiento del panel, el ángulo de inclinación y la energía a suplir diaria, proporciona un determinado número de paneles que en este caso se corresponde con 18, combinado con un acumulador de capacidad 1200Ah.
2. Considerando la simplicidad de este método se plantea otro análisis calculando la *producción estimada por la instalación* (en función de distintas dimensiones) para cada hora del año, apoyándonos tanto en una media de las radiaciones horarias de los últimos trece años como en una media de las temperaturas horarias también de los últimos trece años registrados en la estación meteorológica más próxima a la vivienda. Para conseguir estos datos se recurre al servicio navarro de meteorología a través de su web: [meteo.navarra.es](http://meteo.navarra.es). Este segundo método nos ayudará a afianzar una solución más correcta respecto al primer método, mucho más sencillo.

A la hora de elegir la combinación de módulos y acumuladores más adecuada se considerará el *Método de Optimización* de la relación capacidad de generación–capacidad de acumulación: esta estrategia parte del hecho intuitivo de que puede alcanzarse un determinado grado de fiabilidad con sistemas en los que el número de módulos fotovoltaicos y la capacidad de la batería de cada uno son diferentes, de modo que la tendencia será a que una mayor capacidad de acumulación implique un menor número de módulos

Los cálculos de ambos métodos se desarrollan en el siguiente apartado.

## **6.1 Solución adoptada**

Tras analizarse distintas posibles combinaciones para el dimensionado de la instalación, se concluye que la mejor opción, más económica y que más fiabilidad ofrece es la que se forma de 20 módulos fotovoltaicos de potencia 260 W, conjunto de 24 baterías de capacidad 1200Ah. Esta instalación nos garantizará cubrir 100% la demanda de la vivienda dotando a la instalación de hasta 2 días de autonomía sobre la peor hora del año para hacer frente a días nublados u otras alteraciones. Además, se estima un pequeño cálculo del cableado y del presupuesto que supondría la instalación.

## CAPÍTULO 2: ANÁLISIS Y MÉTODOS

### 1. EVALUACIÓN CARGA DE LA VIVIENDA

La vivienda objeto donde vamos a implantar la instalación fotovoltaica es una vivienda unifamiliar de 170 m<sup>2</sup> útiles. Habitable por una familia de 4 miembros. El consumo diario en Wh/día lo determinamos, teniendo en cuenta los aparatos eléctricos utilizados en la vivienda y las horas de uso de estos aparatos eléctricos, información que se facilita por los propios habitantes en función del uso cotidiano que dan a los aparatos eléctricos de la vivienda.

Aparatos considerados para la estimación:

| Número | Elemento              | Potencia (W) |
|--------|-----------------------|--------------|
| 5      | Fluorescentes         | 30           |
| 21     | Lámparas bajo consumo | 15           |
| 1      | Frigorífico           | 150          |
| 1      | Lavadora              | 920          |
| 1      | Lavavajillas          | 1200         |
| 1      | Horno                 | 2480         |
| 1      | Microondas            | 600          |
| 1      | Cafetera              | 650          |
| 1      | Vitro                 | 1800         |
| 2      | TV plasma             | 50           |
| 2      | Ordenador portátil    | 50           |
| 1      | Módem                 | 12           |
| 1      | Equipo de música      | 75           |
| 1      | Plancha               | 1000         |

Tabla 6. Aparatos eléctricos de la vivienda

Introduciendo los datos en la tabla Excel, se obtiene el consumo horario en la vivienda, existiendo ciertas variaciones entre invierno y verano, y entre semana y fin de semana.

A partir de la hoja de cálculo Excel se transforma el consumo horario en consumo diario (más sencillo de representar), obteniendo los datos que se plasman en la siguiente gráfica:

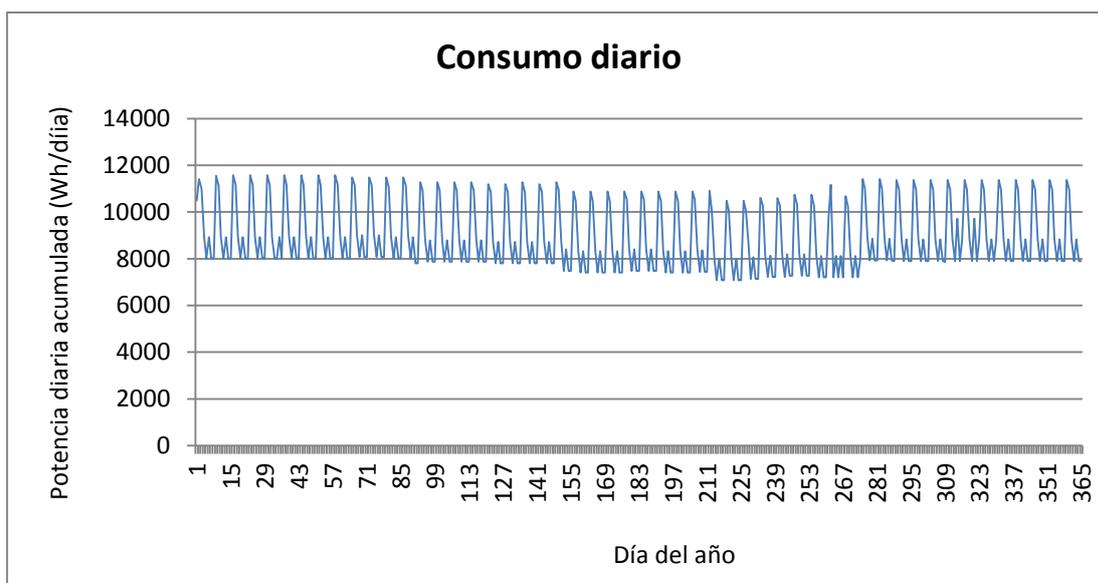


Ilustración 11. Gráfica consumo diario de la vivienda

En la gráfica anterior se observa una cierta variación entre el consumo los días entre semana y el consumo el fin de semana.

Por último, se transforman los resultados obtenidos en datos mensuales;

|                   | kWh/mes | Wh/día  | Potencia máxima [W] |
|-------------------|---------|---------|---------------------|
| <b>Enero</b>      | 291,34  | 9398,08 | 3652                |
| <b>Febrero</b>    | 258,50  | 9232,29 | 3652                |
| <b>Marzo</b>      | 284,62  | 9181,23 | 3652                |
| <b>Abril</b>      | 269,22  | 8974,00 | 3652                |
| <b>Mayo</b>       | 282,54  | 9114,29 | 3652                |
| <b>Junio</b>      | 257,24  | 8574,67 | 3652                |
| <b>Julio</b>      | 267,49  | 8628,65 | 3652                |
| <b>Agosto</b>     | 258,71  | 8345,58 | 3652                |
| <b>Septiembre</b> | 251,17  | 8372,17 | 3652                |
| <b>Octubre</b>    | 285,42  | 9207,19 | 3682                |
| <b>Noviembre</b>  | 275,94  | 9198,00 | 3682                |
| <b>Diciembre</b>  | 279,39  | 9012,68 | 3682                |
| <b>Año</b>        | 3261,59 | 8935,86 | 3682                |

Tabla 7. Consumo total de energía mensual, diaria, y potencia máxima requerida por la vivienda

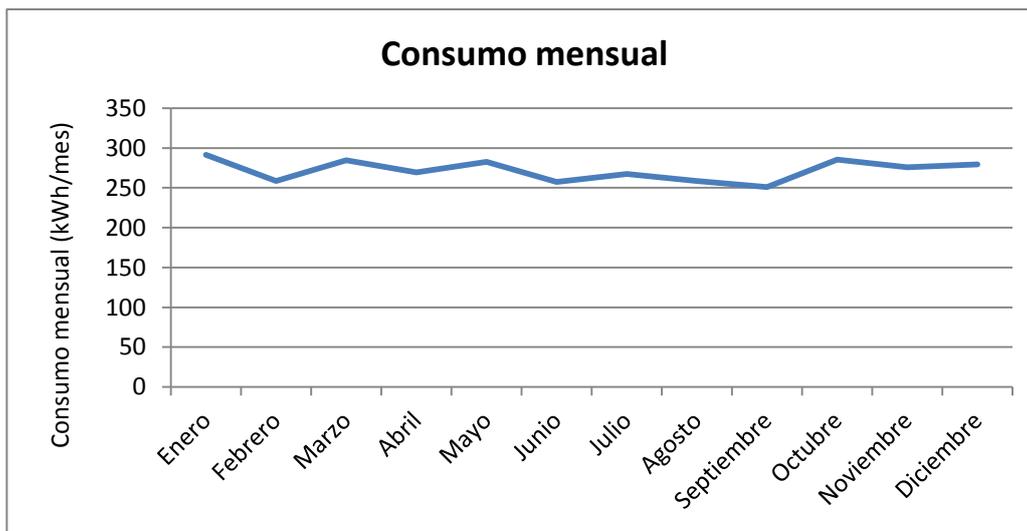


Ilustración 12. Gráfica consumo mensual de la vivienda

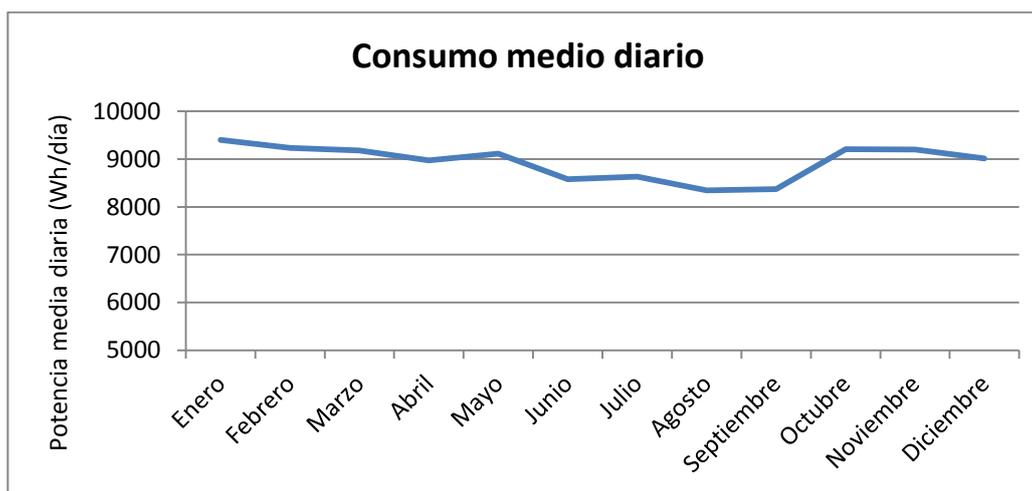


Ilustración 13. Gráfica consumo medio diario de la vivienda

Se observa en las gráficas anteriores la variación de consumo entre los meses de verano y los meses de invierno.

## 2. EVALUACIÓN DEL RECURSO SOLAR

Para la implantación de la estructura fotovoltaica en la vivienda aprovecharemos la parte de la cubierta orientada al sur. De esta forma se conseguirá maximizar el rendimiento de la instalación.

Además, la inclinación de la cubierta es de un 33%, lo que se aproxima bastante a los 20°. Esta inclinación no está muy lejos de la óptima, por lo que colocaremos los módulos sobre una estructura fija en el mismo tejado manteniendo la inclinación de la cubierta.

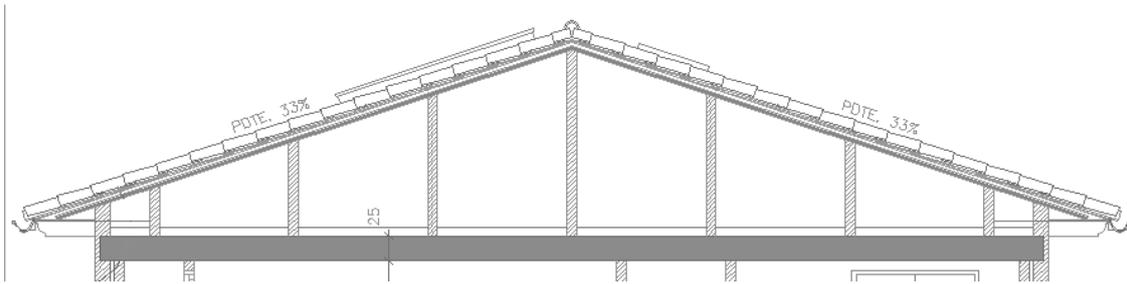


Ilustración 14. Cubierta de la vivienda

Para obtener los datos de radiación solar en el emplazamiento a partir de los cuales calcular la dimensión de la instalación existen varias fuentes disponibles.

En primer lugar, una forma de acceder a los datos de radiación solar en la localidad de Tudela o cualquier otra que se desee es a partir de la fuente PVGIS, disponible en internet para todo usuario.

| Month | Hh   | Hopt | H(20) | lopt | TD   |
|-------|------|------|-------|------|------|
| Jan   | 1840 | 3150 | 2660  | 64   | 8.2  |
| Feb   | 2820 | 4320 | 3800  | 57   | 9.3  |
| Mar   | 4440 | 5700 | 5330  | 45   | 12.7 |
| Apr   | 5250 | 5740 | 5730  | 29   | 15.0 |
| May   | 6300 | 6150 | 6440  | 15   | 19.3 |
| Jun   | 7170 | 6650 | 7120  | 8    | 24.0 |
| Jul   | 7470 | 7090 | 7530  | 12   | 26.4 |
| Aug   | 6460 | 6830 | 6930  | 24   | 26.3 |
| Sep   | 5030 | 6220 | 5910  | 40   | 22.6 |
| Oct   | 3440 | 4970 | 4460  | 53   | 18.6 |
| Nov   | 2120 | 3540 | 3020  | 62   | 12.1 |
| Dec   | 1600 | 2890 | 2400  | 66   | 8.3  |
| Year  | 4500 | 5280 | 5120  | 36   | 16.9 |

Donde;

Hh: Irradiation on horizontal plane (Wh/m<sup>2</sup>/day)

Hopt: Irradiation on optimally inclined plane (Wh/m<sup>2</sup>/day)

H(20): Irradiation on plane at angle: 20deg. (Wh/m<sup>2</sup>/day)

lopt: Optimal inclination (deg.)

TD: Average daytime temperature (°C)

Nos estima la inclinación óptima para la instalación de los paneles en 36°

Ilustración 15. Datos de radiación para localización Tudela. Fuente PVGIS

En nuestro caso, y para obtener datos más fiables que nos ayuden a dimensionar más estrictamente la instalación, recurrimos a meteonavarra. Obtenemos los datos diezminutales de radiación solar de los últimos 16 años de la estación más cercana al emplazamiento, lo cual nos ayudará a estimar una radiación media en un año típico bastante aproximado a la realidad.

De los 16 años descartamos totalmente los tres primeros, (1997, 1998 y 1999), en los que la estación tuvo problemas de funcionamiento y las series de datos son bastante malas.

En las trece siguientes series de datos referidas a los años (2000-2013) también encontramos algún fallo de medición, por lo que se someterán estos datos a una serie de filtrados para su corrección a partir de una tabla Excel.

|    | A               | B      | C         | D | E         | F         | G            | H            | I            | J            | K            | L            | M            | N            | O            | P            | Q            | R                          |
|----|-----------------|--------|-----------|---|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|
| 1  | AÑO             | AÑO    | AÑO       |   | 2000      | 2001      | 2002         | 2003         | 2004         | 2005         | 2006         | 2007         | 2008         | 2009         | 2010         | 2011         | 2012         | 2013                       |
| 2  | Fecha-hora      | MINUTO | NOCHE DIA |   | Radiación | Radiación | Radiación g/ | Radiación W/m <sup>2</sup> |
| 3  | 01/01/2000      | 0      | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,04         | 5,16         | 0            | 0            | 0            | 12,3         | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 4  | 01/01/2000 0:10 | 10     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,08         | 4,94         | 0            | 0            | 0            | 12,76        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 5  | 01/01/2000 0:20 | 20     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,39         | 4,7          | 0            | 0            | 0            | 12,68        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 6  | 01/01/2000 0:30 | 30     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,45         | 3,82         | 0            | 0            | 0            | 12,62        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 7  | 01/01/2000 0:40 | 40     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,46         | 3,1          | 0            | 0            | 0            | 12,29        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 8  | 01/01/2000 0:50 | 50     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,46         | 3,06         | 0            | 0            | 0            | 11,92        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 9  | 01/01/2000 1:00 | 0      | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,3          | 3,01         | 0            | 0            | 0            | 11,84        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 10 | 01/01/2000 1:10 | 10     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,46         | 3,05         | 0            | 0            | 0            | 11,67        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 11 | 01/01/2000 1:20 | 20     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,46         | 3,34         | 0            | 0            | 0            | 11,5         | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 12 | 01/01/2000 1:30 | 30     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,47         | 3,63         | 0            | 0            | 0            | 11,23        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 13 | 01/01/2000 1:40 | 40     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,43         | 3,32         | 0            | 0            | 0            | 11,64        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 14 | 01/01/2000 1:50 | 50     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,12         | 3,1          | 0            | 0            | 0            | 11,64        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 15 | 01/01/2000 2:00 | 0      | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,04         | 3,43         | 0            | 0            | 0            | 11,72        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 16 | 01/01/2000 2:10 | 10     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,26         | 3,44         | 0            | 0            | 0            | 11,65        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 17 | 01/01/2000 2:20 | 20     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,09         | 3,45         | 0            | 0            | 0            | 12,39        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 18 | 01/01/2000 2:30 | 30     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,05         | 3,45         | 0            | 0            | 0            | 12,37        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 19 | 01/01/2000 2:40 | 40     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,09         | 3,55         | 0            | 0            | 0            | 11,69        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 20 | 01/01/2000 2:50 | 50     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,06         | 3,44         | 0            | 0            | 0            | 12,21        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 21 | 01/01/2000 3:00 | 0      | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,05         | 3,36         | 0            | 0            | 0            | 12,11        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 22 | 01/01/2000 3:10 | 10     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,02         | 3,37         | 0            | 0            | 0            | 11,97        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 23 | 01/01/2000 3:20 | 20     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 2,76         | 3,43         | 0            | 0            | 0            | 12,27        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 24 | 01/01/2000 3:30 | 30     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,04         | 3,47         | 0            | 0            | 0            | 12,33        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 25 | 01/01/2000 3:40 | 40     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,1          | 3,45         | 0            | 0            | 0            | 12,58        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 26 | 01/01/2000 3:50 | 50     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,33         | 3,38         | 0            | 0            | 0            | 13,43        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 27 | 01/01/2000 4:00 | 0      | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,17         | 3,4          | 0            | 0            | 0            | 13,49        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 28 | 01/01/2000 4:10 | 10     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,03         | 3,45         | 0            | 0            | 0            | 13,15        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 29 | 01/01/2000 4:20 | 20     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,11         | 3,52         | 0            | 0            | 0            | 13,7         | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 30 | 01/01/2000 4:30 | 30     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,12         | 3,58         | 0            | 0            | 0            | 13,73        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 31 | 01/01/2000 4:40 | 40     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,06         | 3,63         | 0            | 0            | 0            | 13,65        | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 32 | 01/01/2000 4:50 | 50     | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,05         | 3,62         | 0            | 0            | 0            | 13,7         | 0            | 0            | 0            | 0                          |
| 33 | 01/01/2000 5:00 | 0      | NOCHE     |   | 0         | 0         | 0            | 0            | 3,06         | 3,63         | 3,68         | 0            | 0            | 13,74        | 0            | 0            | 0            | 0                          |

Ilustración 16. Datos diezminutales de radiación solar. Fuente meteonavarra

El primer filtro establece la condición de que durante la noche la radiación sea cero, ya que se encontraban algunos fallos de radiación distinta de cero durante la noche. El segundo filtro anulará los datos de radiación que durante el día tomen valor cero.

Con esto, obtenemos unos datos filtrados de la radiación en intervalos diezminutales. Estas series de datos las pasamos a intervalos horarios, que son los que nos servirán de utilidad.

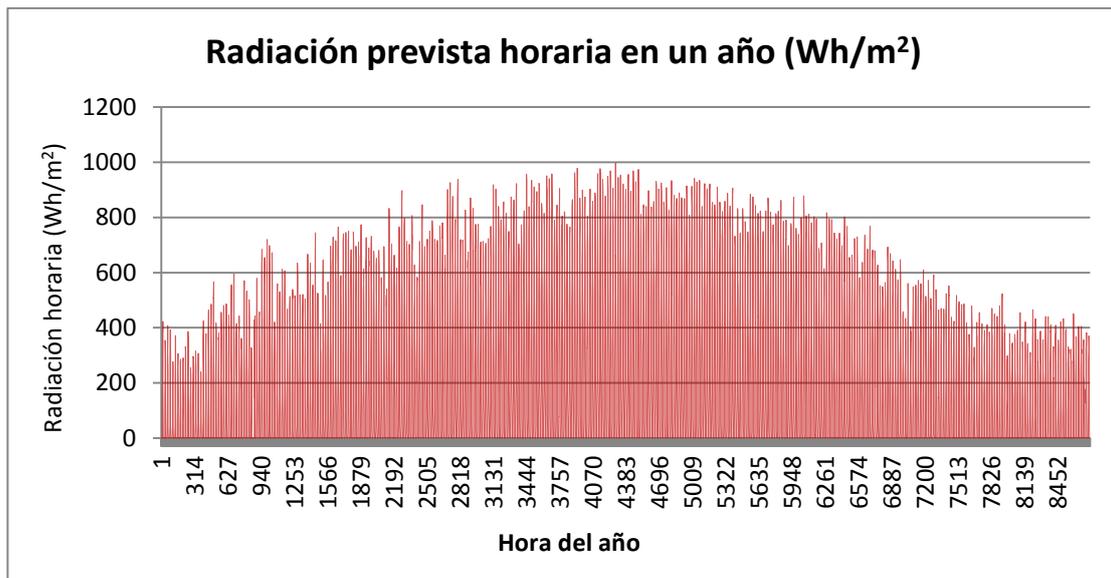


Ilustración 17. Datos horarios anuales (Wh/m<sup>2</sup>)

Por último, a partir de estos datos y mediante la tabla Excel obtenemos la radiación diaria media y la radiación diaria total para los distintos meses de un “año típico”.

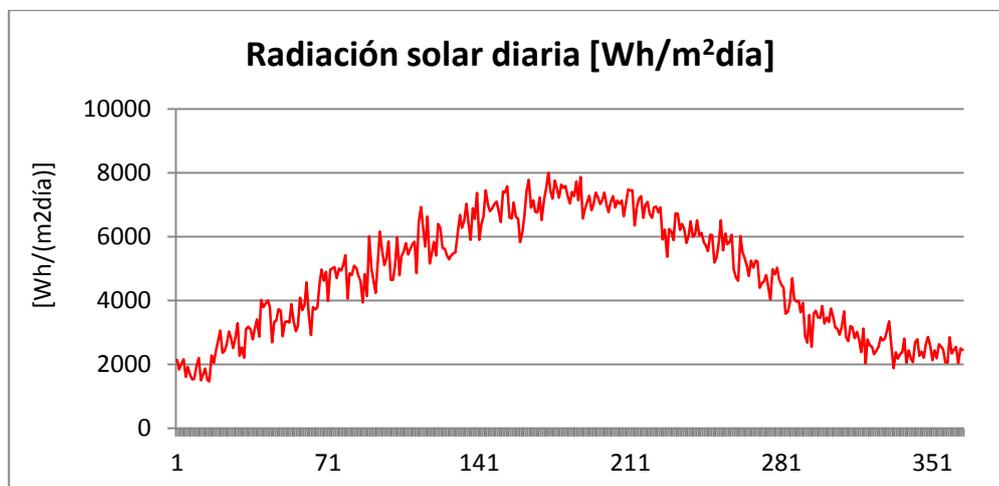


Ilustración 18. Radiación solar diaria (Wh/m<sup>2</sup>día) durante todo el año.

|                   | PROMEDIO RADIACIÓN DIARIA<br>(Wh/m <sup>2</sup> /día) | RADIACIÓN TOTAL<br>(kWh /m <sup>2</sup> /día) |
|-------------------|---|---|
| <b>ENERO</b>      | 2289,82   | 2,28  |
| <b>FEBRERO</b>    | 3242,66   | 3,24  |
| <b>MARZO</b>      | 4697,51   | 4,69  |
| <b>ABRIL</b>      | 5719,70   | 5,71  |
| <b>MAYO</b>       | 6560,08   | 6,56  |
| <b>JUNIO</b>      | 7423,04   | 7,42  |
| <b>JULIO</b>      | 7573,45   | 7,50  |
| <b>AGOSTO</b>     | 6892,37   | 6,89  |
| <b>SEPTIEMBRE</b> | 5835,20   | 5,83  |
| <b>OCTUBRE</b>    | 4323,02   | 4,32  |
| <b>NOVIEMBRE</b>  | 3051,36   | 3,05  |
| <b>DICIEMBRE</b>  | 2422,37   | 2,42  |

Ilustración 19. Radiación total (kWh/m<sup>2</sup>/día). Inclinación 20°

Observamos que los datos obtenidos mediante nuestros cálculos a partir de las series facilitadas por meteonavarra se asemejan bastante a los datos obtenidos mediante la fuente PVGIS.

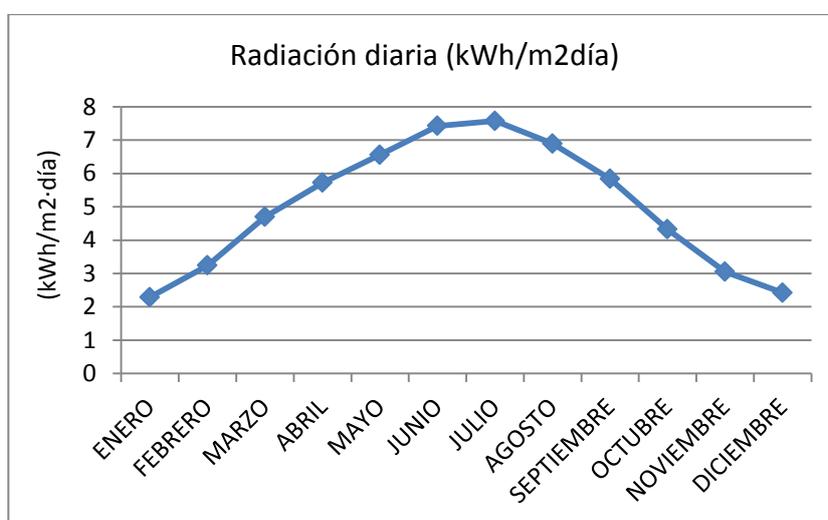


Ilustración 20. Gráfica radiación solar diaria (kWh/m<sup>2</sup>/día).

### 3. PREDIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA: MÉTODO 1

#### 3.1 Método de cálculo 1. Manual del proyectista.

##### 3.1.1 Aporte del sistema solar fotovoltaico

En la siguiente tabla se muestra el aporte mensual del sistema solar fotovoltaico que se requiere para suplir completamente la demanda de la vivienda.

| Mes     | En   | Fe   | Mar  | Ab   | Ma   | Jun  | Jul  | Ag   | Sep  | Oct  | Nov  | Di   | Media |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| kWh/día | 9,4  | 9,2  | 9,2  | 9,0  | 9,1  | 8,6  | 8,6  | 8,3  | 8,4  | 9,2  | 9,2  | 9,0  | 8,9   |
| Pmáx kW | 3,65 | 3,65 | 3,65 | 3,65 | 3,65 | 3,65 | 3,65 | 3,65 | 3,65 | 3,68 | 3,68 | 3,68 | 3,68  |

Tabla 8. Aporte del sistema solar fotovoltaico.

##### 3.1.2 Dimensionado del campo de paneles fotovoltaicos.

El criterio general es que los consumos queden garantizados durante el periodo de utilización de la instalación, es necesario tomar como base de cálculo de la instalación el mes más desfavorable. Se entiende como mes más desfavorables del periodo en estudio, aquel que el cociente entre la energía disponible por aporte solar y las necesidades de energía alcance el valor más pequeño. A continuación, se calcula el mes más desfavorable:

| Mes               | Energía disponible $R_p$<br>(kWh/m <sup>2</sup> /día) | Consumo de energía<br>$E_d$ (kWh/día) | Cociente    |
|-------------------|---|---------------------------------------|-------------|
| <b>Enero</b>      | 2,29  | 10,11                                 | 0,23        |
| <b>Febrero</b>    | 3,24  | 9,89                                  | 0,33        |
| <b>Marzo</b>      | 4,70  | 9,89                                  | 0,48        |
| <b>Abril</b>      | 5,72  | 9,68                                  | 0,59        |
| <b>Mayo</b>       | 6,56  | 9,78                                  | 0,67        |
| <b>Junio</b>      | 7,42  | 9,25                                  | 0,80        |
| <b>Julio</b>      | 7,57  | 9,25                                  | 0,82        |
| <b>Agosto</b>     | 6,89  | 8,92                                  | 0,77        |
| <b>Septiembre</b> | 5,84  | 9,03                                  | 0,65        |
| <b>Octubre</b>    | 4,32  | 9,89                                  | 0,44        |
| <b>Noviembre</b>  | 3,05  | 9,89                                  | 0,31        |
| <b>Diciembre</b>  | 2,42  | 9,68                                  | 0,25        |
| <b>Anual</b>      | <b>5,00</b>   | <b>9,57</b>                           | <b>0,52</b> |

Tabla 9. Obtención del mes más desfavorable

$E_d$  [kWh/día] = consumo vivienda /rendimiento inversor y regulador

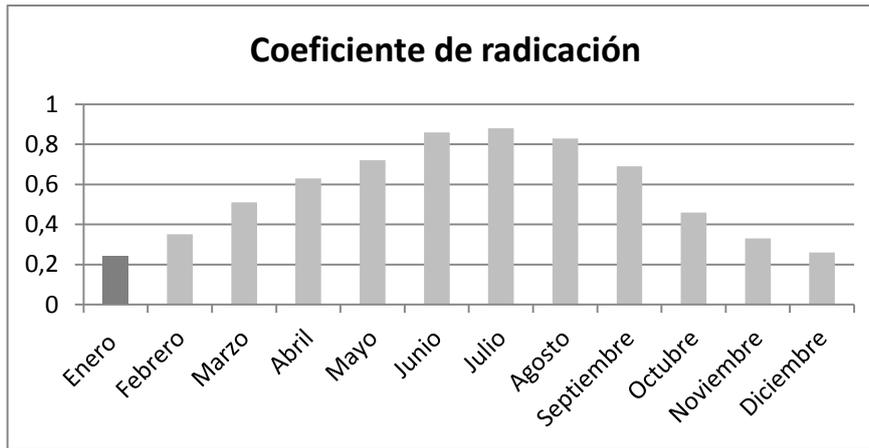


Ilustración 21. Gráfica coeficiente de radiación (mes más desfavorable)

La instalación se dimensionará para el cociente más bajo, es decir, para el mes más desfavorable, que en este caso se corresponde con enero.

Cálculo de la potencia pico del campo generador,  $P_{PGENERADOR}$ ; potencia máxima en kW que puede entregar el campo fotovoltaico en las Condiciones Estándar de Medida (CEM):

$$P_{PGENERADOR} = \frac{E_d}{\eta_{panel} \cdot HSP_{19}}$$

Donde;

$P_{PGENERADOR}$ : potencia pico del campo generador en condiciones estándar de medida, en kW

$\eta_{panel}$  rendimiento medio del panel fotovoltaico

$HSP_{\beta}$  Horas Pico Solar para el ángulo de inclinación

$E_d$  energía media diaria consumida en kWh/día

$$P_{PGENERADOR} = \frac{9,57 \text{ kWh/día}}{0,9 \cdot 2,3} = 4,62 \text{ kW}$$

El número de paneles fotovoltaico vendrá dado por la siguiente expresión:

$$N^{\circ}_{PANELES} = \text{Parte entera} \left( \frac{P_{PGENERADOR}}{P_{PPANEL}} \right) + 1$$

Donde;

$P_{PGENERADOR}$  Potencia pico del campo de paneles fotovoltaico en kW

$P_{PPANEL}$  Potencia pico del panel fotovoltaico en kW en Condiciones Estándar de Medida

$$N^{\circ}_{PANELES} = \left( \frac{4,62 \text{ kW}}{0,260 \text{ kW}} \right) + 1 = 18 \text{ paneles}$$

Los módulos fotovoltaicos se agrupan en ramas o baterías fotovoltaicas, dentro de las cuales los módulos se conectan en serie o en asociaciones serie-paralelo. Por otra parte, las ramas o baterías se conectan en paralelo para formar el campo generador.

Por lo tanto, una vez calculado el número de paneles fotovoltaicos, puede resultar válida la siguiente aproximación para calcular el número de ramas y paneles por rama fotovoltaica.

$$N^{\circ}_{PANELESRAMA} = \frac{V_N}{V_{NPANEL}}$$

Donde;

$V_N$  Tensión nominal de la instalación en Voltios

$V_{NPANEL}$  Tensión nominal de los paneles en Voltios

$$N^{\circ}_{PANELESRAMA} = \frac{48V}{24V} = 2 \text{ paneles}$$

Número de ramas fotovoltaicas:

$$N^{\circ}_{RAMASFV} = \frac{N^{\circ}_{PANELES}}{N^{\circ}_{PANELESRAMAS}} = \frac{18}{2} = 9 \text{ paneles}$$

Así pues, según este criterio, la instalación fotovoltaica dispondría de 9 filas de 2 paneles (potencia 260W) cada una.

### 3.1.2.1 Descripción de los elementos

#### Módulo fotovoltaico

El módulo que vamos a seleccionar para nuestra instalación corresponde a la marca atersa, del grupo elecnor. En su catálogo, observamos diferentes modelos con distintas características en función de su potencia pico. En nuestro caso, escogemos el panel con una potencia de 260 W.

Características del módulo fotovoltaico:

| Características eléctricas                     |                                 |
|--|---------------------------------|
| Potencia Máxima (P <sub>max</sub> )            | 260 W                           |
| Tensión Máxima Potencia (V <sub>mp</sub> )     | 31.62 V                         |
| Corriente Máxima Potencia (I <sub>mp</sub> )   | 8.28 A                          |
| Tensión de Circuito Abierto (V <sub>oc</sub> ) | 39.60 V                         |
| Corriente en Cortocircuito (I <sub>sc</sub> )  | 8.67 A                          |
| Eficiencia del Módulo (%)                      | 15.95                           |
| Tolerancia de Potencia (W)                     | 0/+5                            |
| Máxima Serie de Fusibles (A)                   | 15                              |
| Máxima Tensión del Sistema                     | DC 1000 V (IEC) / DC 600 V (UL) |
| Temperatura de Funcionamiento Normal de la Cél | 46±3                            |

Ilustración 22. Características eléctricas del módulo seleccionado

#### Estructura soporte

En el caso de la estructura soporte, elegimos la más sencilla, formada por unos railes y con la cual los módulos tendrán la misma inclinación que el tejado. Sistema coplanar básico de la marca supports.



Ilustración 23. Estructura soporte fija "sistema coplanar básico" de Supports

### 3.1.2.2 Orientación y sombras

Una vez conocido el número de módulos necesarios, estudiaremos la adaptación de los mismos en el espacio disponible.

Deberá considerarse la orientación e inclinación de los módulos, posibles sombras, distancia mínima entre módulos y el anclaje de los mismos a la estructura del edificio.

La orientación de la instalación será siempre sur, ya que es la única manera de aprovechar al máximo la radiación anual. Esta situación podría variarse por circunstancias especiales, como sombreados, falta de espacio,...

La inclinación dependerá de la utilización de la instalación:

- 20° mayor que la latitud para utilización principalmente en invierno.
- 10° mayor que la latitud para utilización a lo largo de todo el año.
- 10° menor que la latitud para utilizaciones principalmente en primavera y verano.

La instalación fotovoltaica desarrollada en este proyecto constará de la misma inclinación que la cubierta de la vivienda, es decir, 20°. Sin dispositivo de seguimiento solar, para abaratar los costes. Además se instalará en la cara de la cubierta con orientación sur.

Al estar colocados los módulos fotovoltaicos directamente sobre la cubierta de la vivienda, no se sombrearán entre ellos. Por ello podrán colocarse sin guardar una distancia mínima entre ellos.

### 3.1.2.3 Días de autonomía

La siguiente tabla proporcionada por CENSOLAR en la que se establecen las medias de los días nublados, sirve de ayuda para confirmar que la estimación de los días de autonomía es correcta.

| Provincia   | Máximo | Mínimo | Normal | Provincia     | Máximo | Mínimo | Normal |
|-------------|--------|--------|--------|---------------|--------|--------|--------|
| Álava       | 25     | 20     | 15     | León          | 23     | 18     | 14     |
| Albacete    | 19     | 15     | 11     | Lérida        | 23     | 18     | 14     |
| Alicante    | 16     | 13     | 10     | Lugo          | 24     | 19     | 14     |
| Almería     | 15     | 12     | 9      | Madrid        | 20     | 16     | 12     |
| Asturias    | 24     | 19     | 14     | Málaga        | 15     | 12     | 9      |
| Ávila       | 22     | 18     | 13     | Melilla       | 13     | 10     | 8      |
| Badajoz     | 20     | 16     | 12     | Murcia        | 15     | 12     | 9      |
| Baleares    | 19     | 15     | 11     | Navarra       | 24     | 19     | 14     |
| Barcelona   | 20     | 16     | 12     | Orense        | 24     | 19     | 14     |
| Burgos      | 24     | 19     | 14     | Palencia      | 24     | 19     | 14     |
| Cáceres     | 19     | 15     | 11     | Las Palmas    | 8      | 6      | 5      |
| Cádiz       | 16     | 13     | 10     | Pontevedra    | 21     | 17     | 13     |
| Cantabria   | 24     | 19     | 14     | La Rioja      | 23     | 18     | 14     |
| Castellón   | 17     | 14     | 10     | Salamanca     | 22     | 18     | 13     |
| Ceuta       | 13     | 10     | 8      | Sta. Tenerife | 12     | 10     | 7      |
| Ciudad Real | 19     | 15     | 11     | Segovia       | 22     | 18     | 13     |
| Córdoba     | 18     | 14     | 11     | Sevilla       | 18     | 14     | 11     |
| La Coruña   | 22     | 18     | 13     | Soria         | 21     | 17     | 13     |
| Cuenca      | 21     | 17     | 13     | Tarragona     | 19     | 15     | 11     |
| Gerona      | 19     | 15     | 11     | Teruel        | 22     | 18     | 13     |
| Granada     | 17     | 14     | 10     | Toledo        | 21     | 17     | 13     |
| Guadalajara | 21     | 17     | 13     | Valencia      | 19     | 15     | 11     |
| Guipúzcoa   | 23     | 18     | 14     | Valladolid    | 25     | 20     | 15     |
| Huelva      | 16     | 13     | 10     | Vizcaya       | 24     | 19     | 14     |
| Huesca      | 22     | 18     | 13     | Zamora        | 24     | 19     | 14     |
| Jaén        | 19     | 15     | 11     | Zaragoza      | 21     | 17     | 13     |

*Ilustración 22. Días de autonomía por provincias*

Como se puede observar en Navarra, al año normalmente se tienen unos 14 días nublados. Si estos 14 días se dividen entre los tres meses más desfavorables como son Diciembre, Enero y Febrero, se obtienen los 4-5 días de autonomía que se ha elegido para la instalación.

### 3.1.3 Dimensionado y diseño del resto de componentes y equipos

#### 3.1.3.1 Sistema de acumulación o de baterías

Para dimensionar el sistema acumulador hay que tener en cuenta tanto los parámetros nominales de la batería como las condiciones de funcionamiento de la instalación.

Parámetros nominales: Capacidad nominal  $C_n$ , profundidad de descarga PD y capacidad útil  $C_u$ .

Dimensionamos el campo de baterías:

- La capacidad disponible útil del campo de baterías  $C_u$  tiene que asegurar que satisface las necesidades diarias de consumo para el número de días de autonomía establecido. Por cuestiones de seguridad puede aumentarse esa capacidad en un 10%:

$$C_u = 1,1 \cdot E_d \cdot A \text{ (Wh)}$$

- La capacidad se expresa normalmente en Ah, por lo que habrá que dividir el valor en Wh por la tensión nominal de la instalación ( $V_n$ ):

$$C_u = \frac{1,1 \cdot E_d \cdot A}{V_n} (Ah)$$

- La capacidad nominal  $C_n$  del campo de baterías se calcula a partir de la capacidad disponible  $C_u$  en función de la profundidad de descarga máxima permitida  $PD_{max}$

$$C_n = \frac{C_u}{PD_{max}} = \frac{1,1 \cdot E_d \cdot A}{PD_{max} \cdot V_n} (Ah)$$

Donde;

|                    |  |
|--------------------|--|
| $C_n$              | Capacidad nominal (Ah)                             |
| $E_d$              | Consumo medio diario de la instalación en Wh/día   |
| $A$                | Número de días de autonomía de la instalación      |
| $PD_{m\acute{a}x}$ | Profundidad de descarga máxima de la batería = 0,7 |
| $V_n$              | tensión nominal de la instalación                  |

$$C_n = \frac{C_u}{PD_{max}} = \frac{1,1 \cdot 9570 \cdot 4}{0,7 \cdot 48} = 1253,48 Ah$$

- Es necesario imponer una restricción en el tamaño o capacidad del sistema acumulador con el fin de evitar que las corrientes de carga resulten excesivamente bajas para el tipo de baterías escogido. Así pues, la capacidad total del sistema de baterías deberá encontrarse en el siguiente intervalo:

$$\frac{1,1 \cdot E_d \cdot A}{PD_{max} \cdot V_n} \leq C_n \leq 25 \cdot I_{CC\_GENERADOR}$$

Donde;

|                     |  |
|---------------------|--|
| $I_{CC\_GENERADOR}$ | corriente de cortocircuito del sistema generador, que vendrá dado por el número de ramas de paneles fotovoltaicos conectados en paralelo y la corriente de cortocircuito en CEM de los paneles |
|---------------------|--|

$$I_{CC\_GENERADOR} = I_{CC\_PANEL} \cdot N_{RAMAS}$$

Por lo tanto;

$$I_{CC\_GENERADOR} = 8,67A \cdot 9 \text{ ramas} = 78 A$$

$$1253,48 \leq 25 \cdot I_{CC\_GENERADOR}$$

$$1253,48 \leq 1950 \text{ Se cumple}$$

- Los acumuladores se conectan entre sí, de forma que la tensión del campo de batería sea la de diseño del campo generador. Las baterías pueden formar grupos de baterías, de forma que dentro de cada grupo se conecten en serie, mientras que los grupos se conectan en paralelo. El número de baterías que forman cada grupo es:

$$N^{\circ} \text{baterías serie} = \frac{V_n}{V_{n_{\text{batería}}}}$$

Donde;

$V_n$  tensión nominal de la instalación en Voltios

$V_{n_{\text{batería}}}$  tensión nominal de las baterías en Voltios

$$N^{\circ} \text{baterías serie} = \frac{48V}{2V} = 24$$

Por lo tanto, el número total de baterías necesario será:

$$24 \text{ en serie} \times 1 \text{ grupo} = 24 \text{ acumuladores}$$

*La batería seleccionada para las condiciones establecidas considerando 4 días de autonomía de diseño de la instalación es la 11 OPzS 1100 del fabricante ENERSYS.*

| Nombre              | Fabricante     | Página web   | Tecnología      | Tensión<br>n<br>nomina<br>l | Terminales | Capacidad<br>Nominal<br>C10 | Precio        |
|---------------------|----------------|--|-----------------|-----------------------------|------------|-----------------------------|---------------|
| 8 OPzS 800          | ENERSYS        | <a href="http://www.enersys.com">www.enersys.com</a> | Pb-ácido        | 2                           | 4          | 880                         | 345,33        |
| 9 OPzS 900          | ENERSYS        | <a href="http://www.enersys.com">www.enersys.com</a> | Pb-ácido        | 2                           | 4          | 1040                        | 395,5         |
| 10 OPzS 1000        | ENERSYS        | <a href="http://www.enersys.com">www.enersys.com</a> | Pb-ácido        | 2                           | 4          | 1100                        | 407,03        |
| <b>11 OPzS 1100</b> | <b>ENERSYS</b> | <a href="http://www.enersys.com">www.enersys.com</a> | <b>Pb-ácido</b> | <b>2</b>                    | <b>4</b>   | <b>1260</b>                 | <b>433,21</b> |
| 12 OPzS 1200        | ENERSYS        | <a href="http://www.enersys.com">www.enersys.com</a> | Pb-ácido        | 2                           | 4          | 1320                        | 453,96        |

Ilustración 23. Gama baterías OPzS

### 3.1.3.2 Sistema de regulación

Una vez que conocemos el número de módulos fotovoltaicos y la capacidad de acumulación de las baterías, elegiremos el regulador que más se adapte al resto de los parámetros eléctricos de los componentes de la instalación.

El regulador cumplirá las siguientes funciones:

- Proteger la batería frente a la sobrecarga y la sobredescarga.
- Disponer de alarmas de baja carga de la batería y de aumento de la carga manuales y que se activen automáticamente cuando se alcancen los valores de consigna.
- Reconexión automática o manual.

Los principales requisitos que deberá cumplir el regulador serán:

- Tensión máxima del regulador:

$$V_{m\acute{a}x} = 1,1 \cdot V_{circabierto}$$

Donde;

$V_{m\acute{a}x}$             tensión máxima del regulador (V)

$V_{circabierto}$     tensión en circuito abierto del sistema (V).

$$V_{circabierto} = N_{panserie} \cdot V_{oc\ modulo} = 2 \cdot 39,60 = 79,2V$$

$$V_{m\acute{a}x} = 1,1 \cdot 79,2 = 87,12V$$

- Intensidad nominal del interruptor de conexión y desconexión de la corriente eléctrica desde el generador fotovoltaico hacia baterías:

$$I_{regulador} = 1,1 \cdot I_{cc}$$

Donde;

$I_{regulador}$         Intensidad nominal del interruptor de conexión (A)

$I_{cc}$                 Intensidad de cortocircuito del sistema fotovoltaico (A)

$$I_{cc} = N_{paralelo} \cdot I_{CC\ modulo} = 9 \cdot 8,67A = 78,03A$$

$$I_{regulador} = 1,1 \cdot 78,03A = 85 A$$

*Seleccionamos para la instalación el regulador LEO3 150/48, del grupo atersa.*

### 3.1.3.3 Sistema de adaptación al suministro

La elección del inversor se realizará, al igual que la del regulador, una vez conocido el número de módulos fotovoltaicos y de acumuladores.

Parámetros a tener en cuenta:

- Tensión nominal de entrada. El inversor debe ser capaz de transformar distintas tensiones, ya que la tensión de entrada no siempre va a corresponder con un valor fijo.
- Potencia nominal.
- Potencia máxima del inversor:

$$P_{\text{inversor}} = 1,25 \cdot P_{\text{máxinstantánea}}$$

Donde;

$P_{\text{máxinstantánea}}$  Potencia máxima instantánea (W). Calculada en el Excel consumo de cargas.

$P_{\text{inversor}}$  Potencia máxima del inversor (W)

$$P_{\text{inversor}} = 1,25 \cdot 3682 = 4602,5 \text{ W}$$

Se selecciona el inversor 3,68 TL del fabricante Ingeteam.

| Sector                | Nombre Completo | DESCRIPCIÓN |  | SALIDA AC            |             | ENTRADA AC (generador)             |                                | ENTRADA DC (Fotovoltaica) |                                | Entrada Baterías            |                          | PRECIO |                                  |
|-----------------------|-----------------|-------------|--|----------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------|----------------------------------|
|                       |                 | Fabricante  | Página Web   | Potencia salida (AC) | Rendimiento | Potencia de FV recomendada /máxima | Rango de tensión de entrada AC | Corriente máxima entrada  | Rango de tensión de entrada DC | Corriente máxima entrada DC | Rango de tensión nominal |        | Intensidad máxima carga/descarga |
| Inversor Fotovoltaicc | 3,3 TL          | Ingeteam    | <a href="http://www.ingeteam.es">www.ingeteam.es</a> | 3,63                 | 96,8        | 3,8 - 4,3                          | x                              | x                         | 100 - 550                      | 22                          | x                        | x      | 1269                             |
| Inversor Fotovoltaicc | 3,68 TL         | Ingeteam    | <a href="http://www.ingeteam.es">www.ingeteam.es</a> | 3,68                 | 96,8        | 3,9 - 4,8                          | x                              | x                         | 100 - 550                      | 22                          | x                        | x      | 1269                             |
| Inversor Fotovoltaicc | 4,6 TL          | Ingeteam    | <a href="http://www.ingeteam.es">www.ingeteam.es</a> | 5,00                 | 97          | 5,2 - 6                            | x                              | x                         | 100 - 550                      | 33                          | x                        | x      | 1429                             |
| Inversor Fotovoltaicc | 5 TL            | Ingeteam    | <a href="http://www.ingeteam.es">www.ingeteam.es</a> | 5,50                 | 97          | 5,7 - 6,5                          | x                              | x                         | 100 - 550                      | 33                          | x                        | x      | 1599                             |
| Inversor Fotovoltaicc | 6 TL            | Ingeteam    | <a href="http://www.ingeteam.es">www.ingeteam.es</a> | 6,00                 | 97          | 6,3 - 7                            | x                              | x                         | 100 - 550                      | 33                          | x                        | x      | 1649                             |

### 3.1.4 Solución adoptada método de cálculo 1.

A partir del método de cálculo 1, apoyado en el manual del proyectista de instalaciones fotovoltaicas, la opción más válida para suplir la demanda de la vivienda unifamiliar objeto es la combinación de 18 paneles fotovoltaicos de 260 W, en nueve ramas de dos paneles cada una. Un grupo de veinticuatro baterías de 2V de tensión, conectadas todas en serie para alcanzar los 48 V de la instalación y con una capacidad de 1200Ah. El regulador seleccionado, de la marca Atersa, de tensión también 48 V. Por último, se selecciona un inversor de la casa Ingeteam.

|                     | Nº total | Serie | Paralelo | Valor | Modelo         |
|---------------------|----------|-------|----------|-------|----------------|
| Módulo fotovoltaico | 18       | 2     | 9        | 260W  | Atersa 260 W   |
| Baterías            | 24       | 24    | 1        | 2V    | Hoppecke 8Opzs |
| Regulador           | 1        |       |          | 48V   | Atersa. LEO3   |
| Inversor            | 1        |       |          |       | Ingeteam       |

Tabla 10. Resumen resultado primer cálculo

### 3.2 Método de cálculo 2. Estimación de la producción horaria.

El segundo método de cálculo, más estricto y que nos servirá para contrastar los resultados con los del método anterior, será estimar la producción para cada hora del año en función del número de paneles, basándonos en los datos de radiación global horaria y la temperatura ambiente registrados por la estación meteorológica más próxima a la localidad de Tudela en los últimos diez años.

Los datos de radiación global sobre plano horizontal y los datos de temperatura ambiente para cada hora del año son proporcionados por la Web de meteorología y climatología de Navarra.

A partir de ellos, una vez filtrados, desarrollamos los siguientes cálculos para desglosar la radiación global en radiación directa y difusa.

**Cálculo de la hora solar:** en el mediodía solar el sol pasa por el meridiano del observador.

$$H_s = H_{est} + 4(l_{mest} - l_{mlocal}) + E - (60 \text{ ó } 120 \text{ minutos})$$

Donde;

$H_s$  Hora solar

$H_{est}$  hora local o de reloj

$l_{mest}$  y  $l_{mlocal}$  longitudes del meridiano estándar y local, en dirección oeste.

$$E = 229,2(0,000075 + 0,001868\cos B - 0,032077\sen B - 0,014615\cos 2B - 0,04089\sen 2B)$$

$$B = (n - 1) \frac{360}{365}$$

**Ángulo horario:** El ángulo horario es el ángulo formado entre el sol y el meridiano del lugar. Se toma como origen del ángulo el mediodía solar, por lo que, hasta el mediodía el ángulo horario toma valores negativos, mientras que a partir de este toma valores positivos. Cada 24 horas se recorren 360°, por lo que cada hora representa 15°.

**Declinación solar:** La Tierra rota sobre si misma alrededor de su eje polar, el cual es perpendicular al plano ecuatorial terrestre. El eje polar no es perpendicular al plano de la elíptica de translación de la tierra, sino que forma un ángulo de 23,45° con él. Este ángulo permanece constante a lo largo del año, sin embargo, el ángulo que forma el plano ecuatorial y la línea que une a la Tierra y el Sol es variable a lo largo del año.

Se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$\delta = 23,45 \operatorname{sen}\left(360 \frac{284 + n}{365}\right)$$

**Ángulo de cenit:** ángulo formado por el vector sol y la vertical del lugar.

**Ángulo de incidencia** para un plano inclinado orientado al sur, como este caso:

$$\cos\theta = \cos\delta \cos(\phi - \beta) \cos\omega + \operatorname{sen}\delta \operatorname{sen}(\phi - \beta)$$

Irradiancia solar extraterrestre sobre plano normal ( $G_{0n}$ ):

$$G_{0n} = f_c \cdot G_{SC} \text{ (W/m}^2\text{)}$$

$$f_c = \left(1 + 0,033 \cos \frac{360n}{365}\right)$$

La radiación horaria es la integral de la irradiancia a lo largo de una hora. Como  $G_0$  es la irradiancia media a lo largo de esa hora utilizaremos la siguiente aproximación en el cálculo de  $I_0$ :

$$I_0 = G_0 \cdot t$$

Índice de claridad

$$K_T = \frac{I}{I_0}$$

Estimación de la **radiación difusa** horaria a partir de la global:

|                          |                                    |
|--------------------------|------------------------------------|
| $0 \leq k_t \leq 0.3$    | $\frac{I_d}{I} = 1.020 - 0.248k_t$ |
| $0,3 \leq k_t \leq 0.78$ | $\frac{I_d}{I} = 1.45 - 1.67k_t$   |
| $0,78 \leq k_t$          | $\frac{I_d}{I} = 0.147$            |

**Radiación directa:**

$$I_b = I - I_d$$

### Modelo de cielo anisotrópico de Perez

Una vez tenemos la radiación descompuesta en directa y difusa, calculamos de nuevo la radiación global pero en este caso para la inclinación dada, a partir del método de Perez, para cielo anisotrópico.

Los modelos de cielo anisotrópico diferencian tres zonas de radiación difusa radiando con diferente intensidad.

Fundamentos del modelo con cielo anisotrópico de Perez:

- Bóveda celeste con tres zonas de distinta radiancia.
- Parametrización del tipo de cielo (brillo, claridad y ángulo de cenit).
- Ajuste estadístico para la obtención de coeficientes.

Radiación difusa:

$$I_{dr} = I_d \left[ (1 - F_1) \left( \frac{1 + \cos\beta}{2} \right) + F_1 \frac{a}{b} + F_2 \sin\beta \right]$$

Parámetros:

**Claridad**

$$\varepsilon = \frac{\frac{I_d + I_{bn}}{I_d} + 5,535 \cdot 10^{-6} \theta_z^3}{1 + 5,535 \cdot 10^{-6} \theta_z^3}$$

**Brillo**

$$\Delta = m \frac{I_d}{I_{0n}}$$

$$a = \max[0, \cos\theta]$$

$$b = \max[\cos 85, \cos\theta_z]$$

Coefficientes estadísticos

| Rango de $\epsilon$ | $f_{11}$ | $f_{12}$ | $f_{13}$ | $f_{21}$ | $f_{22}$ | $f_{23}$ |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0-1.065             | -0.196   | 1.084    | -0.006   | -0.114   | 0.180    | -0.019   |
| 1.065-1.230         | 0.236    | 0.519    | -0.180   | -0.011   | 0.020    | -0.038   |
| 1.230-1.500         | 0.454    | 0.321    | -0.255   | 0.072    | -0.098   | -0.046   |
| 1.500-1.950         | 0.866    | -0.381   | -0.375   | 0.203    | -0.403   | -0.049   |
| 1.950-2.800         | 1.026    | -0.711   | -0.426   | 0.273    | -0.602   | -0.061   |
| 2.800-4.500         | 0.978    | -0.986   | -0.350   | 0.280    | -0.915   | -0.024   |
| 4.500-6.200         | 0.748    | -0.913   | -0.236   | 0.173    | -1.045   | 0.065    |
| 6.200-↑             | 0.318    | -0.757   | 0.103    | 0.062    | -1.698   | 0.236    |

$$F_1 = \max\left[0, \left(f_{11} + f_{12} \cdot \Delta + \frac{\pi \cdot \theta_z}{180} \cdot f_{13}\right)\right]$$

$$F_2 = f_{21} + f_{22} \cdot \Delta + \frac{\pi \cdot \theta_z}{180} \cdot f_{23}$$

Expresión para el cálculo de la radiación global sobre plano inclinado:

$$I_T = I_b \cdot \frac{\cos\theta}{\cos\theta_z} + I_{dT} + I \cdot \rho_g \left(\frac{1-\cos\beta}{2}\right)$$

A partir del modelo anisotrópico de Perez determinamos la radiación sobre un plano inclinado 19°, latitud 42,083 y orientación sur en el emplazamiento determinado.



Una vez conocemos la radiación horaria sobre plano inclinado en [W/m<sup>2</sup>] prevista para todo un año típico (construido a partir de los datos de los últimos 13 años) y la

temperatura ambiente también prevista gracias a los datos registrados de los últimos 13 años en el emplazamiento deseado, estudiaremos el comportamiento del panel fotovoltaico que queremos incorporar para las distintas condiciones de irradiancia y temperatura de la célula.

Para ello aplicamos la norma **UNE-EN 60891**, “*Procedimiento de corrección con la temperatura y la irradiancia de la característica I-V de dispositivos fotovoltaicos de silicio cristalino.*”

Cuando se adquieren células y paneles solares es importante conocer la potencia pico que son capaces de generar en condiciones estándar de medida CEM. Es fundamental, para poder convertir los valores de una curva intensidad-tensión (I-V) para una determinada irradiancia (G), y temperatura de la célula (T), en los correspondientes para otras condiciones, conocer los coeficientes que vemos a continuación:

### **DATOS DEL PANEL**

Nombre: A-260P GSE

#### Características eléctricas

|                             |                 |
|-----------------------------|-----------------|
| Potencia máxima             | $P_{\max}$ 260W |
| Tensión Máxima Potencia     | $V_{mp}$ 31,62V |
| Corriente Máxima Potencia   | $I_{mp}$ 8,28 A |
| Tensión de Circuito Abierto | $V_{oc}$ 39,60V |
| Corriente de Cortocircuito  | $I_{sc}$ 8,67A  |
| Eficiencia del módulo       | 15,95%          |

Temperatura de Funcionamiento Normal de Célula  $46 \pm 3$

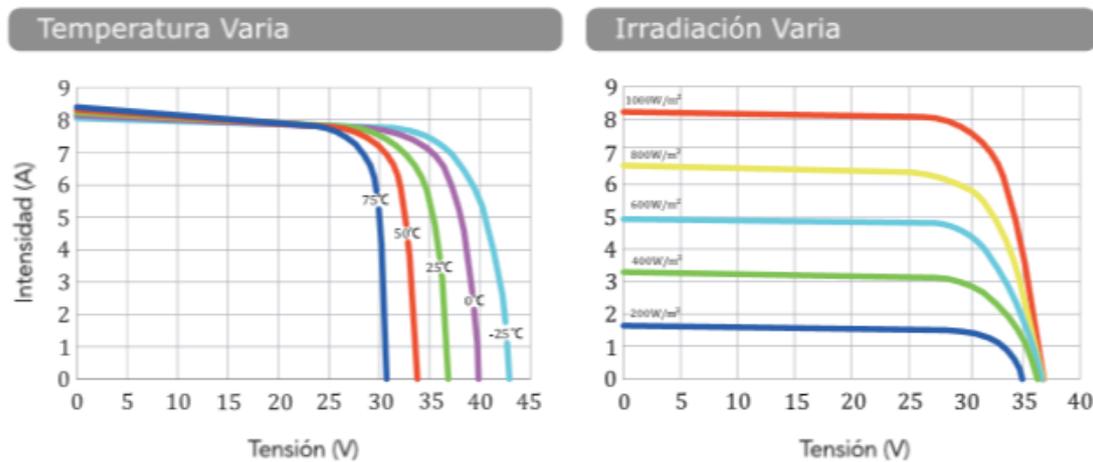
\*Características eléctricas medidas en condiciones estándar de medida, definidas como irradiancia  $1000\text{W}/\text{m}^2$ , espectro AM 1.5, y temperatura  $25\text{ }^\circ\text{C}$ .

## Especificaciones mecánicas

|                     |                                 |
|---------------------|---------------------------------|
| Dimensiones         | 1638 x 995 x 40 mm              |
| Superficie exterior | 1,62981m <sup>2</sup>           |
| Peso                | 18,7 kg                         |
| Células             | 60 células (6x10)/ 156 x 156 mm |

## Características de temperatura

|   |              |                       |
|---|--------------|-----------------------|
| Coefficiente de temperatura de I <sub>sc</sub>  | 0,07%/°C     | alpha 0,006069 [A/°C] |
| Coefficiente de temperatura de V <sub>oc</sub>  | -0,33%/°C    | beta -0,13068 [V/°C]  |
| Coefficiente de temperatura de P <sub>max</sub> | -0,43%/°C    |                       |
| Temperatura de Funcionamiento                   | -40 a + 85°C |                       |



Según la norma UNE-EN 60891 las ecuaciones de cambio, desde unas condiciones definidas por una temperatura de célula T<sub>1</sub> y una irradiancia G<sub>1</sub> a otras definidas por T<sub>2</sub> Y G<sub>2</sub> son:

$$I_2 = I_1 + I_{1sc} \cdot \left( \frac{G_2 - G_1}{G_1} \right) + \alpha \cdot (T_2 - T_1)$$

$$V_2 = V_1 - R_s \cdot (I_2 - I_1) - K \cdot I_2 \cdot (T_2 - T_1) + \beta \cdot (T_2 - T_1)$$

Dónde:

$$\frac{T_x - T_{ax}}{G_x} \approx 31,25 * 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}/(\text{W}/\text{m}^2)$$

k (parámetro de ajuste): la propia UNE-EN 60891 indica que este parámetro está en torno a 1,25 mΩ/°C.

A partir de la intensidad y la tensión del panel para cada hora del año en el punto de irradiancia y temperatura 2, calculamos la potencia horaria prevista de un año por nuestra instalación fotovoltaica en [W/m<sup>2</sup>]

$$\text{Potencia} = V(\text{V}) \cdot I(\text{A}) \cdot \frac{1}{\text{sup panel}(\text{m}^2)} = \text{W}/\text{m}^2$$

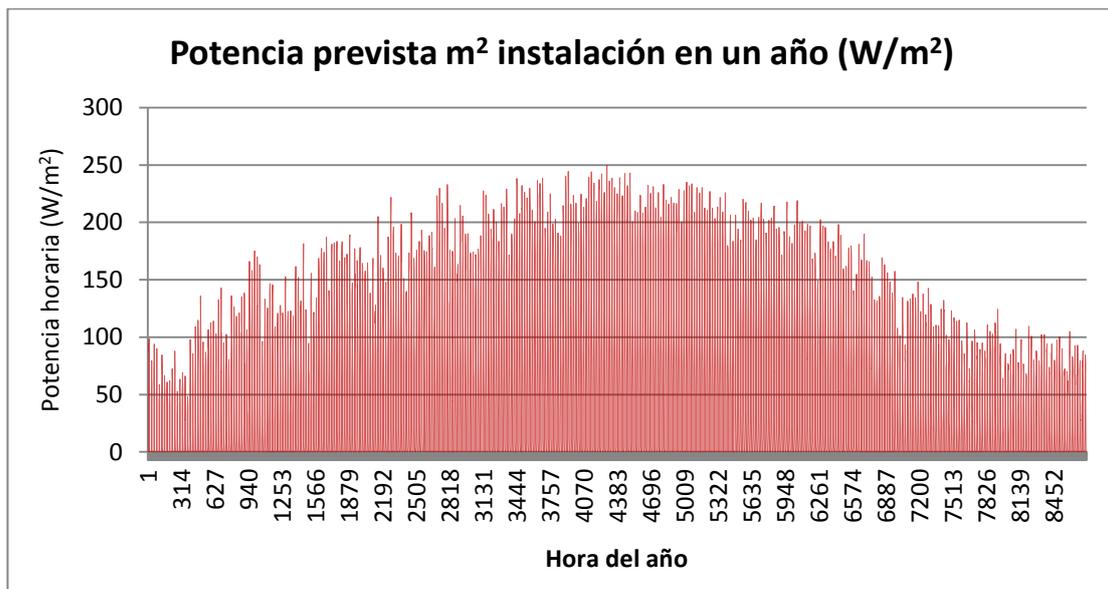


Ilustración 24. Gráfica potencia horaria prevista por m<sup>2</sup> de la instalación

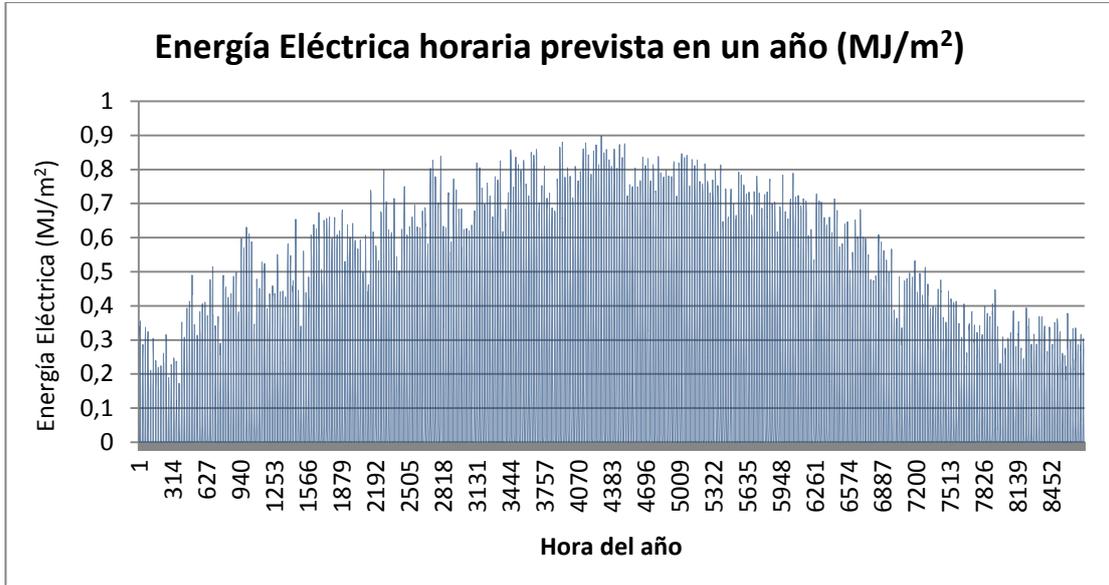


Ilustración 25. Gráfica Energía Eléctrica horaria prevista por m<sup>2</sup> de la instalación

A partir de la energía que es capaz de aprovechar el panel por metro cuadrado y conociendo la radiación solar que llega a ese metro cuadrado (J/m<sup>2</sup>), obtenemos una eficiencia de panel de en torno al 11,5%.

$$\text{Eficiencia panel (\%)} = \frac{\text{Energía Eléctrica generada por el panel (J/m}^2\text{)}}{\text{Radiación (J/m}^2\text{)}}$$

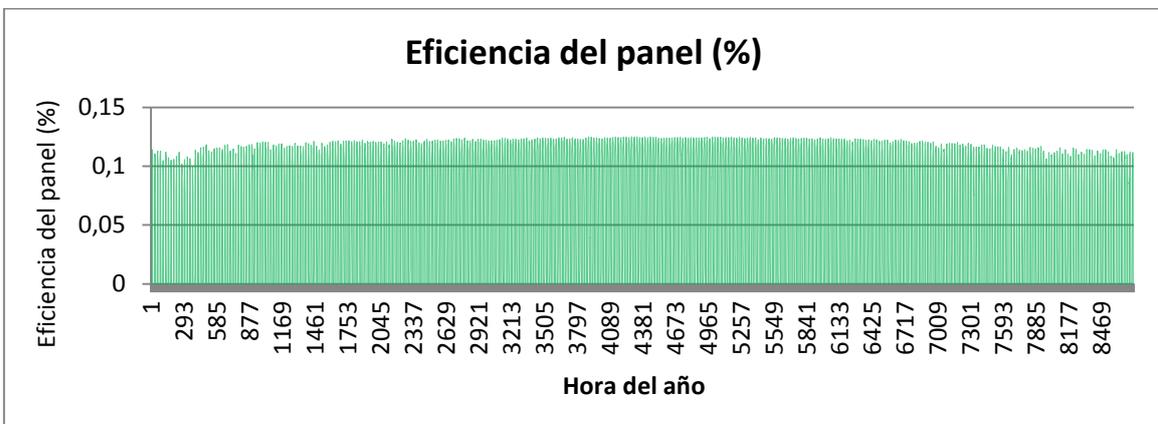


Ilustración 26. Eficiencia horaria del panel

## CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN FINAL

### 1. BALANCE MENSUAL

Los resultados mensuales que obtenemos de irradiancia en el emplazamiento por metro cuadrado y de energía que es capaz de captar el módulo tanto por panel como por metro cuadrado se muestran a continuación:

| Mes        | Energía [Wh/(día·m <sup>2</sup> )] | Energía [Wh/(día·panel)] | Irradiancia [Wh/(día·m <sup>2</sup> )] β=20 |
|------------|------------------------------------|--------------------------|---|
| Enero      | 454,6349                           | 740,9685                 | 2220,291                                    |
| Febrero    | 748,7787                           | 1220,367                 | 3397,342                                    |
| Marzo      | 1044,726                           | 1702,705                 | 4588,44                                     |
| Abril      | 1276,991                           | 2081,252                 | 5510,713                                    |
| Mayo       | 1494,457                           | 2435,68                  | 6357,537                                    |
| Junio      | 1703,089                           | 2775,712                 | 7134,635                                    |
| Julio      | 1720,934                           | 2804,796                 | 7174,473                                    |
| Agosto     | 1545,587                           | 2519,014                 | 6475,616                                    |
| Septiembre | 1278,003                           | 2082,902                 | 5450,748                                    |
| Octubre    | 886,8711                           | 1445,431                 | 3918,135                                    |
| Noviembre  | 613,094                            | 999,2268                 | 2859,803                                    |
| Diciembre  | 514,9879                           | 839,3325                 | 2460,562                                    |

Tabla 11. Irradiancia y energía captada mensual

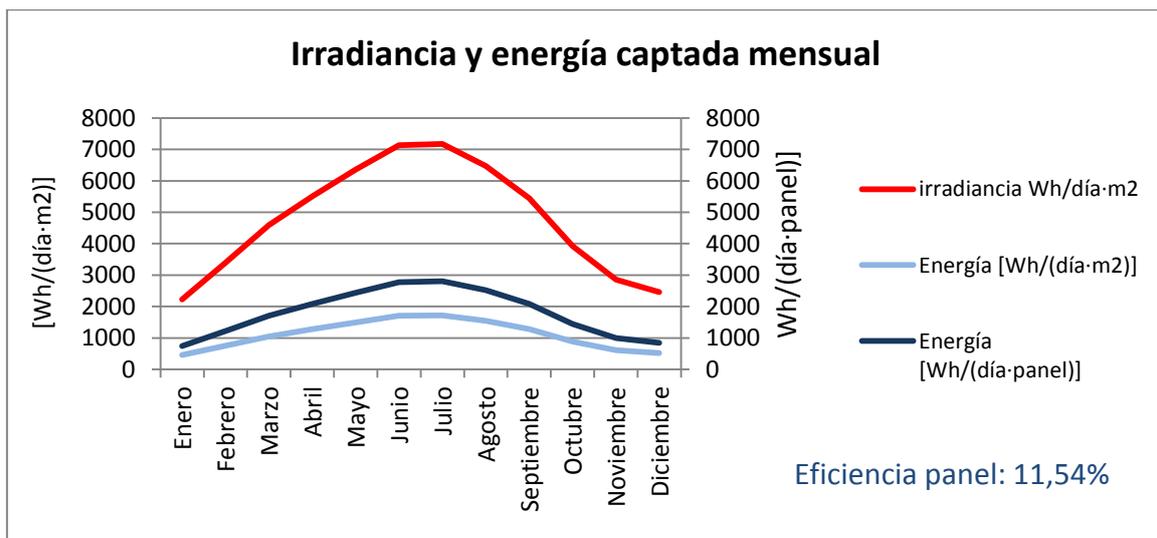


Ilustración 27. Gráfica Irradiancia y energía captada mensual

## 1.1 Sin utilizar baterías

Es obvio que el análisis de esta instalación fotovoltaica aislada sin baterías carece de sentido ya que en tal caso no podría cubrirse la demanda de energía requerida durante la noche, momento en que la radiación es cero. Sin embargo, y dado que se puede acceder de forma sencilla a los datos mediante la tabla Excel, se analizan los resultados de producción y déficit de energía sin la utilización de baterías porque estos nos ayudarán a hacernos una idea de cuál sería la falta de energía que tendría la vivienda a cubrir por mediante otra fuente.

Considerando la inestable legislación actual, y situándonos en la peor situación posible, utilizaremos la red eléctrica sólo para satisfacer los déficits de energía, no para vender los excedentes. Por eso, estudiando los casos de *déficit negativo de energía* (que es lo que nos tendríamos que suministrar de la red) nos hacemos una idea de cuál sería el coste económico de esta opción. Estas faltas de energía podrían también cubrirse con otras fuentes como un generador auxiliar.

Analizamos en la tabla Excel la producción de la instalación (en función de la radiación por metro cuadrado, de la energía que es capaz de dar nuestro panel y el número de paneles que pueden colocarse) y el consumo de la vivienda, hasta ver cuántos paneles serían necesarios implantar para tener balance mensual de energía positivo todos los meses del año:

Resultados obtenidos para una instalación de 6 módulos:

| MES          | Energía Wh/(día·m <sup>2</sup> ) | Energía Wh/(día·panel) | Radiación Wh/(día·m <sup>2</sup> ) | Wh/día instalación | Wh/día consumo  | Producción – consumo kWh/día | Producción – consumo kWh/mes |
|--------------|----------------------------------|------------------------|------------------------------------|--------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|
| Enero        | 454,63                           | 740,97                 | 2220,29                            | 3597,70            | 9398,08         | -5,80                        | -179,8                       |
| Febrero      | 748,78                           | 1220,37                | 3397,34                            | 5925,37            | 9232,29         | -3,31                        | -92,68                       |
| Marzo        | 1044,73                          | 1702,71                | 4588,44                            | 8267,31            | 9181,23         | -0,91                        | -28,21                       |
| Abril        | 1276,99                          | 2081,25                | 5510,71                            | 10105,31           | 8974,00         | 1,13                         |                              |
| Mayo         | 1494,46                          | 2435,68                | 6357,54                            | 11826,20           | 9114,29         | 2,71                         |                              |
| Junio        | 1703,09                          | 2775,71                | 7134,63                            | 13477,19           | 8574,67         | 4,90                         |                              |
| Julio        | 1720,93                          | 2804,80                | 7174,47                            | 13618,40           | 8628,65         | 4,99                         |                              |
| Agosto       | 1545,59                          | 2519,01                | 6475,62                            | 12230,82           | 8345,58         | 3,89                         |                              |
| Septiembre   | 1278,00                          | 2082,90                | 5450,75                            | 10113,32           | 8372,17         | 1,74                         |                              |
| Octubre      | 886,87                           | 1445,43                | 3918,14                            | 7018,15            | 9207,19         | -2,19                        | -67,89                       |
| Noviembre    | 613,09                           | 999,23                 | 2859,80                            | 4851,65            | 9198,00         | -4,35                        | -130,5                       |
| Diciembre    | 514,99                           | 839,33                 | 2460,56                            | 4075,29            | 9012,68         | -4,94                        | -153,14                      |
| <b>TOTAL</b> |                                  |                        |                                    | <b>105106,7</b>    | <b>107238,8</b> | <b>-2,13</b>                 |                              |
| Def. neg     |                                  |                        |                                    |                    |                 | -21,49                       | -652,22                      |

Tabla 12. Balance mensual instalación de 6 módulos

En el caso de implantar en la vivienda una instalación fotovoltaica formada por 6 módulos fotovoltaicos, sólo tendríamos balance mensual positivo durante los meses de verano, es decir, el resto de meses tendríamos que recurrir a la red para satisfacer la demanda de la vivienda.

Sin embargo, el criterio mensual se basa en la *producción y el consumo medio mensual* y por lo tanto pasa por alto muchas horas de los meses de verano que también se tendría que recurrir a la red para satisfacer la demanda, estas horas se corresponderían con la noche, momento en que la irradiancia es 0 pero sí tenemos carga en la vivienda.

Más adelante se valorará un balance hora-hora más fiable debido a que sí tendrá en cuenta este factor.

Teniendo en cuenta las carencias de éste método, se estudia el coste aproximado que supondría recurrir a la red para cubrir el déficit de energía los meses que se requiere considerando el grueso de una factura eléctrica; que abarca principalmente el coste fijo (por potencia contratada) y el coste variable (por energía consumida) más el IVA.

| MES          | Días/<br>mes | Potencia<br>consumida<br>kWh/mes | Potencia facturada<br>(4,4kW contratados)<br>€ | Energía<br>facturada<br>€ | Importe total<br>€ | IVA<br>(21%)<br>€ | IMPORTE<br>FACTURA<br>€ |
|--------------|--------------|----------------------------------|--|---------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|
| Enero        | 31           | 179,8                            | 16,95  | 28,69                     | 45,64              | 9,58              | 55,22                   |
| Febrero      | 28           | 92,68                            | 15,31  | 14,79                     | 30,10              | 6,32              | 36,42                   |
| Marzo        | 31           | 28,21                            | 16,95  | 4,50                      | 21,45              | 4,51              | 25,96                   |
| Abril        | 30           |                                  | 16,41  | 0,00                      | 16,41              | 3,45              | 19,85                   |
| Mayo         | 31           |                                  | 16,95  | 0,00                      | 16,95              | 3,56              | 20,51                   |
| Junio        | 30           |                                  | 16,41  | 0,00                      | 16,41              | 3,45              | 19,85                   |
| Julio        | 31           |                                  | 16,95  | 0,00                      | 16,95              | 3,56              | 20,51                   |
| Agosto       | 31           |                                  | 16,95  | 0,00                      | 16,95              | 3,56              | 20,51                   |
| Septiembre   | 30           |                                  | 16,41  | 0,00                      | 16,41              | 3,45              | 19,85                   |
| Octubre      | 31           | 67,89                            | 16,95  | 10,83                     | 27,79              | 5,83              | 33,62                   |
| Noviembre    | 30           | 130,5                            | 16,41  | 20,82                     | 37,23              | 7,82              | 45,04                   |
| Diciembre    | 31           | 153,14                           | 16,95  | 24,43                     | 41,39              | 8,69              | 50,08                   |
| <b>ANUAL</b> |              | 652,22                           | 199,62   | 104,06                    | 303,67             | 63,77             | <b>367,44</b>           |

Tabla 13. Coste aproximado anual conexión a red (instalación de 6 módulos)

Donde;

Potencia facturada (con 4,4kW contratados) =  $4,4kW \cdot \text{días/mes} \cdot 0,124295€/kW\text{día}$

Energía facturada =  $\text{Potencia consumida} \cdot 0,15954€/kWh$

Importe Factura= Potencia facturada + Energía facturada + 21%IVA

Resultados obtenidos para una instalación de 8 módulos:

| MES          | Energía Wh/(día·m <sup>2</sup> ) | Energía Wh/(día· panel) | Radiación Wh/(día·m <sup>2</sup> ) | Wh/día instalación | Wh/día consumo  | Producción – consumo kWh/día | Producción – consumo kWh/mes |
|--------------|----------------------------------|-------------------------|------------------------------------|--------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|
| Enero        | 454,63                           | 740,97                  | 2220,29                            | 4796,93            | 9398,08         | -4,60                        | -142,6                       |
| Febrero      | 748,78                           | 1220,37                 | 3397,34                            | 7900,49            | 9232,29         | -1,33                        | -37,24                       |
| Marzo        | 1044,73                          | 1702,71                 | 4588,44                            | 11023,08           | 9181,23         | 1,84                         | 57,04                        |
| Abril        | 1276,99                          | 2081,25                 | 5510,71                            | 13473,75           | 8974,00         | 4,50                         | 135                          |
| Mayo         | 1494,46                          | 2435,68                 | 6357,54                            | 15768,27           | 9114,29         | 6,65                         | 206,15                       |
| Junio        | 1703,09                          | 2775,71                 | 7134,63                            | 17969,59           | 8574,67         | 9,39                         | 281,7                        |
| Julio        | 1720,93                          | 2804,80                 | 7174,47                            | 18157,87           | 8628,65         | 9,53                         | 295,43                       |
| Agosto       | 1545,59                          | 2519,01                 | 6475,62                            | 16307,76           | 8345,58         | 7,96                         | 246,76                       |
| Septiembre   | 1278,00                          | 2082,90                 | 5450,75                            | 13484,43           | 8372,17         | 5,11                         | 153,3                        |
| Octubre      | 886,87                           | 1445,43                 | 3918,14                            | 9357,53            | 9207,19         | 0,15                         | 4,65                         |
| Noviembre    | 613,09                           | 999,23                  | 2859,80                            | 6468,86            | 9198,00         | -2,73                        | -81,9                        |
| Diciembre    | 514,99                           | 839,33                  | 2460,56                            | 5433,73            | 9012,68         | -3,58                        | -110,98                      |
| <b>TOTAL</b> |                                  |                         |                                    | <b>140142,29</b>   | <b>107238,8</b> | <b>32,903</b>                |                              |
| Def. neg     |                                  |                         |                                    |                    |                 | -12,241                      | -372,72                      |

Tabla 14. Balance mensual instalación 8 módulos

| MES          | Días/mes | Potencia consumida kWh/mes | Potencia facturada (4,4kW contratados) € | Energía facturada € | Importe total € | IVA (21%) €  | IMPORTE FACTURA € |
|--------------|----------|----------------------------|--|---------------------|-----------------|--------------|-------------------|
| Enero        | 31       | 142,6                      | 16,95                                    | 22,75               | 39,70           | 8,34         | 48,04             |
| Febrero      | 28       | 37,24                      | 15,31                                    | 5,94                | 21,25           | 4,46         | 25,72             |
| Marzo        | 31       |                            | 16,95                                    | 0,00                | 16,95           | 3,56         | 20,51             |
| Abril        | 30       |                            | 16,41                                    | 0,00                | 16,41           | 3,45         | 19,85             |
| Mayo         | 31       |                            | 16,95                                    | 0,00                | 16,95           | 3,56         | 20,51             |
| Junio        | 30       |                            | 16,41                                    | 0,00                | 16,41           | 3,45         | 19,85             |
| Julio        | 31       |                            | 16,95                                    | 0,00                | 16,95           | 3,56         | 20,51             |
| Agosto       | 31       |                            | 16,95                                    | 0,00                | 16,95           | 3,56         | 20,51             |
| Septiembre   | 30       |                            | 16,41                                    | 0,00                | 16,41           | 3,45         | 19,85             |
| Octubre      | 31       |                            | 16,95                                    | 0,00                | 16,95           | 3,56         | 20,51             |
| Noviembre    | 30       | 81,9                       | 16,41                                    | 13,07               | 29,47           | 6,19         | 35,66             |
| Diciembre    | 31       | 110,98                     | 16,95                                    | 17,71               | 34,66           | 7,28         | 41,94             |
| <b>ANUAL</b> |          | <b>372,72</b>              | <b>199,62</b>                            | <b>59,46</b>        | <b>259,08</b>   | <b>54,41</b> | <b>313,49</b>     |

Tabla 15. Coste aproximado anual (instalación 8 módulos)

### **Balance neto anual**

Comprobamos que en el caso de hacer un balance anual, con 8 paneles la energía producida por la instalación ya supera a la energía consumida por la vivienda.

Resultados obtenidos para una instalación de 10 módulos:

| MES          | Energía Wh/(día·m <sup>2</sup> ) | Energía Wh/(día· panel) | Radiación Wh/(día·m <sup>2</sup> ) | Wh/día instalación | Wh/día consumo  | Producción – consumo kWh/día | Producción – consumo kWh/mes |
|--------------|----------------------------------|-------------------------|------------------------------------|--------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|
| Enero        | 454,63                           | 740,97                  | 2220,29                            | 5996,16            | 9398,08         | -3,40                        | -105,4                       |
| Febrero      | 748,78                           | 1220,37                 | 3397,34                            | 9875,62            | 9232,29         | 0,64                         | 17,92                        |
| Marzo        | 1044,73                          | 1702,71                 | 4588,44                            | 13778,86           | 9181,23         | 4,60                         | 142,6                        |
| Abril        | 1276,99                          | 2081,25                 | 5510,71                            | 16842,18           | 8974,00         | 7,87                         | 236,1                        |
| Mayo         | 1494,46                          | 2435,68                 | 6357,54                            | 19710,33           | 9114,29         | 10,60                        | 328,6                        |
| Junio        | 1703,09                          | 2775,71                 | 7134,63                            | 22461,98           | 8574,67         | 13,89                        | 416,7                        |
| Julio        | 1720,93                          | 2804,80                 | 7174,47                            | 22697,34           | 8628,65         | 14,07                        | 436,17                       |
| Agosto       | 1545,59                          | 2519,01                 | 6475,62                            | 20384,70           | 8345,58         | 12,04                        | 373,24                       |
| Septiembre   | 1278,00                          | 2082,90                 | 5450,75                            | 16855,54           | 8372,17         | 8,48                         | 254,4                        |
| Octubre      | 886,87                           | 1445,43                 | 3918,14                            | 11696,91           | 9207,19         | 2,49                         | 77,19                        |
| Noviembre    | 613,09                           | 999,23                  | 2859,80                            | 8086,08            | 9198,00         | -1,11                        | -33,3                        |
| Diciembre    | 514,99                           | 839,33                  | 2460,56                            | 6792,16            | 9012,68         | -2,22                        | -68,82                       |
| <b>TOTAL</b> |                                  |                         |                                    | <b>175177,9</b>    | <b>107238,8</b> | <b>67,939</b>                |                              |
| Def. neg     |                                  |                         |                                    |                    |                 | -6,734                       | -207,52                      |

Tabla 16. Balance mensual instalación de 10 módulos

| MES          | Días/mes | Potencia consumida kWh/mes | Potencia facturada (4,4kW contratados) € | Energía facturada € | Importe total € | IVA (21%) €  | IMPORTE FACTURA € |
|--------------|----------|----------------------------|--|---------------------|-----------------|--------------|-------------------|
| Enero        | 31       | 105,4                      | 16,95                                    | 16,82               | 33,77           | 7,09         | 40,86             |
| Febrero      | 28       |                            | 15,31                                    | 0,00                | 15,31           | 3,22         | 18,53             |
| Marzo        | 31       |                            | 16,95                                    | 0,00                | 16,95           | 3,56         | 20,51             |
| Abril        | 30       |                            | 16,41                                    | 0,00                | 16,41           | 3,45         | 19,85             |
| Mayo         | 31       |                            | 16,95                                    | 0,00                | 16,95           | 3,56         | 20,51             |
| Junio        | 30       |                            | 16,41                                    | 0,00                | 16,41           | 3,45         | 19,85             |
| Julio        | 31       |                            | 16,95                                    | 0,00                | 16,95           | 3,56         | 20,51             |
| Agosto       | 31       |                            | 16,95                                    | 0,00                | 16,95           | 3,56         | 20,51             |
| Septiembre   | 30       |                            | 16,41                                    | 0,00                | 16,41           | 3,45         | 19,85             |
| Octubre      | 31       |                            | 16,95                                    | 0,00                | 16,95           | 3,56         | 20,51             |
| Noviembre    | 30       | 33,3                       | 16,41                                    | 5,31                | 21,72           | 4,56         | 26,28             |
| Diciembre    | 31       | 68,82                      | 16,95                                    | 10,98               | 27,93           | 5,87         | 33,80             |
| <b>ANUAL</b> |          | <b>207,52</b>              | <b>199,62</b>                            | <b>33,11</b>        | <b>232,73</b>   | <b>48,87</b> | <b>281,60</b>     |

Tabla 17. Coste aproximado anual (instalación de 10 módulos)

Resultados obtenidos para una instalación de 12 módulos:

| MES          | Energía Wh/(día·m <sup>2</sup> ) | Energía Wh/(día· panel) | Radiación Wh/(día·m <sup>2</sup> ) | Wh/día instalación | Wh/día consumo | Producción – consumo kWh/día | Producción – consumo kWh/mes |
|--------------|----------------------------------|-------------------------|------------------------------------|--------------------|----------------|------------------------------|------------------------------|
| Enero        | 454,63                           | 740,97                  | 2220,29                            | 7195,40            | 9398,08        | -2,20                        | -68,2                        |
| Febrero      | 748,78                           | 1220,37                 | 3397,34                            | 11850,74           | 9232,29        | 2,62                         | 73,36                        |
| Marzo        | 1044,73                          | 1702,71                 | 4588,44                            | 16534,63           | 9181,23        | 7,35                         | 227,85                       |
| Abril        | 1276,99                          | 2081,25                 | 5510,71                            | 20210,62           | 8974,00        | 11,24                        | 337,2                        |
| Mayo         | 1494,46                          | 2435,68                 | 6357,54                            | 23652,40           | 9114,29        | 14,54                        | 450,74                       |
| Junio        | 1703,09                          | 2775,71                 | 7134,63                            | 26954,38           | 8574,67        | 18,38                        | 551,4                        |
| Julio        | 1720,93                          | 2804,80                 | 7174,47                            | 27236,81           | 8628,65        | 18,61                        | 576,91                       |
| Agosto       | 1545,59                          | 2519,01                 | 6475,62                            | 24461,64           | 8345,58        | 16,12                        | 499,72                       |
| Septiembre   | 1278,00                          | 2082,90                 | 5450,75                            | 20226,65           | 8372,17        | 11,85                        | 355,5                        |
| Octubre      | 886,87                           | 1445,43                 | 3918,14                            | 14036,29           | 9207,19        | 4,83                         | 149,73                       |
| Noviembre    | 613,09                           | 999,23                  | 2859,80                            | 9703,29            | 9198,00        | 0,51                         | 15,3                         |
| Diciembre    | 514,99                           | 839,33                  | 2460,56                            | 8150,59            | 9012,68        | -0,86                        | -26,66                       |
| <b>TOTAL</b> |                                  |                         |                                    | 210213,4           | 107238,8       | 102,974                      |                              |
| Def. neg     |                                  |                         |                                    |                    |                | -3,064                       | -94,86                       |

Tabla 18. Balance mensual instalación de 12 módulos

| MES          | Días/mes | Potencia consumida kWh/mes | Potencia facturada (4,4kW contratados) € | Energía facturada € | Importe total € | IVA (21%) € | IMPORTE FACTURA € |
|--------------|----------|----------------------------|--|---------------------|-----------------|-------------|-------------------|
| Enero        | 31       | 68,2                       | 16,95                                    | 10,88               | 27,83           | 5,85        | 33,68             |
| Febrero      | 28       |                            | 15,31                                    | 0,00                | 15,31           | 3,22        | 18,53             |
| Marzo        | 31       |                            | 16,95                                    | 0,00                | 16,95           | 3,56        | 20,51             |
| Abril        | 30       |                            | 16,41                                    | 0,00                | 16,41           | 3,45        | 19,85             |
| Mayo         | 31       |                            | 16,95                                    | 0,00                | 16,95           | 3,56        | 20,51             |
| Junio        | 30       |                            | 16,41                                    | 0,00                | 16,41           | 3,45        | 19,85             |
| Julio        | 31       |                            | 16,95                                    | 0,00                | 16,95           | 3,56        | 20,51             |
| Agosto       | 31       |                            | 16,95                                    | 0,00                | 16,95           | 3,56        | 20,51             |
| Septiembre   | 30       |                            | 16,41                                    | 0,00                | 16,41           | 3,45        | 19,85             |
| Octubre      | 31       |                            | 16,95                                    | 0,00                | 16,95           | 3,56        | 20,51             |
| Noviembre    | 30       |                            | 16,41                                    | 0,00                | 16,41           | 3,45        | 19,85             |
| Diciembre    | 31       | 26,66                      | 16,95                                    | 4,25                | 21,21           | 4,45        | 25,66             |
| <b>ANUAL</b> |          | 94,86                      | 199,62                                   | 15,13               | 214,75          | 45,10       | 259,85            |

Tabla 19. Coste aproximado anual (instalación 12 módulos)

Resultados obtenidos para una instalación de 14 módulos:

| MES             | Energía Wh/(día·m <sup>2</sup> ) | Energía Wh/(día· panel) | Radiación Wh/(día·m <sup>2</sup> ) | Wh/día instalación | Wh/día consumo  | Producción – consumo kWh/día | Producción – consumo kWh/mes |
|-----------------|----------------------------------|-------------------------|------------------------------------|--------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|
| Enero           | 454,63                           | 740,97                  | 2220,29                            | 8394,63            | 9398,08         | -1,00                        | -31                          |
| Febrero         | 748,78                           | 1220,37                 | 3397,34                            | 13825,86           | 9232,29         | 4,59                         | 128,52                       |
| Marzo           | 1044,73                          | 1702,71                 | 4588,44                            | 19290,40           | 9181,23         | 10,11                        | 313,41                       |
| Abril           | 1276,99                          | 2081,25                 | 5510,71                            | 23579,06           | 8974,00         | 14,61                        | 438,3                        |
| Mayo            | 1494,46                          | 2435,68                 | 6357,54                            | 27594,47           | 9114,29         | 18,48                        | 572,88                       |
| Junio           | 1703,09                          | 2775,71                 | 7134,63                            | 31446,78           | 8574,67         | 22,87                        | 686,1                        |
| Julio           | 1720,93                          | 2804,80                 | 7174,47                            | 31776,28           | 8628,65         | 23,15                        | 717,65                       |
| Agosto          | 1545,59                          | 2519,01                 | 6475,62                            | 28538,58           | 8345,58         | 20,19                        | 625,89                       |
| Septiembre      | 1278,00                          | 2082,90                 | 5450,75                            | 23597,76           | 8372,17         | 15,23                        | 456,9                        |
| Octubre         | 886,87                           | 1445,43                 | 3918,14                            | 16375,68           | 9207,19         | 7,17                         | 222,27                       |
| Noviembre       | 613,09                           | 999,23                  | 2859,80                            | 11320,51           | 9198,00         | 2,12                         | 63,6                         |
| Diciembre       | 514,99                           | 839,33                  | 2460,56                            | 9509,02            | 9012,68         | 0,50                         | 15,5                         |
| <b>TOTAL</b>    |                                  |                         |                                    | <b>245249,0</b>    | <b>107238,8</b> | <b>138,010</b>               |                              |
| <b>Def. neg</b> |                                  |                         |                                    |                    |                 | <b>-1,003</b>                | <b>-31</b>                   |

Tabla 20. Balance mensual instalación de 14 módulos

| MES          | Días/mes | Potencia consumida kWh/mes | Potencia facturada (4,4kW contratados) € | Energía facturada € | Importe total € | IVA (21%) €  | IMPORTE FACTURA € |
|--------------|----------|----------------------------|--|---------------------|-----------------|--------------|-------------------|
| Enero        | 31       | 31                         | 16,95                                    | 4,95                | 21,90           | 4,60         | 26,50             |
| Febrero      | 28       |                            | 15,31                                    | 0,00                | 15,31           | 3,22         | 18,53             |
| Marzo        | 31       |                            | 16,95                                    | 0,00                | 16,95           | 3,56         | 20,51             |
| Abril        | 30       |                            | 16,41                                    | 0,00                | 16,41           | 3,45         | 19,85             |
| Mayo         | 31       |                            | 16,95                                    | 0,00                | 16,95           | 3,56         | 20,51             |
| Junio        | 30       |                            | 16,41                                    | 0,00                | 16,41           | 3,45         | 19,85             |
| Julio        | 31       |                            | 16,95                                    | 0,00                | 16,95           | 3,56         | 20,51             |
| Agosto       | 31       |                            | 16,95                                    | 0,00                | 16,95           | 3,56         | 20,51             |
| Septiembre   | 30       |                            | 16,41                                    | 0,00                | 16,41           | 3,45         | 19,85             |
| Octubre      | 31       |                            | 16,95                                    | 0,00                | 16,95           | 3,56         | 20,51             |
| Noviembre    | 30       |                            | 16,41                                    | 0,00                | 16,41           | 3,45         | 19,85             |
| Diciembre    | 31       |                            | 16,95                                    | 0,00                | 16,95           | 3,56         | 20,51             |
| <b>ANUAL</b> |          | <b>31</b>                  | <b>199,62</b>                            | <b>4,95</b>         | <b>204,56</b>   | <b>42,96</b> | <b>247,52</b>     |

Tabla 21. Coste aproximado anual (instalación de 14 módulos)

Resultados obtenidos para una instalación de 16 módulos:

| MES          | Energía Wh/(día·m <sup>2</sup> ) | Energía Wh/(día· panel) | Radiación Wh/(día·m <sup>2</sup> ) | Wh/día instalación | Wh/día consumo  | Producción – consumo kWh/día | Producción – consumo kWh/mes |
|--------------|----------------------------------|-------------------------|------------------------------------|--------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|
| Enero        | 454,63                           | 740,97                  | 2220,29                            | 9593,86            | 9398,08         | 0,20                         | 6,2                          |
| Febrero      | 748,78                           | 1220,37                 | 3397,34                            | 15800,99           | 9232,29         | 6,57                         | 183,96                       |
| Marzo        | 1044,73                          | 1702,71                 | 4588,44                            | 22046,17           | 9181,23         | 12,86                        | 398,66                       |
| Abril        | 1276,99                          | 2081,25                 | 5510,71                            | 26947,49           | 8974,00         | 17,97                        | 539,1                        |
| Mayo         | 1494,46                          | 2435,68                 | 6357,54                            | 31536,53           | 9114,29         | 22,42                        | 695,02                       |
| Junio        | 1703,09                          | 2775,71                 | 7134,63                            | 35939,18           | 8574,67         | 27,36                        | 820,8                        |
| Julio        | 1720,93                          | 2804,80                 | 7174,47                            | 36315,75           | 8628,65         | 27,69                        | 858,39                       |
| Agosto       | 1545,59                          | 2519,01                 | 6475,62                            | 32615,52           | 8345,58         | 24,27                        | 752,37                       |
| Septiembre   | 1278,00                          | 2082,90                 | 5450,75                            | 26968,86           | 8372,17         | 18,60                        | 558                          |
| Octubre      | 886,87                           | 1445,43                 | 3918,14                            | 18715,06           | 9207,19         | 9,51                         | 294,81                       |
| Noviembre    | 613,09                           | 999,23                  | 2859,80                            | 12937,72           | 9198,00         | 3,74                         | 112,2                        |
| Diciembre    | 514,99                           | 839,33                  | 2460,56                            | 10867,45           | 9012,68         | 1,85                         | 57,35                        |
| <b>TOTAL</b> |                                  |                         |                                    | <b>280284,6</b>    | <b>107238,8</b> | <b>173,045</b>               |                              |

Tabla 22. Balance mensual de la instalación de 16 módulos

En el caso de dotar a nuestra vivienda de una instalación fotovoltaica de 16 módulos, los *balances mensuales* de todos los meses del año resultan positivos, es decir, ningún mes tendríamos déficit de energía y no sería necesario recurrir a la red. No obstante, sabemos que esta suposición es falsa porque el análisis mensual no considera los desfases que podemos tener en la carga de la vivienda hora-hora.

| Producción-Consumo [Wh/día] |           |            |            |            |            |
|-----------------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|
|                             | 8 paneles | 10 paneles | 12 paneles | 14 paneles | 16 paneles |
| Enero                       | -4601,15  | -3401,92   | -2202,68   | -1003,45   | 195,78     |
| Febrero                     | -1331,79  | 643,33     | 2618,45    | 4593,58    | 6568,70    |
| Marzo                       | 1841,86   | 4597,63    | 7353,40    | 10109,17   | 12864,94   |
| Abril                       | 4499,75   | 7868,18    | 11236,62   | 14605,06   | 17973,49   |
| Mayo                        | 6653,98   | 10596,04   | 14538,11   | 18480,18   | 22422,24   |
| Junio                       | 9394,92   | 13887,32   | 18379,71   | 22872,11   | 27364,51   |
| Julio                       | 9529,23   | 14068,70   | 18608,16   | 23147,63   | 27687,10   |
| Agosto                      | 7962,18   | 12039,12   | 16116,06   | 20193,00   | 24269,94   |
| Septiembre                  | 5112,26   | 8483,37    | 11854,48   | 15225,59   | 18596,70   |
| Octubre                     | 150,34    | 2489,72    | 4829,10    | 7168,48    | 9507,86    |
| Noviembre                   | -2729,14  | -1111,92   | 505,29     | 2122,51    | 3739,72    |
| Diciembre                   | -3578,95  | -2220,52   | -862,09    | 496,34     | 1854,78    |

Tabla 23. Tabla Resumen (Producción – Consumo) en función del número de paneles

Porcentaje de demanda cubierto

|                   | 8 paneles | 10 paneles | 12 paneles | 14 paneles | 16 paneles |
|-------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Enero</b>      | 0,51      | 0,64       | 0,77       | 0,89       | 1,02       |
| <b>Febrero</b>    | 0,86      | 1,07       | 1,28       | 1,50       | 1,71       |
| <b>Marzo</b>      | 1,20      | 1,50       | 1,80       | 2,10       | 2,40       |
| <b>Abril</b>      | 1,50      | 1,88       | 2,25       | 2,63       | 3,00       |
| <b>Mayo</b>       | 1,73      | 2,16       | 2,60       | 3,03       | 3,46       |
| <b>Junio</b>      | 2,10      | 2,62       | 3,14       | 3,67       | 4,19       |
| <b>Julio</b>      | 2,10      | 2,63       | 3,16       | 3,68       | 4,21       |
| <b>Agosto</b>     | 1,95      | 2,44       | 2,93       | 3,42       | 3,91       |
| <b>Septiembre</b> | 1,61      | 2,01       | 2,42       | 2,82       | 3,22       |
| <b>Octubre</b>    | 1,02      | 1,27       | 1,52       | 1,78       | 2,03       |
| <b>Noviembre</b>  | 0,70      | 0,88       | 1,05       | 1,23       | 1,41       |
| <b>Diciembre</b>  | 0,60      | 0,75       | 0,90       | 1,06       | 1,21       |

Tabla 24. Tabla porcentaje cubierto de la demanda

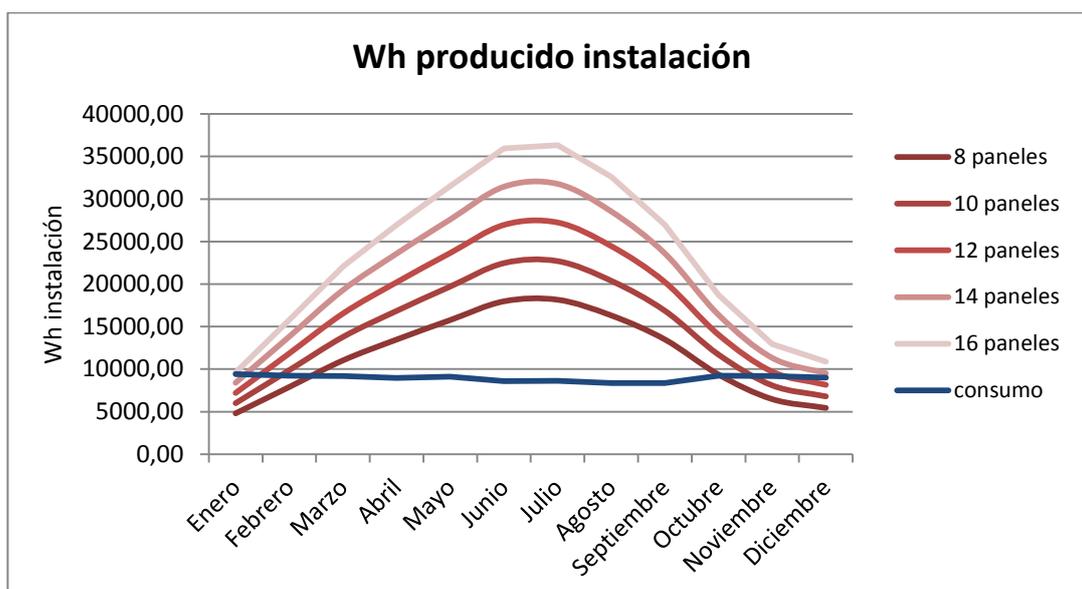


Ilustración 30. Gráfico producción de la instalación en función del número de paneles

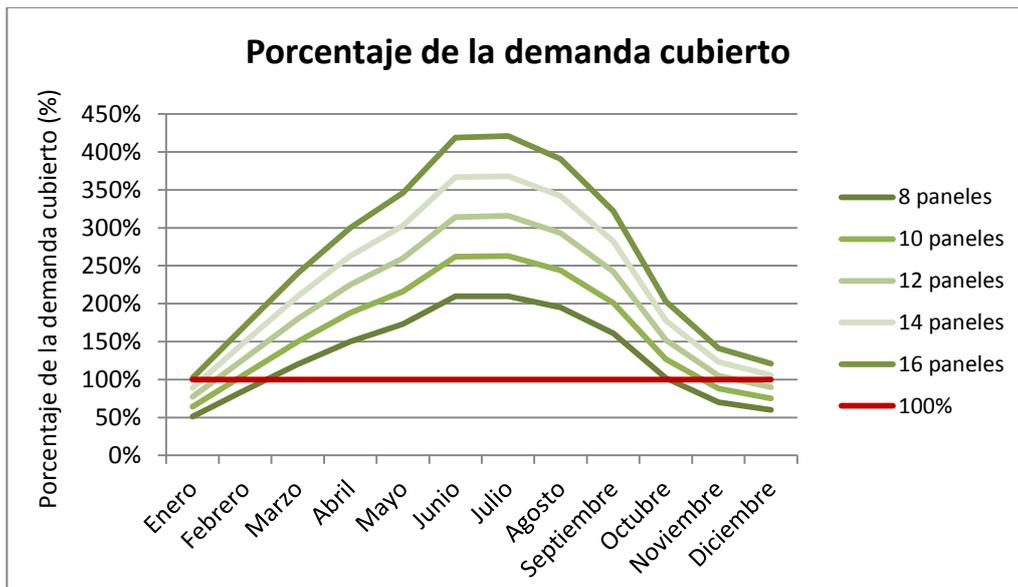


Ilustración 31. Gráfica porcentaje cubierto de la demanda en función del número de paneles

Este análisis nos ayuda a hacernos una idea de las distintas opciones de instalación que podemos incorporar a la vivienda. Concluimos que el análisis mensual es poco fiable ya que se basa en una media diaria y no considera el desajuste hora-hora que realmente es fundamental para suplir la demanda. Considerando el balance mensual podría suponerse que la producción de la instalación es suficiente para cubrir la demanda de la vivienda, (ya que el balance es positivo), sin embargo sabemos que no es así, ya que la distribución hora-hora de la producción dista mucho del consumo de la carga. Por ello para dar más seguridad al trabajo analizaremos más adelante los datos obtenidos tanto diarios como horarios.

## 1.2 Estudio de la implantación de baterías

### DATOS DE LA BATERÍA

Nombre: **Hoppecke 11 OpzS 1100 solar**

#### Características Técnicas

|             |                 |
|-------------|-----------------|
| Tipo        | estacionaria    |
| Voltios     | 2 V             |
| Ah nominal  | 1260 A          |
| Dimensiones | 191 x 210 x 684 |

$$Cn = \frac{Cu}{PDmax} = \frac{\text{consumo (mes peor)} \cdot \text{díasautonomía}}{PD \cdot Vn} = [Ah]$$

Para analizar el comportamiento de las baterías, se estudian los kWh disponibles cada hora del año.

En primer lugar se estima hora-hora la resta entre la producción de la instalación y el consumo de la vivienda, de esta manera obtenemos los kWh disponibles para almacenarse en la batería cada hora del año.

A partir de los kWh disponibles cada hora y de la carga anteriormente calculada, obtenemos el exceso y el déficit de la batería hora-hora durante todo un año. Con este exceso y déficit controlamos si existe el caso en que la batería se encuentra totalmente cargada y el peor caso de encontrarse descargada y no poder hacer frente a la demanda de la vivienda.

Con ayuda de la hoja Excel iremos variando el número de panes hasta obtener el suficiente para lograr no tener déficit de energía ninguna hora del año y así garantizar la energía suficiente para suplir la demanda de la vivienda en todo momento.

| CA                 | CB                         | CC                    | CD          | CE          | CF           | CG           | CH | CI |
|--------------------|----------------------------|-----------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|----|----|
| Producción-Consumo | Producción-Consumo kWh/día | Disponibile Batería [ | Exc.batería | Def.batería | Exc.bruto k] | Def.bruto k] |    |    |
|                    | carga                      | 50,62974677           |             |             | cargando     | descargando  |    |    |
| 7411,7             |                            | 0,918239391           | 7399,7313   | 0           | 8901,2109    | -1489,5163   |    |    |
| -162               | -0,162                     | 38,66638894           |             |             |              | -0,162       |    |    |
| -162               | -0,162                     | 38,50438894           |             |             |              | -0,162       |    |    |
| -162               | -0,162                     | 38,34238894           |             |             |              | -0,162       |    |    |
| -162               | -0,162                     | 38,18038894           |             |             |              | -0,162       |    |    |
| -162               | -0,162                     | 38,01838894           |             |             |              | -0,162       |    |    |
| -162               | -0,162                     | 37,85638894           |             |             |              | -0,162       |    |    |
| -162               | -0,162                     | 37,69438894           |             |             |              | -0,162       |    |    |
| -252               | -0,252                     | 37,44238894           |             |             |              | -0,252       |    |    |
| -624,5             | -0,6245                    | 36,81788894           |             |             |              | -0,6245      |    |    |
| 337,3859143        | 0,337385914                | 37,15527485           |             |             | 0,3373859    |              |    |    |
| 1246,80408         | 1,24680408                 | 38,40207893           |             |             | 1,2468041    |              |    |    |
| 2326,462569        | 2,326462569                | 40,7285415            |             |             | 2,3264626    |              |    |    |
| 2114,396775        | 2,114396775                | 42,84293828           |             |             | 2,1143968    |              |    |    |
| 2306,162163        | 2,306162163                | 45,14910044           |             |             | 2,3061622    |              |    |    |
| -1921,002664       | -1,921002664               | 43,22809778           |             |             |              | -1,9210027   |    |    |
| 759,1459853        | 0,759145985                | 43,98724376           |             |             | 0,759146     |              |    |    |

En primer lugar, diseñamos la instalación dando **4 días de diseño** para compensar todos los posibles desajustes que puedan darse. (Incluyendo desajuste por climatología y desajuste de la carga). (\*Batería B)

Batería:

|                      |             |
|----------------------|-------------|
| PD=                  |             |
|                      | 0,7         |
| Disponible; inicial= |             |
|                      | 0,6         |
| Batería [V]=         |             |
|                      | 48          |
| Batería [kWh]=       |             |
|                      | 53,70331797 |
| Batería [Ah]=        |             |
|                      | 1118,819124 |

Tabla 25. Características de la batería (Excel)

De esta forma, se considera la misma batería que se había considerado con el primer método de cálculo. Tenemos una tensión nominal de la instalación de 48 Voltios, es decir, 24 baterías de 2V en serie, una profundidad de descarga de 0,7 y variando el número de paneles a implantar obtenemos:

Resultados obtenidos para una instalación de 8 módulos:

| MES             | Producción – consumo kWh/día | Exceso batería kWh/día | Defecto batería kWh/día | Exceso Bruto kWh/día | Defecto Bruto kWh/día |
|-----------------|------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|
| Enero           | -4,60                        | 0,00                   | -3,87                   | 2,75                 | -7,35                 |
| Febrero         | -1,33                        | 0,00                   | -1,33                   | 5,05                 | -6,38                 |
| Marzo           | 1,84                         | 0,88                   | -0,14                   | 7,30                 | -5,46                 |
| Abril           | 4,50                         | 4,47                   | 0,00                    | 9,20                 | -4,70                 |
| Mayo            | 6,65                         | 6,67                   | 0,00                    | 11,10                | -4,44                 |
| Junio           | 9,39                         | 9,38                   | 0,00                    | 13,21                | -3,81                 |
| Julio           | 9,53                         | 9,53                   | 0,00                    | 13,25                | -3,72                 |
| Agosto          | 7,96                         | 7,94                   | 0,00                    | 11,83                | -3,87                 |
| Septiembre      | 5,11                         | 5,13                   | 0,00                    | 9,50                 | -4,39                 |
| Octubre         | 0,15                         | 0,83                   | 0,00                    | 6,10                 | -5,95                 |
| Noviembre       | -2,73                        | 0,00                   | -2,26                   | 3,87                 | -6,60                 |
| Diciembre       | -3,58                        | 0,00                   | -3,58                   | 3,15                 | -6,73                 |
| <b>PROMEDIO</b> |                              | 3,75549                | <b>-0,9324</b>          | 8,0399602            | -5,28                 |

Tabla 26. Excesos y defectos de la batería (instalación 8 módulos)

En caso de dotar a la instalación de la batería anteriormente especificada y de 8 módulos fotovoltaicos, observamos que los meses de enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre tendríamos déficit de energía y no llegaríamos a cubrir la demanda prevista.

Resultados obtenidos para una instalación de 10 módulos:

| MES        | Producción – consumo kWh/día | Exceso batería kWh/día | Defecto batería kWh/día | Exceso Bruto kWh/día | Defecto Bruto kWh/día |
|------------|------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|
| Enero      | -3,40                        | 0,00                   | -2,67                   | 3,75                 | -7,16                 |
| Febrero    | 0,64                         | 0,00                   | -0,24                   | 6,71                 | -6,07                 |
| Marzo      | 4,60                         | 4,29                   | 0,00                    | 9,75                 | -5,15                 |
| Abril      | 7,87                         | 7,83                   | 0,00                    | 12,27                | -4,40                 |
| Mayo       | 10,60                        | 10,61                  | 0,00                    | 14,67                | -4,08                 |
| Junio      | 13,89                        | 13,88                  | 0,00                    | 17,28                | -3,39                 |
| Julio      | 14,07                        | 14,06                  | 0,00                    | 17,34                | -3,27                 |
| Agosto     | 12,04                        | 12,03                  | 0,00                    | 15,52                | -3,49                 |
| Septiembre | 8,48                         | 8,51                   | 0,00                    | 12,57                | -4,09                 |
| Octubre    | 2,49                         | 2,62                   | 0,00                    | 8,18                 | -5,69                 |
| Noviembre  | -1,11                        | 0,15                   | -0,23                   | 5,18                 | -6,29                 |
| Diciembre  | -2,22                        | 0,00                   | -2,24                   | 4,25                 | -6,47                 |
| PROMEDIO   |                              | 6,19955                | -0,4541                 | 10,64283             | -4,96                 |

Tabla 27. Excesos y defectos de la batería (instalación 10 módulos)

En caso de dotar a la instalación de la batería especificada y de 10 módulos fotovoltaicos, los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre tendríamos déficit de energía y no llegaríamos a cubrir la demanda prevista.

Resultados obtenidos para una instalación de 12 módulos:

| MES        | Producción – consumo kWh/día | Exceso batería kWh/día | Defecto batería kWh/día | Exceso Bruto kWh/día | Defecto Bruto kWh/día |
|------------|------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|
| Enero      | -2,20                        | 0,00                   | -1,58                   | 4,79                 | -6,99                 |
| Febrero    | 2,62                         | 1,60                   | -0,01                   | 8,45                 | -5,83                 |
| Marzo      | 7,35                         | 7,28                   | 0,00                    | 12,23                | -4,87                 |
| Abril      | 11,24                        | 11,20                  | 0,00                    | 15,36                | -4,12                 |
| Mayo       | 14,54                        | 14,56                  | 0,00                    | 18,27                | -3,73                 |
| Junio      | 18,38                        | 18,37                  | 0,00                    | 21,47                | -3,09                 |
| Julio      | 18,61                        | 18,59                  | 0,00                    | 21,60                | -2,99                 |
| Agosto     | 16,12                        | 16,10                  | 0,00                    | 19,28                | -3,16                 |
| Septiembre | 11,85                        | 11,89                  | 0,00                    | 15,65                | -3,80                 |

|                 |       |         |                |          |       |
|-----------------|-------|---------|----------------|----------|-------|
| Octubre         | 4,83  | 4,92    | 0,00           | 10,31    | -5,48 |
| Noviembre       | 0,51  | 0,77    | 0,00           | 6,55     | -6,05 |
| Diciembre       | -0,86 | 0,00    | -0,16          | 5,36     | -6,22 |
| <b>PROMEDIO</b> |       | 8,81296 | <b>-0,1481</b> | 13,30055 | -4,69 |

Tabla 28. Excesos y defectos de la batería (instalación 12 módulos)

En caso de dotar a la instalación de la batería especificada y de 12 módulos fotovoltaicos, los meses de enero, febrero y diciembre tendríamos déficit de energía y no llegaríamos a cubrir la demanda prevista.

Resultados obtenidos para una instalación de 14 módulos:

| MES             | Producción – consumo kWh/día | Exceso batería kWh/día | Defecto batería kWh/día | Exceso Bruto kWh/día | Defecto Bruto kWh/día |
|-----------------|------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|
| Enero           | -1,00                        | 0,00                   | -0,97                   | 5,85                 | -6,85                 |
| Febrero         | 4,59                         | 4,20                   | 0,00                    | 10,20                | -5,61                 |
| Marzo           | 10,11                        | 10,04                  | 0,00                    | 14,73                | -4,62                 |
| Abril           | 14,61                        | 14,57                  | 0,00                    | 18,45                | -3,85                 |
| Mayo            | 18,48                        | 18,50                  | 0,00                    | 21,94                | -3,46                 |
| Junio           | 22,87                        | 22,86                  | 0,00                    | 25,77                | -2,89                 |
| Julio           | 23,15                        | 23,13                  | 0,00                    | 25,95                | -2,80                 |
| Agosto          | 20,19                        | 20,18                  | 0,00                    | 23,15                | -2,95                 |
| Septiembre      | 15,23                        | 15,25                  | 0,00                    | 18,75                | -3,52                 |
| Octubre         | 7,17                         | 7,25                   | 0,00                    | 12,48                | -5,31                 |
| Noviembre       | 2,12                         | 2,21                   | 0,00                    | 8,00                 | -5,88                 |
| Diciembre       | 0,50                         | 0,36                   | 0,00                    | 6,51                 | -6,02                 |
| <b>PROMEDIO</b> |                              | 11,5836                | <b>-0,0824</b>          | 16,009745            | -4,48                 |

Tabla 29. Excesos y defectos de la batería (instalación 14 módulos)

En caso de dotar a la instalación de la batería especificada y de 14 módulos fotovoltaicos, el mes de enero tendríamos déficit de energía y no llegaríamos a cubrir la demanda prevista.

Resultados obtenidos para una instalación de 16 módulos:

| MES     | Producción – consumo kWh/día | Exceso batería kWh/día | Defecto batería kWh/día | Exceso Bruto kWh/día | Defecto Bruto kWh/día |
|---------|------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|
| Enero   | 0,20                         | 0,33                   | -0,42                   | 6,92                 | -6,73                 |
| Febrero | 6,57                         | 6,52                   | 0,00                    | 11,95                | -5,38                 |
| Marzo   | 12,86                        | 12,81                  | 0,00                    | 17,26                | -4,39                 |
| Abril   | 17,97                        | 17,94                  | 0,00                    | 21,59                | -3,61                 |

|                 |       |         |                |           |       |
|-----------------|-------|---------|----------------|-----------|-------|
| Mayo            | 22,42 | 22,45   | 0,00           | 25,68     | -3,25 |
| Junio           | 27,36 | 27,36   | 0,00           | 30,13     | -2,76 |
| Julio           | 27,69 | 27,66   | 0,00           | 30,39     | -2,71 |
| Agosto          | 24,27 | 24,26   | 0,00           | 27,09     | -2,82 |
| Septiembre      | 18,60 | 18,62   | 0,00           | 21,89     | -3,30 |
| Octubre         | 9,51  | 9,58    | 0,00           | 14,66     | -5,15 |
| Noviembre       | 3,74  | 3,75    | 0,00           | 9,50      | -5,76 |
| Diciembre       | 1,85  | 1,80    | 0,00           | 7,70      | -5,85 |
| <b>PROMEDIO</b> |       | 11,5836 | <b>-0,0824</b> | 16,009745 | -4,48 |

Tabla 30. Excesos y defectos de la batería (instalación 16 módulos)

En caso de dotar a la instalación de la batería especificada y de 16 módulos fotovoltaicos, el mes de enero tendríamos déficit de energía y no llegaríamos a cubrir el 100% de la demanda prevista. Se requeriría un generador auxiliar.

Resultados obtenidos para una instalación de 18 módulos:

| MES             | Producción – consumo kWh/día | Exceso batería kWh/día | Defecto batería kWh/día | Exceso Bruto kWh/día | Defecto Bruto kWh/día |
|-----------------|------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|
| Enero           | 1,40                         | 1,07                   | 0,00                    | 8,01                 | -6,61                 |
| Febrero         | 8,54                         | 8,52                   | 0,00                    | 13,71                | -5,17                 |
| Marzo           | 15,62                        | 15,58                  | 0,00                    | 19,82                | -4,19                 |
| Abril           | 21,34                        | 21,31                  | 0,00                    | 24,79                | -3,45                 |
| Mayo            | 26,36                        | 26,39                  | 0,00                    | 29,50                | -3,14                 |
| Junio           | 31,86                        | 31,85                  | 0,00                    | 34,55                | -2,69                 |
| Julio           | 32,23                        | 32,20                  | 0,00                    | 34,90                | -2,68                 |
| Agosto          | 28,35                        | 28,34                  | 0,00                    | 31,09                | -2,74                 |
| Septiembre      | 21,97                        | 21,99                  | 0,00                    | 25,10                | -3,13                 |
| Octubre         | 11,85                        | 11,91                  | 0,00                    | 16,85                | -5,00                 |
| Noviembre       | 5,36                         | 5,34                   | 0,00                    | 11,02                | -5,66                 |
| Diciembre       | 3,21                         | 3,20                   | 0,00                    | 8,92                 | -5,71                 |
| <b>PROMEDIO</b> |                              | 17,3492                | 0                       | 21,559649            | -4,18                 |

Tabla 31. Excesos y defectos de la batería (instalación 18 módulos)

En caso de dotar a la instalación de la batería especificada y de 18 módulos fotovoltaicos, y según el análisis mensual, ninguno de los meses tendríamos déficit de energía, es decir, eligiendo esta combinación generación - acumulador estaríamos garantizando cubrir la demanda prevista.

En caso de considerar la batería siguiente, que dota a la instalación de **3 días de diseño** para suplir desajustes: \*(Batería A)

Batería:

|                     |             |
|---------------------|-------------|
| PD=                 |             |
|                     | 0,7         |
| Disponible;inicial= |             |
|                     | 0,6         |
| Bateria [V]=        |             |
|                     | 48          |
| Bateria [kWh]=      |             |
|                     | 40,27748848 |
| Bateria [Ah]=       |             |
|                     | 839,1143433 |

Tabla 32. Características de la batería (Excel)

Resultados obtenidos para una instalación de 16 módulos:

| MES          | Producción – consumo kWh/día | Exceso batería kWh/día | Defecto batería kWh/día | Exceso Bruto kWh/día | Defecto Bruto kWh/día |
|--------------|------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|
| Enero        | 0,20                         | 0,63                   | -0,60                   | 6,92                 | -6,73                 |
| Febrero      | 6,57                         | 6,52                   | 0,00                    | 11,95                | -5,38                 |
| Marzo        | 12,86                        | 12,81                  | 0,00                    | 17,26                | -4,39                 |
| Abril        | 17,97                        | 17,94                  | 0,00                    | 21,59                | -3,61                 |
| Mayo         | 22,42                        | 22,45                  | 0,00                    | 25,68                | -3,25                 |
| Junio        | 27,36                        | 27,36                  | 0,00                    | 30,13                | -2,76                 |
| Julio        | 27,69                        | 27,66                  | 0,00                    | 30,39                | -2,71                 |
| Agosto       | 24,27                        | 24,26                  | 0,00                    | 27,09                | -2,82                 |
| Septiembre   | 18,60                        | 18,62                  | 0,00                    | 21,89                | -3,30                 |
| Octubre      | 9,51                         | 9,58                   | 0,00                    | 14,66                | -5,15                 |
| Noviembre    | 3,74                         | 3,75                   | 0,00                    | 9,50                 | -5,76                 |
| Diciembre    | 1,85                         | 1,80                   | 0,00                    | 7,70                 | -5,85                 |
| <b>TOTAL</b> |                              | 14,4863                | <b>-0,0508</b>          | 18,763369            | -4,31                 |

Tabla 33. Excesos y defectos de la batería (instalación 16 módulos)

En caso de dotar a la instalación de la batería especificada y de 16 módulos fotovoltaicos, el mes de enero tendríamos déficit de energía y no llegaríamos a cubrir la demanda prevista de energía.

Resultados obtenidos para una instalación de 18 módulos:

| MES          | Producción – consumo kWh/día | Exceso batería kWh/día | Defecto batería kWh/día | Exceso Bruto kWh/día | Defecto Bruto kWh/día |
|--------------|------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|
| Enero        | 1,40                         | 1,27                   | -0,08                   | 8,01                 | -6,61                 |
| Febrero      | 8,54                         | 8,52                   | 0,00                    | 13,71                | -5,17                 |
| Marzo        | 15,62                        | 15,58                  | 0,00                    | 19,82                | -4,19                 |
| Abril        | 21,34                        | 21,31                  | 0,00                    | 24,79                | -3,45                 |
| Mayo         | 26,36                        | 26,39                  | 0,00                    | 29,50                | -3,14                 |
| Junio        | 31,86                        | 31,85                  | 0,00                    | 34,55                | -2,69                 |
| Julio        | 32,23                        | 32,20                  | 0,00                    | 34,90                | -2,68                 |
| Agosto       | 28,35                        | 28,34                  | 0,00                    | 31,09                | -2,74                 |
| Septiembre   | 21,97                        | 21,99                  | 0,00                    | 25,10                | -3,13                 |
| Octubre      | 11,85                        | 11,91                  | 0,00                    | 16,85                | -5,00                 |
| Noviembre    | 5,36                         | 5,34                   | 0,00                    | 11,02                | -5,66                 |
| Diciembre    | 3,21                         | 3,20                   | 0,00                    | 8,92                 | -5,71                 |
| <b>TOTAL</b> |                              | 17,3664                | <b>-0,0068</b>          | 21,559649            | -4,18                 |

Tabla 34. Excesos y defectos de la batería (instalación 18 módulos)

En caso de dotar a la instalación de la batería especificada y de 18 módulos fotovoltaicos, el mes de enero tendríamos déficit de energía y no llegaríamos a cubrir la demanda prevista.

Resultados obtenidos para una instalación de 20 módulos:

| MES          | Producción – consumo kWh/día | Exceso batería kWh/día | Defecto batería kWh/día | Exceso Bruto kWh/día | Defecto Bruto kWh/día |
|--------------|------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|
| Enero        | 2,59                         | 2,38                   | 0,00                    | 9,10                 | -6,50                 |
| Febrero      | 10,52                        | 10,49                  | 0,00                    | 15,49                | -4,97                 |
| Marzo        | 18,38                        | 18,36                  | 0,00                    | 22,42                | -4,04                 |
| Abril        | 24,71                        | 24,67                  | 0,00                    | 28,06                | -3,35                 |
| Mayo         | 30,31                        | 30,33                  | 0,00                    | 33,38                | -3,07                 |
| Junio        | 36,35                        | 36,34                  | 0,00                    | 39,01                | -2,66                 |
| Julio        | 36,77                        | 36,74                  | 0,00                    | 39,42                | -2,65                 |
| Agosto       | 32,42                        | 32,42                  | 0,00                    | 35,12                | -2,70                 |
| Septiembre   | 25,34                        | 25,36                  | 0,00                    | 28,36                | -3,02                 |
| Octubre      | 14,19                        | 14,24                  | 0,00                    | 19,03                | -4,85                 |
| Noviembre    | 6,97                         | 6,97                   | 0,00                    | 12,55                | -5,58                 |
| Diciembre    | 4,57                         | 4,55                   | 0,00                    | 10,18                | -5,60                 |
| <b>TOTAL</b> |                              | 20,2835                | 0                       | 24,386879            | -4,08                 |

Tabla 35. Excesos y defectos de la batería (instalación 20 módulos)

En caso de dotar a la instalación de la batería especificada y de 20 módulos fotovoltaicos, y según el análisis mensual, ninguno de los meses tendríamos déficit de energía, es decir, garantizaríamos cubrir la demanda prevista de energía.

Se observa el hecho intuitivo de que una mayor capacidad de acumulación implique un menor número de módulos y viceversa.

## 2. BALANCE DIARIO

En la siguiente gráfica vemos tanto la irradiancia diaria incidente en el emplazamiento por metro cuadrado como la energía que son capaces de captar los módulos, por metro cuadrado y por panel. Resultando una eficiencia del módulo de 11,54%.

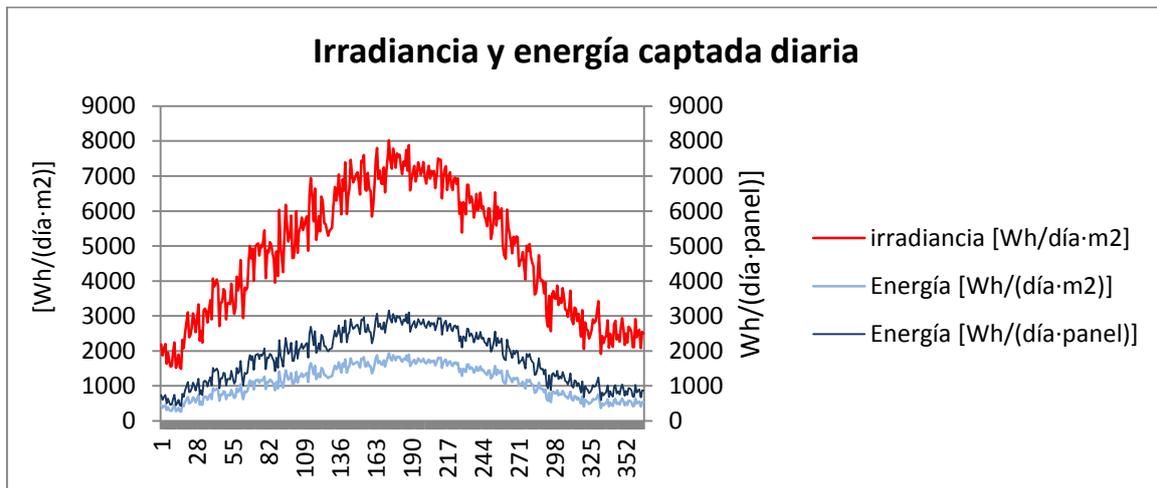


Imagen 25. Gráfica Irradiancia y energía captada diaria

Para comprobar que somos capaces de cubrir la demanda, tendremos que comprobar la energía que puede generar la instalación en función del número de paneles que pongamos.

2.1 Sin utilizar baterías

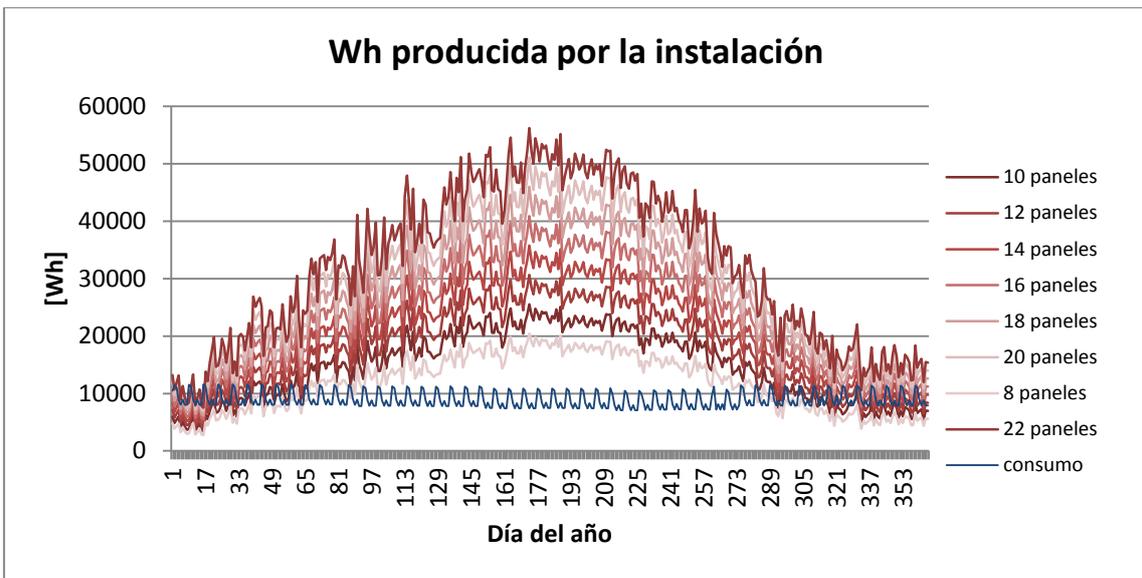


Imagen 26. Gráfica Wh producida por la instalación en función del número de paneles

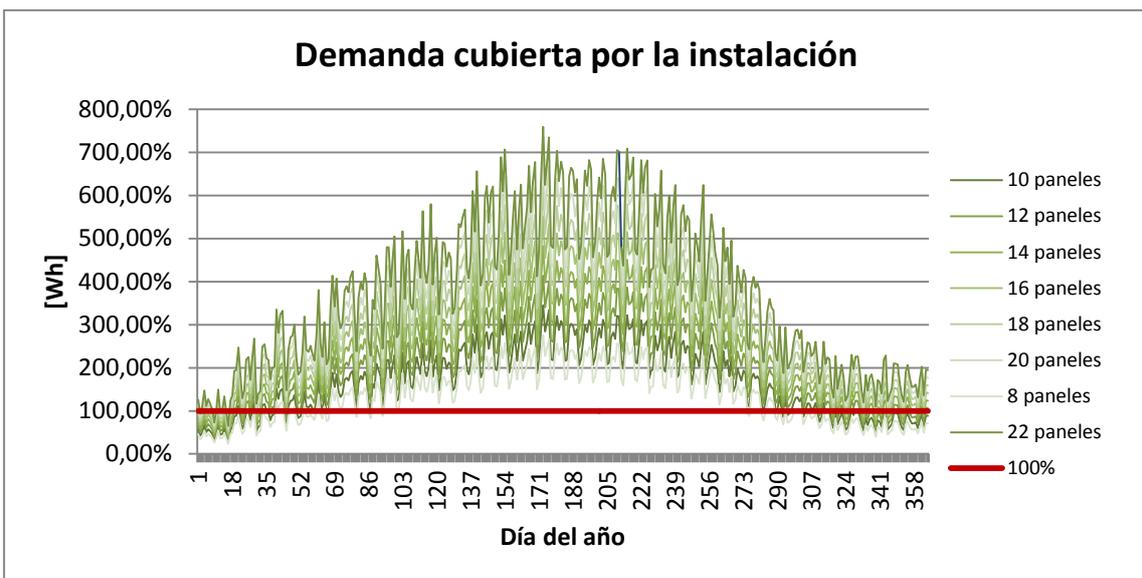


Imagen 27. Gráfica Demanda cubierta por la instalación (%)

En el caso de realizar un análisis diario estaremos teniendo en cuenta los desfases que hay entre diferentes días que forman un mes. Esto es, en el caso de la vivienda estudiada existe un desfase de consumo entre los días entre semana y los fines de semana (ya no estamos considerando una media diaria de consumo para todo el mes como en el balance anterior)

Por esta razón, en este caso obtenemos que serían necesarios **más de 24 paneles** para conseguir no tener déficit de energía (balance diario negativo) ningún día del año. Con 24

paneles fotovoltaicos los días de mayor consumo (los domingos) todavía el balance diario de energía generada por la instalación es inferior al requerido por la vivienda.

Al igual que en el balance mensual sabemos que dotar a la instalación de módulos pero no de baterías apoyándonos en un balance diario no tiene sentido debido a que durante las horas de la noche no podría suplirse la demanda de carga. Sin embargo los siguientes datos nos ayudaran, de forma más acertada que los del balance mensual, a hacernos una idea de cuál sería la energía a producir por un generador auxiliar o la red.

Instalación de 14 módulos:

| MES          | Días/<br>mes | Potencia<br>consumida<br>kWh/mes | Potencia facturada<br>(4,4kW contratados) | Energía<br>facturada | Importe total | IVA<br>(21%) | IMPORTE<br>FACTURA |
|--------------|--------------|----------------------------------|---|----------------------|---------------|--------------|--------------------|
| Enero        | 31           | 57,7(22días)                     | 16,95                                     | 9,21                 | 26,16         | 5,49         | 31,65              |
| Febrero      | 28           | 0,59 (1día)                      | 15,31                                     | 0,09                 | 15,41         | 3,24         | 18,64              |
| Marzo        | 31           |                                  | 16,95                                     | 0,00                 | 16,95         | 3,56         | 20,51              |
| Abril        | 30           |                                  | 16,41                                     | 0,00                 | 16,41         | 3,45         | 19,85              |
| Mayo         | 31           |                                  | 16,95                                     | 0,00                 | 16,95         | 3,56         | 20,51              |
| Junio        | 30           |                                  | 16,41                                     | 0,00                 | 16,41         | 3,45         | 19,85              |
| Julio        | 31           |                                  | 16,95                                     | 0,00                 | 16,95         | 3,56         | 20,51              |
| Agosto       | 31           |                                  | 16,95                                     | 0,00                 | 16,95         | 3,56         | 20,51              |
| Septiembre   | 30           |                                  | 16,41                                     | 0,00                 | 16,41         | 3,45         | 19,85              |
| Octubre      | 31           |                                  | 16,95                                     | 0,00                 | 16,95         | 3,56         | 20,51              |
| Noviembre    | 30           | 9,3 (7 días)                     | 16,41                                     | 1,48                 | 17,89         | 3,76         | 21,65              |
| Diciembre    | 31           | 13,7 (11días)                    | 16,95                                     | 2,19                 | 19,14         | 4,02         | 23,16              |
| <b>ANUAL</b> |              | <b>81,29</b>                     | <b>199,62</b>                             | <b>12,97</b>         | <b>212,59</b> | <b>44,64</b> | <b>257,23</b>      |

Tabla 36. Coste aproximado anual conexión a red (instalación de 14 módulos)

Instalación de 16 módulos:

| MES          | Días/<br>mes | Potencia<br>consumida<br>kWh/mes | Potencia facturada<br>(4,4kW contratados) | Energía<br>facturada | Importe total | IVA<br>(21%) | IMPORTE<br>FACTURA |
|--------------|--------------|----------------------------------|---|----------------------|---------------|--------------|--------------------|
| Enero        | 31           | 37,5(18días)                     | 16,95                                     | 5,98                 | 22,94         | 4,82         | 27,75              |
| Febrero      | 28           |                                  | 15,31                                     | 0,00                 | 15,31         | 3,22         | 18,53              |
| Marzo        | 31           |                                  | 16,95                                     | 0,00                 | 16,95         | 3,56         | 20,51              |
| Abril        | 30           |                                  | 16,41                                     | 0,00                 | 16,41         | 3,45         | 19,85              |
| Mayo         | 31           |                                  | 16,95                                     | 0,00                 | 16,95         | 3,56         | 20,51              |
| Junio        | 30           |                                  | 16,41                                     | 0,00                 | 16,41         | 3,45         | 19,85              |
| Julio        | 31           |                                  | 16,95                                     | 0,00                 | 16,95         | 3,56         | 20,51              |
| Agosto       | 31           |                                  | 16,95                                     | 0,00                 | 16,95         | 3,56         | 20,51              |
| Septiembre   | 30           |                                  | 16,41                                     | 0,00                 | 16,41         | 3,45         | 19,85              |
| Octubre      | 31           |                                  | 16,95                                     | 0,00                 | 16,95         | 3,56         | 20,51              |
| Noviembre    | 30           | 3,01 (4 días)                    | 16,41                                     | 0,48                 | 16,89         | 3,55         | 20,43              |
| Diciembre    | 31           | 5,50 (6días)                     | 16,95                                     | 0,88                 | 17,83         | 3,74         | 21,58              |
| <b>ANUAL</b> |              | <b>46,01</b>                     | <b>199,62</b>                             | <b>7,34</b>          | <b>206,96</b> | <b>43,46</b> | <b>250,42</b>      |

Tabla 37. Coste aproximado anual conexión a red (instalación de 16 módulos)

## 2.2 Estudio de la implantación de baterías

Considerando la misma batería que en el caso anterior (que proporciona **4 días de diseño** a la instalación para compensar desajustes.) \*(Batería B)

|                     |             |
|---------------------|-------------|
| PD=                 |             |
|                     | 0,7         |
| Disponible;inicial= |             |
|                     | 0,6         |
| Bateria [V]=        |             |
|                     | 48          |
| Bateria [kWh]=      |             |
|                     | 53,70331797 |
| Bateria [Ah]=       |             |
|                     | 1118,819124 |

Tabla 38. Características de la batería (Excel)

Instalación con **10 módulos** fotovoltaicos:

Obtenemos déficit de energía muchos días de enero y de diciembre. Es decir, esos días no será posible suplir la demanda de la vivienda por falta tanto de irradiancia como de energía almacenada en las baterías.

Buscamos el número de paneles que nos garantice no tener déficit de energía ningún día del año.

Instalación con **12 módulos** fotovoltaicos:

Considerando una instalación de 20 módulos fotovoltaicos, obtenemos un total de 15 días en enero y 4 días en diciembre con déficit de energía.

Instalación con **16 módulos** fotovoltaicos:

|   |       |   |
|---|-------|---|
| 1 | Enero | 0 |
| 2 | Enero | 0 |
| 3 | Enero | 0 |
| 4 | Enero | 0 |
| 5 | Enero | 0 |
| 6 | Enero | 0 |
| 7 | Enero | 0 |
| 8 | Enero | 0 |

|    |       |        |
|----|-------|--------|
| 9  | Enero | 0      |
| 10 | Enero | 0      |
| 11 | Enero | 0      |
| 12 | Enero | -1,09  |
| 13 | Enero | -1,99  |
| 14 | Enero | -0,50  |
| 15 | Enero | -6,10  |
| 16 | Enero | -1,97  |
| 17 | Enero | -1,13  |
| 18 | Enero | -0,096 |
| 19 | Enero | 0      |
| 20 | Enero | 0      |
| 21 | Enero | 0      |

Tabla 39. Días con déficit de energía (instalación 16 módulos)

En caso de colocar una instalación formada por 16 módulos y la batería descrita, encontramos 6 días seguidos de enero con déficit de batería, es decir, 6 días que no podríamos responder a la carga de la vivienda.

Instalación con **18 módulos** fotovoltaicos:

Con 18 módulos no obtenemos déficit de energía ningún día del año. Es decir, necesitaríamos hasta 18 paneles para garantizar 100% cubrir la demanda de la vivienda.

En caso de considerar la siguiente batería (que proporciona **3 días de diseño** a la instalación para compensar desajustes.) \*(Batería A)

Batería:

|                     |             |
|---------------------|-------------|
| PD=                 |             |
|                     | 0,7         |
| Disponible;inicial= |             |
|                     | 0,6         |
| Bateria [V]=        |             |
|                     | 48          |
| Bateria [kWh]=      |             |
|                     | 40,27748848 |
| Bateria [Ah]=       |             |
|                     | 839,1143433 |

Tabla 40. Características de la batería

Instalación con **16 módulos** fotovoltaicos:

|    |       |        |
|----|-------|--------|
| 1  | Enero | 0      |
| 2  | Enero | 0      |
| 3  | Enero | 0      |
| 4  | Enero | 0      |
| 5  | Enero | 0      |
| 6  | Enero | 0      |
| 7  | Enero | 0      |
| 8  | Enero | 0      |
| 9  | Enero | -2,94  |
| 10 | Enero | -1,998 |
| 11 | Enero | 0      |
| 12 | Enero | -1,78  |
| 13 | Enero | -1,998 |
| 14 | Enero | -0,50  |
| 15 | Enero | -6,10  |
| 16 | Enero | -1,97  |
| 17 | Enero | -1,1   |
| 18 | Enero | -0,096 |
| 19 | Enero | 0      |
| 20 | Enero | 0      |
| 21 | Enero | 0      |

*Tabla 41. Días con déficit de batería (instalación 16 paneles)*

Instalación con **18 módulos** fotovoltaicos:

Todavía tenemos algún día con déficit de energía.

Instalación con **20 módulos** fotovoltaicos:

Con 20 módulos no obtenemos déficit de energía ningún día del año. Es decir, necesitaríamos hasta 20 paneles para garantizar 100% cubrir la demanda de la vivienda.

### 3. BALANCE HORARIO

En la siguiente gráfica vemos tanto la irradiancia horaria incidente en el emplazamiento por metro cuadrado como la energía que son capaces de captar los módulos, por metro cuadrado y por panel.

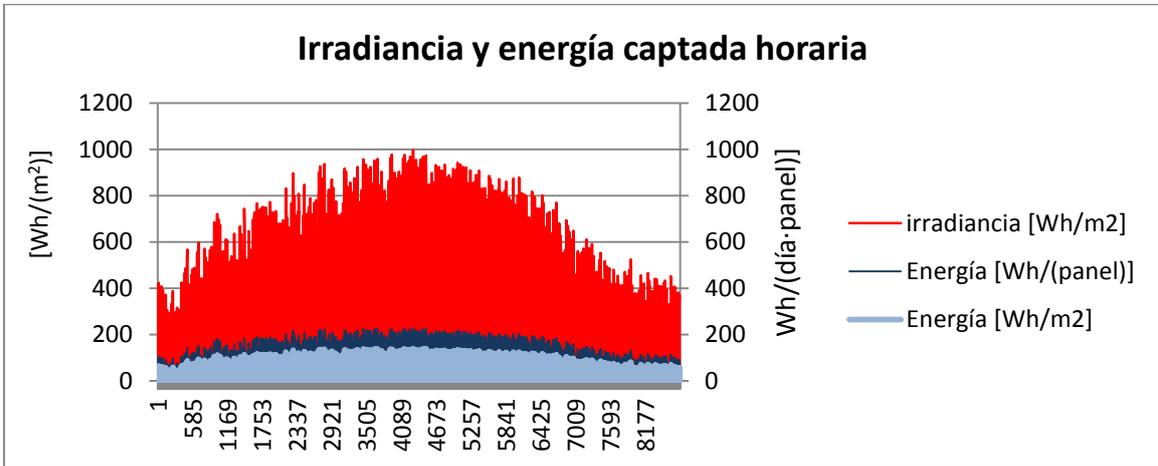


Ilustración 28. Gráfica Irradiancia y energía captada mensual

Para comprobar que somos capaces de cubrir la demanda, tendremos que comprobar la energía horaria que puede generar la instalación en función del número de paneles que pongamos.

#### 3.1 Sin utilizar baterías

Estimación de la producción anual en función del número de paneles:

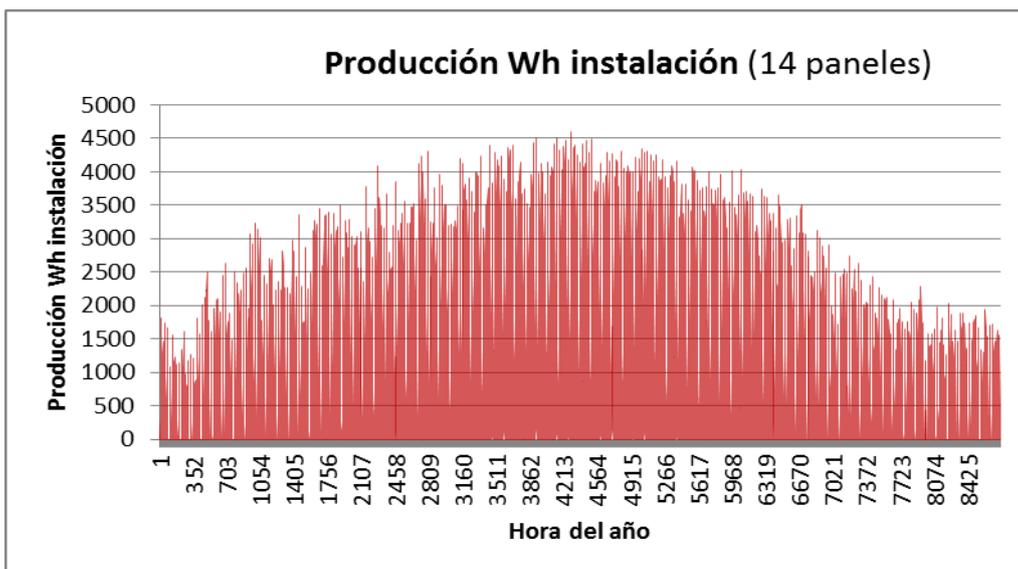


Ilustración 29. Gráfica Wh producidos (Instalación 14 paneles)

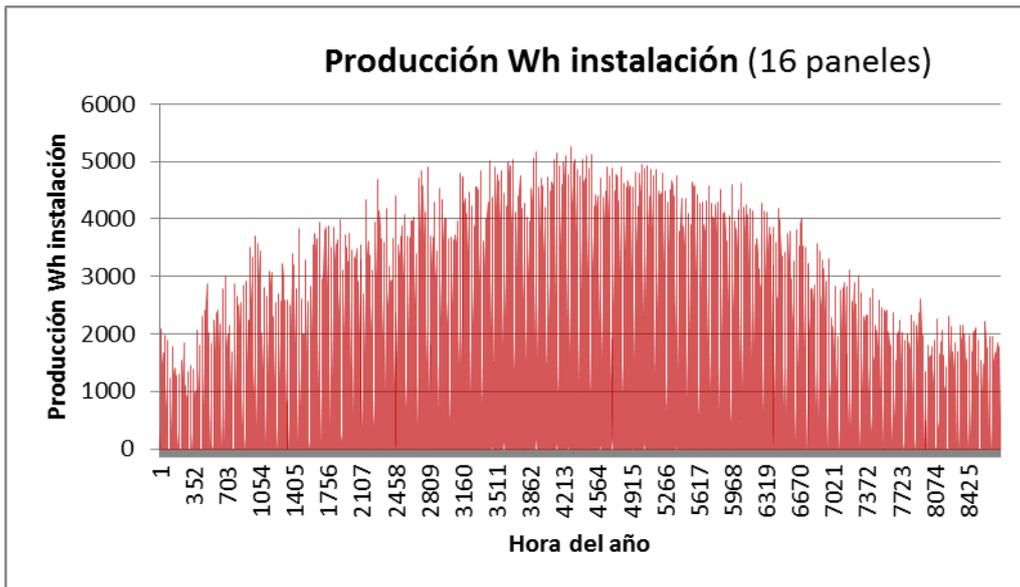


Ilustración 30. Gráfica Wh producidos (Instalación 16 paneles)

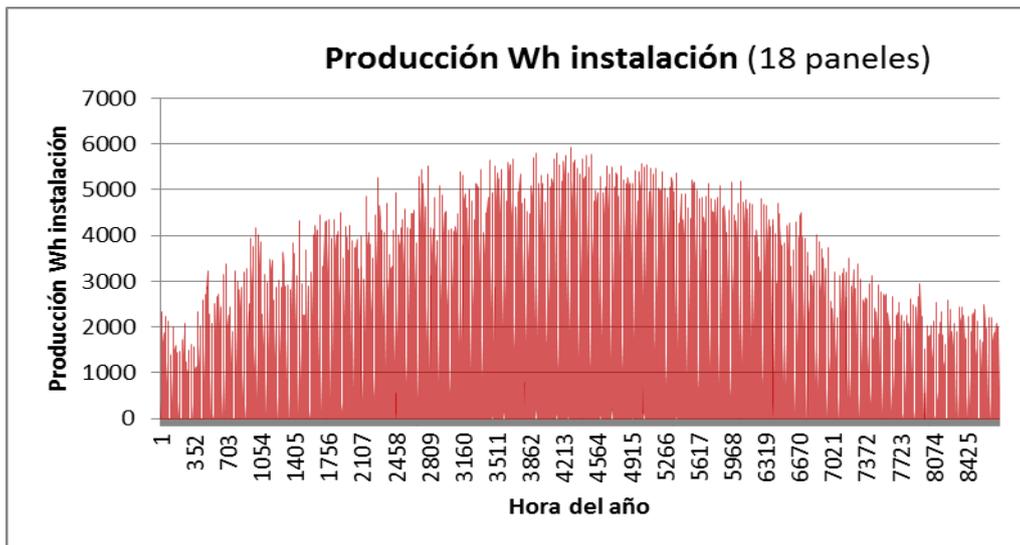


Ilustración 31. Gráfica Wh producidos (Instalación 18 paneles)

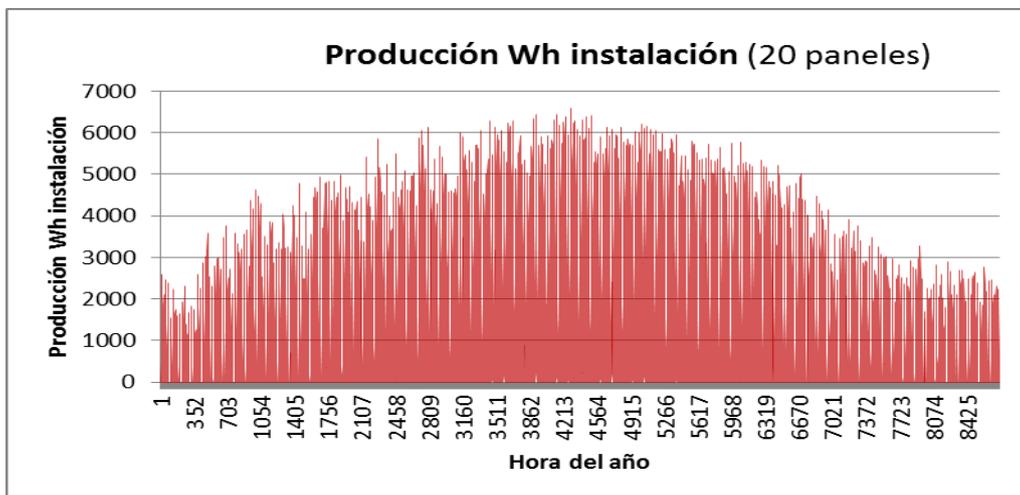


Ilustración 32. Gráfica Wh producidos (Instalación 20 paneles)

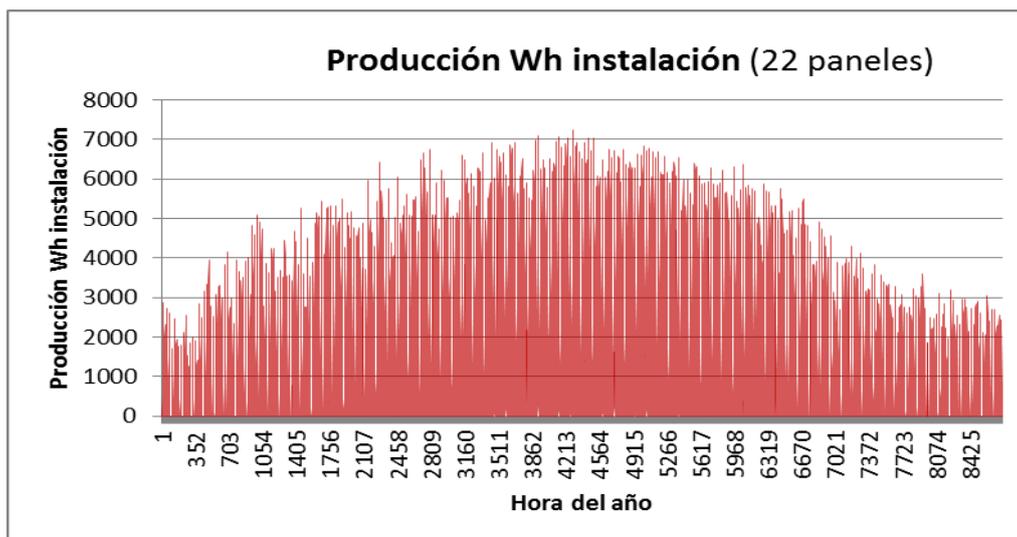


Ilustración 33. Gráfica Wh producidos (Instalación 22 paneles)

Este caso (estudio hora-hora de la faltad de energía a suplir en la vivienda) adquiere mayor fiabilidad porque ya no estamos apoyándonos en medias diarias ni mensuales, sino que estamos analizando la producción y la demanda de la vivienda cada hora del año.

A continuación se analizan los resultados de producción y déficit de energía sin la utilización de baterías porque esto nos ayudará a estudiar cuán mejor sería la opción de elegir una instalación conectada a red. *Estudiando los casos de déficit negativo de energía* (que es lo que nos tendríamos que suministrar de la red) nos hacemos una idea de cuál sería el coste económico de esta opción.

El análisis hora-hora será mucho más preciso que el análisis promedio mensual y el análisis diario, ya que se considera la conexión a la red todos los días (especialmente durante las horas de la noche)

Consumo sin instalación fotovoltaica: (considerando grueso de la factura)

| MES        | Días/<br>mes | Potencia<br>consumida<br>kWh/mes | Potencia facturada<br>(4,4kW contratados)<br>€ | Energía<br>facturada<br>€ | Importe total<br>€ | IVA<br>(21%)<br>€ | IMPORTE<br>FACTURA<br>€ |
|------------|--------------|----------------------------------|--|---------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|
| Enero      | 31           | 291,34                           | 16,95  | 46,48                     | 63,43              | 13,32             | 76,76                   |
| Febrero    | 28           | 258,5                            | 15,31  | 41,24                     | 56,55              | 11,88             | 68,43                   |
| Marzo      | 31           | 284,62                           | 16,95  | 45,41                     | 62,36              | 13,10             | 75,46                   |
| Abril      | 30           | 269,22                           | 16,41  | 42,95                     | 59,36              | 12,47             | 71,82                   |
| Mayo       | 31           | 282,54                           | 16,95  | 45,08                     | 62,03              | 13,03             | 75,06                   |
| Junio      | 30           | 257,24                           | 16,41  | 41,04                     | 57,45              | 12,06             | 69,51                   |
| Julio      | 31           | 267,49                           | 16,95  | 42,68                     | 59,63              | 12,52             | 72,15                   |
| Agosto     | 31           | 258,71                           | 16,95  | 41,27                     | 58,23              | 12,23             | 70,46                   |
| Septiembre | 30           | 251,17                           | 16,41  | 40,07                     | 56,48              | 11,86             | 68,34                   |
| Octubre    | 31           | 285,42                           | 16,95  | 45,54                     | 62,49              | 13,12             | 75,61                   |

|                  |    |         |        |        |        |        |        |
|------------------|----|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Noviembre</b> | 30 | 275,94  | 16,41  | 44,02  | 60,43  | 12,69  | 73,12  |
| <b>Diciembre</b> | 31 | 279,39  | 16,95  | 44,57  | 61,53  | 12,92  | 74,45  |
| <b>ANUAL</b>     |    | 3261,58 | 199,62 | 520,35 | 719,97 | 151,19 | 871,16 |

Tabla 42. Coste aproximado anual conexión a red (sin instalación fotovoltaica)

Instalación de 4 módulos:

| MES          | Días/<br>mes | Potencia<br>consumida<br>kWh/mes | Potencia facturada<br>(4,4kW contratados)<br>€ | Energía<br>facturada<br>€ | Importe total<br>€ | IVA<br>(21%)<br>€ | IMPORTE<br>FACTURA<br>€ |
|--------------|--------------|----------------------------------|--|---------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|
| Enero        | 31           | 242,90                           | 16,95  | 38,75                     | 55,71              | 11,70             | 67,41                   |
| Febrero      | 28           | 201,29                           | 15,31  | 32,11                     | 47,43              | 9,96              | 57,39                   |
| Marzo        | 31           | 204,54                           | 16,95  | 32,63                     | 49,59              | 10,41             | 60,00                   |
| Abril        | 30           | 175,39                           | 16,41  | 27,98                     | 44,39              | 9,32              | 53,71                   |
| Mayo         | 31           | 170,59                           | 16,95  | 27,22                     | 44,17              | 9,28              | 53,45                   |
| Junio        | 30           | 145,40                           | 16,41  | 23,20                     | 39,60              | 8,32              | 47,92                   |
| Julio        | 31           | 148,81                           | 16,95  | 23,74                     | 40,69              | 8,55              | 49,24                   |
| Agosto       | 31           | 151,11                           | 16,95  | 24,11                     | 41,06              | 8,62              | 49,68                   |
| Septiembre   | 30           | 161,93                           | 16,41  | 25,84                     | 42,24              | 8,87              | 51,11                   |
| Octubre      | 31           | 213,42                           | 16,95  | 34,05                     | 51,00              | 10,71             | 61,71                   |
| Noviembre    | 30           | 220,87                           | 16,41  | 35,24                     | 51,64              | 10,85             | 62,49                   |
| Diciembre    | 31           | 226,03                           | 16,95  | 36,06                     | 53,02              | 11,13             | 64,15                   |
| <b>ANUAL</b> |              | 2262,29                          | 199,62   | 360,93                    | 560,54             | 117,71            | 678,26                  |

Tabla 43. Coste aproximado anual conexión a red (instalación de 4 módulos)

Instalación de 6 módulos:

| MES          | Días/<br>mes | Potencia<br>consumida<br>kWh/mes | Potencia facturada<br>(4,4kW contratados)<br>€ | Energía<br>facturada<br>€ | Importe total<br>€ | IVA<br>(21%)<br>€ | IMPORTE<br>FACTURA<br>€ |
|--------------|--------------|----------------------------------|--|---------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|
| Enero        | 31           | 234,82                           | 16,95  | 37,46                     | 54,42              | 11,43             | 65,85                   |
| Febrero      | 28           | 189,76                           | 15,31  | 30,27                     | 45,59              | 9,57              | 55,16                   |
| Marzo        | 31           | 183,87                           | 16,95  | 29,33                     | 46,29              | 9,72              | 56,01                   |
| Abril        | 30           | 152,94                           | 16,41  | 24,40                     | 40,81              | 8,57              | 49,38                   |
| Mayo         | 31           | 150,39                           | 16,95  | 23,99                     | 40,95              | 8,60              | 49,55                   |
| Junio        | 30           | 127,06                           | 16,41  | 20,27                     | 36,68              | 7,70              | 44,38                   |
| Julio        | 31           | 129,73                           | 16,95  | 20,70                     | 37,65              | 7,91              | 45,56                   |
| Agosto       | 31           | 132,24                           | 16,95  | 21,10                     | 38,05              | 7,99              | 46,04                   |
| Septiembre   | 30           | 142,71                           | 16,41  | 22,77                     | 39,18              | 8,23              | 47,40                   |
| Octubre      | 31           | 196,93                           | 16,95  | 31,42                     | 48,37              | 10,16             | 58,53                   |
| Noviembre    | 30           | 208,43                           | 16,41  | 33,25                     | 49,66              | 10,43             | 60,09                   |
| Diciembre    | 31           | 216,79                           | 16,95  | 34,59                     | 51,54              | 10,82             | 62,36                   |
| <b>ANUAL</b> |              | 2065,68                          | 199,62   | 329,56                    | 529,18             | 111,13            | 640,30                  |

Tabla 44. Coste aproximado anual conexión a red (instalación de 6 módulos)

Instalación de 8 módulos:

| MES   | Días/<br>mes | Potencia<br>consumida<br>kWh/mes | Potencia facturada<br>(4,4kW contratados)<br>€ | Energía<br>facturada<br>€ | Importe total<br>€ | IVA<br>(21%)<br>€ | IMPORTE<br>FACTURA<br>€ |
|-------|--------------|----------------------------------|--|---------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|
| Enero | 31           | 227,98                           | 16,95  | 36,37                     | 53,33              | 11,20             | 64,52                   |

|              |    |                |               |               |               |               |               |
|--------------|----|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Febrero      | 28 | 178,56         | 15,31         | 28,49         | 43,80         | 9,20          | 53,00         |
| Marzo        | 31 | 169,21         | 16,95         | 27,00         | 43,95         | 9,23          | 53,18         |
| Abril        | 30 | 141,04         | 16,41         | 22,50         | 38,91         | 8,17          | 47,08         |
| Mayo         | 31 | 137,74         | 16,95         | 21,98         | 38,93         | 8,18          | 47,10         |
| Junio        | 30 | 114,32         | 16,41         | 18,24         | 34,65         | 7,28          | 41,92         |
| Julio        | 31 | 115,44         | 16,95         | 18,42         | 35,37         | 7,43          | 42,80         |
| Agosto       | 31 | 119,87         | 16,95         | 19,12         | 36,08         | 7,58          | 43,65         |
| Septiembre   | 30 | 131,55         | 16,41         | 20,99         | 37,40         | 7,85          | 45,25         |
| Octubre      | 31 | 184,42         | 16,95         | 29,42         | 46,38         | 9,74          | 56,11         |
| Noviembre    | 30 | 198,10         | 16,41         | 31,61         | 48,01         | 10,08         | 58,09         |
| Diciembre    | 31 | 208,63         | 16,95         | 33,29         | 50,24         | 10,55         | 60,79         |
| <b>ANUAL</b> |    | <b>1926,86</b> | <b>199,62</b> | <b>307,41</b> | <b>507,03</b> | <b>106,48</b> | <b>613,51</b> |

Tabla 45. Coste aproximado anual conexión a red (instalación de 8 módulos)

Instalación de 10 módulos:

| MES          | Días/<br>mes | Potencia<br>consumida<br>kWh/mes | Potencia facturada<br>(4,4kW contratados)<br>€ | Energía<br>facturada<br>€ | Importe total<br>€ | IVA<br>(21%)<br>€ | IMPORTE<br>FACTURA<br>€ |
|--------------|--------------|----------------------------------|--|---------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|
| Enero        | 31           | 221,86                           | 16,95  | 35,40                     | 52,35              | 10,99             | 63,34                   |
| Febrero      | 28           | 170,00                           | 15,31  | 27,12                     | 42,44              | 8,91              | 51,35                   |
| Marzo        | 31           | 159,65                           | 16,95  | 25,47                     | 42,42              | 8,91              | 51,33                   |
| Abril        | 30           | 132,13                           | 16,41  | 21,08                     | 37,49              | 7,87              | 45,36                   |
| Mayo         | 31           | 126,37                           | 16,95  | 20,16                     | 37,12              | 7,79              | 44,91                   |
| Junio        | 30           | 101,77                           | 16,41  | 16,24                     | 32,64              | 6,86              | 39,50                   |
| Julio        | 31           | 101,49                           | 16,95  | 16,19                     | 33,15              | 6,96              | 40,11                   |
| Agosto       | 31           | 108,06                           | 16,95  | 17,24                     | 34,19              | 7,18              | 41,37                   |
| Septiembre   | 30           | 122,57                           | 16,41  | 19,55                     | 35,96              | 7,55              | 43,51                   |
| Octubre      | 31           | 176,25                           | 16,95  | 28,12                     | 45,07              | 9,47              | 54,54                   |
| Noviembre    | 30           | 188,84                           | 16,41  | 30,13                     | 46,53              | 9,77              | 56,31                   |
| Diciembre    | 31           | 200,60                           | 16,95  | 32,00                     | 48,96              | 10,28             | 59,24                   |
| <b>ANUAL</b> |              | <b>1809,58</b>                   | <b>199,62</b>                                  | <b>288,70</b>             | <b>488,32</b>      | <b>102,55</b>     | <b>590,86</b>           |

Tabla 46. Coste aproximado anual conexión a red (instalación de 10 módulos)

Instalación de 12 módulos:

| MES          | Días/<br>mes | Potencia<br>consumida<br>kWh/mes | Potencia facturada<br>(4,4kW contratados)<br>€ | Energía<br>facturada<br>€ | Importe total<br>€ | IVA<br>(21%)<br>€ | IMPORTE<br>FACTURA<br>€ |
|--------------|--------------|----------------------------------|--|---------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|
| Enero        | 31           | 216,73                           | 16,95  | 34,58                     | 51,53              | 10,82             | 62,35                   |
| Febrero      | 28           | 163,37                           | 15,31  | 26,06                     | 41,38              | 8,69              | 50,07                   |
| Marzo        | 31           | 151,07                           | 16,95  | 24,10                     | 41,06              | 8,62              | 49,68                   |
| Abril        | 30           | 123,67                           | 16,41  | 19,73                     | 36,14              | 7,59              | 43,73                   |
| Mayo         | 31           | 115,75                           | 16,95  | 18,47                     | 35,42              | 7,44              | 42,86                   |
| Junio        | 30           | 92,74                            | 16,41  | 14,80                     | 31,20              | 6,55              | 37,75                   |
| Julio        | 31           | 92,82                            | 16,95  | 14,81                     | 31,76              | 6,67              | 38,43                   |
| Agosto       | 31           | 98,01                            | 16,95  | 15,64                     | 32,59              | 6,84              | 39,43                   |
| Septiembre   | 30           | 113,98                           | 16,41  | 18,18                     | 34,59              | 7,26              | 41,85                   |
| Octubre      | 31           | 169,91                           | 16,95  | 27,11                     | 44,06              | 9,25              | 53,31                   |
| Noviembre    | 30           | 181,37                           | 16,41  | 28,94                     | 45,34              | 9,52              | 54,87                   |
| Diciembre    | 31           | 192,91                           | 16,95  | 30,78                     | 47,73              | 10,02             | 57,75                   |
| <b>ANUAL</b> |              | <b>1712,32</b>                   | <b>199,62</b>                                  | <b>273,18</b>             | <b>472,80</b>      | <b>99,29</b>      | <b>572,09</b>           |

Tabla 47. Coste aproximado anual conexión a red (instalación de 12 módulos)

Instalación de 14 módulos:

| MES          | Días/<br>mes | Potencia<br>consumida<br>kWh/mes | Potencia facturada<br>(4,4kW contratados)<br>€ | Energía<br>facturada<br>€ | Importe total<br>€ | IVA<br>(21%)<br>€ | IMPORTE<br>FACTURA<br>€ |
|--------------|--------------|----------------------------------|--|---------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|
| Enero        | 31           | 212,39                           | 16,95  | 33,88                     | 50,84              | 10,68             | 61,51                   |
| Febrero      | 28           | 156,97                           | 15,31  | 25,04                     | 40,36              | 8,47              | 48,83                   |
| Marzo        | 31           | 143,31                           | 16,95  | 22,86                     | 39,82              | 8,36              | 48,18                   |
| Abril        | 30           | 115,47                           | 16,41  | 18,42                     | 34,83              | 7,31              | 42,14                   |
| Mayo         | 31           | 107,32                           | 16,95  | 17,12                     | 34,08              | 7,16              | 41,23                   |
| Junio        | 30           | 86,83                            | 16,41  | 13,85                     | 30,26              | 6,35              | 36,61                   |
| Julio        | 31           | 86,74                            | 16,95  | 13,84                     | 30,79              | 6,47              | 37,26                   |
| Agosto       | 31           | 91,58                            | 16,95  | 14,61                     | 31,56              | 6,63              | 38,19                   |
| Septiembre   | 30           | 105,72                           | 16,41  | 16,87                     | 33,27              | 6,99              | 40,26                   |
| Octubre      | 31           | 164,57                           | 16,95  | 26,25                     | 43,21              | 9,07              | 52,28                   |
| Noviembre    | 30           | 176,42                           | 16,41  | 28,15                     | 44,55              | 9,36              | 53,91                   |
| Diciembre    | 31           | 186,53                           | 16,95  | 29,76                     | 46,71              | 9,81              | 56,52                   |
| <b>ANUAL</b> |              | <b>1633,85</b>                   | <b>199,62</b>                                  | <b>260,66</b>             | <b>460,28</b>      | <b>96,66</b>      | <b>556,94</b>           |

Tabla 48. Coste aproximado anual conexión a red (instalación de 14 módulos)

Instalación de 16 módulos:

| MES          | Días/<br>mes | Potencia<br>consumida<br>kWh/mes | Potencia facturada<br>(4,4kW contratados)<br>€ | Energía<br>facturada<br>€ | Importe total<br>€ | IVA<br>(21%)<br>€ | IMPORTE<br>FACTURA<br>€ |
|--------------|--------------|----------------------------------|--|---------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|
| Enero        | 31           | 208,54                           | 16,95  | 33,27                     | 50,22              | 10,55             | 60,77                   |
| Febrero      | 28           | 150,76                           | 15,31  | 24,05                     | 39,37              | 8,27              | 47,63                   |
| Marzo        | 31           | 136,20                           | 16,95  | 21,73                     | 38,68              | 8,12              | 46,81                   |
| Abril        | 30           | 108,36                           | 16,41  | 17,29                     | 33,69              | 7,08              | 40,77                   |
| Mayo         | 31           | 100,87                           | 16,95  | 16,09                     | 33,05              | 6,94              | 39,99                   |
| Junio        | 30           | 82,89                            | 16,41  | 13,22                     | 29,63              | 6,22              | 35,85                   |
| Julio        | 31           | 83,90                            | 16,95  | 13,39                     | 30,34              | 6,37              | 36,71                   |
| Agosto       | 31           | 87,43                            | 16,95  | 13,95                     | 30,90              | 6,49              | 37,39                   |
| Septiembre   | 30           | 98,93                            | 16,41  | 15,78                     | 32,19              | 6,76              | 38,95                   |
| Octubre      | 31           | 159,75                           | 16,95  | 25,49                     | 42,44              | 8,91              | 51,35                   |
| Noviembre    | 30           | 172,73                           | 16,41  | 27,56                     | 43,96              | 9,23              | 53,20                   |
| Diciembre    | 31           | 181,24                           | 16,95  | 28,91                     | 45,87              | 9,63              | 55,50                   |
| <b>ANUAL</b> |              | <b>1571,59</b>                   | <b>199,62</b>                                  | <b>250,73</b>             | <b>450,35</b>      | <b>94,57</b>      | <b>544,92</b>           |

Tabla 49. Coste aproximado anual conexión a red (instalación de 16 módulos)

Instalación de 18 módulos:

| MES     | Días/<br>mes | Potencia<br>consumida<br>kWh/mes | Potencia facturada<br>(4,4kW contratados)<br>€ | Energía<br>facturada<br>€ | Importe total<br>€ | IVA<br>(21%)<br>€ | IMPORTE<br>FACTURA<br>€ |
|---------|--------------|----------------------------------|--|---------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|
| Enero   | 31           | 205,01                           | 16,95  | 32,71                     | 49,66              | 10,43             | 60,09                   |
| Febrero | 28           | 144,79                           | 15,31  | 23,10                     | 38,41              | 8,07              | 46,48                   |
| Marzo   | 31           | 130,04                           | 16,95  | 20,75                     | 37,70              | 7,92              | 45,62                   |
| Abril   | 30           | 103,38                           | 16,41  | 16,49                     | 32,90              | 6,91              | 39,81                   |
| Mayo    | 31           | 97,29                            | 16,95  | 15,52                     | 32,48              | 6,82              | 39,30                   |
| Junio   | 30           | 80,73                            | 16,41  | 12,88                     | 29,29              | 6,15              | 35,44                   |
| Julio   | 31           | 82,96                            | 16,95  | 13,23                     | 30,19              | 6,34              | 36,53                   |
| Agosto  | 31           | 84,99                            | 16,95  | 13,56                     | 30,51              | 6,41              | 36,92                   |

|                   |    |         |        |        |        |       |        |
|-------------------|----|---------|--------|--------|--------|-------|--------|
| <b>Septiembre</b> | 30 | 93,89   | 16,41  | 14,98  | 31,39  | 6,59  | 37,98  |
| <b>Octubre</b>    | 31 | 154,94  | 16,95  | 24,72  | 41,67  | 8,75  | 50,42  |
| <b>Noviembre</b>  | 30 | 169,85  | 16,41  | 27,10  | 43,50  | 9,14  | 52,64  |
| <b>Diciembre</b>  | 31 | 177,04  | 16,95  | 28,25  | 45,20  | 9,49  | 54,69  |
| <b>ANUAL</b>      |    | 1524,91 | 199,62 | 243,28 | 442,90 | 93,01 | 535,91 |

Tabla 50. Coste aproximado anual conexión a red (instalación de 18 módulos)

Instalación de 20 módulos:

| MES               | Días/<br>mes | Potencia<br>consumida<br>kWh/mes | Potencia facturada<br>(4,4kW contratados)<br>€ | Energía<br>facturada<br>€ | Importe total<br>€ | IVA<br>(21%)<br>€ | IMPORTE<br>FACTURA<br>€ |
|-------------------|--------------|----------------------------------|--|---------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|
| <b>Enero</b>      | 31           | 201,61                           | 16,95  | 32,16                     | 49,12              | 10,31             | 59,43                   |
| <b>Febrero</b>    | 28           | 139,25                           | 15,31  | 22,22                     | 37,53              | 7,88              | 45,41                   |
| <b>Marzo</b>      | 31           | 125,37                           | 16,95  | 20,00                     | 36,96              | 7,76              | 44,72                   |
| <b>Abril</b>      | 30           | 100,55                           | 16,41  | 16,04                     | 32,45              | 6,81              | 39,26                   |
| <b>Mayo</b>       | 31           | 95,24                            | 16,95  | 15,19                     | 32,15              | 6,75              | 38,90                   |
| <b>Junio</b>      | 30           | 79,78                            | 16,41  | 12,73                     | 29,13              | 6,12              | 35,25                   |
| <b>Julio</b>      | 31           | 82,23                            | 16,95  | 13,12                     | 30,07              | 6,32              | 36,39                   |
| <b>Agosto</b>     | 31           | 83,66                            | 16,95  | 13,35                     | 30,30              | 6,36              | 36,66                   |
| <b>Septiembre</b> | 30           | 90,58                            | 16,41  | 14,45                     | 30,86              | 6,48              | 37,34                   |
| <b>Octubre</b>    | 31           | 150,25                           | 16,95  | 23,97                     | 40,93              | 8,59              | 49,52                   |
| <b>Noviembre</b>  | 30           | 167,28                           | 16,41  | 26,69                     | 43,10              | 9,05              | 52,15                   |
| <b>Diciembre</b>  | 31           | 173,72                           | 16,95  | 27,71                     | 44,67              | 9,38              | 54,05                   |
| <b>ANUAL</b>      |              | 1489,52                          | 199,62   | 237,64                    | 437,26             | 91,82             | 529,08                  |

Tabla 51. Coste aproximado anual conexión a red (instalación de 20 módulos)

Considerando que la instalación fotovoltaica tiene una vida media de 25 años, a partir del precio de los elementos y del coste aproximado anual de la conexión a red de la vivienda, estudiamos cual sería la opción más económica del número de paneles a implantar en caso de mantener la conexión de la vivienda a red para recurrir a ella en los momentos de baja irradiancia en vez de depender de un generador auxiliar o de recurrir a baterías:

| módulos   | Coste<br>anual<br>red € | Coste red<br>25 años<br>€ | Coste<br>modulo<br>€ | Coste<br>módulos<br>€ | Coste<br>Inversor<br>€ | Cableado y<br>proecciones | Coste 25<br>años |
|-----------|-------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|------------------|
| <b>0</b>  | 871                     | 21775                     | 435                  | 0                     | 1265                   | 1500                      | 21775            |
| <b>4</b>  | 678                     | 16950                     | 437                  | 1748                  | 1265                   | 1500                      | 21463            |
| <b>6</b>  | 640                     | 16000                     | 438                  | 2628                  | 1265                   | 1500                      | 21393            |
| <b>8</b>  | 613                     | 15325                     | 439                  | 3512                  | 1265                   | 1500                      | 21602            |
| <b>10</b> | 590                     | 14750                     | 439                  | 4390                  | 1265                   | 1500                      | 21905            |
| <b>12</b> | 572                     | 14300                     | 439                  | 5268                  | 1265                   | 1500                      | 22333            |
| <b>14</b> | 556                     | 13900                     | 439                  | 6146                  | 1265                   | 1500                      | 22811            |
| <b>16</b> | 544                     | 13600                     | 439                  | 7024                  | 1265                   | 1500                      | 23389            |
| <b>18</b> | 535                     | 13375                     | 439                  | 7902                  | 1265                   | 1500                      | 24042            |
| <b>20</b> | 529                     | 13225                     | 439                  | 8780                  | 1265                   | 1500                      | 24770            |

Tabla 52. Estimación del coste total instalación + factura (25 años)

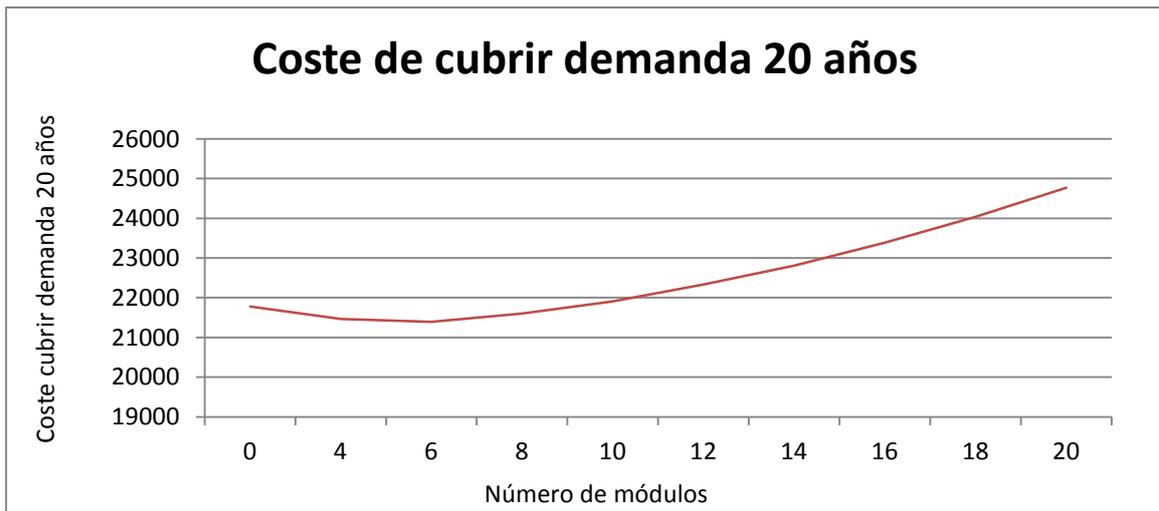


Ilustración 33. Gráfica coste total instalación + factura (25 años)

Comprobamos que en caso de mantener la conexión a red de la vivienda para suplir los momentos de déficit de energía (instalación sin baterías), la opción a priori más económica sería considerar la implantación de 6 módulos fotovoltaicos como apoyo a la conexión a red.

Sin embargo, se observa cómo a pesar de analizar (a grandes rasgos) hasta 25 años de costes de la instalación combinada con una conexión a red, la diferencia económica entre cualquiera de las opciones es bastante reducida para los 25 años considerados.

### 3.2 Estudio de la implantación de baterías

Consideramos la implantación de baterías de forma que durante el día con exceso de irradiancia y bajo consumo aprovecharemos para cargar las baterías que más tarde servirán de fuente a nuestra vivienda cuando la irradiancia sea muy baja o nula (en la noche) para cubrir la demanda.

Analizamos ahora el número de paneles necesarios para conseguir no tener déficit de energía en ninguna hora del año en función de la batería seleccionada y del número de días de autonomía.

El análisis hora-hora nos garantiza mejores resultados que los anteriores ya que los 4 días de diseño que damos a la instalación ya no tienen que compensar los desajustes día/día y hora/hora)

Considerando la misma batería que en el caso anterior (que proporciona **4 días de diseño** a la instalación para compensar desajustes.) \*(Batería B)

Batería:

|                     |             |
|---------------------|-------------|
| PD=                 | 0,7         |
| Disponible;inicial= | 0,6         |
| Bateria [V]=        | 48          |
| Bateria [kWh]=      | 53,70331797 |
| Bateria [Ah]=       | 1118,819124 |

Tabla 53. Características batería Excel

Instalación con **16 paneles** fotovoltaicos:

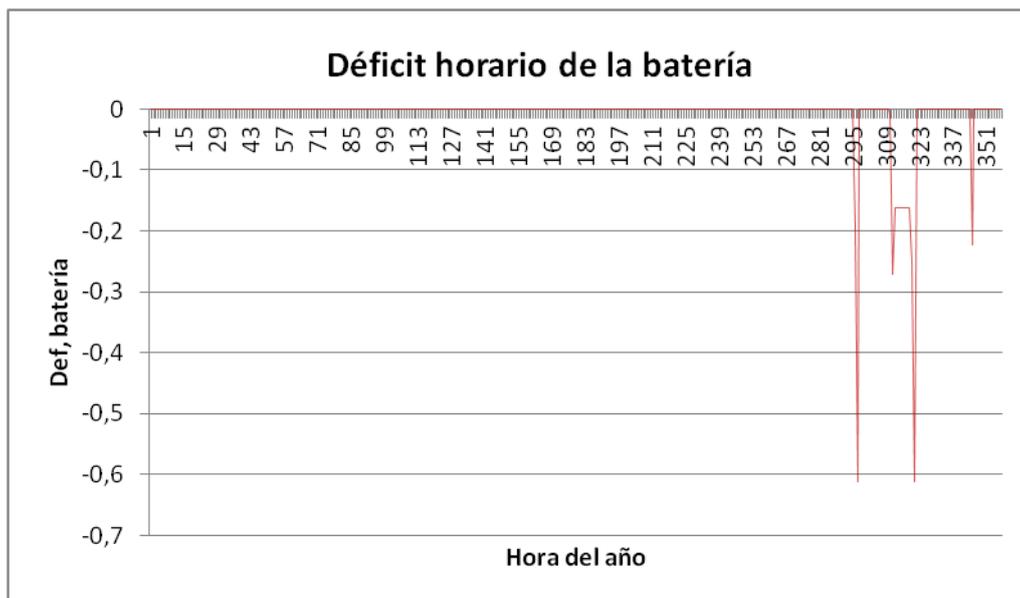


Ilustración 34. Gráfico déficit horario de la batería

En caso de dotar a la instalación de un total de 16 módulos fotovoltaicos más la batería anteriormente descrita tendríamos horas del año con déficit de energía, esto es, horas en las que no seríamos capaces de suplir la demanda de la vivienda.

Instalación con **18 paneles** fotovoltaicos:

En caso de considerar la colocación de 18 paneles fotovoltaicos y la batería seleccionada no obtendríamos ninguna hora del año con déficit de energía. Sin embargo comprobamos

que después del peor momento de carga de la batería de todo el año (17 enero; 8h) la autonomía que tendríamos para compensar desajustes de irradiancia o de carga sólo llegaría a cubrir 1/3 de día (3,14kWh), es decir, sólo nos garantizaría 1/3 de día de autonomía reales.

Instalación con **20 paneles** fotovoltaicos:

En caso de considerar la colocación de 20 paneles, después del peor momento de carga de la batería de todo el año la instalación nos garantizaría hasta 2 días de autonomía

Instalación con **22 paneles** fotovoltaicos:

En caso de considerar la colocación de 22 paneles, después del peor momento de carga de la batería de todo el año la instalación nos garantizaría hasta 2 días y 7 horas de autonomía

Considerando la batería siguiente (que proporciona **3 días de diseño** a la instalación para compensar desajustes.) \*(Batería A)

Batería:

|                     |             |
|---------------------|-------------|
| PD=                 |             |
|                     | 0,7         |
| Disponible;inicial= |             |
|                     | 0,6         |
| Bateria [V]=        |             |
|                     | 48          |
| Bateria [kWh]=      |             |
|                     | 40,27748848 |
| Bateria [Ah]=       |             |
|                     | 839,1143433 |

Tabla 54. Características de la batería Excel

Instalación con **16 paneles** fotovoltaicos:

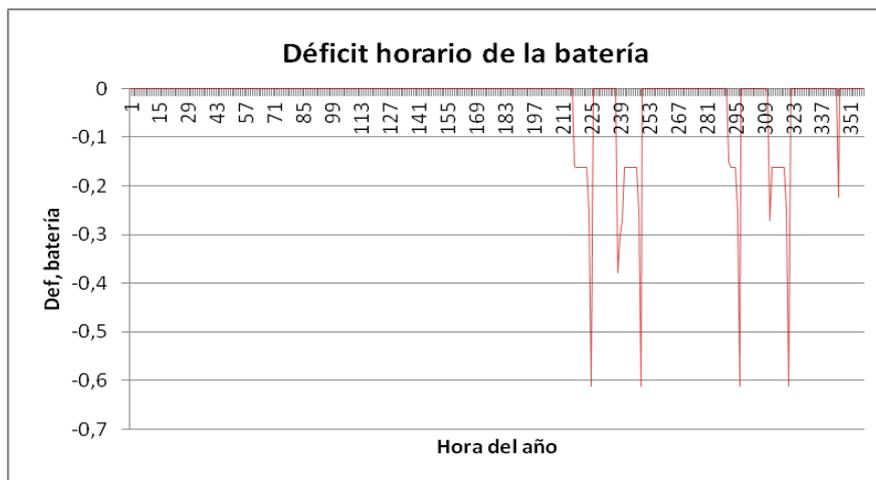


Ilustración 35. Déficit horario de la batería (Instalación 16 módulos)

Instalación con **18 paneles** fotovoltaicos:



Ilustración 36. Déficit horario de la batería (Instalación 18 módulos)

Instalación con **20 paneles** fotovoltaicos:

En caso de considerar la colocación de 20 paneles fotovoltaicos y la batería seleccionada no obtendríamos ninguna hora del año con déficit de energía. Comprobamos que después del peor momento de carga de la batería de todo el año tendríamos 1 día y 7 horas de autonomía.

Instalación con **22 paneles** fotovoltaicos:

En tal caso después del peor momento de carga de la batería de todo el año tendríamos 1 día y 16 horas de autonomía.

Aprovechamos la facilidad de sacar datos con la tabla Excel para analizar la posibilidad de aumentar la capacidad de la batería y observar las ventajas que nos ofrece:

Considerando la batería (que proporciona **5 días de diseño** a la instalación para compensar desajustes.) \*(Batería C)

|                     |             |
|---------------------|-------------|
| PD=                 |             |
|                     | 0,7         |
| Disponible;inicial= |             |
|                     | 0,6         |
| Bateria [V]=        |             |
|                     | 48          |
| Bateria [kWh]=      |             |
|                     | 67,12914747 |
| Bateria [Ah]=       |             |
|                     | 1398,523906 |

Tabla 55. Características de la batería Excel

Instalación con **18 paneles** fotovoltaicos:

En caso de considerar la colocación de 18 paneles fotovoltaicos y la batería seleccionada no obtendríamos ninguna hora del año con déficit de energía. Comprobamos que después del peor momento de carga de la batería de todo el año tendríamos 1 día de autonomía.

Instalación con **20 paneles** fotovoltaicos:

En tal caso después del peor momento de carga de la batería de todo el año tendríamos 2 días y 16 horas de autonomía.

Instalación con **22 paneles** fotovoltaicos:

En tal caso después del peor momento de carga de la batería de todo el año tendríamos 3 días de autonomía.

#### 4. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

Estudiamos las distintas opciones de diseño que tenemos según lo analizado en el apartado anterior.

##### **Solución a:**

El método de cálculo 1, que utiliza el método del manual del proyectista y sea apoya en el cálculo a partir del mes más desfavorable, propone una instalación de 18 paneles fotovoltaicos combinados con una batería de 1200Ah para garantizar cubrir la demanda de la vivienda con 4 días de autonomía.

##### **Solución b:**

Con un segundo método de cálculo, mucho más preciso que el anterior, comprobamos la validez del primero. A partir del balance tanto mensual como diaria obtenemos que considerando la batería anterior sería precisa la incorporación de 18 módulos para no obtener déficit de energía en ningún momento del año. El balance horario sin embargo nos ayuda a conseguir un análisis más fiable y nos ofrece información más precisa de cada caso. Se tienen las siguientes opciones de dimensionado:

- Instalación conectada a red: [considerando vida media 25 años] considerar la incorporación de módulos fotovoltaicos en la vivienda combinados con una conexión a la red eléctrica para recurrir a ella en los momentos de falta de irradiancia no aporta una gran ventaja económica, aunque se plantea como la opción más barata la incorporación de la instalación formada por 6 módulos fotovoltaicos.
- Instalación fotovoltaica aislada: \*(Batería B)
  - o 18 módulos (1/3 días de autonomía)
  - o 20 módulos (2 días de autonomía)
  - o 22 módulos (2 días 7 horas de autonomía)

En caso de considerar la batería preseleccionada observamos la posibilidad de incorporar ente 18 y 22 paneles (para garantizar no tener déficit de energía ninguna hora del año), siendo 20 la mejor opción ya que el salto de 18 a 20 módulos amplia mucho el plazo de días de autonomía garantizados mientras que el salto a 22 módulos es una inversión que no ofrece tanta mejora.

Debido a la rapidez de analizar resultados con la hoja Excel, estudiamos considerar una batería de menor capacidad (839 Ah), dotando a la instalación de 3 días de diseño para suplir los desajustes. \*(Batería A)

- Instalación fotovoltaica aislada:
  - (con esta batería y 18 módulos tendríamos algunas horas con déficit de energía)
  - 20 módulos (1 día 7 horas de autonomía)
  - 22 módulos (1 día 16 horas de autonomía)
  
- Instalación fotovoltaica aislada: \*(Batería C)
  - 18 módulos (1 días de autonomía sobre la peor hora del año)
  - 20 módulos (2 días 16 horas de autonomía)
  - 22 módulos (3 días de autonomía)

| Días de autonomía después de la peor hora de carga del año |            |            |            |            |
|--|------------|------------|------------|------------|
|  | 18 módulos | 20 módulos | 22 módulos | 24 módulos |
| <b>Batería A (840Ah)</b>                                   | 0          | 1,38       | 1,69       | 1,69       |
| <b>Batería B (1200Ah)</b>                                  | 0,3        | 2          | 2,32       | 2,32       |
| <b>Batería C (1400Ah)</b>                                  | 1          | 2,65       | 2,96       | 2,96       |

Tabla 56. Días de autonomía en función de la combinación elegida

La siguiente gráfica muestra las opciones de instalaciones fotovoltaicas anteriormente descritas:

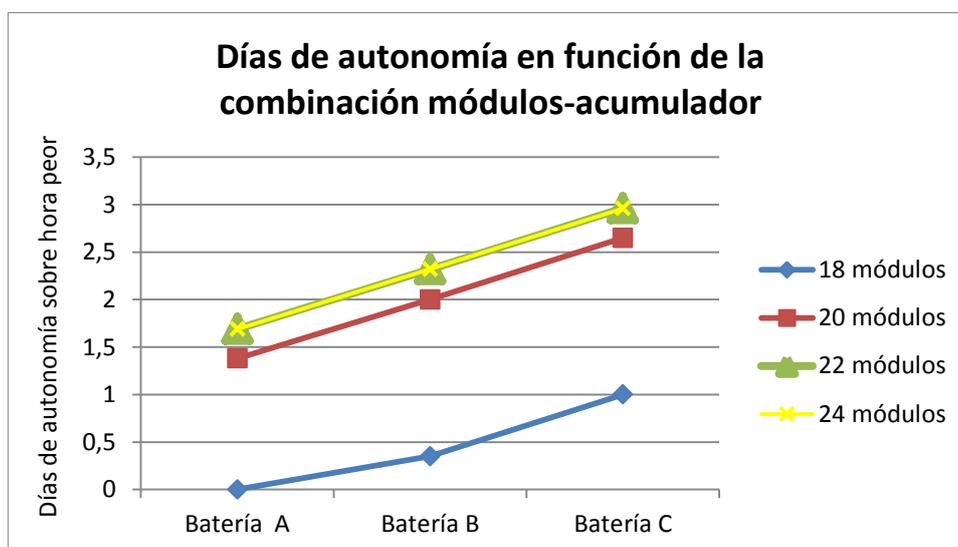


Ilustración 37. Gráfica días de autonomía en función de la instalación elegida

A partir de la gráfica anterior comprobamos cómo realmente el salto en días de autonomía se da a partir de la colocación de 20 módulos, independientemente de la batería que utilicemos. También se demuestra que aumentar el número de paneles por encima de 22 deja de tener sentido porque igualmente la demanda se cubre pero dejamos de ganar en días de autonomía, por lo tanto, la energía añadida se estaría derrochando.

Con esto, se considera que la mejor opción de diseño de la instalación es la combinación de 20 módulos fotovoltaicos y la batería de capacidad nominal intermedia 1200Ah, que nos garantizará no tener déficit de energía en ningún momento del año y además 2 días de autonomía sobre la peor hora del año.

## CAPÍTULO 4: DIMENSIONADO DEL CABLEADO

### 1. Selección del cableado

A la hora de seleccionar el cableado para la instalación se considera el reglamento eléctrico de baja tensión y las condiciones técnicas de instalaciones fotovoltaicas de IDAE.

El cable seleccionado para la instalación será de cobre aislado con polietileno reticulado XLPE y cubierta PVC, tensión 0,6/1kV. Además, el valor de su sección dependerá de las intensidades y caídas de tensión previstas.

La sección del conductor se elegirá considerando dos criterios:

- Intensidad máxima admisible: Los cables deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador. La temperatura del conductor trabajando al máximo rendimiento no deberá superar en ningún caso la temperatura máxima admisible asignada.
- Caída de tensión máxima: la caída de tensión máxima que se registre debe ser inferior a los límites marcados por el reglamento en cada parte de la instalación.

Máxima caída de tensión CC: 1,5%

Máxima caída de tensión CA: 1%

### 1.1 Cálculo sección de los conductores

#### a. Conexión entre módulos

El cableado entre módulos vienen montados de fábrica, con un diámetro de 10mm<sup>2</sup>.

#### b. Conexión paneles – regulador

Criterio térmico:

$$I_{CC\ sistfv} = N_{paralel}^o \cdot I_{sc} = 10 \cdot 8,67 = 86,7 A$$

$$I_{max} = I_{sc} \cdot 1,25 = 86,7 \cdot 1,25 = 108 A$$

A partir de la (ITC-BT 19) se determina una sección de 16 mm<sup>2</sup>.

Criterio caída de tensión:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{C \cdot u}$$

Donde;

S: sección del conductor ( $\text{mm}^2$ )

L longitud del tramo (m)

I intensidad máxima (A)

C conductividad del cobre ( $56\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ )

u caída de tensión recomendada  $1\% = 0,48 \text{ V}$

$$S = \frac{2 \cdot 10 \cdot 108}{56 \cdot 0,48} = 80,35 \text{ mm}^2$$

A partir de la (ITC-BT 19) se determina una sección de  $95 \text{ mm}^2$ .

**c. Conexión regulador – acumulador**Criterio térmico:

$$I_{max} = 97,54 \text{ A}$$

A partir de la (ITC-BT 19) se determina una sección de  $16 \text{ mm}^2$ .

Criterio caída de tensión:

u caída de tensión recomendada  $0,5\% = 0,24 \text{ V}$

$$S = \frac{2 \cdot 1 \cdot 97,54}{56 \cdot 0,24} = 14,54 \text{ mm}^2$$

A partir de la (ITC-BT 19) se determina una sección de  $16 \text{ mm}^2$ .

Diámetro exterior 20 mm (ITC-BT 21)

**d. Conexión acumulador – inversor**Criterio térmico:

$$I_{max\text{inv DC}} = 33\text{A}$$

A partir de la (ITC-BT 19) se determina una sección de  $4 \text{ mm}^2$ .

Criterio caída de tensión:

u caída de tensión recomendada  $1\% = 0,48 \text{ V}$

$$S = \frac{2 \cdot 1 \cdot 33}{56 \cdot 0,48} = 2,5 \text{ mm}^2$$

A partir de la (ITC-BT 19) se determina una sección de  $4 \text{ mm}^2$ .

Diámetro exterior 16 mm (ITC-BT 21)

**e. Conexión corriente alterna**

Del inversor a la caja de protección

Criterio térmico:

$$I_{\text{sal inv AC}} = 24,2A$$

$$I_{\text{max}} = 1,25 \cdot 24,2 = 30,25A$$

A partir de la (ITC-BT 19) se determina una sección de  $2,5 \text{ mm}^2$ .

Criterio caída de tensión:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{C \cdot u}$$

u caída de tensión recomendada  $3\% = 1,44 \text{ V}$

$\cos\varphi$  se emplea en tensión alterna=1

$$S = \frac{2 \cdot 1 \cdot 30,25 \cdot 1}{56 \cdot 1,44} = 0,75 \text{ mm}^2$$

A partir de la (ITC-BT 19) se determina una sección de  $1,5 \text{ mm}^2$ .

Por lo tanto, sección  $2,5 \text{ mm}^2$ .

Diámetro exterior 16 mm (ITC-BT 21)

## 1.2 Resumen cableado

| Tramo cubierto         | Corriente | Longitud | Tipo conductor | Imáx (A) | Sección                 |
|------------------------|-----------|----------|----------------|----------|-------------------------|
| Módulos - regulador    | DC        | 10       | Cu XLPE PVC    | 97,54    | 2 X 95 mm <sup>2</sup>  |
| Regulador - acumulador | DC        | 1        | Cu XLPE PVC    | 97,54    | 2 X 16 mm <sup>2</sup>  |
| Acumulador- inversor   | DC        | 1        | Cu XLPE PVC    | 33       | 2 X 4 mm <sup>2</sup>   |
| Corriente alterna      | AC        | 1        | Cu XLPE PVC    | 30,25    | 2 X 2,5 mm <sup>2</sup> |

Tabla 57. Tabla resumen secciones de los conductores

## 1.3 Protecciones

Se debe dotar a la instalación de una serie de protecciones, para proteger tanto los propios equipos como las personas y animales de los riesgos existentes: contactos directos, contactos indirectos, sobretensiones y sobreintensidades.

Para ello, se incorporarán en la instalación tanto interruptores diferenciales como interruptores magnetotérmicos para proporcionar protección contra descargas eléctricas y sobreintensidades respectivamente.

## CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

El modelo energético en España está en fase de transición. Sin embargo está claro que el país tiene óptimos recursos energéticos renovables y un nivel tecnológico excelente en energías renovables y especialmente en solar fotovoltaica.

España fue el país con mayor potencia instalada en 2008, pero en los años sucesivos diferentes factores causaron la caída del sector en el mercado nacional. Pese a esta situación transitoria, la energía solar fotovoltaica representa a medio y largo plazo una impresionante oportunidad de negocio en España.

En el presente trabajo se ha realizado el estudio de cuál sería el dimensionado más óptimo para una instalación fotovoltaica en una vivienda unifamiliar con el fin de conseguir reducir la dependencia de las grandes compañías eléctricas, conseguir un ahorro económico y respetar el medio ambiente aprovechando los recursos naturales que el medio nos ofrece.

Tras el análisis realizado se comprueba, en primer lugar, que la incorporación de módulos fotovoltaicos en una vivienda como apoyo a una conexión a red para aprovechar el recurso limpio que nos ofrece el medio puede además ayudar a reducir los costes económicos. Todo ello teniendo en cuenta la legislación actualmente vigente en el país que, lejos de favorecer y ayudar al impulso de la incorporación de estas nuevas tecnologías cada día pone más trabas a su desarrollo.

Frente a la alternativa de mantener la conexión de la vivienda a red, se estudia la posibilidad de incorporar una instalación fotovoltaica aislada. En este caso, el coste a priori resulta algo más elevado pero también ofrece ventajas a considerar como la independencia de las compañías eléctricas, además de ser una alternativa limpia y de alta conciencia ecológica.

Al realizar el estudio de la instalación fotovoltaica aislada y comparar dos métodos distintos de dimensionar una instalación (manual del proyectista – estimación de la producción hora a hora) comprobamos como aunque un método sencillo basado en balances mensuales y diarios puede ayudarnos a hacernos una idea del dimensionado aproximado que se requiere, es esencial recurrir a otros métodos de cálculo algo más complejos y que no desprecien tantos factores para garantizar mayor seguridad.

A partir de la tabla Excel generada se han estudiado varias opciones de combinación capacidad de generación – capacidad de acumulación, comprobando el hecho intuitivo de que una mayor capacidad de acumulación implica un menor número de módulos. Añadido a ello se observa que el aumento de módulos resulta más eficiente que el aumento de acumuladores hasta que se llega al número de módulos más adecuado. A partir de ese determinado número de módulos el aumento de la capacidad de generación será un sobredimensionado del sistema que nos hace derrochar mucha energía y que puede evitarse eligiendo el acumulador más adecuado.

## CAPÍTULO 6: PRESUPUESTO

| CÓDIGO | UD  | DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD |
|--------|-----|--|----------|
| CE1E01 | Uds | Módulo Solar A- 260P GSE, atersa, grupo ELEC NOR   | 20,00    |
| C01E02 | Uds | Regulador de carga LEO3 150/48, atersa, del grupo ELEC NOR   | 1,00     |
| C01E03 | Uds | Batería 11 OPzS 1100 del fabricante ENERSYS.   | 24,00    |
| C01E04 | Uds | Inversor 3,68 TL del fabricante Ingeteam.  | 1,00     |
| C01E05 | Uds | Pack instalación de los módulos en el tejado. Incluye material: carriles, unión entre carriles, sujeción entre paneles, sujeción final de paneles y anclaje al tejado. Incluye también mano de obra. Completamente instalado | 20,00    |
| C01E06 | m   | Cable de cobre aislado con polietileno reticulado XLPE y cubierta PVC, tensión 0,6/1kV. Se utilizará cable de diferente grosor en función del tramo.   | 13,00    |
| C01E07 | Uds | Interruptores diferenciales e interruptores magnetotérmicos para proporcionar protección contra descargas eléctricas y sobrecargas respectivamente.  | 1,00     |

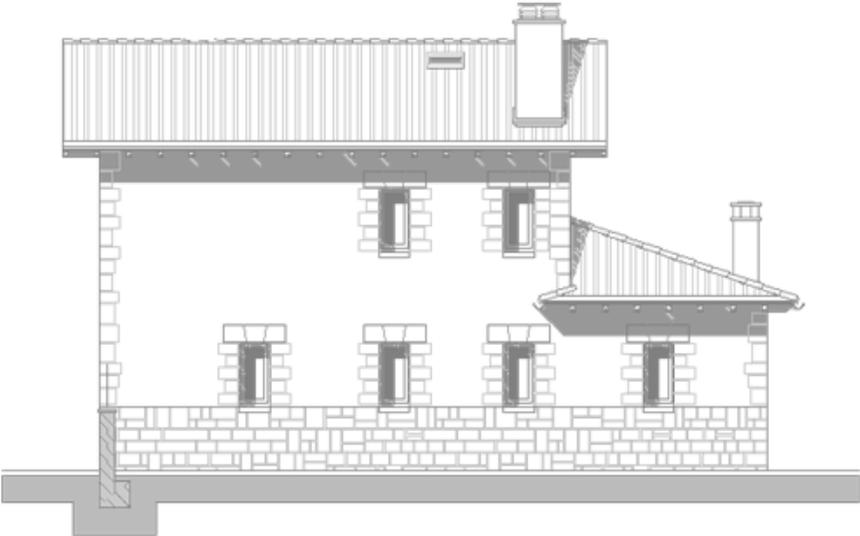
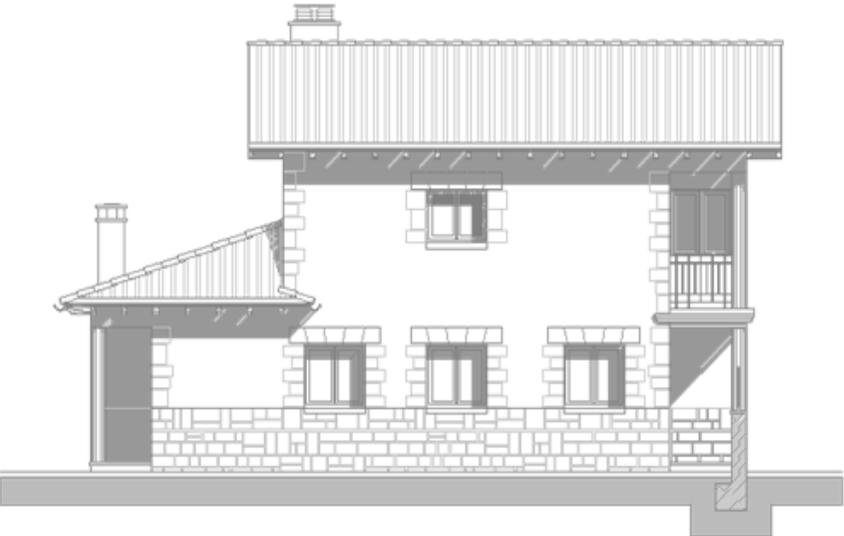
| <i>CÓDIGO</i> | <i>UD</i> | <i>DESCRIPCIÓN</i>  | <i>CANTIDAD</i> |
|---------------|-----------|---|-----------------|
| <i>CE1E01</i> | <i>€</i>  | <i>Módulo Solar A- 260P GSE, atersa, grupo ELECNOR</i>  | <i>439,60</i>   |
| <i>C01E02</i> | <i>€</i>  | <i>Regulador de carga LEO3 150/48, atersa, del grupo ELECNOR</i>  | <i>179,00</i>   |
| <i>C01E03</i> | <i>€</i>  | <i>Batería 11 OPzS 1100 del fabricante ENERSYS.</i>   | <i>433,21</i>   |
| <i>C01E04</i> | <i>€</i>  | <i>Inversor 3,68 TL del fabricante Ingeteam.</i>  | <i>1265,00</i>  |
| <i>C01E05</i> | <i>€</i>  | <i>Pack instalación de los módulos en el tejado. Incluye material: carriles, unión entre carriles, sujeción entre paneles, sujeción final de paneles y anclaje al tejado. Incluye también mano de obra. Completamente instalado</i> | <i>35,00</i>    |
| <i>C01E06</i> | <i>€</i>  | <i>Cable de cobre aislado con polietileno reticulado XLPE y cubierta PVC, tensión 0,6/1kV. Se utilizará cable de diferente grosor en función del tramo.</i>   | <i>22,61</i>    |
| <i>C01E07</i> | <i>€</i>  | <i>Interruptores diferenciales e interruptores magnetotérmicos para proporcionar protección contra descargas eléctricas y sobreintensidades respectivamente.</i>  | <i>439,60</i>   |

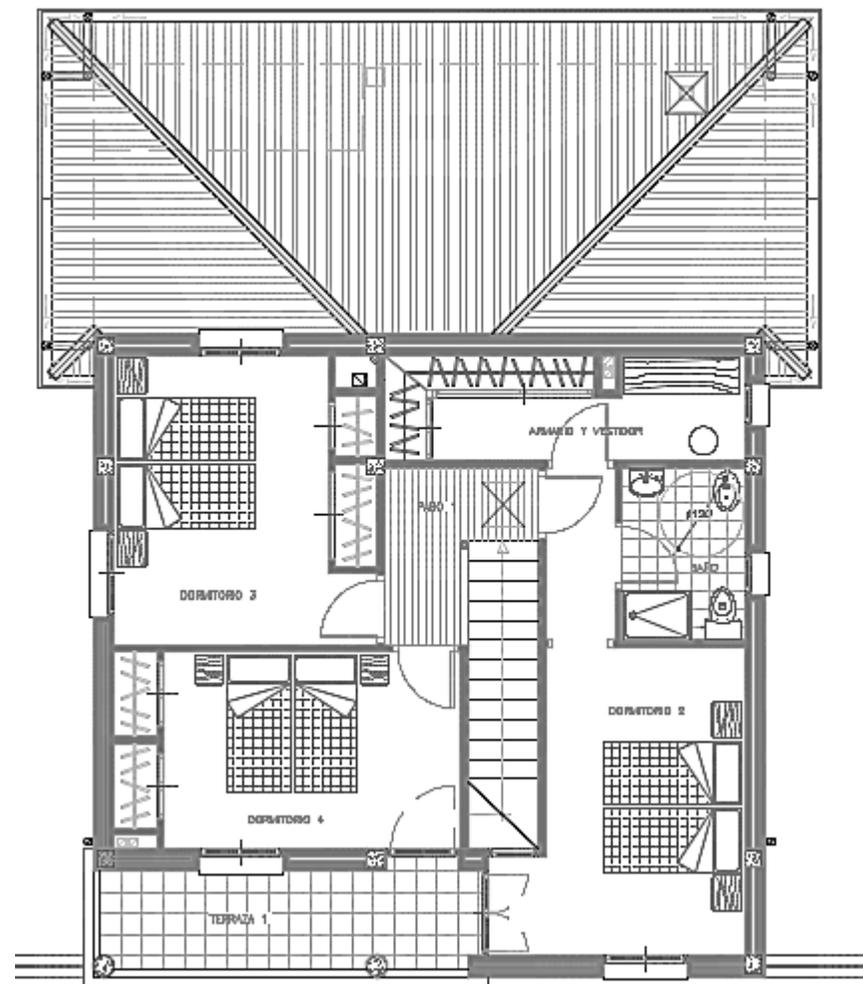
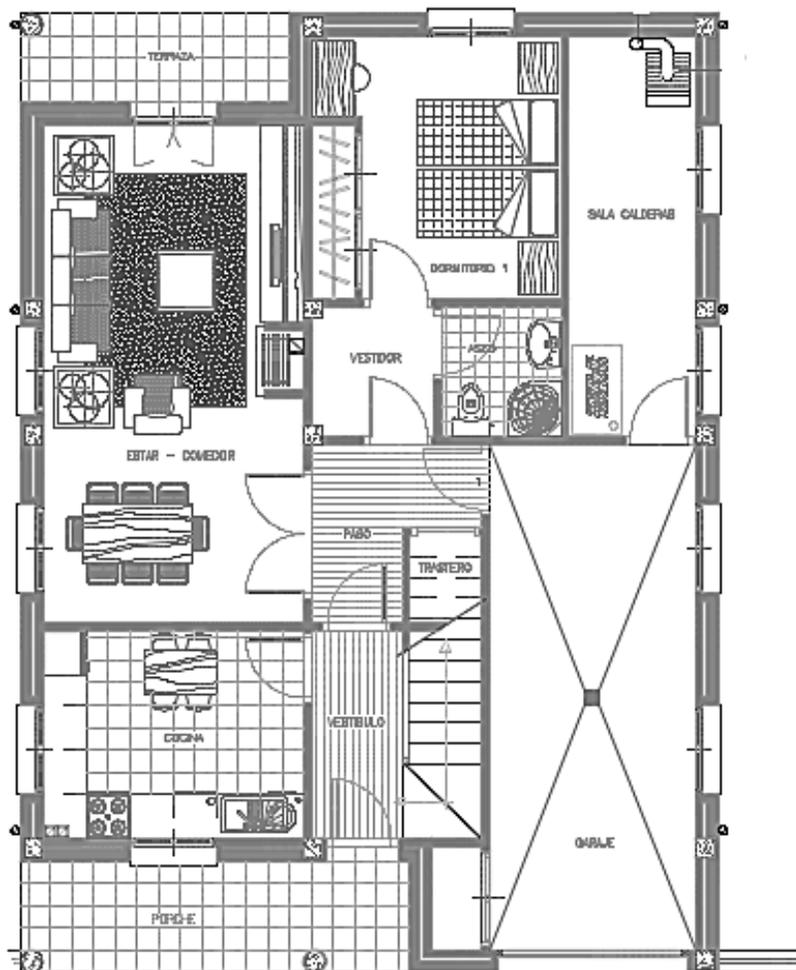
| <i>CÓDIGO</i>                         | <i>UD</i>  | <i>DESCRIPCIÓN</i>  | <i>CANTIDAD</i> | <i>PRECIO</i> | <i>TOTAL</i>       |
|---------------------------------------|------------|---|-----------------|---------------|--------------------|
| <i>CE1E01</i>                         | <i>Uds</i> | <i>Módulo Solar A- 260P GSE, atersa, grupo ELECNOR</i>  | 20,00           | 439,60        | <b>8792,00</b>     |
| <i>C01E02</i>                         | <i>Uds</i> | <i>Regulador de carga LEO3 150/48, atersa, del grupo ELECNOR</i>  | 1,00            | 179,00        | <b>179,00</b>      |
| <i>C01E03</i>                         | <i>Uds</i> | <i>Batería 11 OPzS 1100 del fabricante ENERSYS.</i>   | 24,00           | 433,21        | <b>10397,04</b>    |
| <i>C01E04</i>                         | <i>Uds</i> | <i>Inversor 3,68 TL del fabricante Ingeteam.</i>  | 1,00            | 126500        | <b>1265,00</b>     |
| <i>C01E05</i>                         | <i>Uds</i> | <i>Pack instalación de los módulos en el tejado. Incluye material: carriles, unión entre carriles, sujeción entre paneles, sujeción final de paneles y anclaje al tejado. Incluye también mano de obra. Completamente instalado</i> | 20,00           | 35,00         | <b>700,00</b>      |
| <i>C01E06</i>                         | <i>m</i>   | <i>Cable de cobre aislado con polietileno reticulado XLPE y cubierta PVC, tensión 0,6/1kV. Se utilizará cable de diferente grosor en función del tramo.</i>   | 13,00           | 22,61         | <b>293,93</b>      |
| <i>C01E07</i>                         | <i>Uds</i> | <i>Interruptores diferenciales e interruptores magnetotérmicos para proporcionar protección contra descargas eléctricas y sobrecargas respectivamente.</i>  | 1,00            | 1420,21       | <b>1420,21</b>     |
| <b>TOTAL INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA</b> |            |   |                 |               | <b>23.047,18 €</b> |

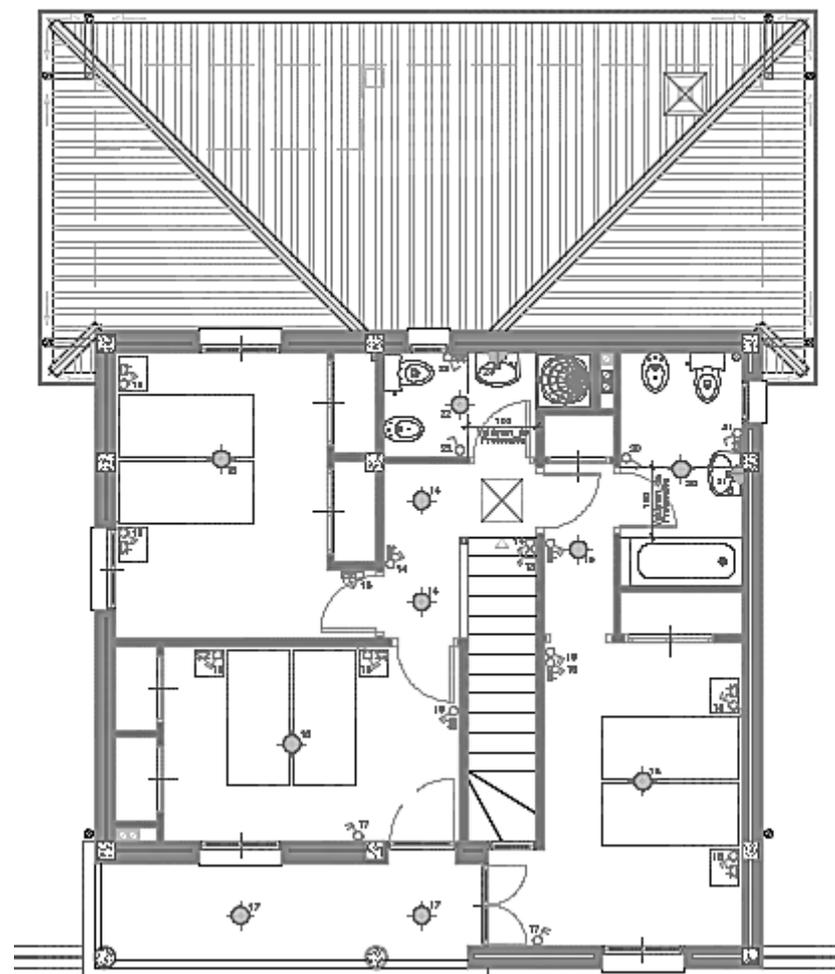
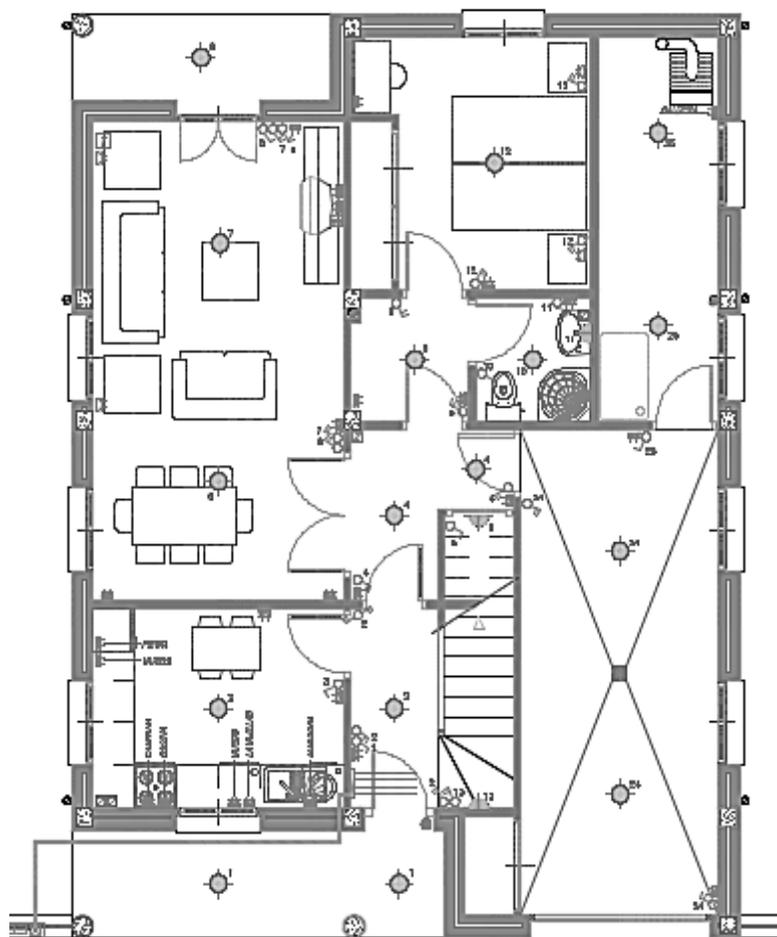
## CAPÍTULO 7: BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

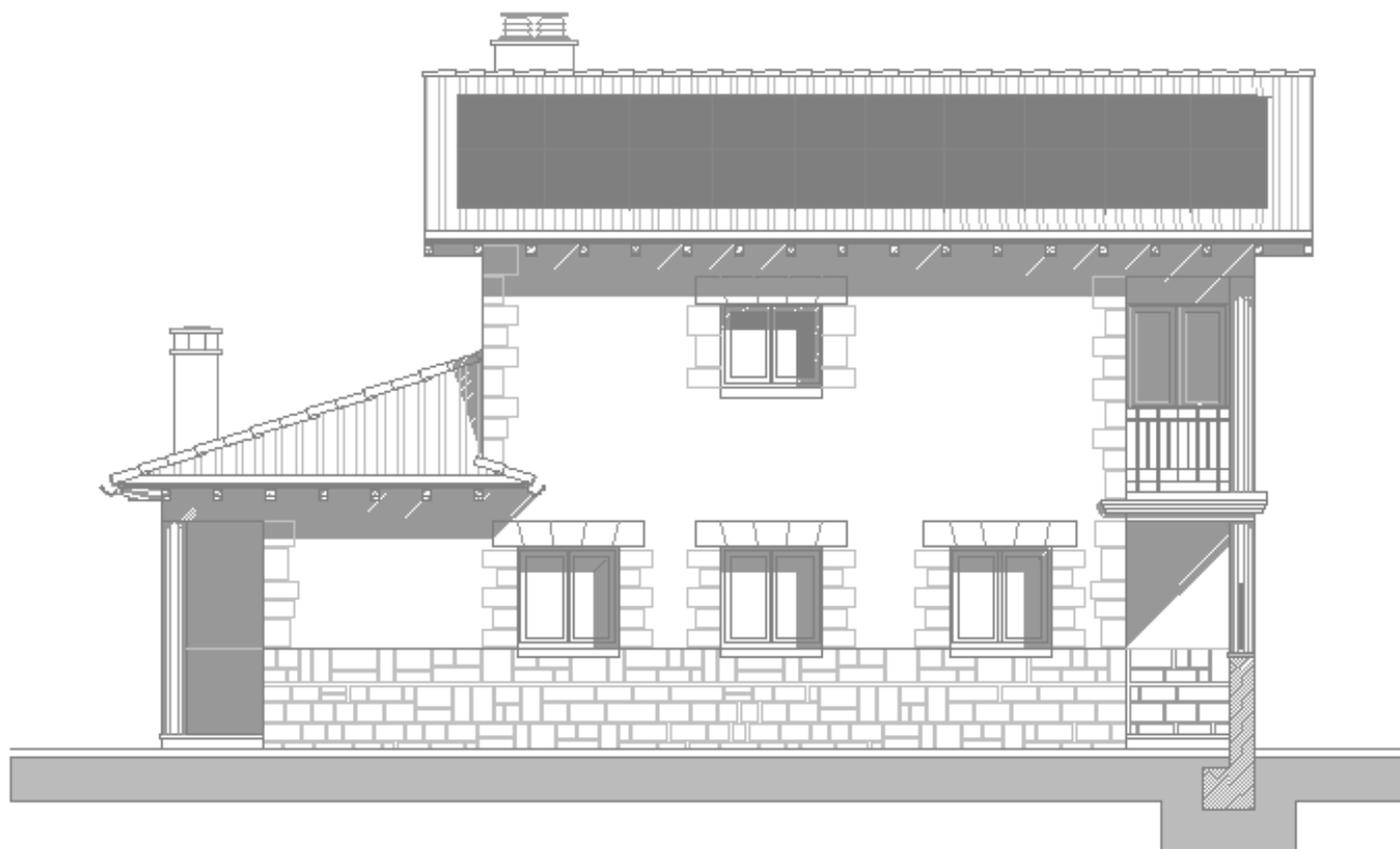
- [1] (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). [www.idae.es](http://www.idae.es)
- [2] (Comisión Nacional de la Energía). [www.cne.es](http://www.cne.es)
- [3] (Portal de energías renovables del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas). [www.energiasrenovables.ciemat.es](http://www.energiasrenovables.ciemat.es)
- [4] (Centro Nacional de Energías Renovables). [www.cener.com](http://www.cener.com)
- [5] (Empresa del sector de la energía solar). [www.atersa.com](http://www.atersa.com)
- [6] (Centro de Estudios de la Energía Solar, centro dedicado a la formación técnica en energía solar). [www.censolar.es](http://www.censolar.es)
- [7] (Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS))  
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/index.htm>
- [8] (Agencia Estatal de Meteorología). [www.aemet.es](http://www.aemet.es)
- [9] (Meteorología y climatología de Navarra) [www.meteo.navarra.es](http://www.meteo.navarra.es)











*ALZADO SUR DE LA VIVIENDA*

# ANEXO 2: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

## Hoja característica módulo solar ATERSA 260 W

Módulos fotovoltaicos para el futuro 

### A-xxxP GSE (xxx = potencia nominal)

#### Características eléctricas

|  | 230 W   | 240 W   | 250 W                           | 260 W   |
|--|---------|---------|---------------------------------|---------|
| Potencia Máxima (Pmax)                                 | 230 W   | 240 W   | 250 W                           | 260 W   |
| Tensión Máxima Potencia (Vmp)                          | 30.51 V | 30.88 V | 31.26 V                         | 31.62 V |
| Corriente Máxima Potencia (Imp)                        | 7.56 A  | 7.80 A  | 8.02 A                          | 8.28 A  |
| Tensión de Circuito Abierto (Voc)                      | 36.83 V | 37.76 V | 38.68 V                         | 39.60 V |
| Corriente en Cortocircuito (Isc)                       | 7.96 A  | 8.21 A  | 8.37 A                          | 8.67 A  |
| Eficiencia del Módulo (%)                              | 14.11   | 14.73   | 15.34                           | 15.95   |
| Tolerancia de Potencia (W)                             |         |         | 0/+5                            |         |
| Máxima Serie de Fusibles (A)                           |         |         | 15                              |         |
| Máxima Tensión del Sistema                             |         |         | DC 1000 V (IEC) / DC 600 V (UL) |         |
| Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C) |         |         | 46±3                            |         |

Características eléctricas medidas en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como: Irradiación de 1000 w/m<sup>2</sup>, espectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C. Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±10% (Isc, Voc, Imp, Vmp).

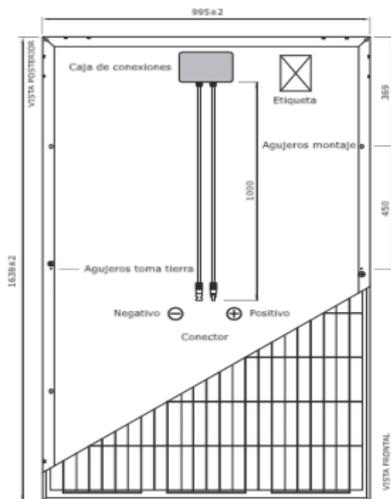
#### Especificaciones mecánicas

|   |                |
|---|----------------|
| Dimensiones                                   | 1638x995x40 mm |
| Peso  | 18.7 kg        |
| Máx. carga estática, frontal (nieve y viento) | 5400 Pa        |
| Máx. carga estática, posterior (viento)       | 2400 Pa        |

#### Materiales de construcción

|  |   |
|--|---|
| Cubierta frontal (material/tipo/espesor) | Cristal templado/grado PV/3.2 mm              |
| Células (cantidad/tipo/dimensiones)      | 60 células (6x10)/Policristalina/156 x 156 mm |
| Marco (material/color)                   | Aleación de aluminio anodizado/plata          |
| Caja de conexiones (grado de protección) | IP65  |
| Cable (longitud/sección) / Connector     | 1000 mm./4 mm <sup>2</sup> /Compatible MC4    |

#### Vista genérica construcción módulo



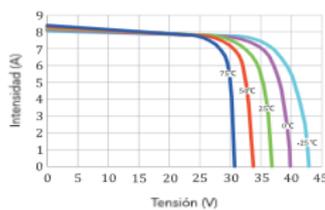
#### Características de temperatura

|                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| Coef. Temp. de Isc (TK Isc)   | 0.07% /°C    |
| Coef. Temp. de Voc (TK Voc)   | -0.33% /°C   |
| Coef. Temp. de Pmax (TK Pmax) | -0.43% /°C   |
| Temperatura de Funcionamiento | -40 a +85 °C |

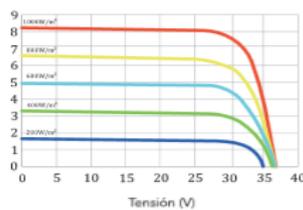
#### Embalaje

|                        |          |
|------------------------|----------|
| Módulos/palé           | 26 pzas  |
| Palets/contenedor 40'  | 28 pzas  |
| Módulos/contenedor 40' | 728 pzas |

#### Temperatura Varía



#### Irradiación Varía



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 (España) +34 915 178 452 • Valencia (España) +34 961 038 430 • Italia +39 335 250 781

Revisado: 03/12/13  
 Ref.: MU-6P 6x10-GSE-A  
 © Atersa SL, 2013



Hoja característica acumulador



Typical applications of HOPPECKE OPzS

- **Telecommunications**  
Mobile phone stations  
BTS-stations  
Off-grid/on-grid solutions
- **Power Supply**
- **Security lighting**



Type Overview

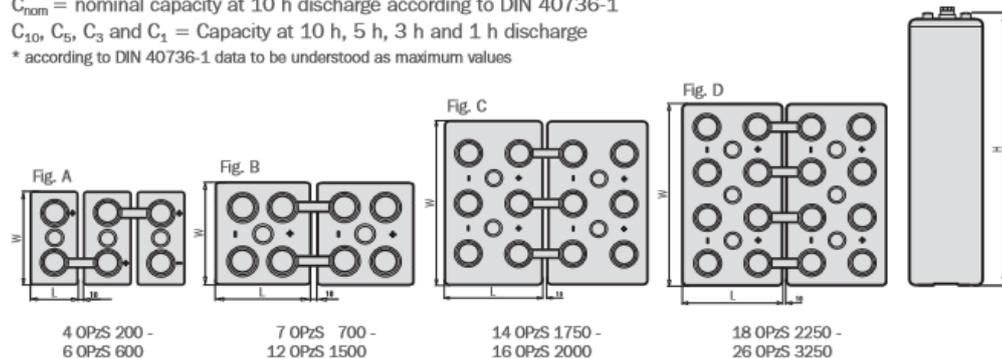
Capacities, dimensions and weights

| Type         | C <sub>nom</sub> /1.80 V<br>Ah | C <sub>10</sub> /1.80 V<br>Ah | C <sub>5</sub> /1.77 V<br>Ah | C <sub>3</sub> /1.75 V<br>Ah | C <sub>1</sub> /1.67 V<br>Ah | max.* Weight<br>kg | Weight electrolyte<br>kg (1.24 kg/l) | max.* Length L<br>mm | max.* Width W<br>mm | max.* Height H<br>mm | Fig. |
|--------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------|
| 4 OPzS 200   | 200                            | 213                           | 182                          | 161                          | 118                          | 17.3               | 4.5                                  | 105                  | 208                 | 420                  | A    |
| 5 OPzS 250   | 250                            | 266                           | 227                          | 201                          | 147                          | 21.0               | 5.6                                  | 126                  | 208                 | 420                  | A    |
| 6 OPzS 300   | 300                            | 320                           | 273                          | 241                          | 177                          | 24.9               | 6.7                                  | 147                  | 208                 | 420                  | A    |
| 5 OPzS 350   | 350                            | 390                           | 345                          | 303                          | 217                          | 29.3               | 8.5                                  | 126                  | 208                 | 535                  | A    |
| 6 OPzS 420   | 420                            | 468                           | 414                          | 363                          | 261                          | 34.4               | 10.1                                 | 147                  | 208                 | 535                  | A    |
| 7 OPzS 490   | 490                            | 546                           | 483                          | 426                          | 304                          | 39.5               | 11.7                                 | 168                  | 208                 | 535                  | A    |
| 6 OPzS 600   | 600                            | 686                           | 590                          | 510                          | 353                          | 46.1               | 13.3                                 | 147                  | 208                 | 710                  | A    |
| 7 OPzS 700   | 700                            | 801                           | 691                          | 596                          | 411                          | 59.1               | 16.7                                 | 215                  | 193                 | 710                  | B    |
| 8 OPzS 800   | 800                            | 915                           | 790                          | 681                          | 470                          | 63.1               | 17.3                                 | 215                  | 193                 | 710                  | B    |
| 9 OPzS 900   | 900                            | 1026                          | 887                          | 767                          | 529                          | 72.4               | 20.5                                 | 215                  | 235                 | 710                  | B    |
| 10 OPzS 1000 | 1000                           | 1140                          | 985                          | 852                          | 588                          | 76.4               | 21.1                                 | 215                  | 235                 | 710                  | B    |
| 11 OPzS 1100 | 1100                           | 1256                          | 1086                         | 938                          | 647                          | 86.6               | 25.2                                 | 215                  | 277                 | 710                  | B    |
| 12 OPzS 1200 | 1200                           | 1370                          | 1185                         | 1023                         | 706                          | 90.6               | 25.8                                 | 215                  | 277                 | 710                  | B    |
| 12 OPzS 1500 | 1500                           | 1610                          | 1400                         | 1197                         | 784                          | 110.4              | 32.7                                 | 215                  | 277                 | 855                  | B    |
| 14 OPzS 1750 | 1750                           | 1881                          | 1632                         | 1397                         | 914                          | 142.3              | 46.2                                 | 215                  | 400                 | 815                  | C    |
| 15 OPzS 1875 | 1875                           | 2016                          | 1748                         | 1496                         | 980                          | 146.6              | 46.7                                 | 215                  | 400                 | 815                  | C    |
| 16 OPzS 2000 | 2000                           | 2150                          | 1865                         | 1596                         | 1045                         | 150.9              | 45.9                                 | 215                  | 400                 | 815                  | C    |
| 18 OPzS 2250 | 2250                           | 2412                          | 2097                         | 1796                         | 1176                         | 179.1              | 56.4                                 | 215                  | 490                 | 815                  | D    |
| 19 OPzS 2375 | 2375                           | 2546                          | 2213                         | 1895                         | 1242                         | 182.9              | 55.6                                 | 215                  | 490                 | 815                  | D    |
| 20 OPzS 2500 | 2500                           | 2680                          | 2330                         | 1995                         | 1307                         | 187.3              | 55.7                                 | 215                  | 490                 | 815                  | D    |
| 22 OPzS 2750 | 2750                           | 2952                          | 2562                         | 2195                         | 1437                         | 212.5              | 67.0                                 | 215                  | 580                 | 815                  | D    |
| 23 OPzS 2875 | 2875                           | 3086                          | 2678                         | 2294                         | 1503                         | 216.8              | 65.9                                 | 215                  | 580                 | 815                  | D    |
| 24 OPzS 3000 | 3000                           | 3220                          | 2795                         | 2394                         | 1568                         | 221.2              | 66.4                                 | 215                  | 580                 | 815                  | D    |
| 26 OPzS 3250 | 3250                           | 3488                          | 3028                         | 2594                         | 1699                         | 229.6              | 65.4                                 | 215                  | 580                 | 815                  | D    |

C<sub>nom</sub> = nominal capacity at 10 h discharge according to DIN 40736-1

C<sub>10</sub>, C<sub>5</sub>, C<sub>3</sub> and C<sub>1</sub> = Capacity at 10 h, 5 h, 3 h and 1 h discharge

\* according to DIN 40736-1 data to be understood as maximum values



## Hoja característica del inversor

**INGECON****SUN**Lite  
Sin transformadorUNA GRAN  
FAMILIA DE  
INVERSORES  
DESDE 2,5  
HASTA 10 KW2,5TL / 3TL / 3,3TL / 3,68TL / 4.6TL / 5TL / 6TL /  
7,5TL / 8,2TL / 8,6TL / 10TL

Nueva familia de inversores monofásicos sin transformador, orientada al sector residencial y a grandes proyectos descentralizados.

**Amplio rango de potencias AC**

La familia de inversores INGECON® SUN Lite TL presenta un mayor rango de potencias de salida para equipos monofásicos, desde 2,5 hasta 10 kW. Como novedad, esta gama de inversores despliega las potencias de 7,5 kW, 8,2 kW, 8,6 kW y 10 kW.

**Instalación y mantenimiento sencillos**

Conectores rápidos para la parte de DC (tipo 4) y AC y comunicaciones RS-485 de serie. Permite adecuar la configuración e idioma del inversor a cada país de manera sencilla desde la pantalla del propio inversor.

Los inversores INGECON® SUN Lite TL disponen de un datalogger interno para almacenamiento de datos de tres meses con control desde un PC remoto o *in situ* desde el teclado frontal del inversor a través de su pantalla LCD. LEDs indicadores de estado y alarmas. Ventiladores fácilmente reemplazables por el usuario. Configurable para modo autoconsumo.

**Software incluido**

Incluyen sin coste las aplicaciones INGECON® SUN Manager, INGECON® SUN Monitor y su versión para smartphone iSun Monitor para la monitorización y registro de datos del inversor a través de internet.

**Garantía estándar de 5 años, ampliable hasta 25 años**

|  | 2,5TL            | 3TL            | 3,3TL             | 3,68TL            | 4,6TL          | 5TL              |
|--|------------------|----------------|-------------------|-------------------|----------------|------------------|
| <b>Valores de Entrada (DC)</b>                 |                  |                |                   |                   |                |                  |
| Rango pot. campo FV recomendado <sup>(1)</sup> | 2,8 - 3,3 kWp    | 3,2 - 4 kWp    | 3,8 - 4,3 kWp     | 3,9 - 4,8 kWp     | 5,2 - 6 kWp    | 5,7 - 6,5 kWp    |
| Rango de tensión MPP                           | 160 - 450 V      | 195 - 450 V    | 155 - 450 V       | 175 - 450 V       | 145 - 450 V    | 160 - 450 V      |
| Rango de tensión DC <sup>(2)</sup>             | 125 - 550 V      | 125 - 550 V    | 125 - 550 V       | 125 - 550 V       | 125 - 550 V    | 125 - 550 V      |
| Corriente máxima DC                            | 17 A             | 17 A           | 22 A              | 22 A              | 33 A           | 33 A             |
| Nº entradas DC                                 | 3                | 3              | 3                 | 3                 | 4              | 4                |
| MPPT   | 1                | 1              | 1                 | 1                 | 1              | 1                |
| <b>Valores de Salida (AC)</b>                  |                  |                |                   |                   |                |                  |
| Potencia nominal AC <sup>(3)</sup>             | 2,7 kW           | 3 kW           | 3,63 kW           | 3,68 kW           | 5 kW           | 5,5 kW           |
| Corriente máxima AC                            | 13 A             | 13,5 A         | 17 A              | 17 A              | 24,2 A         | 26,2 A           |
| Tensión nominal AC                             | 230 / 240 V      | 230 / 240 V    | 230 / 240 V       | 230 / 240 V       | 230 / 240 V    | 230 / 240 V      |
| Frecuencia nominal AC                          | 50 / 60 Hz       | 50 / 60 Hz     | 50 / 60 Hz        | 50 / 60 Hz        | 50 / 60 Hz     | 50 / 60 Hz       |
| Coseno Phi                                     | 1                | 1              | 1                 | 1                 | 1              | 1                |
| Coseno Phi ajustable                           | Sí. Smáx=2,7 kVA | Sí. Smáx=3 kVA | Sí. Smáx=3,63 kVA | Sí. Smáx=3,68 kVA | Sí. Smáx=5 kVA | Sí. Smáx=5,5 kVA |
| THD  | <3%              | <3%            | <3%               | <3%               | <3%            | <3%              |
| <b>Rendimiento</b>                             |                  |                |                   |                   |                |                  |
| Eficiencia máxima                              | 96,6%            | 96,6%          | 96,8%             | 96,8%             | 97%            | 97%              |
| Euroeficiencia                                 | 95%              | 95,1%          | 95,2%             | 95,2%             | 96%            | 96,1%            |
| <b>Datos Generales</b>                         |                  |                |                   |                   |                |                  |
| Refrigeración por aire                         | 30 m³/h          | 30 m³/h        | 45 m³/h           | 45 m³/h           | 90 m³/h        | 90 m³/h          |
| Consumo en stand-by <sup>(4)</sup>             | <10 W            | <10 W          | <10 W             | <10 W             | <10 W          | <10 W            |
| Consumo nocturno                               | 0 W              | 0 W            | 0 W               | 0 W               | 0 W            | 0 W              |
| Temperatura de funcionamiento                  | -20°C a +70°C    | -20°C a +70°C  | -20°C a +70°C     | -20°C a +70°C     | -20°C a +70°C  | -20°C a +70°C    |
| Humedad relativa (sin condensación)            | 0 - 95%          | 0 - 95%        | 0 - 95%           | 0 - 95%           | 0 - 95%        | 0 - 95%          |
| Grado de protección                            | IP65             | IP65           | IP65              | IP65              | IP65           | IP65             |