



# GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

Cálculo y diseño de una instalación solar para autoconsumo en  
una vivienda unifamiliar

Autor: Germán García Rodríguez  
Director: Luis Javier Mata García

Madrid  
Julio de 2020

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título  
Cálculo y diseño de una instalación solar para autoconsumo en una  
vivienda unifamiliar  
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en  
el  
curso académico 2019/2020 es de mi autoría, original e inédito y  
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es  
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada  
de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Germán García Rodríguez

Fecha: 07/ 07/ 2020

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Luis Javier Mata García

Fecha: 07/ 07/ 2020



## GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

Cálculo y diseño de una instalación solar para autoconsumo en  
una vivienda unifamiliar

Autor: Germán García Rodríguez  
Director: Luis Javier Mata García

Madrid  
Julio de 2020

# CÁLCULO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA AUTOCONSUMO EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

**Autor: García Rodríguez, Germán.**

Director: Mata García, Luis Javier.

Entidad Colaboradora: ICAI-Universidad Pontificia de Comillas.

## RESUMEN DEL PROYECTO

### Introducción:

El objetivo del proyecto es analizar la viabilidad de una instalación solar fotovoltaica y una instalación solar térmica con apoyo de aerotermia, en una vivienda unifamiliar en la que habitan 4 personas situada en la provincia de Cuenca. Tomando como referencia las facturas del año 2019 de la vivienda se ha calculado la cantidad de ahorro que podría obtenerse utilizando instalaciones de este tipo.

El proyecto se subdivide en dos partes, por un lado, se ha analizado la instalación solar fotovoltaica y, por otro lado, la instalación solar térmica para ACS y calefacción por suelo radiante con apoyo de aerotermia.

Se han comparado distintos proveedores con el fin de obtener los mejores componentes para la instalación. Una vez seleccionados los componentes se ha realizado un análisis técnico de ambas instalaciones obteniendo una estimación de ahorro para cada una de las instalaciones frente a la demanda energética de la vivienda.

De acuerdo con los objetivos del proyecto se ha realizado un análisis económico de ambas instalaciones, proporcionando el valor de distintos indicadores (VAN, TIR y Payback) para apoyar o descartar la llevada a cabo del proyecto.

## Metodología:

En primer lugar, se ha realizado un análisis del emplazamiento del proyecto, obteniendo todos los datos necesarios de la provincia de Cuenca: Irradiancia, latitud, longitud, inclinación óptima, temperatura ambiente, temperatura agua de red, temperatura mínima histórica, etc.

Los cálculos se han realizado atendiendo a lo mencionado en los pliegos de condiciones técnicas, tanto de instalaciones de baja temperatura (solar térmica) como de instalaciones conectadas a red (solar fotovoltaica). Cuidando los requisitos establecidos en estos documentos se ha llevado a cabo la elección de componentes.

La instalación solar fotovoltaica cuenta con un campo fotovoltaico de 9 paneles conectados en serie, cada uno de ellos cuentan con una potencia nominal de 390 Wp, el inversor seleccionado para el proyecto es de 3Kw, con este tipo de configuración se puede cubrir prácticamente la totalidad de la demanda eléctrica de la vivienda.

El método utilizado para realizar la estimación de energía producida está principalmente basado en la siguiente ecuación:

$$Ep = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) P_{mp} PR}{G_{cem}} \quad (\text{kWh/día})$$

Respecto a la instalación solar térmica para producción de ACS y calefacción por suelo radiante, se ha utilizado un Excel de cálculo solar proporcionado por el director de proyecto Luis Javier Mata García para realizar los cálculos necesarios.

El método con el que se realizan estos cálculos es el método F-Chart recomendado por el IDAE para este tipo de instalaciones.

Se puede conseguir en torno a una reducción del 50% en las facturas de la vivienda utilizando este tipo de instalación.

Respecto al apoyo de aerotermia se ha considerado que una bomba de calor de este tipo puede producir un ahorro de en torno al 10%.

## Resultados:

Para la instalación solar fotovoltaica se han obtenido unos resultados de ahorro situados en torno al 90% con una producción aprovechable de 3302Kw anuales frente a los 3604Kw que demanda la vivienda. En el aspecto económico realizando un estudio con un alcance del proyecto de 25 años, se han obtenido unos indicadores muy favorables.

Con un VAN positivo de 3075€ y una tasa interna de retorno del 12,8% muy superior a la tasa de descuento del 4,05%.

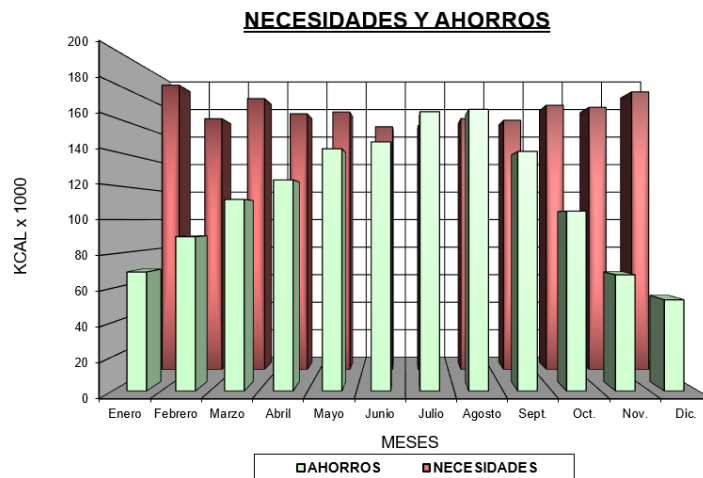
En el aspecto medioambiental la estimación de reducción de emisiones de CO2 es de 1178,8 Kg CO2.

Para la instalación solar térmica con apoyo de aerotermia se han obtenido unos resultados de ahorro situados en torno al 50% con una producción aprovechable de 11496,9 Kw anuales frente a los 24255Kw que demanda la vivienda. En el aspecto económico realizando un estudio con un alcance del proyecto de 25 años.

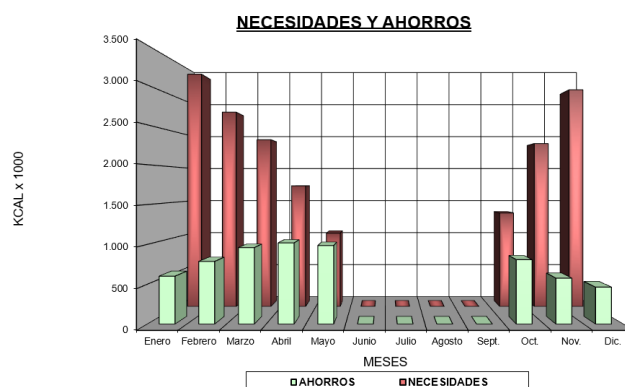
Con un VAN positivo de 3993€ y una tasa interna de retorno del 8,3% superior a la tasa de descuento del 4,05%.

En el aspecto medioambiental la estimación de reducción de emisiones de CO2 es de 2897,2 Kg CO2.

A continuación, se adjuntan las necesidades ahorros frente a demanda utilizando la instalación térmica para producción de ACS y para calefacción por suelo radiante.



Ahorro frente a necesidades ACS



Ahorro frente a necesidades calefacción por suelo radiante

En su conjunto se estima un ahorro del 37,4% anual que sumado al 10% estimado de ahorro con el apoyo de aerotermia sitúan el ahorro total en un 47,4%.

### Conclusiones:

De acuerdo con los indicadores económicos, se puede establecer que ambas instalaciones son viables desde el punto de vista económico.

Si bien, la inversión inicial puede considerarse elevadas los resultados a largo plazo avalan y justifican llevarla a cabo.

## CALCULATION AND DESIGN OF A SOLAR INSTALLATION FOR SELF-CONSUMPTION IN A SINGLE-FAMILY HOUSE

**Author: García Rodríguez, Germán.**

Director: Mata García, Luis Javier.

Collaborating Entity: ICAI-Comillas Pontifical University.

### PROJECT SUMMARY

Introduction:

The objective of the project is to analyze the feasibility of a photovoltaic solar installation and a thermal solar installation with aerothermal support, in a single-family house with 4 people living in the province of Cuenca. Taking as reference the 2019 invoices for the home, the amount of savings that could be obtained using this kind of installations has been calculated.

The project is subdivided into two parts, on the one hand, the photovoltaic solar installation and, on the other hand, the solar thermal installation for ACS and underfloor heating with aerothermal support.

Different suppliers have been compared in order to obtain the best components for the installation. Once the components have been selected, a technical analysis of both facilities has been carried out, obtaining an estimation of savings for each of the facilities against the energy demand of the home.

In accordance with the objectives of the project, an economic analysis of both facilities has been carried out, providing the value of different indicators (NPV, IRR and Payback).

Methodology:

First, an analysis of the project emplacement was carried out, obtaining all the necessary data for the province of Cuenca: irradiance, latitude, longitude, optimal inclination, ambient temperature, network water temperature, minimum historical temperature, etc.

The calculations have been carried out in accordance with what is mentioned in the technical specifications documents, for low-temperature installations (solar thermal) and for installations connected to the grid (photovoltaic solar). Taking care of the requirements established in these documents, the choice of components has been carried out.

The photovoltaic solar installation has a photovoltaic field of 9 panels connected in series, each of them has a nominal power of 390 Wp, the inverter selected for the project is 3Kw, with this type of configuration practically everything can be covered by demand electric house.

The method used to estimate the energy produced is mainly based on the following equation:

$$Ep = \frac{Gdm(\alpha,\beta)Pmp PR}{Gcem} \text{ (kWh/día)}$$

Regarding the solar thermal installation for the production of DHW and underfloor heating, an Excel solar calculation provided by the project manager, Luis Javier Mata García, was used to carry out the necessary calculations.

The method with which these calculations are performed is the F-Chart method recommended by the IDAE for this type of installation.

A 50% reduction in housing bills can be achieved with this type of facility.

Related to the aerothermal support, it has been considered that such a heat pump can produce savings of around 10%.

Results:

For the photovoltaic solar installation, savings results of around 90% have been obtained with a usable production of 3302Kw per year compared to the 3604Kw demanded by the home. In the economic aspect, carrying out a study with a project scope of 25 years, very favorable indicators have been obtained.

With a positive NPV of € 3075 and an internal rate of return of 12.8%, much higher than the discount rate of 4.05%.

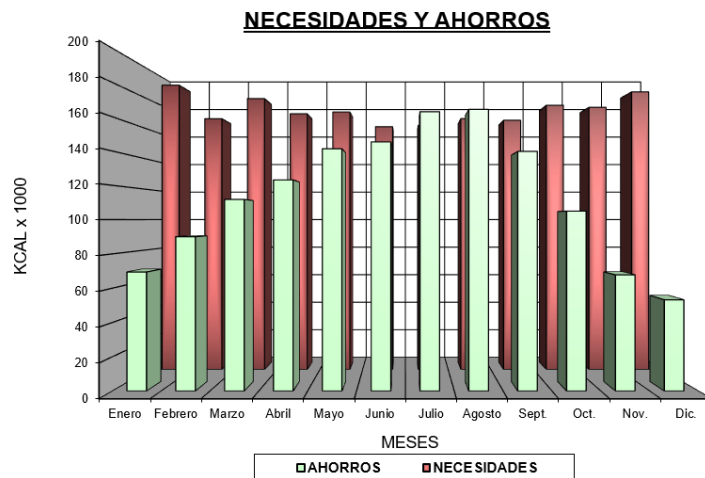
In the environmental aspect, the estimate for the reduction of CO2 emissions is 1178.8 Kg C02.

For the solar thermal installation with aerothermal support, savings results of around 50% have been obtained with a usable production of 11,496.9 Kw per year compared to the 24,255Kw demanded by the home. In the economic aspect, carrying out a study with a project scope of 25 years.

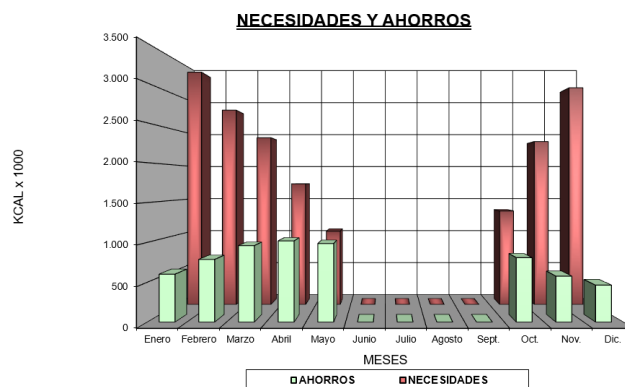
With a positive NPV of € 3,993 and an internal rate of return of 8.3% higher than the discount rate of 4.05%.

In the environmental aspect, the estimate for the reduction of CO2 emissions is 2897.2 Kg C02.

Below are attached savings needs versus demand using the thermal installation for DHW production and for underfloor heating.



Savings against needs DHW



Savings against needs underfloor heating

An annual saving of 37.4% is estimated which, added to the estimated 10% of savings with the support of aerothermal energy, put the total savings at 47.4%.

Conclusions:

According to the economic indicators, it can be established that both facilities are economically viable.

Although the initial investment can be considered high, the long-term results guarantee and justify carrying it out.

# ÍNDICE

## DOCUMENTO I: MEMORIA

|                                                        |           |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS</b>            | <b>2</b>  |
| 1.1. MOTIVACIÓN                                        | 2         |
| 1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO                            | 3         |
| 1.3. RECURSOS A EMPLEAR                                | 3         |
| <b>CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS</b>      | <b>5</b>  |
| 2.1. ENERGÍAS NO RENOVABLES                            | 6         |
| 2.2. ENERGÍAS RENOVABLES                               | 7         |
| 2.2.1. Energía eólica                                  | 8         |
| 2.2.2. Energía solar                                   | 8         |
| 2.2.3. Biomasa                                         | 9         |
| 2.2.4. Energía hidráulica                              | 9         |
| 2.2.5. Energía geotérmica                              | 10        |
| 2.2.6. Energía del mar                                 | 11        |
| <b>CAPÍTULO 3: ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA</b>          | <b>14</b> |
| 3.1. RADIACIÓN SOLAR                                   | 14        |
| 3.1.1. Ley de Stefan- Boltzman                         | 15        |
| 3.1.2. Propiedades de la radiación                     | 16        |
| 3.1.3. Radiación de un cuerpo negro                    | 16        |
| 3.1.4. Factores que afectan a la radiación solar       | 17        |
| 3.1.5. Efecto fotovoltaico                             | 19        |
| 3.2. RADIACIÓN SOLAR EN ESPAÑA                         | 20        |
| 3.2.1. Emplazamiento                                   | 22        |
| <b>CAPÍTULO 4: DESCRIPCIÓN DEL MODELO DESARROLLADO</b> | <b>24</b> |
| 4.1. TIPOS DE AUTOCONSUMO                              | 24        |
| 4.2. DEMANDA DE LA VIVIENDA                            | 26        |
| <b>CAPÍTULO 5: DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES</b>      | <b>28</b> |
| 5.1. PLACAS SOLARES                                    | 28        |
| 5.1.1. Tipos de paneles solares                        | 28        |
| 5.1.2. Orientación de los paneles                      | 29        |
| 5.1.3. Selección de los paneles                        | 31        |

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.1.4. Descripción y características de los paneles.....                               | 32 |
| 5.2. SELECCIÓN DEL INVERSOR.....                                                       | 33 |
| 5.3. CONDICIONES DE INTENSIDAD Y TENSIÓN.....                                          | 34 |
| 5.4. DISPOSICIÓN DE LOS PANELES.....                                                   | 36 |
| 5.5. ESTRUCTURA SOPORTE.....                                                           | 38 |
| 5.6. CABLEADO.....                                                                     | 39 |
| 5.6.1. Cableado de continua por criterio de caída de tensión máxima.....               | 40 |
| 5.6.2. Cableado de continua por criterio térmico.....                                  | 41 |
| 5.6.3. Cableado de alterna por criterio de caída de tensión máxima.....                | 41 |
| 5.6.4. Cableado de alterna por criterio térmico.....                                   | 42 |
| 5.7. PROTECCIONES.....                                                                 | 43 |
| 5.7.1. Protecciones en corriente continua.....                                         | 44 |
| 5.7.2. Protecciones en corriente alterna.....                                          | 45 |
| 5.8. PUESTA A TIERRA DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....                               | 48 |
| <b>CAPÍTULO 6: ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA</b>         |    |
| 6.1. ANÁLISIS TÉCNICO.....                                                             | 49 |
| 6.1.1. Estimación de producción en la instalación.....                                 | 49 |
| 6.1.2. Comparativa de la energía demandada frente a la energía estimada producida..... | 50 |
| 6.2. ANÁLISIS FINANCIERO Y RENTABILIDAD DE INVERSIÓN.....                              | 52 |
| 6.2.1. Cuenta de pérdidas y ganancias.....                                             | 52 |
| 6.2.2. Valoraciones de los ratios.....                                                 | 55 |
| <b>CAPÍTULO 7: ENERGÍA SOLAR TÉRMICA</b> .....                                         | 58 |
| 7.1. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN.....                               | 59 |
| 7.1.1. Captador solar.....                                                             | 59 |
| 7.1.2. Sistema de distribución.....                                                    | 60 |
| 7.1.3. Almacenamiento.....                                                             | 61 |
| 7.1.4. Sistema de apoyo convencional.....                                              | 61 |
| 7.1.5. Fluido de trabajo del circuito primario (líquido anticongelante).....           | 62 |
| 7.1.6. Intercambiador de calor.....                                                    | 62 |
| 7.1.7. Bombas de circulación.....                                                      | 62 |
| 7.1.8. Tuberías.....                                                                   | 62 |
| 7.1.9. Válvulas y otros componentes.....                                               | 63 |

|                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 7.1.10. Sistema de control.....                                                           | 63        |
| <b>CAPÍTULO 8: INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA DE BAJA TEMPERATURA.....</b>                     | <b>64</b> |
| 8.1. ORIENTACIÓN DE LOS COLECTORES.....                                                   | 64        |
| 8.2. CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO.....                                         | 65        |
| 8.3. CONDICIONES TÉCNICAS PARA ACS Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE.....                  | 66        |
| 8.4. SUELO RADIANTE.....                                                                  | 69        |
| 8.5. MÉTODO F-CHART.....                                                                  | 69        |
| <b>CAPÍTULO 9: CIRCUITO HIDRÁULICO Y OTROS COMPONENTES.....</b>                           | <b>73</b> |
| 9.1. CONEXIONADO DE LOS COLECTORES.....                                                   | 73        |
| 9.2. FLUIDO DEL CIRCUITO PRIMARIO.....                                                    | 73        |
| 9.3. FLUIDO DEL CIRCUITO SECUNDARIO.....                                                  | 74        |
| 9.4. FUNCIONAMIENTO GLOBAL DEL CIRCUITO.....                                              | 74        |
| 9.5. AEROTERMIA.....                                                                      | 74        |
| 9.6. SISTEMA DE CONTROL Y MONITORIZACIÓN.....                                             | 75        |
| <b>CAPÍTULO 10: ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA.....</b>           | <b>78</b> |
| 10.1. ANÁLISIS TÉCNICO DE LA INSTALACIÓN ACS.....                                         | 78        |
| 10.2. ANÁLISIS TÉCNICO DE LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE.....           | 80        |
| 10.3. RENDIMIENTO GLOBAL DE LA INSTALACIÓN.....                                           | 82        |
| 10.4. ANÁLISIS ECONÓMICO GLOBAL DE LA INSTALACIÓN.....                                    | 83        |
| 10.4.1. Importe de la energía demandada de la vivienda por calefacción y ACS.....         | 83        |
| 10.4.2. Análisis financiero y rentabilidad de inversión.....                              | 84        |
| <b>CAPÍTULO 11: REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub>.....</b>                         | <b>89</b> |
| 11.1. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA.....                    | 90        |
| 11.2. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA CON APOYO DE AEROTERMIA..... | 90        |
| <b>CAPÍTULO 12: CONCLUSIONES.....</b>                                                     | <b>91</b> |
| 12.1. CONCLUSIONES DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA.....                              | 91        |
| 12.2. CONCLUSIONES DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA CON APOYO DE AEROTERMIA.....           | 91        |
| <b>ANEXOS.....</b>                                                                        | <b>93</b> |
| Anexo 1. Placas solares                                                                   |           |
| Anexo 2. Inversor                                                                         |           |
| Anexo 3. Estructura soporte                                                               |           |
| Anexo 4. Cableado continua y alterna                                                      |           |

Anexo 5. Fusibles de la corriente continua

Anexo 6. Certificado de protecciones del inversor

Anexo 7. Interruptor magnetotérmico

Anexo 8. Interruptor diferencial

Anexo 9. Cableado de puesta a tierra

Anexo 10. Colectores solares planos

Anexo 11. Depósito de acumulación ACS

Anexo 12. Depósito de acumulación calefacción

Anexo 13. Aerotermia

Anexo 14. Sistema de control

Anexo 15. Compromiso del proyecto con los objetivos del desarrollo sostenible

Anexo 16. Bibliografía

**DOCUMENTO II: PLANOS**

**DOCUMENTO III: PLIEGO DE CONDICIONES**

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Proyección de flujos de inversión por tecnologías.....                                                 | 2  |
| Figura 2: Uno de los primeros pozos de Titusville, en Pensilvania.....                                           | 6  |
| Figura 3: Esquema de funcionamiento parque eólico .....                                                          | 8  |
| Figura 4: Central Hidroeléctrica Cortes-La Muela.....                                                            | 10 |
| Figura 5: Central Mareomotriz de La Rance.....                                                                   | 12 |
| Figura 6: Espectro electromagnético.....                                                                         | 15 |
| Figura 7: Esquema lámina propiedades de la radiación.....                                                        | 16 |
| Figura 8: Radiación solar directa y difusa.....                                                                  | 18 |
| Figura 9: Esquema célula FV.....                                                                                 | 19 |
| Figura 10: Mapa de irradiancia solar España.....                                                                 | 20 |
| Figura 11: Potencia instalada fotovoltaica por Comunidad Autónoma.....                                           | 21 |
| Figura 12: Generación de electricidad con energía fotovoltaica por Comunidad Autónoma.....                       | 22 |
| Figura 13: Latitud y longitud Emplazamiento.....                                                                 | 23 |
| Figura 14: Vivienda.....                                                                                         | 23 |
| Figura 15: Esquema de autoconsumo individual.....                                                                | 25 |
| Figura 16: Panel solar monocristalino Atersa.....                                                                | 29 |
| Figura 17: Irradiancia global provincia de Cuenca.....                                                           | 30 |
| Figura 18: Tipo de disparo magnético de los interruptores automáticos modulares .....                            | 46 |
| Figura 20: Esquema de instalación solar de baja temperatura para producción de agua caliente sanitaria.<br>..... | 59 |
| Figura 21: Mapa zona climática España.....                                                                       | 64 |

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 22: Diferencia entre circulación natural y forzada.....          | 65 |
| Figura 23: Conexionado de colectores en paralelo.....                   | 73 |
| Figura 24: Esquema básico de conexionado de la instalación.....         | 76 |
| Figura 25: Esquema resumen de funcionamiento.....                       | 77 |
| Figura 26: Ahorros frente a necesidades ACS.....                        | 80 |
| Figura 27: Ahorros frente a necesidades calefacción suelo radiante..... | 82 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla1: Demanda energética de la vivienda.....                           | 26 |
| Tabla 2: Factor de corrección K para superficies inclinadas.....         | 30 |
| Tabla 3: Irradiancia global media corregida $\beta=25^\circ$ .....       | 31 |
| Tabla 4: Características panel A-390M GS.....                            | 33 |
| Tabla 5: Características inversor Fronius Primo 3.0-1.....               | 34 |
| Tabla 6: Configuración ISFV conectada a red.....                         | 38 |
| Tabla 7: Rangos de protección Fronius Primo anexo 6.....                 | 45 |
| Tabla 8: Producción diaria, mensual y anual estimada.....                | 50 |
| Tabla 9: Balance energía consumida – producida.....                      | 51 |
| Tabla 10: Inversión inicial fotovoltaica.....                            | 52 |
| Tabla 11: Cuenta de pérdidas y ganancias (AÑOS 0-6).....                 | 54 |
| Tabla 12: Cuenta de pérdidas y ganancias (AÑOS 7-15).....                | 54 |
| Tabla 13: Cuenta de pérdidas y ganancias (AÑOS 16-25).....               | 55 |
| Tabla 14: Valoraciones iniciales.....                                    | 55 |
| Tabla 15: Cash Flow.....                                                 | 56 |
| Tabla 16: Payback.....                                                   | 56 |
| Tabla 17: VAN, TIR y Payback.....                                        | 57 |
| Tabla 18: Contribución solar mínima.....                                 | 65 |
| Tabla 19: Criterio de consumo.....                                       | 67 |
| Tabla 20: Datos necesarios para el cálculo de la demanda energética..... | 78 |
| Tabla 21: Datos relativos al sistema.....                                | 78 |

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 22: Datos relativos a las necesidades energéticas.....       | 79 |
| Tabla 23: Energía necesaria partiendo de la ecuación anterior..... | 79 |
| Tabla 24: Datos de salida.....                                     | 79 |
| Tabla 25: Datos geográficos y climatológicos.....                  | 81 |
| Tabla 26: Datos relativos a las necesidades energéticas.....       | 81 |
| Tabla 27: Datos relativos al sistema.....                          | 81 |
| Tabla 28: Cálculo energético.....                                  | 81 |
| Tabla 29: Datos de salida.....                                     | 82 |
| Tabla 30: Rendimiento global de la instalación.....                | 83 |
| Tabla 31: Consumo mensual de la vivienda.....                      | 83 |
| Tabla 32: Consumo de gas de la vivienda.....                       | 84 |
| Tabla 33: Inversión inicial.....                                   | 85 |
| Tabla 34: Cuenta de pérdidas y ganancias (AÑOS 0-10).....          | 86 |
| Tabla 35: Cuenta de pérdidas y ganancias (AÑOS11-25).....          | 86 |
| Tabla 36: Consideraciones iniciales térmica.....                   | 86 |
| Tabla 37: Cash flow térmica.....                                   | 87 |
| Tabla 38: Payback térmica.....                                     | 87 |
| Tabla 39: VAN, TIR y Payback.....                                  | 88 |
| Tabla 40: Factores de paso a emisiones.....                        | 89 |

# DOCUMENTO I:

# MEMORIA

# CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

## 1.1. MOTIVACIÓN.

Una de las motivaciones que me ha llevado a elegir este proyecto, es la previsión y el constante crecimiento de este sector. Partiendo de los datos proporcionados por *Bloomberg new energy finance* [UNEF19], estamos presentes ante un mercado cada vez más competente, el decremento de los costes y la gran inversión realizada por un gran conjunto de naciones permite resaltar la energía eólica y solar como los grandes generadores de energía en el futuro, estimando una representación de en torno al 50% para el año 2040.

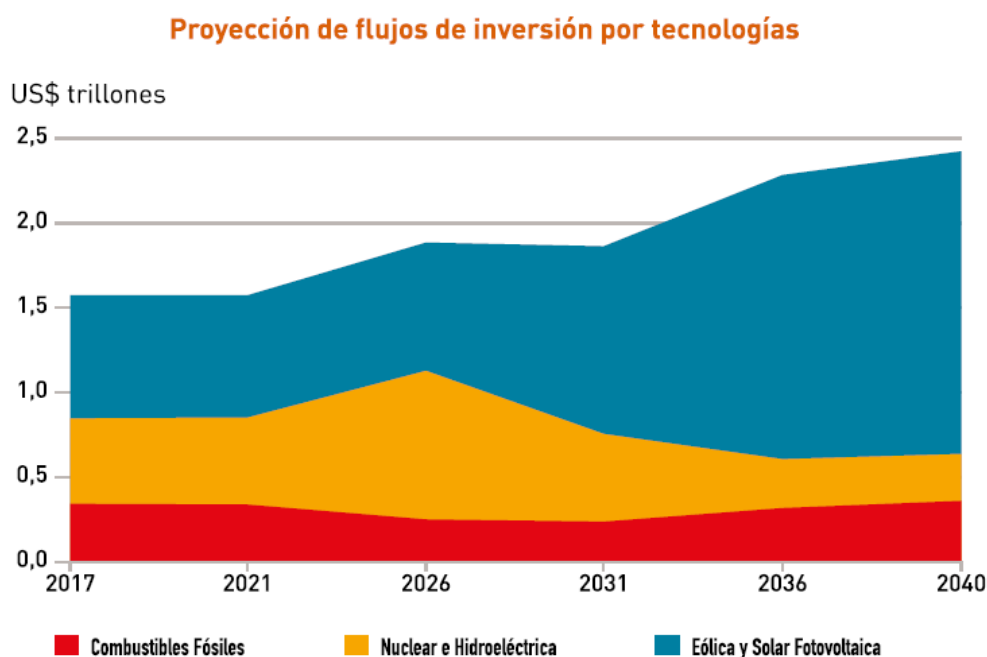


Figura 1. Proyección de flujos de inversión por tecnologías (*Bloomberg new energy finance*) [UNEF19].

El interés por las energías renovables, y considerar en un futuro llevar a cabo algún tipo de proyecto, ha ayudado a tomar esta decisión.

Otro factor importante ha sido considerar este sector como una muy buena opción de cara a un futuro en el mercado laboral, ayudándome este proyecto a profundizar en esta materia.

El hecho de que no haya sido un tema en el que hayamos profundizado durante el grado, unido a la gran importancia medioambiental que las energías renovables conllevan, me ha impulsado a elegir este proyecto.

## **1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO.**

- Estudio del sector de las energías renovables y su aplicación en el autoconsumo de una vivienda.
- Análisis de viabilidad económica justificando cada una de las decisiones adoptadas.
- Estudio del plano teórico de este tipo de instalaciones.
- Análisis de rentabilidad del proyecto calculando el período de recuperación, VAN TIR y otros indicadores de que puedan ser útiles y aporten información aprovechable para justificar el llevar a cabo el proyecto o por el contrario desecharlo.
- Tener en cuenta y hacer una valoración de los efectos positivos que una instalación de este tipo tiene en el aspecto medioambiental.
- Elección de componentes, entrando a valorar las alternativas que el mercado ofrece.

## **1.3. RECURSOS A EMPLEAR.**

- Material bibliográfico: Libros acerca de energías renovables, artículos o Pdfs, actualizados tanto por universidades como por instituciones reconocidas en la materia.
- Material online: Para buscar a través de internet, se utilizará el ordenador personal, con el objetivo de encontrar información relacionada y de utilidad para nuestro proyecto, también la lectura y comprensión de artículos relacionados de fuentes como IDAE o UNEF entre otras. También se utilizará paquete office, tanto para presentaciones, como gráficos o tablas y Excel de autoconsumo de cálculo solar.

- Los datos de los componentes de la instalación placas, inversores etc. Se obtendrán de las especificaciones facilitadas por los distintos proveedores, respecto a los procedimientos de cálculo, partiremos del total de gastos anuales durante el año 2019 con datos reales, para cálculos sobre la instalación, se utilizará el Excel de autoconsumo de cálculo solar

## CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS.

De acuerdo con la RAE, la energía primaria es aquella energía procedente de energías renovables y no renovables, que no ha sufrido ningún proceso de transformación o conversión. El concepto de energía ha sido imprescindible a lo largo de la evolución de la humanidad, el ser humano desde el principio de los tiempos ha utilizado la energía para impulsar su desarrollo, estableciendo este desarrollo como base de su supervivencia y permitiendo su avance.

Los principios básicos de la energía son los siguientes:

- La energía ni se crea ni se destruye, solo se transforma.
- La energía se degrada hacia una forma de energía menos útil.

Analizando desde un contexto histórico, podemos remontarnos al descubrimiento del fuego, como el primer gran hallazgo de la humanidad en el ámbito de la energía, tras este descubrimiento, llegó el aprovechamiento agrícola y ganadero consiguiendo energía en forma de alimentos. La rueda hidráulica o los molinos de viento fueron fuentes de energía utilizadas durante la Edad Media, y se establecen como predecesoras de algunas energías renovables.

En 1859 se perfora el primer pozo de petróleo del mundo, marcando un antes y un después en el ámbito de la energía, no fue hasta 1895 cuando aparecieron los primeros vehículos, estos vehículos necesitan de gasolina que se obtiene mediante un proceso de destilación del petróleo.

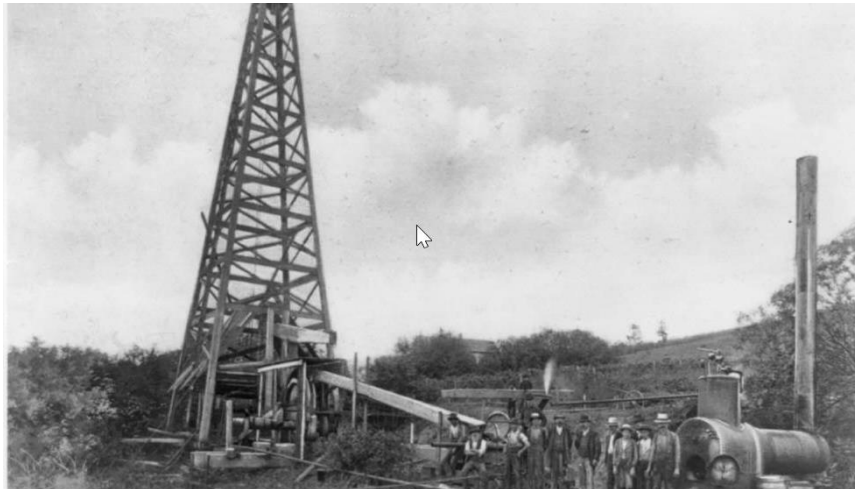


Figura 2. Uno de los primeros pozos de Titusville, en Pensilvania (Fuente El confidencial).

Así pues, la demanda tanto de vehículos como de petróleo creció de la mano, hasta situar el petróleo en la actualidad como uno de los valores más importantes de la economía a nivel mundial. Sin embargo, tanto el petróleo como el resto de los combustibles fósiles no son una fuente de energía inagotable. Así pues, este factor despertó gran interés por el desarrollo y la inversión en otros tipos de fuentes de energía.

De modo que se establecen dos grandes tipos de fuentes de energía: renovables y no renovables.

## **2.1. ENERGÍAS NO RENOVABLES.**

La mayoría de las fuentes de energía no renovables, son los combustibles fósiles: carbón, petróleo o gas natural.

Todos los combustibles fósiles se formaron de una manera similar, millones de años atrás incluso antes de los dinosaurios, la tierra tenía unos parajes completamente diferentes, plantas, algas y plancton absorbieron la luz solar y crearon energía a través de la fotosíntesis.

Al morir estos organismos, se depositaron en el fondo de mares y lagos, todos estos organismos mantienen energía tras morir, así pues, a lo largo del tiempo, rocas y otras clases de sedimentos, se fueron posando sobre estos organismos provocando un incremento de

temperatura y presión, provocando la aparición de los combustibles fósiles mencionados anteriormente. En la actualidad existen cientos de reservas de estas energías no renovables en todo el planeta.

Desventajas:

- No son recursos ilimitados, a pesar de que hay una gran cantidad de combustibles de este tipo, se terminarán agotando, por lo tanto, es necesario considerar invertir en otros tipos de energía para garantizar el suministro de energía en el futuro.
- Son incompatibles con el objetivo medioambiental, los gases contaminantes empeoran el efecto invernadero y el calentamiento global.
- Generan contaminación en el aire y las lluvias ácidas.
- Los combustibles son extremadamente inflamables, lo que requiere medidas extremas de precaución a la hora de almacenarlo.
- Respecto a las energías nucleares, fuera de control pueden tener un efecto devastador si se produce un accidente, también tienen un coste muy elevado.

Ventajas:

- Estructuras preparadas y gran conocimiento del proceso para la obtención de energía.
- Costes relativamente bajos frente a las energías renovables.
- Respecto al petróleo, que es el combustible fósil más utilizado, hay que destacar la gran cantidad de productos derivados que se obtienen (gas natural, parafina, queroseno, etc).

## **2.2. ENERGÍAS RENOVABLES.**

De acuerdo con la RAE, las energías renovables son aquellas energías cuyas fuentes se presentan en la naturaleza de modo continuo y prácticamente inagotable. Dentro de las energías renovables, podemos establecer tres grandes grupos: Generación eléctrica, generación térmica y carburantes.

## 2.2.1 Energía eólica.

Se trata de una energía renovable, no produce contaminación y es inagotable, este tipo de energía se genera al convertir el movimiento de las corrientes de aire en energía eléctrica, para aprovechar estas corrientes, se crean parques eólicos con el objetivo de aprovechar al máximo su potencial.

De acuerdo con los datos de la Asociación Empresarial Eólica (AEE), en España tenemos 25.704 MW de potencia acumulada y este tipo de energía se posiciona como la segunda fuente de generación de energía eléctrica en España cubriendo en torno a un 20,8% de la energía consumida en el país, estos datos corresponden al año 2019.

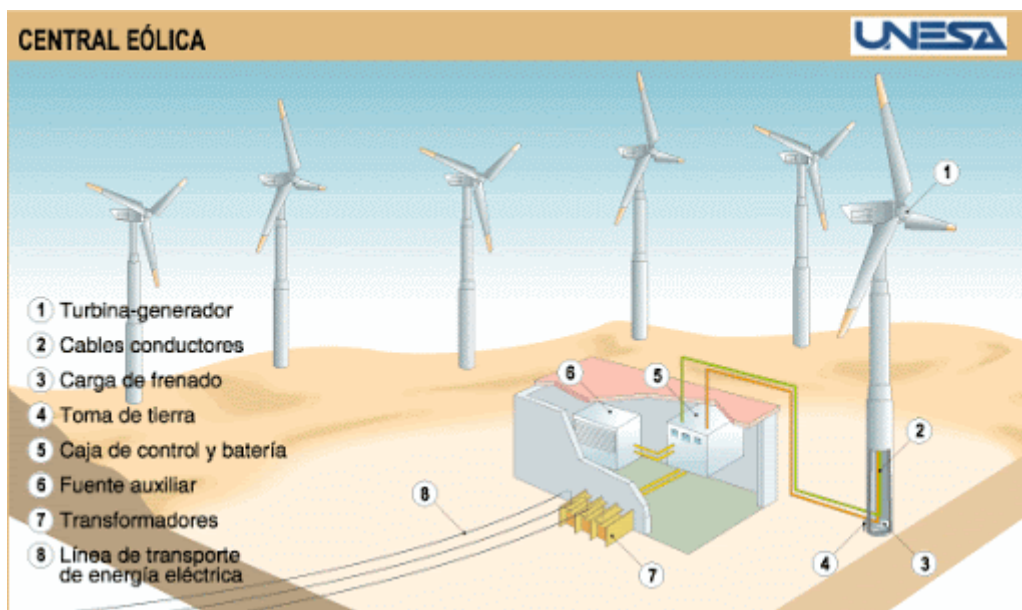


Figura 3: Esquema de funcionamiento de un parque eólico (Fuente UNESA).

## 2.2.2. Energía solar.

Es la energía que se obtiene aprovechando la radiación solar, este tipo de energía renovable suele ser aprovechada por sistemas de recolección para la producción de energía térmica o energía eléctrica sin causar efectos adversos en el medioambiente.

El ser humano es capaz de captar esta energía a través de diferentes equipos, como pueden ser los paneles solares o las células fotovoltaicas.

Al venir de una fuente inagotable como es la radiación solar las nuevas tecnologías se han enfocado en este tipo de energía para producir energía eléctrica a gran escala.

Hay varios tipos de energía solar, térmica, fotovoltaica, híbrida, termosolar de concentración, solar eólica, etc. En este proyecto se va a hacer hincapié tanto en la energía solar térmica como en la fotovoltaica, por lo tanto, serán objeto de estudio en capítulos posteriores.

### **2.2.3. Biomasa.**

Se trata de una fuente de energía renovable, y podemos establecerla como la materia orgánica que aparece durante un proceso biológico, esta materia puede ser aprovechable como fuente de energía.

Se clasifica en dos grandes grupos, natural y residual. Este tipo de energía presenta un consumo inferior a su tasa de renovación, esto va ligado a una producción sostenible.

Algunos aspectos que destacar de la Biomasa son los siguientes:

- Fue la fuente de energía más utilizada hasta la llegada de la primera revolución industrial.
- Posteriormente, fue sustituida de forma progresiva por los combustibles fósiles.
- Durante el siglo XIX continuaba siendo la energía más utilizada.
- En algunos países en vías de desarrollo continúa siendo la fuente de energía principal, en otros como Suecia también tiene un peso muy importante (15%).

### **2.2.4. Energía hidráulica.**

Se trata de una fuente de energía renovable, aprovecha el movimiento del agua para crear energía, lluvias o deshielos pueden crear corrientes de agua considerables. [UNEF19]

Este tipo de energía lleva siglos utilizándose, desde la antigua Grecia se utilizaron molinos de agua, la energía cinética del agua hace girar las aspas del molino convirtiendo esta energía en energía mecánica.

La mayor parte de las centrales hidroeléctricas en la actualidad utilizan presas para almacenar el agua de los ríos, para después de una manera controlada liberarla, el agua al escapar de la presa mueve una turbina generando electricidad.

Entre las ventajas de la energía hidráulica podemos destacar:

- Es la forma de generar electricidad más barata en la actualidad, una vez se ha hecho la fuerte inversión inicial en la obra civil, la fuente de energía (movimiento del agua) es gratuita.
- Presenta una fácil accesibilidad puesto que los equipos de ingenieros pueden controlar el caudal de agua que pasa a través de las turbinas para generar electricidad acorde con las necesidades.



Figura 4: Central Hidroeléctrica Cortes-La Muela (Fuente: Google Images).

### 2.2.5. Energía geotérmica.

- Se trata de una energía renovable, esta energía se obtiene aprovechando el calor del núcleo de la tierra. Los yacimientos geotérmicos, son zonas situadas bajo suelo donde el recurso geotérmico puede ser aprovechado por el ser humano. Estos yacimientos se clasifican en tres grandes bloques:
- De alta entalpía: temperaturas superiores a 150°C, en este tipo de yacimientos se extrae calor produciendo energía eléctrica a través de vapor de agua, son aptos para la producción de electricidad, poco frecuentes y de difícil acceso.
- De media entalpía: temperaturas entre 70°C y 150°C, permiten la producción de electricidad, pero con un rendimiento notablemente inferior a las de alta temperatura, este aprovechamiento puede ser también de manera directa para sistemas de climatización urbanos o para uso industrial.
- De baja entalpía: temperaturas menores a 70°C, son solo aptos para aprovechamiento directo del calor (agua caliente, calefacción, etc.)

### 2.2.6. Energía del mar.

La energía del mar se puede aprovechar de varias maneras:

- Energía del gradiente térmico: se basa en las diferencias de temperatura entre las aguas del fondo marino y las superficiales, este gradiente térmico se aprovecha para conseguir electricidad, se precisa al menos una diferencia de 20°C entre la temperatura de la superficie y la de profundidad del mar, se aplica el ciclo de Rankine.
- Energía de las corrientes marinas: se aprovecha la energía cinética de las corrientes para generar electricidad.
- Energía undimotriz: aprovecha la energía mecánica de las olas.
- Energía mareomotriz: consiste en aprovechar las mareas para desplazar enormes cantidades de agua almacenando esta agua mediante diques, de esta manera se consigue convertir en energía eléctrica la energía potencial utilizando una turbina, en la actualidad solo en determinados puntos de la costa en los que la marea alta y la

marea baja se diferencian más de cinco metros de altura es rentable este tipo de instalaciones.



Figura 5: Central Mareomotriz de La Rance (Fuente: Google Images).

#### Ventajas:

- Estas energías en conjunto contribuyen a cubrir la demanda, además están reemplazando a los combustibles fósiles, cuya existencia está cercana a agotarse.
- Grandes beneficios medioambientales, se reducen las emisiones de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, etc.
- Beneficios políticos y estratégicos, reducen la dependencia energética a nivel nacional.
- Beneficios económicos y sociales, se reducen las importaciones, además de un mejor acceso a la energía para las personas más desfavorecidas, acompañado de creación de empleo.
- Beneficios técnicos, desarrollo de tecnología propia, múltiples fuentes, se diversifica el suministro lo que conlleva estabilidad para el sistema.

#### Desventajas:

- La distribución en la geografía no es uniforme.

- Su almacenamiento es complicado lo que conlleva problemas en la disponibilidad del suministro.
- Impacto sobre la fauna y flora.
- Nuevo modelo de gestión para las redes eléctricas.

# **CAPÍTULO 3. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.**

Esta parte del proyecto se va a enfocar en la energía solar fotovoltaica, siendo este punto un pilar fundamental, se hará una introducción de cómo se convierte la radiación solar en energía eléctrica, centrándonos en el ámbito nacional se estudiará la producción actual y los tipos que hay para autoconsumo. Se estudiarán los componentes necesarios para una instalación solar fotovoltaica y su dimensionamiento.

El objetivo de las ISFV (Instalaciones Solares Fotovoltaicas), es convertir directamente la radiación que proviene del sol en electricidad que podemos aprovechar, en este caso para el autoconsumo de una vivienda, esta conversión está basada en el efecto fotoeléctrico.

En primer lugar, para entender el funcionamiento de las células solares que intervienen en el efecto fotovoltaico, hay que centrarse en la radiación térmica concretamente en la radiación solar.

## **3.1. RADIACIÓN SOLAR.**

La radiación es la energía que emite un cuerpo al estar a una temperatura determinada, puede propagarse por el vacío o a través de algún medio, en el caso de la radiación solar se propaga por el vacío a la velocidad de la luz, en forma de ondas electromagnéticas, están caracterizadas por la frecuencia ( $f$ ), la longitud de onda ( $\lambda$ ) y la velocidad de propagación ( $c$ ).

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

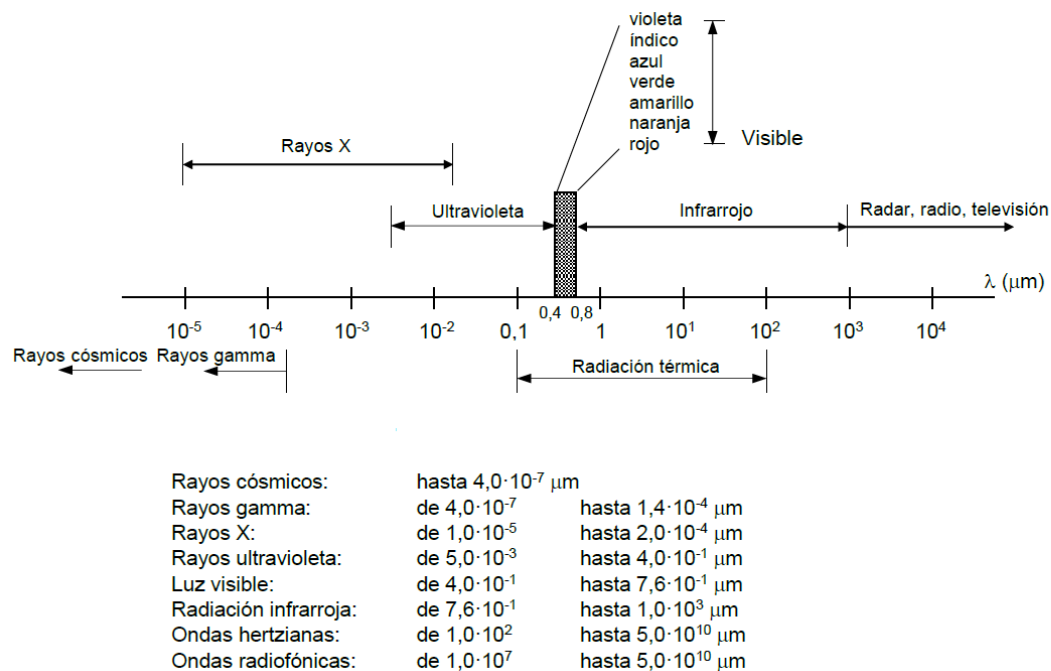


Figura 6: Espectro electromagnético

Lo que denominamos luz se trata de la parte del espectro electromagnético que podemos ver, es decir acorde con la figura anterior aquellas longitudes de onda entre  $0,4\mu\text{m}$  y  $0,76\mu\text{m}$ , aquellos cuerpos que emiten radiación en este rango se denominan fuentes luminosas entre ellas destaca el sol, cuya radiación emitida comprende el rango de longitudes de onda entre  $0,3\mu\text{m}$  y  $3\mu\text{m}$ , de este modo una parte de esta radiación cae dentro del rango de luz visible, la parte restante se descompone en ultravioleta e infrarrojo.

### 3.1.1. Ley de Stefan-Boltzmann.

El calor radiante emitido por un cuerpo se rige por la ley de Stefan-Boltzmann:

$$q(W) = \varepsilon \sigma A T_s^4$$

$$E(W/m^2) = \varepsilon \sigma A T_s^4$$

Siendo  $q$  la potencia radiante en Vatios,  $A$  el área del cuerpo  $T_s$  la temperatura del cuerpo en Kelvin,  $\sigma=5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$  la constante de Stefan Boltzmann y  $\epsilon$  la emisividad o emitancia.

### 3.1.2. Propiedades de la radiación.

**Emisividad ( $\epsilon$ ):** toma valores entre 0 y 1, refleja cómo de cerca está un cuerpo del comportamiento de un cuerpo negro (definido en el apartado 2.4), depende de la temperatura, la longitud de onda, la radiación emitida y del material que cubra su superficie.

**Transmitancia ( $\tau$ ), reflectancia( $\rho$ ) y absortancia( $\alpha$ ):** todos los cuerpos aparte de emitir radiación, se someten a la acción de radiación que proviene de otros cuerpos, una cantidad de radiación será reflejada, otra absorbida y el resto transmitida a través del cuerpo.

**Irradiancia:** cantidad de radiación incidente por unidad de área, se denota con la letra  $G$  ( $\text{W/m}^2$ ).

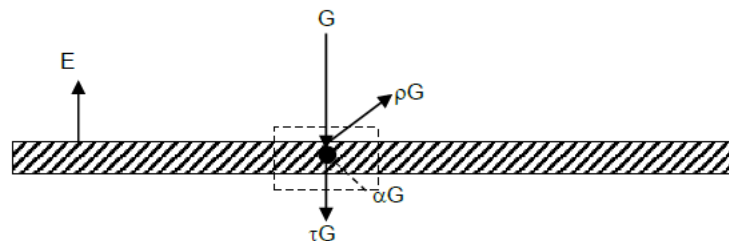


Figura 7: Esquema lámina propiedades de la radiación

### 3.1.3. Radiación de un cuerpo negro.

Un cuerpo negro es aquel que emite máximo calor radiante para una determinada temperatura, comportándose de manera ideal ( $\epsilon=1$ ), reduciendo la ecuación de Stefan Boltzmann a la siguiente expresión:

$$q = \sigma A T_s^4$$

Un cuerpo negro absorbe también toda la radiación incidente ( $\alpha=1$ ), cumpliéndose la siguiente propiedad:

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

Por lo tanto, se deduce que  $\rho = \tau = 0$ . Otra propiedad de los cuerpos negros es que son emisores difusos, esto quiere decir que emiten con la misma intensidad en el conjunto de las direcciones del espacio.

Hay que destacar que el Sol se comporta como un cuerpo negro a una temperatura cercana a los 5800 K.

Teniendo en cuenta las propiedades de la radiación definidas en el apartado 2.4, debemos tener en cuenta que, en aquellas superficies destinadas a aprovechar la energía solar, será determinante que presenten una absorptancia alta y una emisividad baja, de este modo se maximizará la absorción solar y se evitarán las pérdidas por emisión, el cociente de  $\alpha/\epsilon$  conviene que sea elevado.

### **3.1.4. Factores que afectan a la radiación solar.**

De acuerdo con las propiedades de la radiación explicadas en este capítulo, hay que tener en cuenta que no toda la radiación emitida por el Sol llega a la superficie terrestre, además esta radiación será distinta en diferentes puntos del planeta.

La energía solar que llega a la tierra se denomina irradiancia solar cuyo valor es:

$$G = 1353 \text{ W/m}^2$$

Esta medida se toma considerando una superficie totalmente perpendicular a los rayos solares fuera de la atmósfera, una vez la radiación trata de traspasar la atmósfera, esta se atenúa considerablemente debido a fenómenos de absorción y dispersión.

El fenómeno de absorción se produce debido a la presencia de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), ozono ( $\text{O}_3$ ) y oxígeno ( $\text{O}_2$ ).

La radiación ultravioleta es absorbida por el ozono en distintas longitudes de onda, casi por completo en aquellas inferiores a  $0,3\mu\text{m}$ , considerablemente entre  $0,3\mu\text{m}$  y  $0,4\mu\text{m}$  y parcialmente en el rango visible. Respecto a la radiación infrarroja es absorbida principalmente por el vapor de agua y el dióxido de carbono, además contaminantes presentes en la atmósfera también pueden contribuir a este fenómeno de absorción.

El resultado es que no llega a la superficie terrestre más de  $950 \text{ W/m}^2$  en un día soleado, viéndose esta cifra reducida en días con presencia de nubes, o en aquellos lugares más castigados por la contaminación atmosférica.

Por otro lado, el fenómeno de dispersión consiste en una reflexión difusa provocada por moléculas de aire, partículas de polvo, gotas de agua, etc.

La radiación incidente en la tierra puede ser dividida en dos partes, radiación solar directa ( $G_{sD}$ ) y radiación solar difusa ( $G_{sd}$ ).

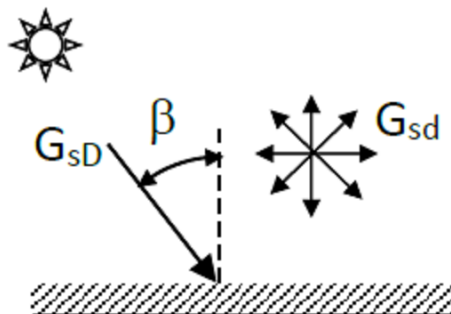


Figura 8: Radiación solar directa y difusa

De modo que la radiación solar Total  $\rightarrow G = G_{sD}\cos\beta + G_{sd}$ ,  $\beta$  es el ángulo que forman los rayos de sol incidentes con la perpendicular a la superficie.

En función del grado de inclinación de este ángulo, el nivel de intensidad de la radiación solar será menor cuanto más oblicuo sea, siendo mayor cuando los rayos solares sean perpendiculares a la superficie.

Otros factores que debemos tener en cuenta para analizar la radiación solar son la latitud, longitud y altitud.

### 3.1.5 El efecto fotovoltaico.

El efecto fotovoltaico se produce en el momento en que la luz incide sobre materiales semiconductores (ubicados en el grupo IV de la tabla periódica), destacando entre estos materiales el Silicio.

Las uniones p-n se obtienen al juntar materiales semiconductores de tipo p con materiales semiconductores de tipo n. De este modo, se generará un flujo de electrones en su interior creando una diferencia de potencial aprovechable.

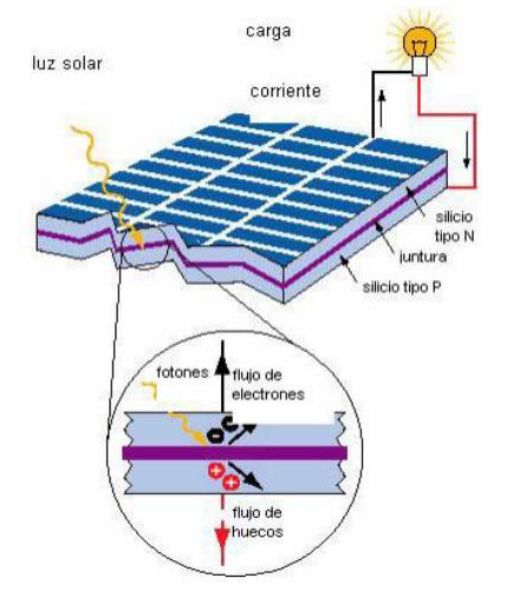


Figura 9: Esquema célula FV

En las células fotovoltaicas, el objetivo será minimizar la reflexión de la luz y maximizar su absorción, así pues, no toda la cantidad de fotones que inciden sobre la célula solar se van a poder aprovechar para producir energía, debido a las propiedades de radiación algunos serán reflejados. Es por esto por lo que el material del que estén realizadas las células solares cobrará especial importancia.

La agrupación de estas células constituirá los paneles solares o módulos fotovoltaicos, cuya función en nuestra instalación, será la de convertir la energía que proviene del sol en energía eléctrica. Como se ha comentado previamente la mayoría de estos paneles utilizan como material semiconductor el Silicio, dependiendo de su proceso de fabricación encontraremos tres tipos de paneles: policristalinos, monocristalinos y amorfos.

### 3.2. RADIACIÓN SOLAR EN ESPAÑA.

El nivel de irradiación solar en España es muy superior al de otros países de la zona europea, sus condiciones son muy favorables para el aprovechamiento de la energía solar, incluso en zonas situadas al norte del país que a priori pueden parecer más desfavorables, encontramos niveles de irradiación solar superiores a la media europea.

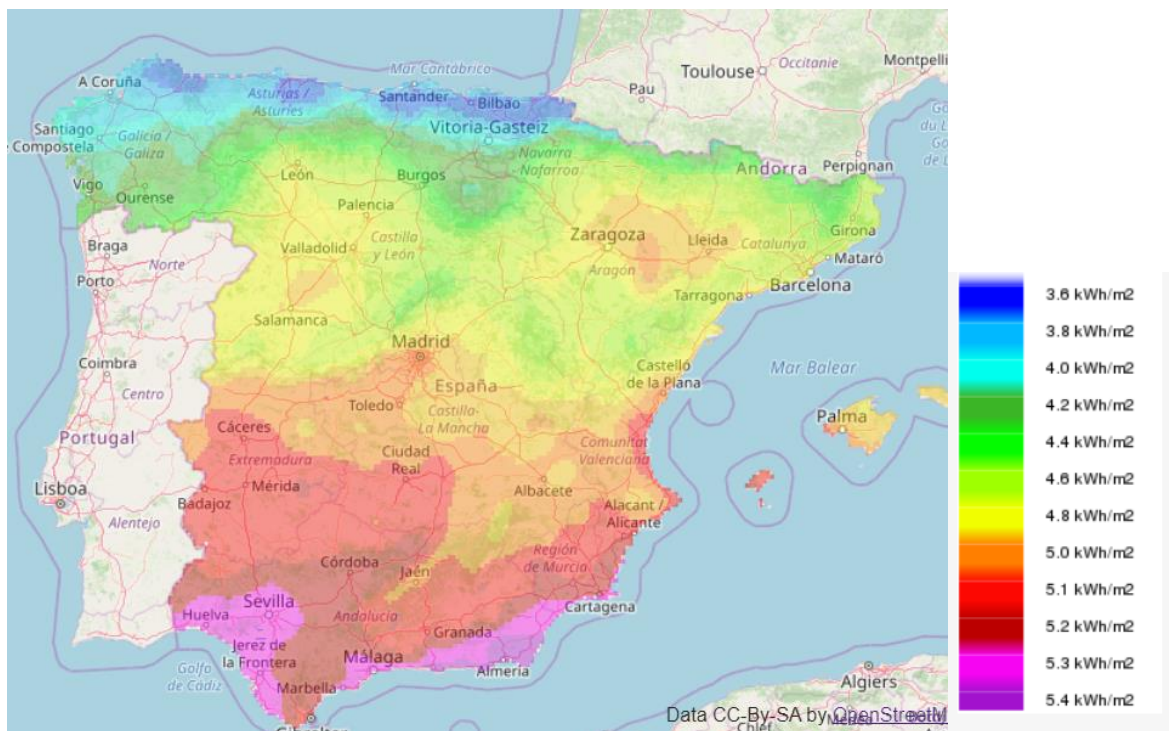


Figura 10: Mapa de irradiancia solar España (Fuente: Adrase)

En cuanto a este proyecto, la instalación solar va a estar ubicada en la comunidad autónoma de Castilla- La Mancha concretamente en la provincia de Cuenca, se puede ver en el mapa que presenta buenos niveles de irradiación.

De hecho, la comunidad autónoma de Castilla- La Mancha es líder en potencia fotovoltaica instalada y generada a nivel nacional.

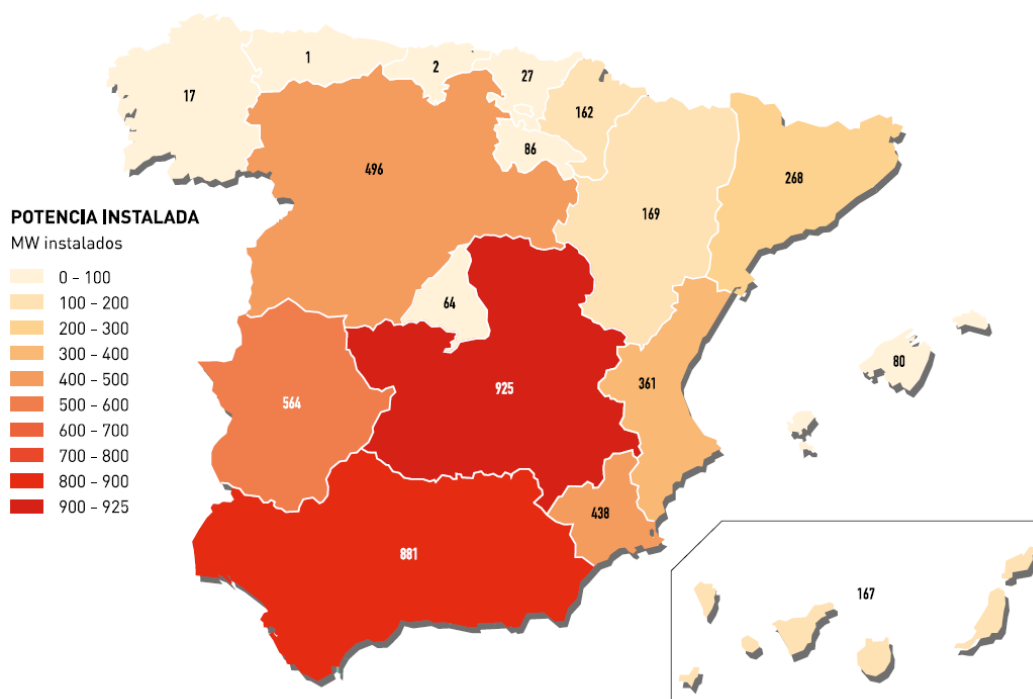


Figura 11: Potencia instalada fotovoltaica por Comunidad Autónoma

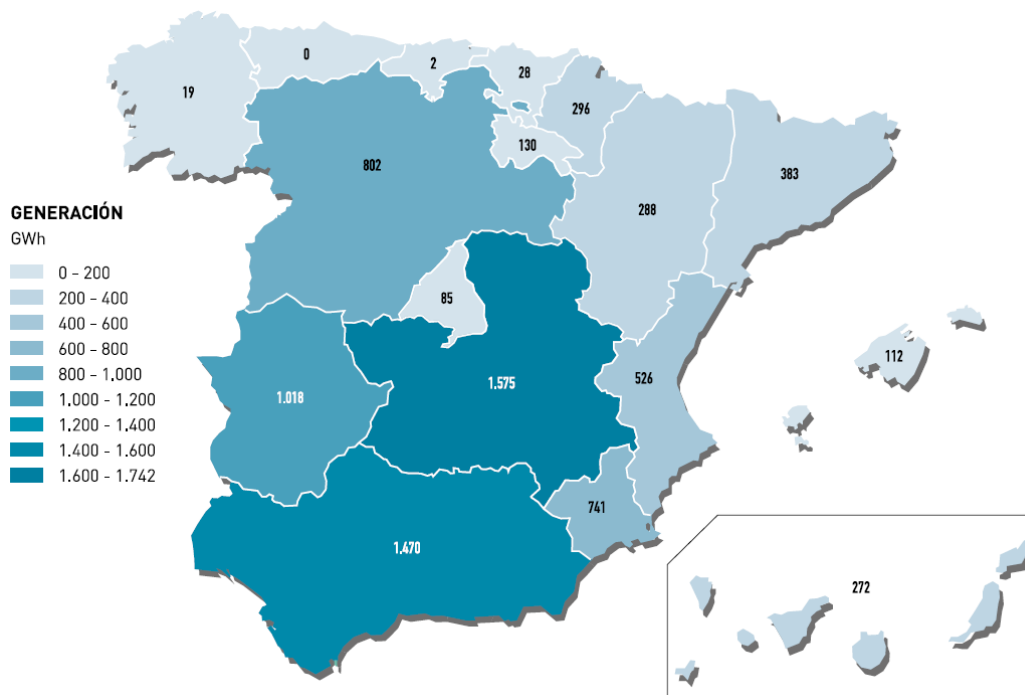


Figura 12: Generación de electricidad con energía fotovoltaica por Comunidad Autónoma

### 3.2.1. Emplazamiento.

La instalación se situará en la localidad de Cuenca, perteneciente a la provincia de Cuenca, en la Calle Federico Mayor Zaragoza.

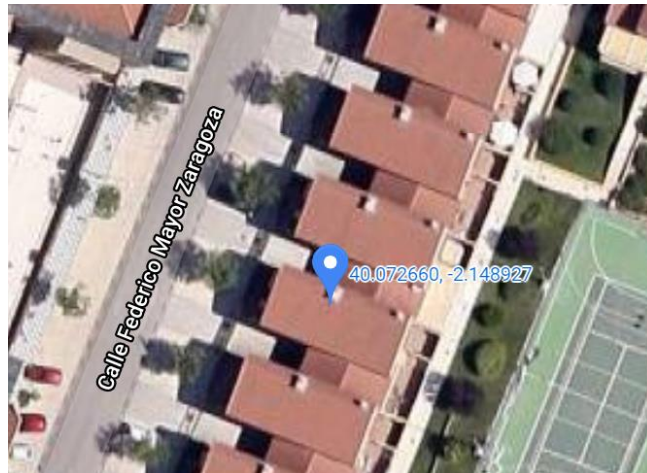


Figura 13: Latitud y longitud Emplazamiento (Fuente: Google Maps)



Figura 14: fachada de la vivienda

## CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DESARROLLADO.

### 4.1. TIPOS DE AUTOCONSUMO.

El autoconsumo eléctrico permite producir y consumir nuestra propia energía realizando una instalación en nuestra vivienda, los progresos en las normativas de autoconsumo están marcados por una mayor facilidad en los trámites, reconociéndose el derecho a consumir energía de manera autónoma sin cargos, permitiendo este tipo de instalaciones a nivel individual, el Real Decreto 244/2019 regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica definidas en el artículo 9 de la Ley 24/2013, del 26 de diciembre, del sector eléctrico. [IDAE19]

Así pues, todas las instalaciones de autoconsumo deben pertenecer a distintas modalidades: autoconsumo sin excedentes, autoconsumo con excedentes acogida a compensación y autoconsumo con excedentes sin acogida a compensación. En este apartado se verá las diferencias entre ellos y cuál de ellos vamos a elegir para este proyecto.

- Autoconsumo sin excedentes: Son instalaciones que están conectadas a la red de distribución, en ellas no se permite que la energía se vuelque a la red utilizando un sistema antivertido. El colectivo o las personas no son productores de energía, únicamente consumidores, por tanto, pueden ser instalaciones individuales o colectivas.
- Autoconsumo con excedentes: Son aquellas instalaciones que aparte de generar energía para consumir, pueden inyectar los excedentes a la red de distribución. De modo que, en este caso, los ciudadanos o las comunidades también son productores de energía.

- Autoconsumo con excedentes acogidas a compensación: De manera voluntaria, consumidor y consumidores pueden acogerse a este mecanismo, la energía que procede de la instalación, que no sea consumida en el momento o acumulada mediante algún mecanismo, se inyecta a la red, en los momentos en que los consumidores necesiten más energía que la obtenida con su instalación, se comprará la energía a la red con el precio estipulado.

Una vez finaliza el período de facturación (no puede ser mayor a un mes), se realiza la compensación, entre energía inyectada a la red y energía consumida de la red. No obstante, la cantidad máxima que puede compensarse será el importe de la energía comprada a la red, es decir, la factura acogéndose a compensación, no podrá ser negativa.

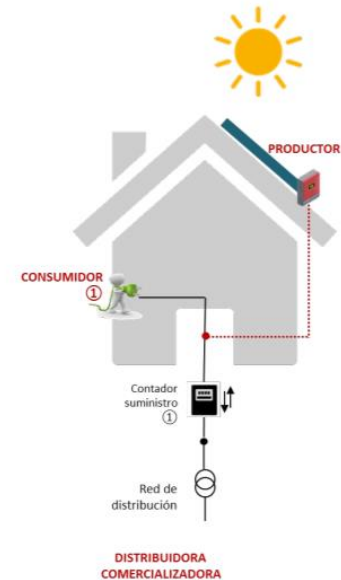


Figura 15: Esquema de autoconsumo individual

- Autoconsumo con excedentes sin acogida a compensación: Si el consumidor no desea acogerse al mecanismo de compensación, la instalación inyecta a la red los excedentes. Estos excedentes serán vendidos en el mercado eléctrico, recibiendo el mismo tratamiento que el resto de las energías renovables, con aplicación del Impuesto sobre el Valor de la Producción de Energía Eléctrica (IVPEE) del 7% y el peaje de generación de 0,5 euros por MWh. Por lo tanto, se pueden vender todos los excedentes sin límite mensual, pero conlleva muchos trámites administrativos, además de la necesidad de darse de alta como productor de energía, considerando que se está realizando una actividad económica.

En este proyecto, se va a llevar a cabo una instalación de autoconsumo con excedentes acogida a compensación, descartando la opción de no acogerse a compensación debido a

todos los trámites que hay que llevar a cabo, no parece la opción adecuada para una instalación en una vivienda unifamiliar.

Para poder acogerse al sistema de compensación, se deben cumplir una serie de condiciones:

- La generación de energía debe ser renovable
- La potencia total de la instalación debe ser menor de 100kW
- Contrato de compensación entre productor y consumidor
- Contrato único para consumo y servicios auxiliares
- La instalación no tiene asignado otro régimen retributivo

Teniendo en cuenta estas características y la demanda energética de la vivienda, se llevará a cabo la elección de los componentes y el dimensionamiento de estos.

## 4.2. DEMANDA DE LA VIVIENDA.

Para este apartado del proyecto, se han utilizado las facturas eléctricas de la vivienda de los meses correspondientes al año 2019, tomando como referencia las facturas bimensuales de la vivienda se ha obtenido la cifra de consumo anual.

|            | Consumo (kWh) |
|------------|---------------|
| Enero      | 332,5         |
| Febrero    | 332,5         |
| Marzo      | 343,5         |
| Abril      | 343,5         |
| Mayo       | 274           |
| Junio      | 274           |
| Julio      | 226,5         |
| Agosto     | 226,5         |
| Septiembre | 276           |
| Octubre    | 276           |
| Noviembre  | 349,5         |
| Diciembre  | 349,5         |
| Total      | 3604          |

Tabla 1: Demanda energética de la vivienda

El objetivo del proyecto será conseguir una generación de electricidad que cubra la demanda del mayor número de meses posibles, evitando tener que consumir energía de la red, también se pretende, no producir demasiados excedentes en los meses de mayor captación de energía solar. Por el tipo de autoconsumo elegido, no interesa generar en exceso pues a la hora de compensar, solo se compensará como máximo la cantidad de energía que se haya consumido de la red.

De acuerdo con la guía de autoconsumo del IDAE [IDAE19] , una instalación de 3kW puede cubrir prácticamente el total de necesidades de una vivienda de 4 personas y una superficie de 70m<sup>2</sup>, si bien la superficie de la vivienda es bastante mayor, el consumo, se sitúa en la media de la población española según los datos de Red Eléctrica Española (REE), por lo que se ha tomado como punto de partida una instalación de 3kW, este dato nos orienta para la selección de los componentes.

## CAPÍTULO 5. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES.

### 5.1. PLACAS SOLARES.

#### 5.1.1. Tipos de paneles solares.

Amorfos: dentro de la clasificación, los paneles amorfos serían los más económicos, las células solares son menos espesas y de este modo se ahorra en costes de materias primas, presentan un color homogéneo y su gran desventaja es que presentan un rendimiento inferior a los policristalinos y monocristalinos.

Están fabricados con una delgada capa de amorfo (no siguiendo una estructura cristalina) de silicio, colocada sobre diferentes superficies.

Debido al rendimiento, se ha desechado la opción de utilizar paneles amorfos considerando que tanto los paneles policristalinos como los monocristalinos pueden ofrecer mejores resultados.

Policristalinos: destacan por su buen comportamiento frente al sobrecalentamiento, por ello son muy utilizados en climas cálidos, formados por células de color azul oscuro, se forman al unir varios cristales de silicio. Presentan un rendimiento inferior a los paneles monocristalinos, pero a su vez son más económicos.

Monocristalinos: son los tipos de paneles de mayor calidad, idóneos para climas con grandes variaciones de temperatura y climatologías poco estables, se cortan en láminas delgadas que forman las células fotovoltaicas del panel, la célula monocristalina se crea enfriando lentamente el Silicio. Tienen un rendimiento superior a los paneles policristalinos y un precio no excesivamente superior.



Figura 16: Panel solar monocristalino Atersa (Fuente: Atersa Shop)

De acuerdo con las características de cada panel mencionadas anteriormente, se ha decidido para el proyecto utilizar paneles monocristalinos. Tras consultar precios de varios fabricantes, no se ve una diferencia significativa entre policristalinos y monocristalinos, además el clima cambiante en la provincia de Cuenca refuerza la idea de utilizar paneles monocristalinos. También el que tengan un rendimiento mejor se ha tomado en cuenta en su elección, así como la larga vida útil (en torno a 25 años) y menor pérdida de rendimiento a lo largo de los años.

### **5.1.2 Orientación de los paneles.**

En primer lugar, se ha utilizado el atlas de radiación solar en España de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) [SANC08], para obtener los datos de irradiancia global media en la provincia de Cuenca representados en la Figura 17.

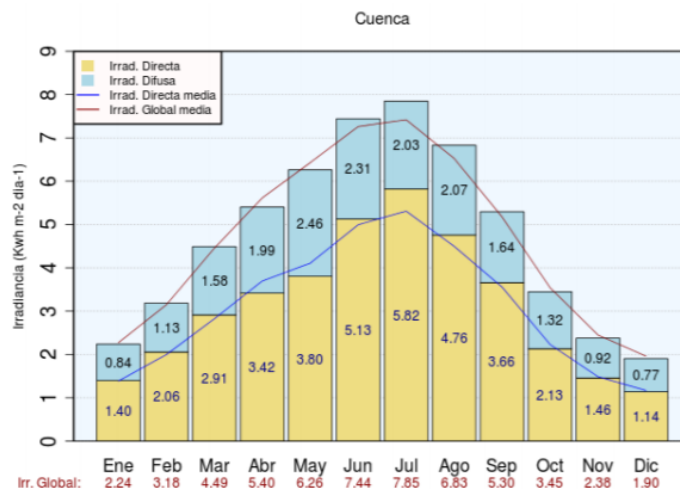


Figura 17: Irradiancia global de la provincia de Cuenca

La inclinación óptima de la estructura de la instalación se ha obtenido utilizando la siguiente fórmula:  $\beta_{\text{opt}} = 3,7 + 0,69L$  (siendo L la latitud).

$$\beta_{\text{opt}} = 31, 35^\circ$$

Para la instalación, se va a tomar una inclinación de  $25^\circ$  puesto que es próxima a la inclinación óptima y es la inclinación del tejado de la vivienda, abaratando así costes en las estructuras de soporte.

LATITUD =  $40^\circ$

| Incli. | ENE  | FEB  | MAR  | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | SEP  | OCT  | NOV  | DIC  |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0      | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |
| 5      | 1,07 | 1,06 | 1,05 | 1,03 | 1,02 | 1,01 | 1,02 | 1,03 | 1,05 | 1,08 | 1,09 | 1,09 |
| 10     | 1,14 | 1,11 | 1,08 | 1,05 | 1,03 | 1,02 | 1,03 | 1,06 | 1,1  | 1,14 | 1,17 | 1,16 |
| 15     | 1,2  | 1,16 | 1,12 | 1,07 | 1,03 | 1,02 | 1,04 | 1,08 | 1,14 | 1,21 | 1,25 | 1,24 |
| 20     | 1,25 | 1,2  | 1,14 | 1,08 | 1,03 | 1,02 | 1,03 | 1,09 | 1,17 | 1,26 | 1,32 | 1,3  |
| 25     | 1,3  | 1,23 | 1,16 | 1,08 | 1,02 | 1    | 1,02 | 1,09 | 1,19 | 1,3  | 1,38 | 1,36 |
| 30     | 1,34 | 1,26 | 1,17 | 1,07 | 1,01 | 0,98 | 1,01 | 1,09 | 1,2  | 1,34 | 1,43 | 1,41 |
| 35     | 1,37 | 1,28 | 1,17 | 1,06 | 0,98 | 0,95 | 0,98 | 1,07 | 1,21 | 1,37 | 1,47 | 1,45 |
| 40     | 1,39 | 1,29 | 1,16 | 1,04 | 0,95 | 0,92 | 0,95 | 1,05 | 1,21 | 1,39 | 1,5  | 1,48 |
| 45     | 1,4  | 1,29 | 1,15 | 1,01 | 0,91 | 0,88 | 0,92 | 1,03 | 1,2  | 1,39 | 1,52 | 1,5  |
| 50     | 1,41 | 1,28 | 1,13 | 0,98 | 0,87 | 0,83 | 0,87 | 0,99 | 1,18 | 1,39 | 1,54 | 1,52 |
| 55     | 1,4  | 1,27 | 1,1  | 0,94 | 0,82 | 0,78 | 0,82 | 0,95 | 1,15 | 1,38 | 1,54 | 1,52 |
| 60     | 1,39 | 1,24 | 1,07 | 0,89 | 0,77 | 0,72 | 0,77 | 0,9  | 1,12 | 1,36 | 1,53 | 1,51 |
| 65     | 1,37 | 1,21 | 1,03 | 0,84 | 0,71 | 0,66 | 0,71 | 0,85 | 1,07 | 1,34 | 1,51 | 1,5  |
| 70     | 1,34 | 1,17 | 0,98 | 0,78 | 0,64 | 0,59 | 0,64 | 0,79 | 1,02 | 1,3  | 1,49 | 1,47 |
| 75     | 1,3  | 1,13 | 0,92 | 0,72 | 0,57 | 0,52 | 0,57 | 0,73 | 0,97 | 1,25 | 1,45 | 1,44 |
| 80     | 1,25 | 1,08 | 0,86 | 0,65 | 0,5  | 0,45 | 0,5  | 0,66 | 0,9  | 1,2  | 1,41 | 1,4  |
| 85     | 1,2  | 1,02 | 0,8  | 0,58 | 0,43 | 0,37 | 0,42 | 0,58 | 0,84 | 1,14 | 1,35 | 1,35 |
| 90     | 1,14 | 0,95 | 0,73 | 0,5  | 0,35 | 0,29 | 0,34 | 0,5  | 0,76 | 1,07 | 1,29 | 1,29 |

Tabla 2: Factor de corrección K para superficies inclinadas

Combinando los datos anteriores podemos obtener la irradiancia global media corregida para una inclinación de 25 grados.

| Mes        | Gdm(0) | Factor de corrección | Gdm( $\alpha, \beta$ ) [ kWh/m <sup>2</sup> día] |
|------------|--------|----------------------|--------------------------------------------------|
| Enero      | 2,24   | 1,3                  | 2,91                                             |
| Febrero    | 3,18   | 1,23                 | 3,91                                             |
| Marzo      | 4,49   | 1,16                 | 5,2                                              |
| Abril      | 5,4    | 1,08                 | 5,83                                             |
| Mayo       | 6,26   | 1,02                 | 6,38                                             |
| Junio      | 7,44   | 1                    | 7,44                                             |
| Julio      | 7,85   | 1,02                 | 8,01                                             |
| Agosto     | 6,83   | 1,09                 | 7,44                                             |
| Septiembre | 5,3    | 1,19                 | 6,3                                              |
| Octubre    | 3,45   | 1,3                  | 4,48                                             |
| Noviembre  | 2,38   | 1,38                 | 3,28                                             |
| Diciembre  | 1,9    | 1,36                 | 2,58                                             |
| Promedio   | 4,73   | 1,18                 | 5,31                                             |

Tabla 3: Irradiancia global media corregida  $\beta=25^\circ$  [IDAE02]

Para la selección del ángulo de Azimut ( $\alpha$ ), se ha decidido que la instalación de los paneles será en la parte del tejado orientada hacia el sur ( $\alpha=0$ ), consiguiendo que no se produzcan sombras sobre los paneles y tratando de obtener la máxima producción entre mañana y tarde.

### 5.1.3. Selección de los paneles.

Se ha decidido emplear paneles monocristalinos para la instalación. Después de hacer una comparativa de precios y prestaciones de varios fabricantes, se han escogido los paneles monocristalinos A-390M GS de Atersa. Sus características hacen posible alcanzar un nivel elevado de potencia, tienen un precio muy competitivo en el sector, y gracias a su potencia, permiten obtener una buena producción sin tener que ocupar demasiado espacio.

Estos paneles están compuestos de 72 células monocristalinas con un tamaño de 158,75mm x 158,75mm, el módulo fotovoltaico ronda un peso de 22,5 kg y sus dimensiones son 1979 x 1002 x 40mm.

Atersa tiene más de 35 años de experiencia en un sector en el que es referente, es filial de Elecnor y está especializada en energía solar fotovoltaica. Esto unido a las buenas garantías hace que se haya considerado como primera opción. En los diez primeros años de uso la garantía cubre cualquier fallo mediante reparación, sustitución o reintegro del importe, también se extiende la garantía a 25 años en caso de pérdida de producción de los paneles, garantizando así que todos los paneles tendrán un rendimiento mínimo del 80% en el año veinticinco.

#### **5.1.4. Descripción y características de los paneles.**

Utilizando la hoja de características (Anexo 1) que proporciona el fabricante, se obtienen los siguientes datos para los paneles:

- **Potencia máxima ( $P_{max}$ ):** valor de potencia máxima que puede entregar el panel en determinadas condiciones.
- **Tensión a máxima potencia ( $V_{pmp}$ ):** será el voltaje que proporciona el módulo para condiciones ideales y trabajando a máxima potencia.
- **Voltaje en circuito abierto ( $V_{oc}$ ):** tensión de salida cuando no tenemos ninguna carga conectada.
- **Corriente en cortocircuito ( $I_{cc}$ ):** máxima corriente producida por el panel en el caso de que se produzca un cortocircuito a la salida.
- **Corriente a máxima potencia ( $I_{pmp}$ ):** intensidad máxima que el panel puede proporcionar en el momento de conexión de la instalación en condiciones ideales (máxima radiación solar).
- **Eficiencia del módulo (%):** cantidad de energía incidente que el panel es capaz de convertir en energía eléctrica.

| ICAI            | ICADE | CIHS              |
|-----------------|-------|-------------------|
| Características |       | Valor (A-390M GS) |
| Pmax            |       | 390 W             |
| Vpmp            |       | 41.10 V           |
| Voc             |       | 49.30 V           |
| Icc             |       | 10.12 A           |
| Ipmp            |       | 9.49 A            |
| %               |       | 19.67             |

Tabla 4: Características del panel A-390M GS

## 5.2. SELECCIÓN DEL INVERSOR.

Su función principal es transformar la corriente continua procedente de los paneles en corriente alterna igual a la de la red, en España 230V y 50hz. Se trata de un componente fundamental en las instalaciones fotovoltaicas, además de la función de conversión también se encarga de determinadas funciones de protección, buscando garantizar tanto calidad de electricidad inyectada a la red como la seguridad de las personas.

Principalmente, para instalaciones que no superan los 5kW se emplean inversores monofásicos como el que vamos a elegir para este proyecto, su rendimiento energético debe ser alto en todo el rango de potencias en el que se trabaje, siendo mayor al acercarnos a su potencia nominal. Tratando de buscar el funcionamiento óptimo para la instalación, es necesario que la potencia del generador fotovoltaico siempre sea superior a la potencia nominal del inversor, esto habrá que tenerlo en cuenta a la hora de elegir la cantidad de paneles que formarán la instalación.

Tras comparar varios fabricantes y posibles rangos de potencia, se ha decidido utilizar un inversor monofásico de 3kW, como se comentaba en el apartado 3.2, una instalación de 3kW puede cubrir prácticamente la totalidad de la demanda energética de una vivienda con un consumo medio en España. El inversor elegido es el Fronius Primo 3.0-1, se ha elegido este inversor, teniendo en cuenta que Fronius es una de las empresas líder del sector, representada por subsidiarias en más de 28 países. Se han consultado en su página web otros proyectos de instalaciones fotovoltaicas que utilizan esta gama de inversores para su funcionamiento. En la propia descripción del producto, se define como una buena alternativa para cubrir

necesidades de cualquier hogar, además, debido a su doble seguimiento del punto máximo de potencia (MPPT), saca el máximo rendimiento a las instalaciones ubicadas en el tejado de la vivienda como es el caso de este proyecto.

Se adjunta la hoja de características en el Anexo 2, aquí se detallan algunas de las más importantes a tener en cuenta para el dimensionamiento de la instalación:

| <b>Datos de entrada</b>                  |                             |
|------------------------------------------|-----------------------------|
| Máxima corriente de entrada              | 12A                         |
| Mínima tensión de entrada                | 80V                         |
| Tensión CC mínima de puesta en servicio  | 80V                         |
| Tensión de entrada nominal               | 710                         |
| Máxima Tensión de entrada                | 1000                        |
| Rango de tensión MPP                     | 200-800                     |
| Máxima salida del generador fotovoltaico | 4.5 kW                      |
| <b>Datos de salida</b>                   |                             |
| Potencia nominal                         | 3kW                         |
| Corriente de salida                      | 13A                         |
| Acoplamiento a red                       | 1-NPE 220V/230V (180V-270V) |
| Frecuencia                               | 5hz/60hz (45-65hz)          |
| Coeficiente de distorsión no lineal      | <5%                         |
| Factor de potencia                       | 0.85-1 ind/cap              |

Tabla 5: Características inversor Fronius Primo 3.0-1

El rango de tensión MPP es el rango de tensiones para las cuales el inversor será capaz de transferir su potencia nominal.

### 5.3. Condiciones de intensidad y tensión.

Una vez se han seleccionado los paneles y el inversor, se ha determinado el número de paneles e inversores de los que constará la instalación atendiendo a una serie de condiciones.

La potencia del generador fotovoltaico debe ser superior a la potencia nominal del inversor (en torno a un 10% - 20%), esto se debe a que en muchos momentos el generador estará

trabajando a niveles de radiación menores que los considerados en las condiciones estándar de medida (STC), 1000W/m<sup>2</sup> de irradiancia, AM 1.5G de distribución espectral y 25°C.

Teniendo en cuenta esta primera condición podemos determinar un número mínimo de paneles con los que contará la instalación, siendo  $N_{\min}$  el número mínimo de paneles, 3000 la potencia nominal del inversor y 390 la potencia de los paneles solares.

$$N_{\min} = \frac{3000}{390} = 7,69 \text{ Paneles}$$

Redondeando al entero superior, tenemos que el número mínimo de paneles con los que debe contar la instalación será de 8 paneles.

Con un total de 8 paneles, la potencia del generador fotovoltaico será:

$$P_{\text{gen}} = 8 \times 390 = 3120 \text{ W}$$

De este modo, el ratio de potencias entre generador e inversor será:

$$\text{Ratio} = \frac{3120 - 3000}{3000} = 4\%$$

Por lo mencionado anteriormente, queremos obtener un ratio situado en torno el 10% y el 20%, de modo que debemos añadir al menos un panel al campo fotovoltaico.

$$P_{\text{gen}} = 9 \times 390 = 3510 \text{ W}$$

$$\text{Ratio} = \frac{3510 - 3000}{3000} = 17\%$$

Si se añadiera un panel más al campo fotovoltaico, se obtendría un sobredimensionamiento de la instalación demasiado elevado:

$$P_{\text{gen}} = 10 \times 390 = 3900 \text{ W}$$

$$\text{Ratio} = \frac{3900 - 3000}{3000} = 30\%$$

Por lo tanto, de acuerdo con los cálculos anteriores, el número de paneles que componen el campo fotovoltaico será de 9.

#### 5.4. Disposición de los paneles.

Utilizando las características de los paneles y el inversor, se ha decidido de qué manera van a conectarse los paneles entre sí, sabiendo que una conexión de los paneles en paralelo da lugar a la suma de sus intensidades y una conexión de estos mismos en serie, da lugar a una suma de sus tensiones.

Condiciones de tensión:

- La suma de las tensiones de vacío de los paneles no puede ser superior a la tensión máxima de entrada admitida por el inversor.

$$V_{oc} \times N_{serie} \leq V_{máxinv}$$

$$N_{serie} \leq \frac{1000}{49,3} \leq 20,28$$

- La suma de las tensiones de vacío de los paneles debe ser superior a la tensión de arranque del inversor.

$$V_{oc} \times N_{serie} \geq V_{arranqueinv}$$

$$N_{serie} \geq \frac{80}{49,3} \geq 1,62$$

De estas dos condiciones se deduce que el número máximo de paneles que podemos colocar en serie es de 20, y el número mínimo de paneles que debemos colocar en serie es de 2.

- La suma de tensiones de los paneles en el punto de máxima potencia no puede ser superior a la tensión máxima del punto de máxima de potencia del inversor.

$$V_{pmp} \times N_{serie} \leq V_{máxinvpmp}$$

$$N_{serie} \leq \frac{800}{41,1} \leq 19,46$$

- La suma de tensiones de los paneles en el punto de máxima potencia no puede ser inferior a la tensión mínima del punto de máxima de potencia del inversor.

$$V_{pmp} \times N_{serie} \geq V_{míninvpmp}$$

$$N_{serie} \geq \frac{200}{41,1} \geq 4,86$$

De las dos condiciones anteriores se deduce que el número mínimo de paneles en serie que debe tener la instalación es de 5, y el número máximo de paneles en serie será de 19.

Condiciones de intensidad:

- La suma de intensidades de las corrientes de cortocircuito de los paneles no podrá superar la intensidad máxima de entrada del inversor.

$$I_{cc} \times N_{paralelo} \leq I_{máxinv}$$

$$N_{paralelo} \leq \frac{12}{10,12} \leq 1,18$$

De esta condición se puede deducir que el número máximo de paneles en paralelo será de 1.

Por lo tanto, atendiendo a todas las condiciones mencionadas anteriormente, el campo fotovoltaico estará formado por una cadena de 9 paneles en serie conectados a un único inversor.

|                                            |        |
|--------------------------------------------|--------|
| <b>Propiedades eléctricas del módulo</b>   |        |
| Potencia nominal                           | 390W   |
| Icc                                        | 10,12A |
| I <sub>mp</sub>                            | 9,49A  |
| Voc                                        | 49,3V  |
| V <sub>mp</sub>                            | 41,10V |
| <b>Propiedades eléctricas del inversor</b> |        |
| Potencia nominal                           | 3000W  |
| V <sub>mp</sub> mínima                     | 200V   |
| V <sub>mp</sub> máxima                     | 800V   |
| V <sub>máx</sub> admitida                  | 1000V  |
| I <sub>máx</sub>                           | 12A    |
| Varranque                                  | 80V    |
| <b>Campo fotovoltaico</b>                  |        |
| Número series                              | 9      |
| Número paralelo                            | 1      |
| Número Módulos                             | 9      |
| <b>Configuración eléctrica campo</b>       |        |
| Icc                                        | 10,12A |
| I <sub>mp</sub>                            | 9,49A  |
| Voc                                        | 443,7V |
| V <sub>mp</sub>                            | 369,9V |
| <b>Potencia del campo</b>                  |        |
| Potencia instalada                         | 3510W  |
| Potencia Inversor                          | 3000W  |
| Ratio instalada/Inversor                   | 17%    |

Tabla 6: Configuración ISFV conectada a red [IDAE11]

## 5.5. Estructura soporte.

Se ha optado por utilizar una estructura coplanar para el soporte de los módulos fotovoltaicos. Una estructura coplanar es aquella en la que los paneles estarán anclados directamente al techo manteniendo su inclinación. Este tipo de estructuras se utilizan principalmente para instalaciones orientadas hacia el sur y con una inclinación entre 0° y 45°, por lo que cumple con las condiciones de orientación de los paneles de este proyecto ( $\alpha=0^\circ$ ,  $\beta=25^\circ$ ).

Utilizar este tipo de estructuras presenta una serie de ventajas:

- Integración arquitectónica.
- Mejor comportamiento ante climas adversos.
- Disposición más regular de los paneles.

Además, con una única estructura de montaje colocando todos los paneles de manera continua, se evitarán las pérdidas por sombras que unos paneles pueden generar sobre otros.

Para este proyecto se ha decidido utilizar la estructura de montaje de Sunfer KHT915, ya que se trata de una estructura óptima para cubiertas de teja, y para módulos de 72 células con un espesor de entre 33mm y 50mm, siendo el espesor de los módulos elegidos para el proyecto de 40mm. La hoja de características de la estructura de montaje se encuentra en el Anexo 3.

## **5.6. CABLEADO.**

Respecto al cableado se tendrán en cuenta los requisitos presentes en el pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red. Entre los requisitos encontramos, que los conductores deben ser de cobre, contando con una sección adecuada para evitar las caídas de tensión y calentamiento, en todas las condiciones de trabajo esta caída no podrá superar el 1,5%, además todo el cableado de continua debe ser de doble aislamiento.

Se diferencian dos tramos en la instalación, eligiendo un tipo de cableado para el tramo de corriente continua que une los paneles solares con el inversor, y por otro lado el cableado para el tramo de corriente alterna que unirá el inversor y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública. Se aplica el mismo porcentaje de manera separada para el tramo de corriente continua y para el tramo de corriente alterna, cada uno de estos tramos tendrá su propia tensión nominal.

A la hora de elegir el cableado, hay que tener en cuenta dos criterios: criterio térmico relacionado con el efecto Joule y el criterio de caída de tensión.

De acuerdo con el apartado 5 del artículo 40 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, se establece que las instalaciones generadoras de baja tensión deben cumplir estas dos condiciones relacionadas con el cableado. Los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de

Distribución Pública o a la instalación interior, no será superior al 1,5% para la intensidad nominal. [MINI13]

### 5.6.1 Cableado de continua por criterio de caída de tensión máxima.

La tensión del campo fotovoltaico viene determinada por el número de paneles y su tensión a máxima potencia, siendo el número total de paneles 9 y su tensión a máxima potencia 41,1V.

$$V_{\text{mpcampo}} = 41,1 \times 9 = 369,90\text{V}$$

$$\Delta V = \frac{1,5}{100} \times 369,90 = 5,55 \text{ V}$$

En el tramo de corriente continua la máxima caída de tensión permitida en voltios será de 5,55 V.

Dado que el material del que deben estar formado los conductores es de cobre, es necesario conocer el valor de su conductividad utilizando un valor de temperatura desfavorable, se elegirá el valor de conductividad del cobre a 90°C pues una gran cantidad de los cables empleados en instalaciones solares fotovoltaicas son termoestables, el valor de la conductividad del cobre a esa temperatura es 45,5m/(Ω/mm<sup>2</sup>).

Los parámetros utilizados para el cálculo de la sección de los conductores serán los siguientes:

- L: longitud entre la caja de conexiones del generador fotovoltaico y el módulo solar situado más lejos de ella. Se tomará un valor de 25 metros
- I: intensidad de cortocircuito de los módulos solares.
- Y: conductividad del cobre a 90°C.
- ΔV: caída de tensión máxima permitida (1,5%).

Con estos datos se puede obtener la sección (S) del cable necesaria de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$S = \frac{2LI}{Y_{\Delta V}} = \frac{2 \times 25 \times 9,49}{45,5 \times 5,5} = 1,89 \text{ mm}^2$$

Podría utilizarse la siguiente sección normalizada de 2,5mm<sup>2</sup>. No obstante, en la ficha técnica de los paneles adjuntada en el Anexo 1, se observa que la sección del cableado recomendada por el fabricante debe ser de 4mm<sup>2</sup>. Por lo tanto, considerando que prima la seguridad, se tomará este valor. [PERP12]

Entre toda la gama de fabricantes, se ha optado por el cable TOPSOLAR PV ZZ-F (AS) por ser un cableado especialmente diseñado para instalaciones solares fotovoltaicas y que cumple todas las especificaciones recogidas en la normativa española.

### 5.6.2. Cableado de continua por criterio térmico.

Una vez se ha seleccionado la sección del cableado, es necesario comprobar que cumple con el criterio térmico, el valor de la intensidad del cableado debe tener una intensidad admisible superior al 125% de la intensidad de cortocircuito del generador fotovoltaico.

$$I_{\text{cableado}} \geq 1,25 \times I_{cc}$$

$$I_{\text{cableado}} \geq 1,25 \times 10,12 \geq 12,65 \text{ A}$$

Recogiendo los datos del Anexo X que se muestran las características del cableado seleccionado, se observa este tipo de cable cumple holgadamente esta condición para secciones de 4mm<sup>2</sup>.

### 5.6.3. Cableado de alterna por criterio de caída de tensión máxima.

Para el tramo de alterna, la caída de tensión máxima vendrá determinada por la tensión de red, siendo esta de 230V.

Los parámetros utilizados para el cálculo de la sección en el tramo de corriente alternan de los conductores serán los siguientes:

- L: longitud entre el inversor y el módulo solar más alejado. I: Es la intensidad de salida del inversor.
- Y: conductividad del cobre a 90°C.
- $\Delta V$ : caída de tensión máxima permitida (1,5%).

$$\Delta V = \frac{1,5}{100} \times 230 = 3,45 \text{ V}$$

El material del cableado para este tramo será también el cobre, se ha tomado el mismo valor de conductividad. La longitud del tramo entre el inversor y la Red de Distribución Pública será de 40 metros, siendo la intensidad a la salida del inversor de 13A.

Con estos datos podemos obtener la sección (S) del cable necesaria utilizando la siguiente fórmula:

$$S = \frac{2LI}{Y\Delta V} = \frac{2 \times 40 \times 13}{45,5 \times 3,45} = 6,62 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto, para este tramo se utilizará un cableado la siguiente sección normalizada de 10 mm<sup>2</sup>.

#### 5.6.4. Cableado de alterna por criterio térmico.

Se ha realizado la misma comprobación para la parte del cableado de corriente alterna.

Del mismo modo, el cableado debe ser sobredimensionado para que su intensidad admisible sea superior al 125% de la intensidad de salida del inversor.

$$I_{ac} \geq 1,25 \times I_{inv}$$

$$I_{ac} \geq 1,25 \times 13 \geq 16,25 \text{ A}$$

Recogiendo los datos del Anexo en que se muestran las características del cableado seleccionado, se observa este tipo de cable cumple holgadamente esta condición para secciones de 10mm<sup>2</sup>. [PERP12]

## 5.7. PROTECCIONES.

El pliego de condiciones técnicas del IDAE hace referencia al artículo 11 del Real Decreto 1663/2000 del 29 de septiembre, en él se especifican las protecciones con las que debe contar este tipo de instalación:

- Debe contar con un interruptor manual, será un interruptor magnetotérmico con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión.
- Contará con un interruptor automático diferencial, con la finalidad de proporcionar protección a las personas en caso de derivación de algún elemento de la parte de continua.
- Interruptor automático de la interconexión, para la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red, junto con relé de enclavamiento.
- Protección para interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 y 49Hz, respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 y 0,85 Um, respectivamente).
- El rearme del sistema de conmutación será automático.
- El inversor podrá contar con las funciones de protección frente a sobretensiones y tensiones mínimas y máximas y mínimas frecuencias, en tal caso, la función de desconexión – conexión será responsabilidad del inversor.

Del mismo modo que se ha realizado el cálculo del cableado, se diferenciarán dos tramos para las protecciones: uno de corriente continua y otro de corriente alterna que contarán con distintos mecanismos de protección.

### 5.7.1. Protecciones en corriente continua.

Como medida de protección frente a posibles cortocircuitos en la parte de la instalación de corriente continua, es recomendable la instalación de fusibles, los cortocircuitos no son puntos de trabajo peligrosos para la parte del generador fotovoltaico, pero sí que pueden influir negativamente en el funcionamiento del inversor, por otro lado, los portafusibles se utilizan a modo de elemento seccionador facilitando tareas de mantenimiento.

Las ecuaciones utilizadas en este proyecto para la elección de los fusibles son las siguientes de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión concretamente en la norma ITC-BT-22:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z$$

$I_B$  es la intensidad de diseño;  $I_n$ , la intensidad nominal del dispositivo de protección (en este caso los fusibles);  $I_z$ , la intensidad que admiten del cableado e  $I_2$  la intensidad que garantiza el correcto desempeño de los equipos de protección. Respecto a los fusibles, normalmente  $I_2$  se denomina  $I_f$  y se aplica la igualdad  $I_f = 1,6 \times I_n$ , si  $I_n \geq 16A$ . En instalaciones fotovoltaicas suele emplearse un sobredimensionamiento del 25% para evitar paradas que no sean necesarias.

$$I_n \geq 1,25 \times I_B$$

Siendo en este caso  $I_B$  la corriente de cortocircuito de la cadena conectada al fusible.

Por lo tanto, la intensidad nominal del fusible elegido debe ser al menos:

$$I_n \geq 1,25 \times 10,12 \geq 12,65 A$$

$$I_f \leq 1,45 \times 55 \leq 79,75A$$

Continuando con la relación entre  $I_f$  e  $I_n$ :

$$I_n \leq \frac{79,75}{1,6} \leq 49,84 \text{ A}$$

$$12,65 \leq I_n \leq 49,84 \text{ A}$$

De modo que la intensidad nominal del fusible debe estar en este intervalo.

Como esta instalación contará únicamente con una cadena de 9 paneles conectados en serie, solo será necesario utilizar dos fusibles, uno se utilizará para el polo positivo y el otro para el polo negativo.

De acuerdo con los cálculos realizados anteriormente se utilizarán fusibles con una intensidad nominal de 20A, los fusibles utilizados se adjuntan en el anexo 5 de este proyecto.

### 5.7.2. Protecciones en corriente alterna.

En el tramo de corriente alterna únicamente será necesario instalar un interruptor general manual magnetotérmico y un interruptor automático diferencial, el resto de las protecciones necesarias se integran en el equipo inversor.

Las protecciones incorporadas en el inversor son las siguientes:

- Desconexión automática mediante interruptor de interconexión interno.
- Desconexión si la red se sale de los siguientes rangos en los tiempos establecidos:

| Parámetro           | Umbral de protección | Tiempo máximo de actuación |
|---------------------|----------------------|----------------------------|
| Sobretensión-fase 1 | $U_n + 10\%$         | 1,5 s                      |
| Sobretensión-fase 2 | $U_n + 15\%$         | 0,2 s                      |
| Tensión mínima      | $U_n - 15\%$         | 1,5 s                      |
| Frecuencia máxima   | 51 Hz                | 0,5 s                      |
| Frecuencia mínima   | 47,5 Hz              | 3 s                        |

$U_n \text{ AC} = 230\text{V}$  (Monofásicos)

Tabla 7: Rangos de protección Fronius Primo (Anexo 6)

- Si se activa la protección frente a frecuencia máxima, la reconexión se llevará a cabo al alcanzar la frecuencia un valor inferior o igual a 50Hz.

- El usuario no tiene acceso a las protecciones frente a tensiones y frecuencias.
  - El inversor cuenta con un relé de bloqueo, el tiempo de rearme automático es de 180s.
  - La corriente continua inyectada a red no supera el 0,5 % de la corriente nominal.
- [MINI19]
- El inversor tiene incorporado un vigilante de aislamiento a tierra en el lado de continua.
  - Coeficiente de distorsión armónica inferior al 3%.
  - Dispositivos encargados de monitorizar la frecuencia y tensión presentan un error en la medida inferior al 5%.

Para la protección frente a cortocircuitos y sobrecargas en la parte de corriente alterna, se utilizará un magnetotérmico. En los interruptores automáticos destinados para instalaciones domésticas, se suelen utilizar los magnetotérmicos de tipo C, destinados para instalaciones en las que no existen corrientes de arranque elevadas.

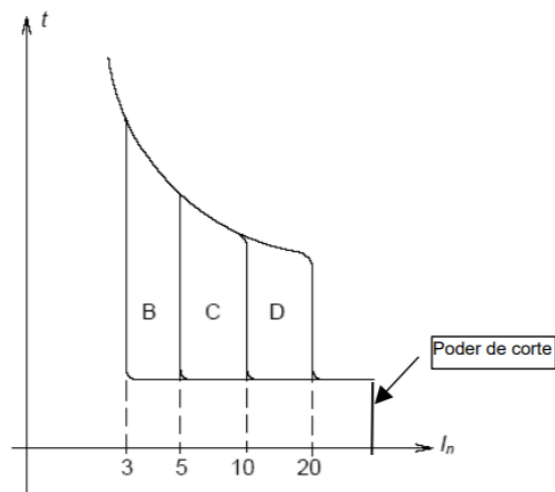


Figura 18: Tipo de disparo magnético de los interruptores automáticos modulares (Fuente ITC BT 22)

Este interruptor debe cumplir con las ecuaciones descritas anteriormente en el apartado 4.1 para aquellos dispositivos que protegen un cable o conductor contra sobrecargas.

En este caso  $I_B$  será la intensidad a la salida del inversor,  $I_n$  la intensidad nominal del magnetotérmico,  $I_z$  la intensidad máxima admisible del cableado e  $I_2$  la corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección para un tiempo largo.

El valor de  $I_2$  estará indicado por el fabricante, aquellos según la normativa UNE EN 60898 o UNE EN 61009 cumplirán la siguiente igualdad:

$$I_2 = 1,45 I_n$$

Por lo tanto, la ecuación para determinar el rango de intensidades del magnetotérmico será:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$13 \leq I_n \leq 79A$$

Se ha decidido emplear el Interruptor automático magnetotérmico serie MN de Hager cuyas características técnicas se adjuntan en el anexo 7 de este proyecto, cumple con los certificados de seguridad y sus características se ajustan a lo que demanda la instalación, siendo su intensidad asignada a 30°C de 20A, para cualquier rango de temperaturas esta tensión asignada se encuentra en el rango de intensidades admitidas.

Se empleará en la instalación un interruptor diferencial, este interruptor debe contar con la sensibilidad adecuada, siendo lo recomendado 30mA para instalaciones domésticas. La función de este tipo de dispositivos de protección es hacer frente a una posible fuga de corriente, obteniendo la diferencia existente entre la corriente de entrada de un circuito y la corriente de salida de este. Con el objetivo de que este dispositivo únicamente actúe por fallos a tierra, su corriente nominal será superior a la del magnetotérmico de protección, en este caso es necesario elegir un diferencial con una intensidad superior a 20A.

Para este proyecto se ha elegido un interruptor diferencial de tipo AC, bipolar, con una intensidad nominal de 25A y una sensibilidad de 30mA de la marca Hager. Este dispositivo

cumple con todas las exigencias de seguridad establecidas por norma, se adjunta la ficha técnica del producto en el anexo 8 de este proyecto.

## **5.8. PUESTA A TIERRA DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.**

El sistema de puesta a tierra cumplirá con todas las especificaciones descritas en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones conectadas a Red:

- La estructura del generador fotovoltaico se conectará a tierra.
- Todas las masas que componen la instalación estarán conectadas a una única tierra. Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento de Baja Tensión.
- La instalación debe contar con una separación galvánica entre la red de distribución de baja tensión y las instalaciones fotovoltaicas
- Conexionado equipotencial: todos los elementos metálicos que componen la instalación estarán unidos a una barra equipotencial, esta barra estará conectada a tierra.

De acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, la sección de los conductores de protección será la misma que la sección de los conductores de fase de la instalación. Para este cometido se han elegido los cables Afumex Class cuyas características técnicas se adjuntan en el anexo 9.

## CAPÍTULO 6: ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

### 6.1. ANÁLISIS TÉCNICO.

#### 6.1.1. Estimación de producción de la instalación.

De acuerdo con lo estipulado en el pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, se utilizará la siguiente ecuación para realizar una estimación de la energía producida.

$$Ep = \frac{Gdm(\alpha, \beta) Pmp PR}{Gcem} \text{ (kWh/día)}$$

- $Ep$  = Estimación de la energía producida
- $Gdm(\alpha, \beta)$  = Irradiancia en función de la orientación de los paneles
- $Pmp$  = Potencia pico del campo fotovoltaico
- $PR$  = Rendimiento energético de la instalación
- $Gcem = 1 \text{ kW/m}^2$

Utilizando la ecuación anterior se obtienen los siguientes datos para la producción estimada.

|            | ICAI   | ICADE                | CIHS                                             |       |              |       |             |         |         |  |
|------------|--------|----------------------|--------------------------------------------------|-------|--------------|-------|-------------|---------|---------|--|
| Mes        | Gdm(0) | Factor de corrección | Gdm( $\alpha, \beta$ ) [ kWh/m <sup>2</sup> día] | PR    | Ep (kWh/día) | días  | Ep( Kw/mes) | Pinst   | Gcem    |  |
| Enero      | 2,24   | 1,3                  | 2,91                                             | 0,806 | 8,23         | 31    | 255,21      | 3510    | 1000    |  |
| Febrero    | 3,18   | 1,23                 | 3,91                                             | 0,799 | 10,97        | 28    | 307,04      | 3510    | 1000    |  |
| Marzo      | 4,49   | 1,16                 | 5,2                                              | 0,756 | 13,80        | 31    | 427,75      | 3510    | 1000    |  |
| Abril      | 5,4    | 1,08                 | 5,83                                             | 0,757 | 15,49        | 30    | 464,72      | 3510    | 1000    |  |
| Mayo       | 6,26   | 1,02                 | 6,38                                             | 0,751 | 16,82        | 31    | 521,35      | 3510    | 1000    |  |
| Junio      | 7,44   | 1                    | 7,44                                             | 0,718 | 18,75        | 30    | 562,50      | 3510    | 1000    |  |
| Julio      | 7,85   | 1,02                 | 8,01                                             | 0,703 | 19,76        | 31    | 612,71      | 3510    | 1000    |  |
| Agosto     | 6,83   | 1,09                 | 7,44                                             | 0,707 | 18,46        | 31    | 572,35      | 3510    | 1000    |  |
| Septiembre | 5,3    | 1,19                 | 6,3                                              | 0,719 | 15,90        | 30    | 476,98      | 3510    | 1000    |  |
| Octubre    | 3,45   | 1,3                  | 4,48                                             | 0,762 | 11,98        | 31    | 371,45      | 3510    | 1000    |  |
| Noviembre  | 2,38   | 1,38                 | 3,28                                             | 0,792 | 9,12         | 30    | 273,54      | 3510    | 1000    |  |
| Diciembre  | 1,9    | 1,36                 | 2,58                                             | 0,805 | 7,29         | 31    | 225,99      | 3510    | 1000    |  |
| Promedio   | 4,73   | 1,18                 | 5,31                                             | 0,76  | 13,88        | 30,42 | 422,63      | 3510,00 | 1000,00 |  |
| Anual      |        |                      |                                                  |       |              |       | 5071,60     |         |         |  |

Tabla 8: Producción diaria, mensual y anual estimada. [IDAE11]

### 6.1.2. Comparativa de la energía demandada frente a energía estimada producida.

Se tomarán los valores estimados de producción mensuales y se compararán con los valores de consumo obtenidos de las facturas de la vivienda.

|            | ICAI         | ICADE            | CIHS                                   |
|------------|--------------|------------------|----------------------------------------|
|            | Ep( kWh/mes) | Consumo(kWh/mes) | Balance (Consumido-Producido)[kWh/mes] |
| Enero      | 255,21       | 332,5            | 77,29                                  |
| Febrero    | 307,04       | 332,5            | 25,46                                  |
| Marzo      | 427,75       | 343,5            | -84,25                                 |
| Abril      | 464,72       | 343,5            | -121,22                                |
| Mayo       | 521,35       | 274              | -247,35                                |
| Junio      | 562,5        | 274              | -288,5                                 |
| Julio      | 612,71       | 226,5            | -386,21                                |
| Agosto     | 572,35       | 226,5            | -345,85                                |
| Septiembre | 476,98       | 276              | -200,98                                |
| Octubre    | 371,45       | 276              | -95,45                                 |
| Noviembre  | 273,54       | 349,5            | 75,96                                  |
| Diciembre  | 225,99       | 349,5            | 123,51                                 |
| Anual      | 5071,59      | 3604             | -1467,59                               |

Tabla 9: Balance energía consumida – producida

De la tabla anterior, se observa que, con la estimación realizada, se obtiene un excedente de 1467,59 kWh anuales, no obstante, esto no conlleva que la familia se ahorrará el 100% de la factura eléctrica, dado que en los meses más desfavorables necesitará consumir energía de la red.

Cómo se mencionó en el apartado 3.1 de este proyecto, el tipo de autoconsumo elegido es autoconsumo con excedentes con acogida a compensación, utilizando este tipo de autoconsumo se ha considerado un ahorro del 100% en aquellos meses en los que la instalación produce un excedente energético (Marzo-Octubre), teniendo que consumir energía de la red en aquellos meses que no se pueda producir el total de la demanda (Enero, Febrero, Noviembre y Diciembre). Los meses en los que se obtiene una mejor producción estimada, corresponden a los meses de verano, siendo el mes de Julio en el que se obtiene un valor de energía excedente muy significativo (386,21 kWh/mes) , si bien es cierto, que podría ser interesante elegir un tipo de autoconsumo con excedentes sin acogida a compensación para poder sacar el máximo partido a esta energía excedente, se descartó esta opción por tener una mayor dificultad en los trámites, la necesidad de una licencia de actividad, contrato de representación en mercado, etc.

Estos valores, se tomarán para hacer el cálculo de viabilidad económica de la instalación.

## 6.2. ANÁLISIS FINANCIERO Y RENTABILIDAD DE INVERSIÓN.

En este apartado se van a analizar los costes y beneficios de llevar a cabo el proyecto, el período seleccionado para hacer el análisis es de 25 años dado que, los módulos fotovoltaicos están garantizados por el fabricante durante 10 años y asegurando un buen rendimiento durante 25 años.

### 6.2.1. Cuenta de pérdidas y ganancias.

En primer lugar, se ha elaborado un presupuesto para llevar a cabo todas las tareas que demanda la instalación. Se instalará una cadena de 9 paneles en serie, contará con un inversor y dispositivos de protección (fusibles, diferencial y magnetotérmico), además se han incluido el coste de todo el cableado de corriente continua, alterna, tierra y estructura soporte.

También se ha estimado el coste de la mano de obra por realizar la instalación y la licencia requerida para poder realizar una instalación de autoconsumo en una vivienda.

| Concepto                 | Descripción                   | Cantidad | Precio unitario | Importe Inicial |
|--------------------------|-------------------------------|----------|-----------------|-----------------|
| Paneles                  | Atersa A-390M GS              | 9        | 156,09          | 1.405 €         |
| Inversor                 | Fronius Primo 3.0-1           | 1        | 1215,24         | 1.215 €         |
| Cableado de continua     | Topsolar pv ZZ-F (AS) 4mm2    | 20       | 2,32            | 46 €            |
| Cableado de alterna      | Topsolar pv ZZ-F (AS) 10mm2   | 40       | 2,78            | 111 €           |
| Fusibles                 | Bussman solar PV Serie PV-A10 | 2        | 5,42            | 11 €            |
| Cableado tierra alterna  | AFUMEX CLASS 750V (AS) 10mm2  | 40       | 1,02            | 41 €            |
| Cableado tierra continua | AFUMEX CLASS 750V (AS) 4mm2   | 20       | 0,85            | 17 €            |
| Contador bidireccional   |                               | 1        | 72,95           | 73 €            |
| Magnetotérmico           | Hager MN520V                  | 1        | 24,77           | 25 €            |
| Estructura Soporte       |                               | 1        | 442,38          | 442 €           |
| Obra                     |                               | 1        | 2000            | 2.000 €         |
| Licencia                 |                               | 1        | 150             | 150 €           |
| Diferencial              | Hager CD728V                  | 1        | 78,79           | 79 €            |
| Total                    | Inversión inicial             |          |                 | 5.615 €         |

Tabla 10: Inversión inicial fotovoltaica

La inversión o capital inicial asciende a 5615 €, importe que se tendrá en cuenta para el cálculo de los ratios financieros.

Se han adoptado las siguientes hipótesis tanto en la inversión inicial como en el apartado de gastos e ingresos:

- Se ha considerado para llevar la obra a cabo serán necesarias 2 personas, cada una de ellas trabajará en la instalación 50 horas, con un coste total de 2000€.
- Se ha considerado una reducción como condición de instaladores en todos los costes del 30%.
- Se han reservado unos gastos de 100€ anuales en concepto de revisión y tareas de mantenimiento.
- Los gastos fijos de potencia contratada y otros conceptos establecidos por la empresa distribuidora se mantendrán acordes con las facturas del año 2019 utilizadas para este proyecto.
- De acuerdo con el apartado 6.1.2 del proyecto, solo se considerarán como gastos el exceso de energía demandada en aquellos meses en que la energía producida no cubra la demanda esperada de la vivienda (Enero, Febrero, Noviembre y Diciembre).
- Se considerará como ingresos toda la energía consumida en el año 2019 que se espere producir con la instalación, es decir, la totalidad de la energía que se estima se consumirá en los meses entre Marzo y Octubre y la parte producida en los meses más desfavorables (Enero, Febrero, Noviembre y Diciembre).
- Se ha considerado una variación anual del IPC del 1,9%, tanto en los apartados de gastos como en el de ingresos (por tratarse de un ahorro).
- Se ha escogido un coste de capital del 4,05% [IDAE12]
- Se ha considerado estable tanto la estimación de la producción como la estimación de consumo durante los 25 años.

| ICAI                                         | ICADE | CIHS |            |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------------------------|-------|------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                              |       |      | Año 0 (I0) | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 |
| Gastos                                       |       |      |            |       |       |       |       |       |       |
| Inversión inicial                            |       |      | 5.615 €    |       | - €   | - €   | - €   | - €   | - €   |
| Inversión inicial (descuento instalador 30%) |       |      | 3.931 €    |       |       |       |       |       |       |
| Gastos fijos potencia contratada             |       |      | 44 €       | 45    | 46 €  | 46 €  | 47 €  | 48 €  | 49 €  |
| Otros conceptos                              |       |      | 10 €       | 10    | 10 €  | 10 €  | 11 €  | 11 €  | 11 €  |
| Energía consumida                            |       |      | 55 €       | 57    | 58 €  | 59 €  | 60 €  | 61 €  | 62 €  |
| Tareas de mantenimiento/Recambios            |       |      | 100 €      | 102 € | 104 € | 106 € | 108 € | 110 € | 112 € |
| Total Gastos                                 |       |      | 4.140 €    | 213   | 217 € | 221 € | 226 € | 230 € | 234 € |
|                                              |       |      |            |       |       |       |       |       |       |
|                                              |       |      | Año 0 (I0) | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |       |
| Ingresos                                     |       |      |            |       |       |       |       |       |       |
| Energía producida                            |       |      | 606 €      | 618   | 629 € | 641   | 654 € | 666   | 679 € |
|                                              |       |      |            |       |       |       |       |       |       |
| Total Ingresos(Producida+IVA)                |       |      | 733 €      | 747 € | 762 € | 776 € | 791 € | 806 € | 821 € |
|                                              |       |      |            |       |       |       |       |       |       |
| PvG                                          | -     |      | 3.406 €    | 534 € | 544 € | 555 € | 565 € | 576 € | 587 € |

Tabla 11: Cuenta de pérdidas y ganancia (AÑOS 0-6)

| Año 7        | Año 8        | Año 9        | Año 10       | Año 11       | Año 12       | Año 13       | Año 14       | Año 15       |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| - €          | - €          | - €          | - €          | - €          | - €          | - €          | - €          | - €          |
| 50 €         | 51 €         | 52 €         | 53 €         | 54 €         | 55 €         | 56 €         | 57 €         | 58 €         |
| 11 €         | 11 €         | 12 €         | 12 €         | 12 €         | 12 €         | 13 €         | 13 €         | 13 €         |
| 63 €         | 64 €         | 66 €         | 67 €         | 68 €         | 70 €         | 71 €         | 72 €         | 74 €         |
| 114 €        | 116 €        | 118 €        | 121 €        | 123 €        | 125 €        | 128 €        | 130 €        | 133 €        |
| <b>239 €</b> | <b>243 €</b> | <b>248 €</b> | <b>253 €</b> | <b>257 €</b> | <b>262 €</b> | <b>267 €</b> | <b>272 €</b> | <b>278 €</b> |
|              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| 691          | 705 €        | 718          | 732 €        | 746          | 760 €        | 774          | 789 €        | 804          |
| <b>837 €</b> | <b>853 €</b> | <b>869 €</b> | <b>885 €</b> | <b>902 €</b> | <b>919 €</b> | <b>937 €</b> | <b>955 €</b> | <b>973 €</b> |
|              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| 598 €        | 609 €        | 621 €        | 633 €        | 645 €        | 657 €        | 669 €        | 682 €        | 695 €        |

Tabla 12: Cuenta de pérdidas y ganancias (AÑOS 7-15)

| ICAI         | ICADE          | CIHS           |                |                |                |                |                |                |                |
|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Año 16       | Año 17         | Año 18         | Año 19         | Año 20         | Año 21         | Año 22         | Año 23         | Año 24         | Año 25         |
| - €          | - €            | - €            | - €            | - €            | - €            | - €            | - €            | - €            | - €            |
| 59 €         | 60 €           | 62 €           | 63 €           | 64 €           | 65 €           | 66 €           | 68 €           | 69 €           | 70 €           |
| 13 €         | 14 €           | 14 €           | 14 €           | 14 €           | 15 €           | 15 €           | 15 €           | 16 €           | 16 €           |
| 75 €         | 76 €           | 78 €           | 79 €           | 81 €           | 82 €           | 84 €           | 86 €           | 87 €           | 89 €           |
| 135 €        | 138 €          | 140 €          | 143 €          | 146 €          | 148 €          | 151 €          | 154 €          | 157 €          | 160 €          |
| <b>283 €</b> | <b>288 €</b>   | <b>294 €</b>   | <b>299 €</b>   | <b>305 €</b>   | <b>311 €</b>   | <b>317 €</b>   | <b>323 €</b>   | <b>329 €</b>   | <b>335 €</b>   |
|              |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| 819 €        | 835            | 851 €          | 867            | 883 €          | 900            | 917 €          | 934            | 952 €          | 970            |
| <b>991 €</b> | <b>1.010 €</b> | <b>1.029 €</b> | <b>1.049 €</b> | <b>1.069 €</b> | <b>1.089 €</b> | <b>1.110 €</b> | <b>1.131 €</b> | <b>1.152 €</b> | <b>1.174 €</b> |
| 708 €        | 722 €          | 736 €          | 750 €          | 764 €          | 778 €          | 793 €          | 808 €          | 823 €          | 839 €          |

Tabla 13: Cuenta de pérdidas y ganancias (AÑOS 16-25)

## 6.2.2. Valoraciones de los ratios.

En primer lugar, se adjuntan las siguientes tablas para simplificar la explicación.

| <u>Cash Flow y Ratios</u> |         |                                                                                              |
|---------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| IO (Inversión Inicial)    | 3.406 € | A la inversión inicial se le han restado los beneficios del primer año como punto de partida |
| K (Coste del Capital)     | 4,05%   | Coste de capital constante del 4,05%                                                         |
| Número de años            | 25      |                                                                                              |

Tabla 14: Valoraciones iniciales

| <i>r</i> | <i>Cash Flow</i> | <i>Cash Flow</i><br>(descontando coste capital) | <i>Sumatoria</i> | <i>Diferencia</i> |
|----------|------------------|-------------------------------------------------|------------------|-------------------|
| 0        | - 3.406,46 €     | - 3.406,46 €                                    |                  |                   |
| 1        | 534,13 €         | 534,13 €                                        | 534,13 €         | 2.872,32 €        |
| 2        | 544,28 €         | 544,28 €                                        | 1.078,41 €       | 2.328,05 €        |
| 3        | 554,62 €         | 492,34 €                                        | 1.570,75 €       | 1.835,70 €        |
| 4        | 565,16 €         | 482,17 €                                        | 2.052,92 €       | 1.353,53 €        |
| 5        | 575,90 €         | 472,21 €                                        | 2.525,13 €       | 881,32 €          |
| 6        | 586,84 €         | 462,45 €                                        | 2.987,58 €       | 418,87 €          |
| 7        | 597,99 €         | 452,90 €                                        | 3.440,48 €       | -34,02 €          |
| 8        | 609,35 €         | 443,54 €                                        | 3.884,02 €       | -477,56 €         |
| 9        | 620,93 €         | 434,37 €                                        | 4.318,39 €       | -911,93 €         |
| 10       | 632,72 €         | 425,40 €                                        | 4.743,78 €       | -1.337,33 €       |
| 11       | 644,75 €         | 416,61 €                                        | 5.160,39 €       | -1.753,94 €       |
| 12       | 657,00 €         | 408,00 €                                        | 5.568,39 €       | -2.161,93 €       |
| 13       | 669,48 €         | 399,57 €                                        | 5.967,96 €       | -2.561,50 €       |
| 14       | 682,20 €         | 391,31 €                                        | 6.359,27 €       | -2.952,81 €       |
| 15       | 695,16 €         | 383,23 €                                        | 6.742,49 €       | -3.336,04 €       |
| 16       | 708,37 €         | 375,31 €                                        | 7.117,80 €       | -3.711,35 €       |
| 17       | 721,83 €         | 367,55 €                                        | 7.485,35 €       | -4.078,90 €       |
| 18       | 735,54 €         | 359,96 €                                        | 7.845,31 €       | -4.438,85 €       |
| 19       | 749,52 €         | 352,52 €                                        | 8.197,83 €       | -4.791,37 €       |
| 20       | 763,76 €         | 345,24 €                                        | 8.543,06 €       | -5.136,61 €       |
| 21       | 778,27 €         | 338,10 €                                        | 8.881,17 €       | -5.474,71 €       |
| 22       | 793,06 €         | 331,12 €                                        | 9.212,28 €       | -5.805,83 €       |
| 23       | 808,13 €         | 324,27 €                                        | 9.536,55 €       | -6.130,10 €       |
| 24       | 823,48 €         | 317,57 €                                        | 9.854,13 €       | -6.447,67 €       |
| 25       | 839,13 €         | 311,01 €                                        | 10.165,14 €      | -6.758,68 €       |

Tabla 15: Cash-flow

| <i>PAY-BACK EN:</i>   |             |             |                          |             |                |                        |             |              |
|-----------------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------|----------------|------------------------|-------------|--------------|
| <i>días completos</i> | <i>años</i> | <i>días</i> | <i>semanas completas</i> | <i>años</i> | <i>semanas</i> | <i>meses completos</i> | <i>años</i> | <i>meses</i> |
| -                     | -           | -           | -                        | -           | -              | -                      | -           | -            |
| -                     | -           | -           | -                        | -           | -              | -                      | -           | -            |
| -                     | -           | -           | -                        | -           | -              | -                      | -           | -            |
| -                     | -           | -           | -                        | -           | -              | -                      | -           | -            |
| 2527,5791             | 6           | 337,57912   | 360,09346                | 6           | 48,093463      | 83,098492              | 6           | 11,098492    |

Tabla 16: Pay-back

Se trata de conocer el VAN, TIR y Pay-BACK (período de recuperación) de una inversión con un desembolso de 3406,46€ (se han considerado beneficios desde la inversión inicial).

Se dirá que una actuación de inversión es económicamente rentable si su VAN es positivo, esto quiere decir que la valoración de los cash-flows actualizados originados por el proyecto es superior a la inversión realizada. En cuanto a la TIR, se dirá que un proyecto de inversión es aceptable cuando la TIR obtenida sea superior a la tasa de descuento.

|                |         |
|----------------|---------|
| PayBack (años) | 6,9     |
| VAN            | 3.075 € |
| TIR            | 12,8%   |

Tabla 17: VAN, TIR y Payback

Resultado: como se ve la inversión se recupera en 6 años y 337 días (6,9 años), con un valor actual neto de 3075€ y una Tasa Interna de Retorno del 12,8% superior a la tasa de descuento del 4,05%, por lo que se considera un proyecto rentable.

## CAPÍTULO 7. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA.

Este tipo de energía aprovecha la radiación solar con el objetivo de calentar un fluido (típicamente agua o aire). Tal y como se comentaba en el capítulo 3 de este proyecto, los captadores solares que formarán nuestra instalación térmica serán de color oscuro para presentar una mayor absorción y así mejorar la captación de energía solar. El principio fundamental será una vez se ha obtenido la energía solar, esta será transportada a un sistema de almacenamiento (acumulador) para posteriormente proveer de la energía necesaria en este caso a la vivienda unifamiliar. En lo que respecta a este proyecto el objetivo de la instalación solar térmica será cubrir gran parte del aporte de ACS (Agua Caliente Sanitaria) de la vivienda y también cubrir en torno a un 30% de la demanda del sistema de calefacción.

En los sistemas de calefacción el principal problema al que hay que hacer frente, es la temperatura de trabajo, las instalaciones de este tipo normalmente trabajan con unas temperaturas en torno a los 70-80°C, los captadores solares trabajan a una temperatura de 60°C, de modo que valorando este aspecto se ha valorado como la mejor opción para el proyecto un sistema de calefacción suelo radiante dado que, sus temperaturas se sitúan cercanas a los 40°C, la cual es una temperatura óptima para que los colectores solares de la instalación trabajen al máximo rendimiento.

El procedimiento que se llevará a cabo en nuestra instalación va a consistir en precalentar el un fluido caloportador, una vez este fluido se ha calentado en el interior del captador solar se trata de minimizar su enfriamiento aislándolo térmicamente, la instalación estará condicionada por la demanda que vaya a tener la vivienda, de este modo hay que ser cuidadosos a la hora de establecer el volumen de acumulación, normalmente, se dimensiona para cubrir la demanda diaria de la vivienda. En cuanto a la producción de ACS una instalación de este tipo es capaz de cubrir en torno al 50-80% de la demanda de la vivienda, la demanda restante se cumple con un sistema auxiliar.

## 7.1. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA.

### 7.1.1. Captador solar.

En la actualidad el tipo de captador solar más utilizado es el captador solar plano, su funcionamiento está basado en combinar el efecto del cuerpo negro con el efecto invernadero, el objetivo cómo se comentó previamente es mantener un nivel alto de absorción de la radiación solar y minimizar la reflexividad del material. Este tipo de captadores solares predominan en las aplicaciones para producir ACS, en su parte superior se suele utilizar una superficie transparente permitiendo la llegada de la radiación solar. En el interior presentan una placa que se encarga de absorber esta radiación solar. Esta placa está compuesta por materiales conductores, su funcionamiento consiste en una toma de entrada para el fluido a calentar y otra para su salida.

Las dimensiones de este tipo de captadores para el objetivo de este proyecto se sitúan cerca de los 2m<sup>2</sup>.

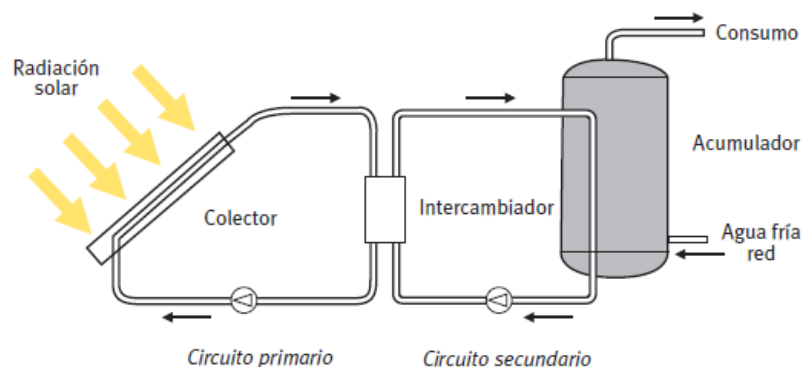


Figura 20: Esquema de instalación solar de baja temperatura para producción de agua caliente sanitaria.

Para conocer la eficiencia del colector solar que se elija para la instalación hay que evaluar su curva característica de rendimiento que se rige por la siguiente ecuación:

$$r = a - bxT$$

- r: Rendimiento del colector.
- a: Factor de eficiencia del colector, se obtiene de la hoja de características del colector.
- b: Coeficiente global de pérdidas, se obtiene de la hoja de características del colector.
- T: Representa el cociente entre, la diferencia entre la temperatura de entrada del fluido al colector y la temperatura ambiente dividido por la irradiancia en la zona de la instalación.

Parecidos a los colectores solares planos se encuentran los colectores solares de vacío, si bien su eficiencia puede ser superior para unas condiciones de temperatura determinadas también son más caros, se recomiendan principalmente para climas fríos. A la hora de elegir qué tipo de colector se va a utilizar para la instalación, se ha aceptado por recomendación del IDAE que los captadores solares planos son suficientes para las condiciones climáticas de España y para el objetivo de producción de ACS, por eso he decidido utilizar este tipo de colectores para el proyecto.

### **7.1.2. Sistema de distribución.**

El objetivo de este componente de la instalación será transferir el fluido precalentado en los colectores solares hasta la zona de consumo. En España predominan los circuitos cerrados frente a los circuitos abiertos, pudiendo ser estos por termosifón o circulación forzada. Cuentan con dos circuitos, en ellos el fluido que circula por el captador no es el mismo que llega al depósito de acumulación.

Las instalaciones de circuito cerrado se subdividen en dos circuitos primario y secundario. Una parte de captación y otra de acumulación, al tener un doble circuito el objetivo será no permitir que se mezclen el agua del depósito de acumulación con el líquido que circula en el captador, permitiendo introducir anticongelante para hacer frente a bajas temperaturas.

Las instalaciones de circulación forzada contarán en la instalación con bombas de impulsión, estas bombas se situarán en la parte de captación, de manera que se consiga evitar la pérdida de las calorías obtenidas en el proceso de distribución.

Las instalaciones de circulación natural son sistemas simples, se basan en que el fluido que ha sido precalentado en el circuito primario pierde densidad, aumentando su ligereza y ascendiendo, en este tipo de instalaciones el depósito de acumulación debe estar situado por encima de la superficie de captación.

### **7.1.3. Almacenamiento.**

Del mismo modo que sucede en la instalación solar fotovoltaica, los meses en los que la energía solar captada será mayor se corresponden con los meses en los que la demanda de la vivienda será menor, de aquí nace la necesidad de contar con un elemento de acumulación para poder almacenar esta energía para su uso posterior.

Normalmente los depósitos cilíndricos presentan mejor rendimiento. Esto se debe a la estratificación del agua caliente, disminuyendo su densidad asciende por encima del agua fría con mayor densidad.

A la hora de dimensionar nuestra instalación es imprescindible marcar una relación entre el área de captación y el depósito de acumulación. Si el depósito de acumulación es pequeño no se conseguirá aprovechar la energía de manera óptima, por el contrario, si es demasiado grande, no se obtendrán las condiciones adecuadas de temperatura para el funcionamiento de la instalación. Se tendrán en cuenta las condiciones establecidas por el IDAE para el obtener dicha relación y hacer un dimensionamiento correcto.

### **7.1.4. Sistema de apoyo convencional.**

Para las épocas del año en que no se consiga obtener suficiente radiación solar, o la demanda sea superior a la estimada, es necesario tener un sistema energético auxiliar. Para este proyecto se valorará que la fuente de calor convencional sea la aerotermia.

### **7.1.5. Fluido de trabajo del circuito primario (líquido anticongelante).**

Será el fluido caloportador que va a utilizarse en el circuito primario, entre sus características destacan las propiedades anticongelantes de este tipo de fluidos, para poder funcionar en climas adversos. Debe permitir la absorción y tener un coeficiente elevado de transmisión de calor para proporcionar una mejora en el rendimiento de los intercambiadores.

Etilenglicol o Propilenglicol son los fluidos recomendados para este tipo de instalaciones.

### **7.1.6. Intercambiador de calor.**

Parte de la instalación donde se lleva a cabo la transmisión de calor entre el fluido que circula por el circuito primario al fluido de circuito secundario que será el agua de consumo, ambos fluidos deben permanecer separados en todo el flujo de la instalación.

Existen varios tipos de intercambiadores de calor, para este proyecto se han elegido interacumuladores como depósitos de almacenamiento, este tipo de depósitos cuentan con un serpentín interior que hace la función de intercambiador de calor, por este serpentín circulará el líquido anticongelante calentando el agua de consumo ubicada en el interior del depósito.

### **7.1.7. Bombas de circulación.**

Es necesaria su instalación en los sistemas de circulación forzada, su función es aportar movimiento al fluido desde la salida del depósito de acumulación pasando por el intercambiador, hasta el grupo de colectores solares.

Será necesaria la instalación de tres bombas de circulación, una para el circuito primario y otras dos para los respectivos circuitos secundarios independientes.

### **7.1.8. Tuberías.**

El dimensionamiento de las tuberías debe cumplir con todo lo estipulado en el pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura.

Suelen emplearse tuberías de cobre o acero inoxidable en el circuito primario, para el circuito secundario también pueden emplearse de acero galvanizado.

### **7.1.9. Válvulas y otros componentes.**

En los sistemas menos complejos, la colocación de válvulas de seguridad en los colectores solares y los depósitos de acumulación es suficiente, deben aguantar los valores más altos de presión y temperatura que puedan alcanzarse en el sistema.

Vaso de expansión: Los cambios de temperatura que se producen en una instalación de estas características, provocan que haya variaciones de densidad en los fluidos de trabajo provocando un aumento en sus volúmenes, la parte excedente, entra en el vaso de expansión para evitar una subida de la presión.

Purgadores de aire: Componentes de la instalación que evitan la formación de burbujas de aire en los conductos.

### **7.1.10. Sistema de control.**

El sistema de control y regulación es imprescindible en un sistema de este tipo, su función es garantizar el correcto funcionamiento de toda la instalación, si encontramos una diferencia de temperatura entre la salida del grupo de colectores solares y la salida del acumulador superior a un valor previamente determinado, se activará la bomba de circulación, por el contrario, si es inferior a un valor determinado la bomba se parará.

Otro de los aspectos a cubrir por el sistema de control será el de activar el equipo de energía auxiliar cuando no estemos alcanzando los valores de temperatura necesarios únicamente con la instalación solar.

## CAPÍTULO 8. INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA DE BAJA TEMPERATURA.

### 8.1. ORIENTACIÓN DE LOS COLECTORES.

Se han realizado las mismas consideraciones que en el apartado 5.1.2 de este proyecto donde se decidió la inclinación y la orientación de los paneles solares fotovoltaicos, estas consideraciones aplican de la misma manera para los colectores solares. Se valoró poder colocar una estructura soporte para que los colectores solares presentarán una inclinación más cercana a la latitud del emplazamiento, con lo que se obtendría mejor rendimiento. Al no impactar significativamente en los cálculos y dificultar la instalación de los paneles fotovoltaicos pudiendo provocar sombras en los mismos se ha decidido optar por una estructura coplanar del mismo modo que para los paneles fotovoltaicos.

También es importante determinar la zona climática en la que se encuentra la provincia de Cuenca, este dato determinará la mínima contribución solar necesaria.



Figura 21: Mapa zona climática España (fuente IDAE)

| Demanda total de ACS del edificio (l/d) | Zona climática |    |     |    |    |
|-----------------------------------------|----------------|----|-----|----|----|
|                                         | I              | II | III | IV | V  |
| 50 – 5.000                              | 30             | 30 | 40  | 50 | 60 |
| 5.000 – 10.000                          | 30             | 40 | 50  | 60 | 70 |
| >10.000                                 | 30             | 50 | 60  | 70 | 70 |

Tabla 18: Contribución solar mínima [IDAE14]

La provincia de Cuenca pertenece a la zona climática III. Por lo tanto será necesario al menos una contribución solar del 40%

## 8.2. CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO.

Atendiendo a lo mencionada en el capítulo 7, se debe elegir el sistema de distribución para la instalación. Se ha elegido para el proyecto utilizar un sistema de circulación forzada, estos sistemas utilizan bombas y un controlador para hacer que circule el fluido caloportador en el circuito primario, la superficie captadora se ubicará en el tejado de la vivienda mientras que los depósitos de acumulación estarán ubicados en la planta sótano. Una vez se ha calentado el fluido del circuito primario este a través de un intercambiador de calor calienta el agua de consumo a través de un serpentín situado en el depósito de acumulación.

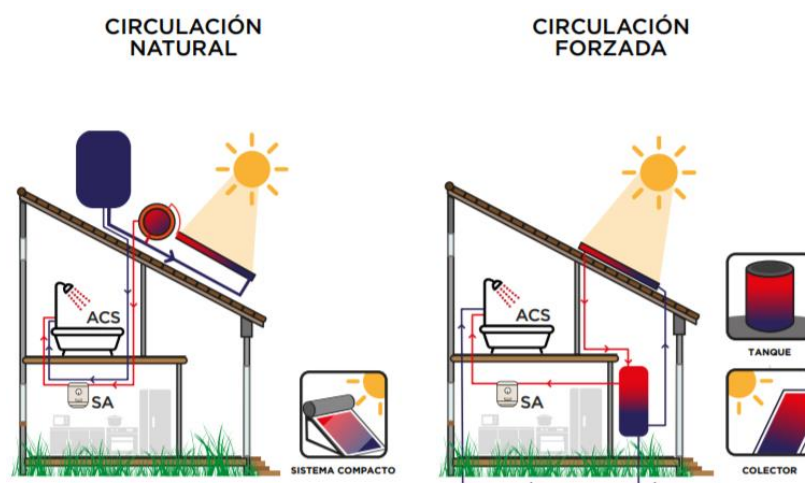


Figura 22: Diferencia entre circulación natural y forzada [GARR19]

### **8.3. CONDICIONES TÉCNICAS PARA ACS Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE.**

Tanto para la producción de ACS como para la producción de calefacción mediante suelo radiante, el aporte de energía solar no puede superar en ningún mes el 110% de la demanda, además no puede cubrir el 100% de la demanda durante más de tres meses consecutivos.  
[IDAE09]

La relación entre el área de captación y el volumen de acumulación para ACS debe cumplir la siguiente ecuación:

$$50 < V/A < 180$$

Siendo A el área total de los captadores en m<sup>2</sup> y V el volumen del depósito de acumulación solar en L.

Para la producción de ACS es recomendable tomar un volumen del depósito cercano a la carga de consumo diaria.

Se tomará por recomendación del IDAE un consumo por persona de 30L/día, la vivienda unifamiliar cuenta con 4 personas.

| <i>Criterio de consumo</i>                | <i>Litros/día</i> |                   |
|-------------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Viviendas unifamiliares                   | 30                | por persona       |
| Viviendas multifamiliares                 | 22                | por persona       |
| Hospitales y clínicas                     | 55                | por cama          |
| Hoteles (4 estrellas)                     | 70                | por cama          |
| Hoteles (3 estrellas)                     | 55                | por cama          |
| Hoteles/Hostales (2 estrellas)            | 40                | por cama          |
| Campings                                  | 40                | por emplazamiento |
| Hostales/Pensiones (1 estrella)           | 35                | por cama          |
| Residencias (ancianos, estudiantes, etc.) | 55                | por cama          |
| Vestuarios/Duchas colectivas              | 15                | por servicio      |
| Escuelas                                  | 3                 | por alumno        |
| Cuarteles                                 | 20                | por persona       |
| Fábricas y talleres                       | 15                | por persona       |
| Oficinas                                  | 3                 | por persona       |
| Gimnasios                                 | 20 a 25           | por usuario       |
| Lavanderías                               | 3 a 5             | por kilo de ropa  |
| Restaurantes                              | 5 a 10            | por comida        |
| Cafeterías                                | 1                 | por almuerzo      |

Tabla 19: Criterio de consumo [IDAE09]

Como se comentó en el capítulo 7 lo más interesante para nuestra instalación va a ser la utilización de captadores solares planos. Se ha elegido el colector solar plano ECOTOP VHM 2.7 N de Ferroli por ser una de las empresas líderes en el sector y cumplir con los estándares establecido, en la hoja de características del producto adjuntada en el anexo10 se pueden obtener los valores para establecer la curva de rendimiento del colector, así como la superficie útil de captación parámetros fundamentales para continuar con los cálculos necesarios.

Siguiendo la recomendación del IDAE se utilizará un depósito de acumulación que cubra las necesidades diarias de consumo (120L/día), se ha elegido un depósito interacumulador con serpentín interior de 150L para poder cubrir esta necesidad. Sus características técnicas se adjuntan en el anexo 11 de este proyecto.

Una vez se ha elegido el volumen del depósito, se ha analizado la cantidad de colectores solares necesarios para cumplir con la recomendación establecida por el IDAE.

Teniendo en cuenta que se debe cumplir la siguiente ecuación:

$$50 < V/A < 180$$

Deducimos que el número necesario de colectores solares para el objetivo de producción de ACS será de 1.

V: Depósito de acumulación de 150L

A: Área útil del captador solar 2,47 m<sup>2</sup>

$V/A = 60,729$  que cumple con la restricción marcada por el IDAE.

Por otro lado, para la calefacción por suelo radiante, el objetivo del proyecto ha sido intentar conseguir un ahorro cercano al 30% anual.

Teniendo en cuenta este valor, se han elegido el número de captadores solares y el volumen del depósito de in acumulación con serpentín interior para satisfacer este ahorro, y cumplir con la recomendación del IDAE:

$$25 < V/A < 50$$

V: Depósito de acumulación de 800L

A: Área útil del captador solar 17,29 m<sup>2</sup>

$V/A = 46,26$  (L/m<sup>2</sup>) que cumple con la restricción marcada por el IDAE.

Así pues, serán necesarios 7 captadores solares para cumplir con la demanda del sistema de calefacción, y un depósito de acumulación de 800L.

En este proyecto, se han tratado de manera independiente los circuitos de ACS y de calefacción por suelo radiante con el objetivo de obtener un rendimiento mayor.

En el anexo 12 de este proyecto se adjuntan las características técnicas del depósito de acumulación de 800 litros.

#### **8.4. SUELO RADIANTE.**

Es el sistema de elegido para este proyecto, su principio fundamental es la impulsión del agua a media temperatura entre 30 y 40 grados en invierno. Se suelen emplear tuberías de polietileno para formar los circuitos, al funcionar el sistema para generar calor el agua circula de manera que el calor es transferido al ambiente. El punto determinante para elegir suelo radiante como modo de calefacción ha sido la temperatura de trabajo mencionada previamente, esto hace que el suelo radiante presente una muy buena compatibilidad con energías como la solar y la aerotermia, cuyo punto de desafío es conseguir elevadas temperaturas de trabajo. Este tipo de calefacción facilita en gran medida el objetivo de la instalación.

Se ha considerado instalación de suelo radiante en las dos primeras plantas de la vivienda, excluyendo la planta sótano dado que, esta planta está deshabitada en los meses de invierno, y solo se utiliza durante los meses de verano.

Para los cálculos se ha considerado una superficie a calefactar de  $148\text{m}^2$ , una temperatura interior de la vivienda de  $20^{\circ}\text{C}$  y una temperatura de utilización de  $35^{\circ}\text{C}$ .

El objetivo de la instalación será obtener en torno a un ahorro del 30% en calefacción, cifra habitual en instalaciones de estas características.

#### **8.5. MÉTODO F-CHART.**

A la hora de elegir un método de cálculo tanto para producción de ACS como de producción de calefacción mediante suelo radiante, se ha seguido la recomendación del IDAE utilizando un método que se adapte a la complejidad de la instalación de estudio. Al tratarse de una instalación en una vivienda unifamiliar un método recomendable es el denominado método

F-Chart, este método de cálculo permite realizar el cálculo de la cobertura de nuestra instalación solar.

Es un método que se desarrolló durante los años 70, está ampliamente avalado por especialistas del sector. Para su desarrollo se obtienen los datos medios meteorológicos de la región de estudio, en función de estos y de los componentes se valora el rendimiento de la instalación, es especialmente eficaz si utilizamos captadores solares planos en nuestro sistema.

Los pasos del algoritmo F-Chart son los siguientes:

- Carga calorífica estimada.
- Determinar la energía absorbida y perdida en el colector.
- Cálculo de la ganancia (D1).
- Pérdidas totales (D2).
- Cálculo del factor f.
- Cobertura solar mensual.
- Cobertura solar anual.

Carga calorífica estimada:

Se definió y se realizó su cálculo en el apartado 8.3, primer dato necesario para utilizar el método F-Chart.

Determinar la energía absorbida y perdida en el colector:

La energía absorbida por el colector sigue la siguiente ecuación:

$$E_a = S_c \times F_r (\tau\alpha) \times R_1 \times N$$

- $S_c$ : Superficie útil del captador.
- $F_r (\tau\alpha)$ : Producto de la transmitancia por la absorbancia del colector y el factor de transporte, equivalente a 1.

- $R_1$ : Radiación diaria mensual incidente sobre la superficie de captación del colector.
- $N$ : Número de días del mes de estudio.

El cálculo de pérdidas en el colector sigue la siguiente ecuación:

$$E_p = S_c \times F_r \times U_L \times (100 - t_n) \times \Delta_t \times K_1 \times K_2$$

- $S_c$ : Superficie útil del captador.
- $F_r \times U_L$ : Coeficiente global de pérdidas del colector.
- $t_n$ : Temperatura media del ambiente.
- $\Delta_t$ : Período de tiempo, se considera un funcionamiento diario total.
- $K_1$ : Factor de corrección de almacenamiento.
- $K_2$ : Factor de corrección para el agua caliente.

Cálculo de la ganancia ( $D_1$ ):

Se calcula como el cociente entre la energía que absorbe el colector y la estimación de carga calorífica. El parámetro  $D_1$  se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$D_1 = E_a / Q_a$$

Pérdidas totales ( $D_2$ ):

Se calcula como el cociente entre la energía perdida en el colector y la estimación de carga calorífica. El parámetro  $D_2$  se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$D_2 = E_p / Q_a$$

Cálculo del factor  $f$ :

Valor de la fracción de carga calorífica que se convierte en energía solar aprovechable, se rige por la siguiente ecuación:

$$f = 1,029D_1 - 0,065 D_2 - 0,245 D_1^2 + 0,0018 D_2^2 + 0,0215D_1^3$$

Cobertura solar mensual:

La cobertura solar mensual la podemos obtener como el producto de la fracción de carga calorífica por la estimación de carga calorífica mensual:

$$Q_m = f \times Q_a$$

Cobertura solar anual:

Se define como el cociente entre el sumatorio de las coberturas solares mensuales dividido por las demandas de cargas caloríficas mensuales:

$$\frac{\sum_{m=1}^{m=12} Q_m}{\sum_{a=1}^{a=12} Q_a}$$

Recalcar la validez del método tanto para cálculo de producción de ACS como de calefacción por suelo radiante mediante energía solar. [OBAC10]

## CAPÍTULO 9. CIRCUITO HIDRÁULICO Y OTROS COMPONENTES.

### 9.1. CONEXIONADO DE LOS COLECTORES.

Los ocho colectores elegidos para la instalación estarán conectados en paralelo, las condiciones que se alcanzan con este tipo de conexionado es suficiente para satisfacer la demanda de ACS y calefacción por suelo radiante, el proveedor permite el conexionado en paralelo de hasta ocho paneles, esto presenta la ventaja de obtener mejor rendimiento con el aumento del caudal.

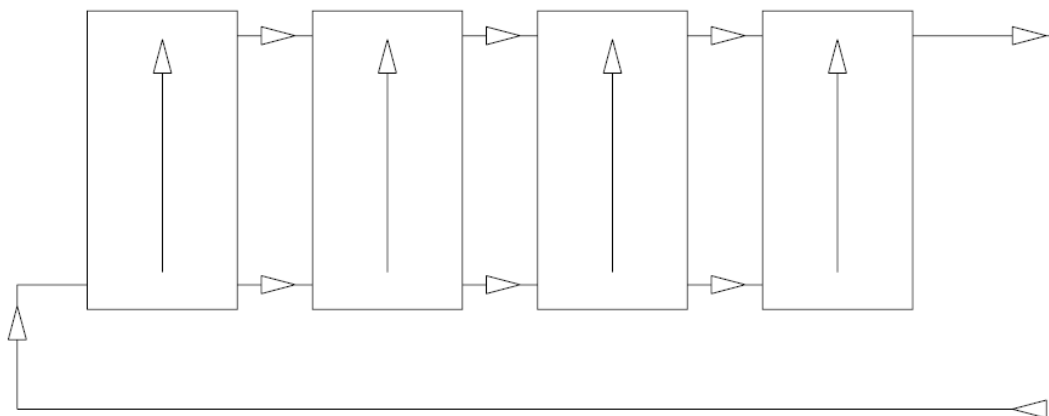


Figura 23: Conexionado de colectores en paralelo

### 9.2. FLUIDO DEL CIRCUITO PRIMARIO.

La provincia de Cuenca durante los meses de invierno puede sufrir cambios bruscos de temperatura, la temperatura mínima histórica es de  $-21^{\circ}\text{C}$ , por ello debemos utilizar como fluido caloportador un anticongelante con un porcentaje de Propilenglicol elevado por recomendación del IDAE necesitaríamos al menos del 45%.

### **9.3. FLUIDO DEL CIRCUITO SECUNDARIO.**

Agua de consumo tanto para ACS como para la calefacción por suelo radiante, ambos depósitos permanecerán conectados con la red de agua fría.

### **9.4. FUNCIONAMIENTO GLOBAL DEL CIRCUITO.**

La instalación estará formada por un circuito primario compuesto por los ocho colectores solares necesarios para cubrir las demandas energéticas requeridas, estos colectores estarán ubicados en el tejado de la vivienda orientados hacia el sur con la propia inclinación del tejado de 25°. Se empleará una estructura coplanar para su fijación. En esta parte del circuito circulará el fluido caloportador que consistirá en una mezcla al 45% de propilenglicol y agua, el circulamiento de este fluido se activará mediante una bomba de circulación ubicada en el circuito primario, posteriormente desembocará en una válvula de tres vías para pasar a los dos depósitos con serpentín independientes para ACS y calefacción por suelo radiante.

Estos depósitos almacenan el agua, calentándola mediante los serpentines (que hacen la función de intercambiador de calor) a través de los que circula el fluido caloportador. Ambos circuitos estarán apoyados cuando sea necesario por la fuente de calor convencional en este caso aerotermia si no se llegara a las temperaturas demandadas para el funcionamiento. Se instalarán otras dos bombas de recirculación en cada uno de los circuitos secundarios para facilitar el funcionamiento en la instalación.

### **9.5. AEROTERMIA.**

Como se ha comentado previamente en este proyecto, se ha valorado utilizar la aerotermia como fuente de calor convencional. Se elegirá emplear una bomba de calor aire-agua. El funcionamiento depende esencialmente de la bomba de calor que será capaz de extraer calor del aire exterior, obteniendo un aumento de temperatura y transfiriéndolo posteriormente a nuestros circuitos de calefacción por suelo radiante y ACS.

Tratando de comprender los beneficios que emplear la aerotermia conlleva, los proveedores hacen hincapié en el COP de este tipo de instalación, el rendimiento de estas bombas de calor está situado en torno a 4, es decir consume 1KW por cada 4KW que genera.

Algunas ventajas de utilizar una bomba de calor de aerotermia que han impulsado para elegirla como una opción viable para este proyecto son:

- Buena integración con sistemas de energía solar, tanto térmica como fotovoltaica.
- Producción de calefacción y ACS, simultáneamente.
- Rendimiento elevado.
- Este tipo de bombas de calor, permiten trabajar con las temperaturas demandadas para suelo radiante.
- Bajo nivel de sonoridad, equiparable al ruido de un frigorífico.

De acuerdo con los requisitos de la instalación se ha decidido elegir el equipo de aerotermia Estía Sigma 60° 8KW Monofásica de Toshiba. Su potencia será suficiente para lo que demanda nuestra instalación. Sus características técnicas se adjuntan en el anexo 14 de este proyecto.

## **9.6. SISTEMA DE CONTROL Y MONITORIZACIÓN.**

El objetivo principal de este componente en nuestra instalación será controlar y facilitar el rendimiento de instalación, estando al cargo de evitar condiciones desfavorables de funcionamiento, abarca tanto el funcionamiento del circuito primario como el secundario, además estará al cargo de la protección frente sobrecalentamientos o heladas.

Estos sistemas de control incorporan un dispositivo electrónico (módulo de control diferencial) que comparará las temperaturas de los captadores solares con la temperatura de acumulación.

Para estas funciones, se ha seleccionado la centralita solar delta unit plus de ferroli que puede cumplir con todas las demandas establecida. Se adjuntan las características técnicas en el Anexo 14.

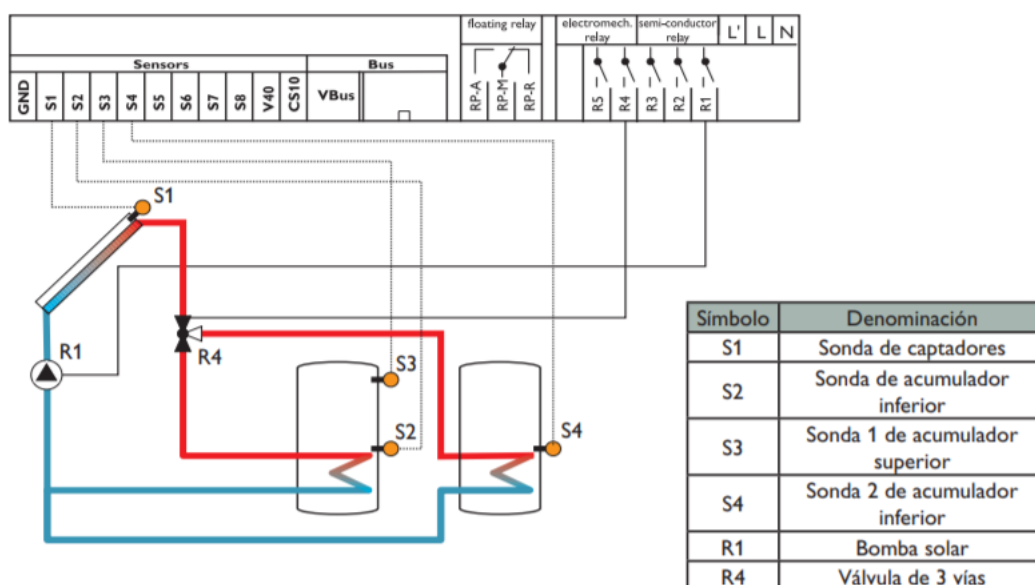


Figura 24: Esquema básico de conexionado de la instalación

Tener en cuenta que habría que añadir otras salidas de relé para las bombas de circulación de los circuitos secundarios de producción de ACS y calefacción por suelo radiante.

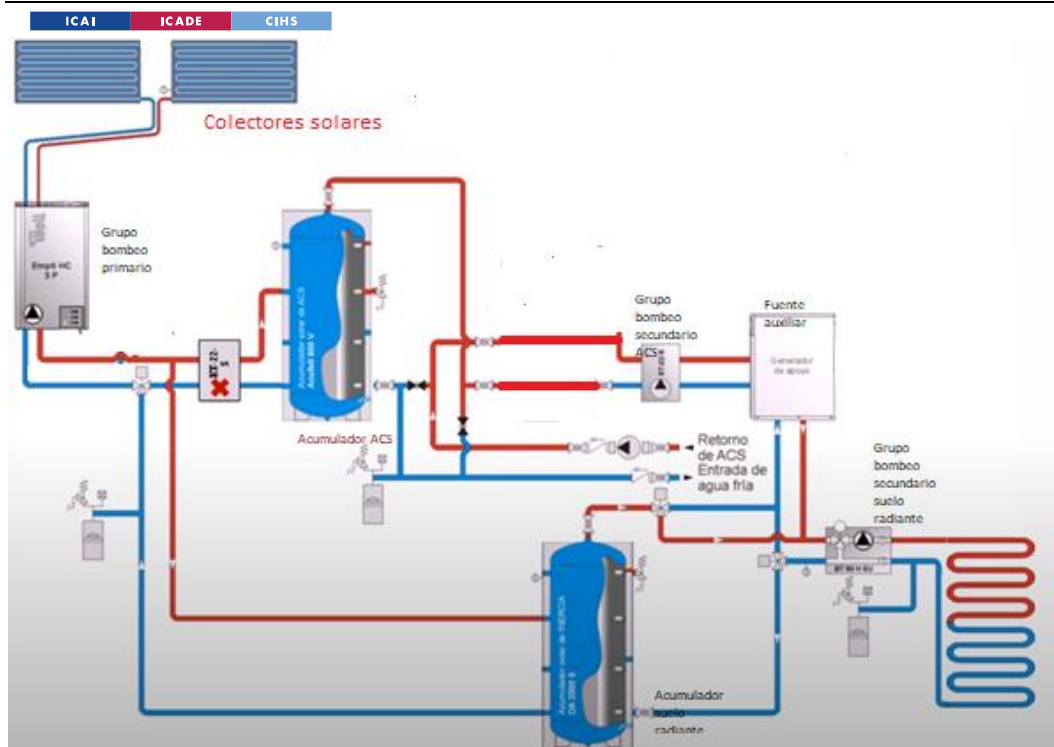


Figura 25: Esquema resumen de funcionamiento (JavierPonce)

## CAPÍTULO 10. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA.

### 10.1. ANÁLISIS TÉCNICO DE LA INSTALACIÓN ACS.

Se ha seguido el método F-Chart tanto para el cálculo de la instalación de ACS como para la de calefacción por suelo radiante.

A continuación, se adjuntan las tablas del Excel utilizado para el cálculo de producción de ACS por medio de energía solar.

#### DATOS GEOGRÁFICOS Y CLIMATOLÓGICOS

|                                                 |                                |
|-------------------------------------------------|--------------------------------|
| Provincia:                                      | cuenca                         |
| Latitud de cálculo:                             | 40,08                          |
| Latitud [°/min.]:                               | 40,05                          |
| Altitud [m]:                                    | 949,00                         |
| Humedad relativa media [%]:                     | 52,00                          |
| Velocidad media del viento [Km/h]:              | 8,00                           |
| Temperatura máxima en verano [°C]:              | 33,00                          |
| Temperatura mínima en invierno [°C]:            | -7,00                          |
| Variación diurna:                               | 18,00                          |
| Grados-día. Temperatura base 15/15 (UNE 24046): | 1521 (Periodo Noviembre/Marzo) |
| Grados-día. Temperatura base 15/15 (UNE 24046): | 1828 (Todo el año)             |

| Meses                     | Enero | Febrero | Marzo  | Abril  | Mayo   | Junio  | Julio  | Agosto | Sept.  | Oct.   | Nov.  | Dic.  | Anual  |
|---------------------------|-------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|
| Tª. media ambiente [°C]:  | 3,10  | 4,20    | 7,30   | 10,00  | 13,30  | 18,10  | 21,90  | 21,40  | 18,00  | 12,00  | 7,20  | 4,10  | 11,7   |
| Tª. media agua red [°C]:  | 9,0   | 10,2    | 11,4   | 12,6   | 13,8   | 15,0   | 16,2   | 15,0   | 13,8   | 12,6   | 11,4  | 10,2  | 12,6   |
| Rad. horiz. [kJ/m²/día]:  | 6.040 | 9.212   | 11.800 | 15.266 | 18.680 | 20.928 | 23.788 | 21.468 | 15.982 | 11.076 | 6.394 | 4.968 | 13.800 |
| Rad. inclin. [kJ/m²/día]: | 8.955 | 12.373  | 13.854 | 16.000 | 18.192 | 19.665 | 22.652 | 21.931 | 18.205 | 12.879 | 9.075 | 7.433 | 15.101 |

Tabla 20: Datos necesarios para el cálculo de la demanda energética

#### DATOS RELATIVOS AL SISTEMA

|                                                                            |                                               |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Curva de rendimiento del colector: $r = 0,753 - 3,168 * (t_e - t_a) / I_t$ |                                               |
| $t_e$ :                                                                    | Temperatura de entrada del fluido al colector |
| $t_a$ :                                                                    | Temperatura media ambiente                    |
| $I_t$ :                                                                    | Radiación en [W/m²]                           |
| Factor de eficiencia del colector:                                         | 0,753                                         |
| Coefficiente global de pérdida [W/(m²·°C)]:                                | 3,168                                         |
| Volumen de acumulación [L/m²]:                                             | 61                                            |
| Caudal en circuito primario [(L/h)/m²] - [(Kg/h)/m²]:                      | 50                                            |
| Caudal en circuito secundario [(L/h)/m²] - [(Kg/h)/m²]:                    | 46                                            |
| Calor específico en circuito primario [Kcal/(Kg·°C)]:                      | 0,9                                           |
| Calor específico en circuito secundario [Kcal/(Kg·°C)]:                    | 1                                             |
| Eficiencia del intercambiador:                                             | 0,8                                           |

Tabla 21: Datos relativos al sistema

### DATOS RELATIVOS A LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS

|                                             |       |         |       |       |      |       |       |        |       |      |      |      |       |
|---------------------------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|-------|------|------|------|-------|
| Número de ocupantes:                        |       |         |       |       |      |       |       |        |       |      |      |      | 4     |
| Consumo por ocupante [L/día]:               |       |         |       |       |      |       |       |        |       |      |      |      | 30    |
| Consumo de agua a máxima ocupación [L/día]: |       |         |       |       |      |       |       |        |       |      |      |      | 120   |
| Temperatura de utilización [°C]:            |       |         |       |       |      |       |       |        |       |      |      |      | 60    |
| Meses                                       | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Sept. | Oct. | Nov. | Dic. | Anual |
| % de ocupación:                             | 100   | 100     | 100   | 100   | 100  | 100   | 100   | 100    | 100   | 100  | 100  | 100  | 100   |

Tabla 22: Datos relativos a las necesidades energéticas

### CÁLCULO ENERGÉTICO

|                         |       |         |       |       |      |       |       |        |       |      |      |      |       |
|-------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|-------|------|------|------|-------|
| Meses                   | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Sept. | Oct. | Nov. | Dic. | Anual |
| Consumo de agua [m³]:   | 3,7   | 3,4     | 3,7   | 3,6   | 3,7  | 3,6   | 3,7   | 3,7    | 3,6   | 3,7  | 3,6  | 3,7  | 43,8  |
| Incremento Tª. [°C]:    | 51,0  | 49,8    | 48,6  | 47,4  | 46,2 | 45,0  | 43,8  | 45,0   | 46,2  | 47,4 | 48,6 | 49,8 |       |
| Ener. Nec. [Kcal-1000]: | 190   | 167     | 181   | 171   | 172  | 162   | 163   | 167    | 166   | 176  | 175  | 185  | 2.076 |

Tabla 23: Energía necesaria partiendo de la ecuación anterior

### DATOS DE SALIDA

|                         |  |                             |         |       |       |      |       |       |        |                             |      |              |      |       |
|-------------------------|--|-----------------------------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|-----------------------------|------|--------------|------|-------|
|                         |  | Número de colectores:       |         | 1     |       |      |       |       |        |                             |      |              |      |       |
|                         |  | Area colectores [m²]:       |         | 2,47  |       | 1235 |       |       |        | Relación entre volumen/area |      |              |      |       |
|                         |  | Inclinación [°]:            |         | 25    |       |      |       |       |        |                             |      |              |      |       |
|                         |  | Volumen de acumulación [L]: |         | 150   |       |      |       |       |        | 60,7287                     |      | entre 50 y80 |      |       |
| Meses                   |  | Enero                       | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Sept.                       | Oct. | Nov.         | Dic. | Anual |
| Ener. Nec. [Kcal-1000]: |  | 190                         | 167     | 181   | 171   | 172  | 162   | 163   | 167    | 166                         | 176  | 175          | 185  | 2.076 |
| Ahorros [Kcal-1000]:    |  | 69                          | 90      | 112   | 123   | 141  | 145   | 163   | 164    | 140                         | 105  | 68           | 53   | 1.374 |
| Ahorros [%]:            |  | 36,6                        | 53,8    | 61,8  | 72,2  | 82,2 | 89,7  | 100,0 | 98,1   | 84,0                        | 59,5 | 38,7         | 28,7 | 66,2  |

Tabla 24: Datos de salida

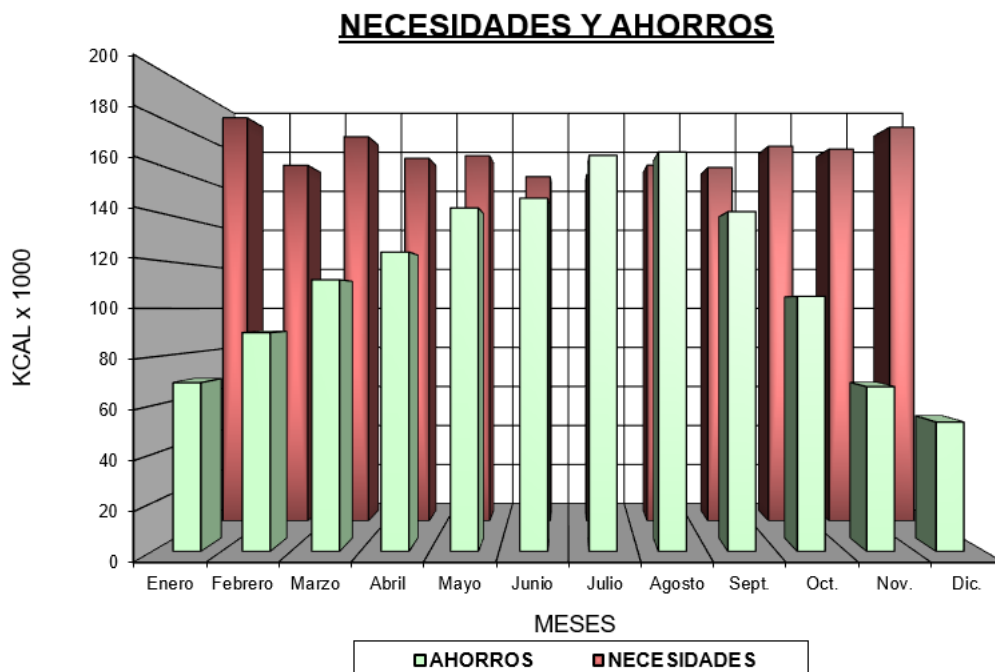


Figura 26: Ahorros frente a necesidades ACS

Como se aprecia en el gráfico anterior, no se obtiene porcentaje de ahorro del 100% durante 3 meses consecutivos, también se cumple la restricción entre volumen y área de captación de los colectores. Por otro lado, se obtiene un ahorro del 66,2% anual dentro de los valores que esperamos y cumpliendo con la contribución solar mínima necesaria.

## 10.2. ANÁLISIS TÉCNICO DE LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE.

Se utilizó el método F-Chart mencionado anteriormente. Se adjuntan las tablas del Excel utilizado para el cálculo de producción de calefacción por suelo radiante por medio de energía solar.

### DATOS GEOGRÁFICOS Y CLIMATOLÓGICOS

|                           |       |         |        |        |        |        |        |        |        |        |       |       |        |                                                 |                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------|-------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------------------------------------------------|--------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|                           |       |         |        |        |        |        |        |        |        |        |       |       |        | Provincia:                                      | cuenca                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                           |       |         |        |        |        |        |        |        |        |        |       |       |        | Latitud de cálculo:                             | 40,08                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                           |       |         |        |        |        |        |        |        |        |        |       |       |        | Latitud [°/min.]:                               | 40,05                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                           |       |         |        |        |        |        |        |        |        |        |       |       |        | Altitud [m]:                                    | 949,00                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                           |       |         |        |        |        |        |        |        |        |        |       |       |        | Humedad relativa media [%]:                     | 52,00                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                           |       |         |        |        |        |        |        |        |        |        |       |       |        | Velocidad media del viento [Km/h]:              | 8,00                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                           |       |         |        |        |        |        |        |        |        |        |       |       |        | Temperatura máxima en verano [°C]:              | 33,00                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                           |       |         |        |        |        |        |        |        |        |        |       |       |        | Temperatura mínima en invierno [°C]:            | -7,00                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                           |       |         |        |        |        |        |        |        |        |        |       |       |        | Variación diurna:                               | 18,00                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                           |       |         |        |        |        |        |        |        |        |        |       |       |        | Grados-día. Temperatura base 15/15 (UNE 24046): | 1521 (Periodo Noviembre/Marzo) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                           |       |         |        |        |        |        |        |        |        |        |       |       |        | Grados-día. Temperatura base 15/15 (UNE 24046): | 1828 (Todo el año)             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Meses                     | Enero | Febrero | Marzo  | Abril  | Mayo   | Junio  | Julio  | Agosto | Sept.  | Oct.   | Nov.  | Dic.  | Anual  |                                                 |                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tª. media ambiente [°C]:  | 3,10  | 4,20    | 7,30   | 10,00  | 13,30  | 18,10  | 21,90  | 21,40  | 18,00  | 12,00  | 7,20  | 4,10  | 7,1    |                                                 |                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tª. media agua red [°C]:  | 9,0   | 10,2    | 11,4   | 12,6   | 13,8   | 15,0   | 16,2   | 15,0   | 13,8   | 12,6   | 11,4  | 10,2  | 12,6   |                                                 |                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Rad. horiz. [kJ/m²/día]:  | 6.040 | 9.212   | 11.800 | 15.266 | 18.680 | 20.928 | 23.788 | 21.468 | 15.982 | 11.076 | 6.394 | 4.968 | 13.800 |                                                 |                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Rad. inclin. [kJ/m²/día]: | 8.955 | 12.373  | 13.854 | 16.000 | 18.192 | 19.665 | 22.652 | 21.931 | 18.205 | 12.879 | 9.075 | 7.433 | 15.101 |                                                 |                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Tabla 25: Datos geográficos y climatológicos

### DATOS RELATIVOS A LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS

|                                                  |       |         |       |       |      |       |       |        |       |      |      |      |       |
|--------------------------------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|-------|------|------|------|-------|
| Superficie a calefactar [m <sup>2</sup> ]:       |       |         |       |       |      |       |       |        |       |      |      |      | 148   |
| Temperatura interior del local [°C]:             |       |         |       |       |      |       |       |        |       |      |      |      | 20    |
| Temperatura de utilización [°C]:                 |       |         |       |       |      |       |       |        |       |      |      |      | 35    |
| KG según CT-79 [Kcal/(h · m <sup>2</sup> · °C)]: |       |         |       |       |      |       |       |        |       |      |      |      | 0,68  |
| Meses                                            | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Sept. | Oct. | Nov. | Dic. | Anual |
| % de ocupación:                                  | 100   | 100     | 100   | 100   | 100  | 0     | 0     | 0      | 0     | 100  | 100  | 100  | 67    |

Tabla 26: Datos relativos a las necesidades energéticas

### DATOS RELATIVOS AL SISTEMA

Curva de rendimiento del colector:  $r = 0,753 - 3,168 \cdot (t_e - t_a) / I_t$

|         |                                               |
|---------|-----------------------------------------------|
| $t_e$ : | Temperatura de entrada del fluido al colector |
| $t_a$ : | Temperatura media ambiente                    |
| $I_t$ : | Radiación en [W/m²]                           |

|                                                         |       |
|---------------------------------------------------------|-------|
| Factor de eficiencia del colector:                      | 0,753 |
| Coefficiente global de pérdida [W/(m²·°C)]:             | 3,168 |
| Volumen de acumulación [L/m²]:                          | 46    |
| Caudal en circuito primario [(L/h)/m²] - [(Kg/h)/m²]:   | 50    |
| Caudal en circuito secundario [(L/h)/m²] - [(Kg/h)/m²]: | 46    |
| Calor específico en circuito primario [Kcal/(Kg·°C)]:   | 0,9   |
| Calor específico en circuito secundario [Kcal/(Kg·°C)]: | 1     |
| Eficiencia del intercambiador:                          | 0,95  |

Tabla 27: Datos relativos al sistema

### CÁLCULO ENERGÉTICO

|                         |       |         |       |       |       |       |       |        |       |       |       |       |        |
|-------------------------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Meses                   | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo  | Junio | Julio | Agosto | Sept. | Oct.  | Nov.  | Dic.  | Anual  |
| Grados-día [°C]:        | 461,9 | 386,4   | 331,7 | 240,0 | 145,7 | 0,0   | 0,0   | 0,0    | 0,0   | 186,0 | 324,0 | 430,9 | 2506,6 |
| Ener. Nec. [Kcal/1000]: | 3.336 | 2.790   | 2.395 | 1.733 | 1.052 | 0     | 0     | 0      | 0     | 1.343 | 2.340 | 3.112 | 18.101 |

Tabla 28: Cálculo energético

### DATOS DE SALIDA

|                                             |       |         |       |       |       |       |       |        |       |       |       |       |        |
|---------------------------------------------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                                             |       |         |       |       |       |       |       |        |       |       |       |       |        |
| Número de colectores: 7                     |       |         |       |       |       |       |       |        |       |       |       |       |        |
| Área colectores [m²]: 17,29                 |       |         |       |       |       |       |       |        |       |       |       |       |        |
| Inclinación [°]: 25                         |       |         |       |       |       |       |       |        |       |       |       |       |        |
| Volumen de acumulación [L]: 800 46,26951995 |       |         |       |       |       |       |       |        |       |       |       |       |        |
| Meses                                       | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo  | Junio | Julio | Agosto | Sept. | Oct.  | Nov.  | Dic.  | Anual  |
| Ener. Nec. [Kcal·1000]:                     | 3.336 | 2.790   | 2.395 | 1.733 | 1.052 | 0     | 0     | 0      | 0     | 1.343 | 2.340 | 3.112 | 18.101 |
| Ahorros [Kcal·1000]:                        | 601   | 786     | 960   | 1.019 | 986   | 0     | 0     | 0      | 0     | 809   | 576   | 464   | 6.201  |
| Ahorros [%]:                                | 18,0  | 28,2    | 40,1  | 58,8  | 93,7  | 100,0 | 100,0 | 100,0  | 100,0 | 60,2  | 24,6  | 14,9  | 34,3   |

Tabla 29: Datos de salida

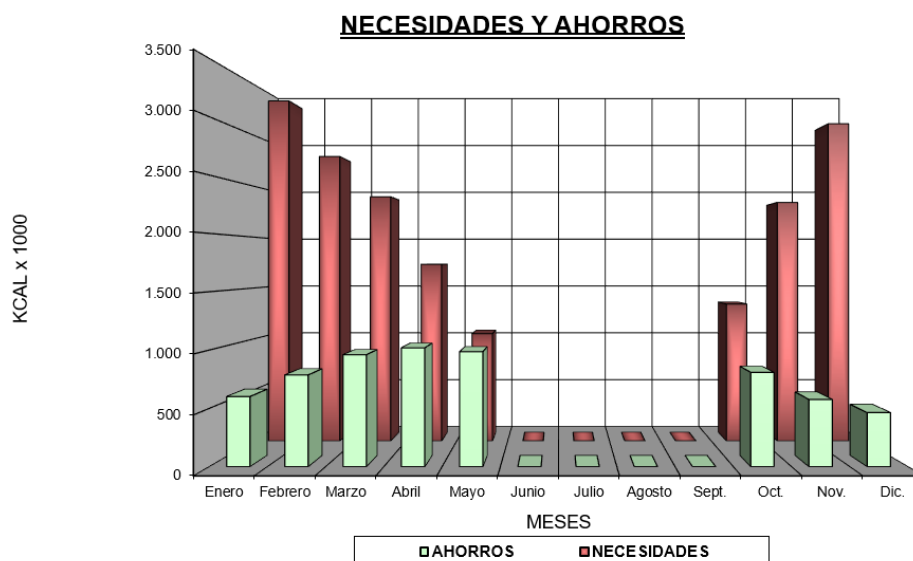


Figura 27: Ahorros frente a necesidades calefacción suelo radiante

Se estima un ahorro de calefacción del 34,3% de acuerdo con lo esperado.

### 10.3. RENDIMIENTO GLOBAL DE LA INSTALACIÓN.

A continuación, se adjunta una tabla donde figura el rendimiento global estimado de la instalación.

|                    | ICAI   | ICADE  | CIHS   |        |        |        |         |        |        |        |        |        |        |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Necesidades acs    | 190    | 167    | 181    | 171    | 172    | 162    | 163     | 167    | 166    | 176    | 175    | 185    | 2.076  |
| Apote acs          | 69     | 90     | 112    | 123    | 141    | 145    | 163     | 164    | 140    | 105    | 68     | 53     | 1.374  |
| Aporte total       | 671    | 876    | 1.072  | 1.142  | 1.127  | 145    | 163     | 164    | 140    | 914    | 644    | 517    | 7.575  |
| Necesidad total    | 3.525  | 2.958  | 2.576  | 1.904  | 1.224  | 162    | 163     | 167    | 166    | 1.520  | 2.515  | 3.297  | 20.177 |
| Rendimiento global | 19,03% | 29,63% | 41,60% | 59,97% | 92,09% | 89,70% | 100,00% | 98,14% | 84,05% | 60,12% | 25,61% | 15,69% | 37,54% |

Tabla 30: Rendimiento global de la instalación

El rendimiento de la instalación supondría un ahorro total anual del 37,54%, entre producción de ACS y calefacción por suelo radiante.

## 10.4 ANÁLISIS ECONÓMICO GLOBAL DE LA INSTALACIÓN.

### 10.4.1. Importe de la energía demandada de la vivienda por calefacción y ACS.

Se tomarán los valores de las facturas de vivienda.

| Mes        | Consumo |
|------------|---------|
| Enero      | 407,5   |
| Febrero    | 407,5   |
| Marzo      | 237,8   |
| Abril      | 237,8   |
| Mayo       | 96      |
| Junio      | 96      |
| Julio      | 68,33   |
| Agosto     | 68,33   |
| Septiembre | 23,65   |
| Octubre    | 23,65   |
| Noviembre  | 207,1   |
| Diciembre  | 207,1   |
|            | 2080,76 |

Tabla 31: Consumo mensual de la vivienda en euros

| Consumo (KWhh/mes) |        |
|--------------------|--------|
| Enero              | 5179   |
| Febrero            | 5179   |
| Marzo              | 3090,5 |
| Abril              | 3090,5 |
| Mayo               | 1067,5 |
| Junio              | 1067,5 |
| Julio              | 60,5   |
| Agosto             | 60,5   |
| Septiembre         | 81     |
| Octubre            | 81     |
| Noviembre          | 2634   |
| Diciembre          | 2634   |

Tabla 32: Consumo de gas de la vivienda

De acuerdo con la estimación realizada en el análisis técnico se estima un ahorro del 37,54% del total estas facturas.

#### 10.4.2. Análisis financiero y rentabilidad de inversión.

En este apartado se van a analizar los costes y beneficios de llevar a cabo el proyecto, el período seleccionado para hacer el análisis es de 25 años dado que, es la cifra que se ha utilizado para el análisis de la parte fotovoltaica.

Cuenta de pérdidas y ganancias:

En primer lugar, se ha elaborado un presupuesto para llevar a cabo todas las tareas que demanda la instalación. Se instalarán 8 colectores solares en paralelo, la instalación contará con dos acumuladores con serpentín de 150L y 800L para ACS y calefacción por suelo radiante respectivamente, un sistema de control para el correcto funcionamiento de la instalación además de un sistema de aerotermia de apoyo. El resto de los componentes como válvulas, vasos de expansión, tuberías etc, se han establecido sus importes de acuerdo con lo necesario para una instalación tipo en una vivienda unifamiliar pues no se ha entrado en detalle en sus cálculos. Además, está fuera de estudio el coste que supondría instalar el suelo radiante, considerando que la vivienda ya cuenta en la actualidad con este tipo de sistema.

También se ha estimado el coste de la mano de obra por realizar la instalación.

| Concepto                                                                       | Descripción                      | Cantidad | Precio unitario | Importe Inicial |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------|-----------------|-----------------|
| Colectores                                                                     | Ecotop VHM N                     | 8        | 355,3           | 2.842 €         |
| Depósito Lapesa                                                                | CV-150-M1S                       | 1        | 534,34          | 534 €           |
| Depósito Lapesa                                                                | GX6 P 800                        | 1        | 2083            | 2.083 €         |
| Bombas de circulación                                                          | ALPHA 1L 25-60 180 de Grundfos   | 3        | 155             | 465 €           |
| Otros componentes (válvulas, vasos de expansión purgadores y desaireadores...) |                                  | 1        | 150             | 150 €           |
| Tuberías                                                                       |                                  | 1        | 700             | 700 €           |
| Aerotermia                                                                     | Estia SIGMA Toshiba              | 1        | 5245            | 5.245 €         |
| Estructura Soporte                                                             |                                  | 1        | 442,38          | 442 €           |
| Obra                                                                           |                                  | 1        | 2000            | 2.000 €         |
| Sistema de control                                                             | Centralita solar delta unit plus | 1        | 840             | 840 €           |
| <b>Total</b>                                                                   | <b>Inversión inicial</b>         |          |                 | <b>15.302 €</b> |

Tabla 33: Inversión inicial

La inversión o capital inicial asciende a 15302 €, importe que se tendrá en cuenta para el cálculo de los ratios financieros.

Se han adoptado las siguientes hipótesis tanto en la inversión inicial como en el apartado de gastos e ingresos:

- Se ha considerado para llevar la obra a cabo serán necesarias 2 personas, cada una de ellas trabajará en la instalación 50 horas, con un coste total de 2000€.
- Se ha considerado una reducción como condición de instaladores en todos los costes del 30%.
- Se han reservado unos gastos de 100€ anuales en concepto de revisión y tareas de mantenimiento.
- Se considerará como ingresos un 47,4% de la energía total demandada por la vivienda durante el año 2019 dado que, es la parte estimada que se espera cubrir con la instalación. Correspondiendo el porcentaje a un 37,4% que aporta la energía solar térmica y la calefacción por suelo radiante, además se ha tomado un ahorro estimado del 10% al incorporar la bomba de calor de aerotermia.
- Se ha considerado una variación anual del IPC del 1,9%, tanto en los apartados de gastos como en el de ingresos (por tratarse de un ahorro).
- Se ha escogido un coste de capital del 4,05%
- Se ha considerado estable tanto la estimación de la producción como la estimación de consumo durante los 25 años.

|                                              | ICAI | ICADE           | CIHS           |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
|----------------------------------------------|------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                                              |      | Año 0 (I0)      | Año 1          | Año 2          | Año 3          | Año 4          | Año 5          | Año 6          | Año 7          | Año 8          | Año 9          | Año 10         |
| Gastos                                       |      |                 |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| Inversión inicial                            |      | 15 302 €        |                | - €            | - €            | - €            | - €            | - €            | - €            | - €            | - €            | - €            |
| Inversión inicial (descuento instalador 30%) |      | 10 711 €        |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| Tareas de mantenimiento/Recambios            |      | 100 €           | 102 €          | 104 €          | 106 €          | 108 €          | 110 €          | 112 €          | 114 €          | 116 €          | 118 €          | 121 €          |
| <b>Total Gastos</b>                          |      | <b>10.811 €</b> | <b>102</b>     | <b>104 €</b>   | <b>106 €</b>   | <b>108 €</b>   | <b>110 €</b>   | <b>112 €</b>   | <b>114 €</b>   | <b>116 €</b>   | <b>118 €</b>   | <b>121 €</b>   |
|                                              |      | Año 0 (I0)      | Año 1          | Año 2          | Año 3          | Año 4          | Año 5          |                |                |                |                |                |
| Ingresos                                     |      |                 |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| Energía producida                            |      | 986 €           | 1005           | 1 024 €        | 1043           | 1 063 €        | 1083           | 1 104 €        | 1125           | 1 146 €        | 1168           | 1 190 €        |
| <b>Total Ingresos(Producida+IVA)</b>         |      | <b>1.193 €</b>  | <b>1.216 €</b> | <b>1.239 €</b> | <b>1.262 €</b> | <b>1.286 €</b> | <b>1.311 €</b> | <b>1.336 €</b> | <b>1.361 €</b> | <b>1.387 €</b> | <b>1.413 €</b> | <b>1.440 €</b> |
|                                              |      |                 |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| PyG                                          | -    | 9 619 €         | 1 114 €        | 1 135 €        | 1 156 €        | 1 178 €        | 1 201 €        | 1 224 €        | 1 247 €        | 1 271 €        | 1 295 €        | 1 319 €        |

Tabla 34: Cuenta de pérdidas y ganancias (años 1-10)

| Año 11         | Año 12         | Año 13         | Año 14         | Año 15         | Año 16         | Año 17         | Año 18         | Año 19         | Año 20         | Año 21         | Año 22         | Año 23         | Año 24         | Año 25         |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| - €            | - €            | - €            | - €            | - €            | - €            | - €            | - €            | - €            | - €            | - €            | - €            | - €            | - €            | - €            |
| 123 €          | 125 €          | 128 €          | 130 €          | 133 €          | 135 €          | 138 €          | 140 €          | 143 €          | 146 €          | 148 €          | 151 €          | 154 €          | 157 €          | 160 €          |
| <b>123 €</b>   | <b>125 €</b>   | <b>128 €</b>   | <b>130 €</b>   | <b>133 €</b>   | <b>135 €</b>   | <b>138 €</b>   | <b>140 €</b>   | <b>143 €</b>   | <b>146 €</b>   | <b>148 €</b>   | <b>151 €</b>   | <b>154 €</b>   | <b>157 €</b>   | <b>160 €</b>   |
| 1213           | 1.236 €        | 1259           | 1.283 €        | 1308           | 1.332 €        | 1358           | 1.383 €        | 1410           | 1.437 €        | 1464           | 1.492 €        | 1520           | 1.549 €        | 1578           |
| <b>1.467 €</b> | <b>1.495 €</b> | <b>1.524 €</b> | <b>1.553 €</b> | <b>1.582 €</b> | <b>1.612 €</b> | <b>1.643 €</b> | <b>1.674 €</b> | <b>1.706 €</b> | <b>1.738 €</b> | <b>1.771 €</b> | <b>1.805 €</b> | <b>1.839 €</b> | <b>1.874 €</b> | <b>1.910 €</b> |
| 1.344 €        | 1.370 €        | 1.396 €        | 1.422 €        | 1.450 €        | 1.477 €        | 1.505 €        | 1.534 €        | 1.563 €        | 1.593 €        | 1.623 €        | 1.654 €        | 1.685 €        | 1.717 €        | 1.750 €        |

Tabla 35: Cuenta de pérdidas y ganancias (años 11-25)

Valoraciones de los ratios:

En primer lugar, se adjuntan las siguientes tablas para simplificar la explicación.

#### Cash Flow y Ratios

|                        |         |                                                                                              |
|------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| I0 (Inversión Inicial) | 9.619 € | A la inversión inicial se le han restado los beneficios del primer año como punto de partida |
| K (Coste del Capital)  | 4,05%   | Coste de capital constante del 4,05%                                                         |
| Número de años         | 25      |                                                                                              |

Tabla 36: Consideraciones iniciales térmica

| <i>r</i> | <i>Cash Flow</i> | <i>Cash Flow</i><br>(descontando coste capital) | <i>Sumatoria</i> | <i>Diferencia</i> |
|----------|------------------|-------------------------------------------------|------------------|-------------------|
| 0        | - 9.618,52 €     | - 9.618,52 €                                    |                  |                   |
| 1        | 1.113,73 €       | 1.113,73 €                                      | 1.113,73 €       | 8.504,79 €        |
| 2        | 1.134,89 €       | 1.134,89 €                                      | 2.248,62 €       | 7.369,90 €        |
| 3        | 1.156,45 €       | 1.026,60 €                                      | 3.275,22 €       | 6.343,30 €        |
| 4        | 1.178,43 €       | 1.005,39 €                                      | 4.280,61 €       | 5.337,91 €        |
| 5        | 1.200,82 €       | 984,61 €                                        | 5.265,22 €       | 4.353,30 €        |
| 6        | 1.223,63 €       | 964,27 €                                        | 6.229,49 €       | 3.389,03 €        |
| 7        | 1.246,88 €       | 944,34 €                                        | 7.173,84 €       | 2.444,68 €        |
| 8        | 1.270,57 €       | 924,83 €                                        | 8.098,67 €       | 1.519,85 €        |
| 9        | 1.294,71 €       | 905,72 €                                        | 9.004,39 €       | 614,13 €          |
| 10       | 1.319,31 €       | 887,01 €                                        | 9.891,39 €       | -272,87 €         |
| 11       | 1.344,38 €       | 868,68 €                                        | 10.760,07 €      | -1.141,55 €       |
| 12       | 1.369,92 €       | 850,73 €                                        | 11.610,80 €      | -1.992,28 €       |
| 13       | 1.395,95 €       | 833,15 €                                        | 12.443,95 €      | -2.825,43 €       |
| 14       | 1.422,47 €       | 815,93 €                                        | 13.259,88 €      | -3.641,36 €       |
| 15       | 1.449,50 €       | 799,07 €                                        | 14.058,96 €      | -4.440,44 €       |
| 16       | 1.477,04 €       | 782,56 €                                        | 14.841,52 €      | -5.223,00 €       |
| 17       | 1.505,10 €       | 766,39 €                                        | 15.607,91 €      | -5.989,39 €       |
| 18       | 1.533,70 €       | 750,56 €                                        | 16.358,47 €      | -6.739,95 €       |
| 19       | 1.562,84 €       | 735,05 €                                        | 17.093,52 €      | -7.475,00 €       |
| 20       | 1.592,54 €       | 719,86 €                                        | 17.813,38 €      | -8.194,85 €       |
| 21       | 1.622,79 €       | 704,98 €                                        | 18.518,36 €      | -8.899,84 €       |
| 22       | 1.653,63 €       | 690,42 €                                        | 19.208,78 €      | -9.590,26 €       |
| 23       | 1.685,05 €       | 676,15 €                                        | 19.884,93 €      | -10.266,41 €      |
| 24       | 1.717,06 €       | 662,18 €                                        | 20.547,11 €      | -10.928,59 €      |
| 25       | 1.749,69 €       | 648,50 €                                        | 21.195,61 €      | -11.577,08 €      |

Tabla 37: Cash-flow térmica

| <i>PAY-BACK EN:</i>             |             |             |                                    |             |                |                                  |             |              |
|---------------------------------|-------------|-------------|------------------------------------|-------------|----------------|----------------------------------|-------------|--------------|
| <i>días</i><br><i>completos</i> | <i>años</i> | <i>días</i> | <i>semanas</i><br><i>completas</i> | <i>años</i> | <i>semanas</i> | <i>meses</i><br><i>completos</i> | <i>años</i> | <i>meses</i> |
| -                               | -           | -           | -                                  | -           | -              | -                                | -           | -            |
| -                               | -           | -           | -                                  | -           | -              | -                                | -           | -            |
| -                               | -           | -           | -                                  | -           | -              | -                                | -           | -            |
| -                               | -           | -           | -                                  | -           | -              | -                                | -           | -            |
| 3537,71335                      | 9           | 252,713348  | 504,002998                         | 9           | 36,0029976     | 116,308384                       | 9           | 8,30838405   |

Tabla 38: Pay-back térmica

Se trata de conocer el VAN, TIR y Pay-BACK (período de recuperación) de una inversión con un desembolso de 9619€ (se han considerado beneficios desde la inversión inicial).

Se dirá que una actuación de inversión es económicamente rentable si su VAN es positivo, esto quiere decir que la valoración de los cash-flows actualizados originados por el proyecto es superior a la inversión realizada. En cuanto a la TIR, se dirá que un proyecto de inversión es aceptable cuando la TIR obtenida sea superior a la tasa de descuento.

|                |         |
|----------------|---------|
| PayBack (años) | 9,7     |
| VAN            | 3.993 € |
| TIR            | 8,3%    |

Tabla 39: VAN, TIR y Payback

Resultado: como se ve la inversión se recupera en 9 años y 252 días (9,7 años), con un valor actual neto de 3993€ y una Tasa Interna de Retorno del 8,3% superior a la tasa de descuento del 4,05%, por lo que se considera un proyecto rentable.

## CAPÍTULO 11. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub>.

En este capítulo se analizarán la reducción de emisiones con cada una de las instalaciones del proyecto.

### 11.1. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA.

De acuerdo con la tabla 8 (Producción diaria, mensual y anual estimada) de este proyecto, se ha fijado el consumo anual de la vivienda en 3604Kw.

El IDAE nos proporciona la siguiente tabla para poder estimar la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>:

| Combustible                 | kg CO <sub>2</sub><br>/ kWh E. Final | kWh E. Primaria<br>/ kWh E. Final |
|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Electricidad                | 0,357                                | 2,403                             |
| Gasóleo calefacción         | 0,311                                | 1,182                             |
| GLP                         | 0,254                                | 1,204                             |
| Gas Natural                 | 0,252                                | 1,195                             |
| Carbón                      | 0,472                                | 1,084                             |
| Biomasa no densificada      | 0,018                                | 1,037                             |
| Biomasa densificada (peles) | 0,018                                | 1,113                             |

Tabla 40: Factores de paso a emisiones

Las emisiones totales de la instalación eléctrica de la vivienda son:

$$3604 \times 0,357 = 1286,63 \text{ Kg CO}_2$$

De acuerdo con el balance entre energía consumida frente a producida que se adjunta en la tabla 9 de este proyecto, se estima un ahorro en la instalación solar fotovoltaica de 3302 Kw anuales:

$$3302 \times 0,357 = 1178,8 \text{ Kg CO}_2 \text{ Reducidos}$$

Esto supone una reducción muy significativa en las emisiones de CO<sub>2</sub> que se corresponde directamente con el ahorro en el consumo de energía eléctrica de la red de distribución.

## **11.2. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA CON APOYO DE AEROTERMIA.**

Del mismo modo atendiendo a la tabla 34 podemos calcular las reducciones en emisiones de CO<sub>2</sub> gracias a la instalación térmica con apoyo de aerotermia.

Las emisiones totales de la instalación eléctrica de la vivienda son:

$$24225 \times 0,252 = 6104,7 \text{ Kg CO}_2$$

De acuerdo con la estimación de ahorro del sistema conjunto de solar térmica con apoyo de aerotermia del 47,4% mencionada en el apartado 10.4.3 de este proyecto, las reducciones de emisiones de CO<sub>2</sub> serán:

$$11496,9 \times 0,252 = 2897,2 \text{ Kg CO}_2 \text{ Reducidos}$$

Una combinación de ambas instalaciones nos proporcionaría una reducción en las emisiones de:

$$1178,8 + 2897,2 = 4076 \text{ Kg de CO}_2$$

Esta sería la reducción total de la instalación solar fotovoltaica más la instalación solar térmica con apoyo de aerotermia.

## **CAPÍTULO 12. CONCLUSIONES.**

En este capítulo se establecerán las conclusiones atendiendo a los análisis técnicos y económicos realizados en este proyecto. El proyecto a su vez consta de dos partes claramente diferenciadas, una relativa a la instalación solar fotovoltaica y, por otro lado, la instalación solar térmica con apoyo de aerotermia.

### **12.1. CONCLUSIONES DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA.**

De acuerdo con el análisis económico llevado a cabo, se puede establecer que una instalación solar fotovoltaica de estas características es totalmente viable desde el punto de vista económico.

Con un VAN positivo de 3075€ y una tasa interna de retorno del 12,8% muy superior a la tasa de descuento del 4,05% considerada para esta instalación, se puede afirmar que la instalación es totalmente rentable desde el punto de vista económico. La estimación de energía ahorrada supone en torno al 90% de la demanda anual de la vivienda, esto implica que con una instalación solar de este tipo se puede cubrir prácticamente la totalidad de la demanda eléctrica de la vivienda anualmente.

Si bien, la inversión inicial puede considerarse elevada para una familia media en España de 4 personas, los resultados a largo plazo avalan y justifican llevarla a cabo.

Además, este tipo de instalaciones influyen de manera beneficiosa y notable en el aspecto medioambiental viendo que una sola familia podría reducir hasta 1178,8 Kg CO<sub>2</sub> las emisiones de CO<sub>2</sub>.

### **12.2. CONCLUSIONES DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA CON APOYO DE AEROTERMIA.**

Del mismo modo, el análisis de la instalación solar térmica arroja datos muy positivos para decidir llevarla a cabo.

Con un VAN positivo de 3993€ y una tasa interna de retorno del 8,3% superior a la tasa de descuento del 4,05% considerada para esta instalación, se puede afirmar que la instalación es totalmente rentable desde el punto de vista económico. La estimación de energía ahorrada combinando solar térmica y aerotermia supone en torno al 47,4% de la demanda anual de la vivienda.

Es cierto que el desembolso inicial para este tipo de instalaciones puede ser demasiado elevado a la hora de decidir realizar la instalación, además el Payback de este tipo de instalación (9,7 años) es superior al de la instalación fotovoltaica (6,9 años), sin embargo, si atendemos a la proyección de ahorro en la instalación, el ahorro con el paso de los años llegará a ser superior que en la instalación fotovoltaica.

Además, este tipo de instalaciones influyen de manera beneficiosa y notable en el aspecto medioambiental viendo que una sola familia podría reducir hasta 2897,2 Kg CO<sub>2</sub> las emisiones de CO<sub>2</sub>.

# ANEXOS

## ANEXO 1: PLACAS SOLARES

→ [www.atersa.com](http://www.atersa.com)



Módulo solar (72 células 6") Mono PERC  
**A-xxxM GS** (380/385/390/395/400 W)

- **Optimice sus instalaciones.**
- **Alta eficiencia** del módulo y potencia de salida estable, basado en una tecnología de proceso innovadora.
- **Funcionamiento eléctrico excepcional** en condiciones de alta temperatura o baja irradiación.
- Facilidad de instalación gracias a un **diseño de ingeniería innovador.**
- **Riguroso control de calidad** que cumple con los más altos estándares internacionales.
- **Garantía, 10 años** contra defectos de fabricación y **25 años** en rendimiento (80% potencia de salida).

Para una información más detallada de los términos de la garantía, consulte:  
→ [www.atersa.com](http://www.atersa.com)

Módulos fotovoltaicos para el futuro

**A-xxxM GS (ES)** (xxx = potencia nominal)

| Características eléctricas                             | A-380M GS | A-385M GS | A-390M GS | A-395M GS | A-400M GS |
|--------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Potencia Máxima (P <sub>max</sub> )                    | 380 W     | 385 W     | 390 W     | 395 W     | 400 W     |
| Tensión Máxima Potencia (V <sub>mp</sub> )             | 40.50 V   | 40.80 V   | 41.10 V   | 41.40 V   | 41.70 V   |
| Corriente Máxima Potencia (I <sub>mp</sub> )           | 9.39 A    | 9.44 A    | 9.49 A    | 9.55 A    | 9.60 A    |
| Tensión de Circuito Abierto (V <sub>oc</sub> )         | 48.90 V   | 49.10 V   | 49.30 V   | 49.50 V   | 49.80 V   |
| Corriente en Cortocircuito (I <sub>sc</sub> )          | 9.75 A    | 9.92 A    | 10.12 A   | 10.23 A   | 10.36 A   |
| Eficiencia del Módulo (%)                              | 19.16     | 19.42     | 19.67     | 19.92     | 20.17     |
| Tolerancia de Potencia (W)                             |           |           | 0/+5      |           |           |
| Máxima Serie de Fusibles (A)                           |           |           | 15        |           |           |
| Máxima Tensión del Sistema (IEC)                       |           |           | DC 1000 V |           |           |
| Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C) |           |           | 45±2      |           |           |

Características eléctricas medidas en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como: Irradiación de 1000 W/m², espectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C.  
Tolerancias medida STC: ±3% (P<sub>mp</sub>); ±10% (I<sub>sc</sub>, V<sub>oc</sub>, I<sub>mp</sub>, V<sub>mp</sub>).  
Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%

**Especificaciones mecánicas**

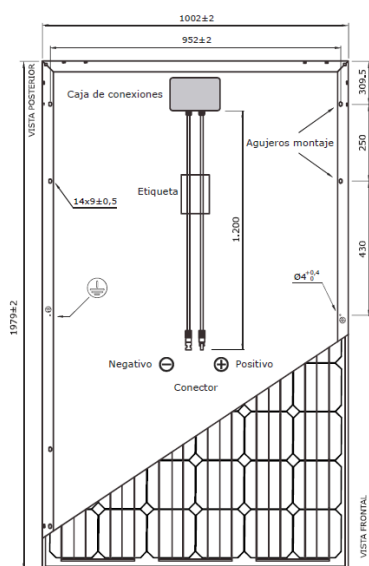
|                                               |                  |
|-----------------------------------------------|------------------|
| Dimensiones (± 2 mm.)                         | 1979x1002x40 mm. |
| Peso (± 5 %)                                  | 22.5 kg          |
| Máx. carga estática, frontal (nieve y viento) | 2400 Pa          |
| Máx. carga estática, posterior (viento)       | 2400 Pa          |

**Materiales de construcción**

|                                              |                                                            |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Cubierta frontal (material/tipo/espesor) (*) | Cristal templado alta transmisión/bajo nivel hierro/3.2 mm |
| Células (cantidad/tipo/dimensiones)          | 72 pzas (6x12)/Mono PERC/158.75 x 158.75 mm                |
| Marco (material/color)                       | Aleación de aluminio anodizado /plata                      |
| Caja de conexiones (grado de protección)     | IP67/3 diodos                                              |
| Cable (longitud/sección) / Conector          | 1.200 mm. /4 mm² /MC4 compatible/IP67                      |

(\*) Con capa anti-reflectante

**Vista genérica construcción módulo**



NOTA: El dibujo no está a escala.

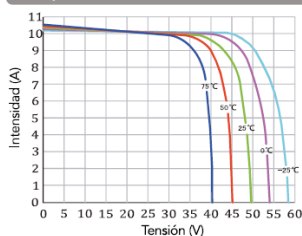
**Características de temperatura**

|                                                        |               |
|--------------------------------------------------------|---------------|
| Coef. Temp. de I <sub>sc</sub> (TK I <sub>sc</sub> )   | 0.048% /°C    |
| Coef. Temp. de V <sub>oc</sub> (TK V <sub>oc</sub> )   | -0.28% /°C    |
| Coef. Temp. de P <sub>max</sub> (TK P <sub>max</sub> ) | -0.37% /°C    |
| Temperatura de Funcionamiento                          | -40 to +85 °C |

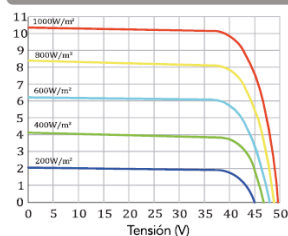
**Embalaje**

|                           |          |
|---------------------------|----------|
| Módulos/palé              | 27 pzas  |
| Palés/contenedor 40' HQ   | 22 palés |
| Módulos/contenedor 40' HQ | 594 pzas |
| Palés/contenedor 20'      | 8 palés  |
| Módulos/contenedor 20'    | 216 pzas |

**Temperatura Varía (A-400M GS)**



**Irradiación Varía (A-360M GS)**



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

## ANEXO 2: INVERSOR

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging


### FRONIUS PRIMO

/ El inversor comunicativo para la optimización de la gestión de energía








/ Tecnología SnapInverter

/ Comunicación de datos integrada

/ Diseño SuperFlex

/ Seguimiento inteligente GMPP

/ Smart Grid Ready

/ Inyección cero



/ Dentro de la gama SnapInverter y con un rango de potencia entre 3,0 y 8,2 kW, el inversor monofásico Fronius Primo es el equipo perfecto para cubrir las necesidades de cualquier hogar. Gracias a su doble MPPT y su innovador diseño SuperFlex, es capaz de sacar el máximo rendimiento de las instalaciones en tejado. Con el sistema de montaje SnapInverter, la instalación y mantenimiento son más fáciles que nunca. El inversor Fronius Primo puede completarse de manera opcional con un Fronius Smart Meter, que es un equipo que envía la información más completa al sistema de monitorización, consiguiendo además que el inversor no inyecte energía a la red eléctrica.

**DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (3.0-1, 3.5-1, 3.6-1, 4.0-1, 4.6-1)**

| DATOS DE ENTRADA                                                          | PRIMO 3.0-1            | PRIMO 3.5-1            | PRIMO 3.6-1            | PRIMO 4.0-1            | PRIMO 4.6-1            |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Máxima corriente de entrada ( $I_{G1\text{ máx.}} / I_{G2\text{ máx.}}$ ) | 12 A / 12 A            |                        |                        |                        |                        |
| Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP/MPP <sub>2</sub> )    | 18 A / 18 A            |                        |                        |                        |                        |
| Mínima tensión de entrada ( $U_{G1\text{ mín.}}$ )                        | 80 V                   |                        |                        |                        |                        |
| Tensión CC mínima de puesta en servicio ( $U_{G1\text{ arranque}}$ )      | 80 V                   |                        |                        |                        |                        |
| Tensión de entrada nominal ( $U_{G1\text{ nom.}}$ )                       | 710 V                  |                        |                        |                        |                        |
| Máxima tensión de entrada ( $U_{G1\text{ máx.}}$ )                        | 1.000 V                |                        |                        |                        |                        |
| Rango de tensión MPP ( $U_{MPP\text{ mín.}} - U_{MPP\text{ máx.}}$ )      | 200 - 800 V            |                        |                        | 210 - 800 V            | 240 - 800 V            |
| Número de seguidores MPP                                                  | 2                      |                        |                        |                        |                        |
| Número de entradas CC                                                     | 2 + 2                  |                        |                        |                        |                        |
| Máxima salida del generador FV ( $P_{G1\text{ máx.}}$ )                   | 4,5 kW <sub>peak</sub> | 5,3 kW <sub>peak</sub> | 5,5 kW <sub>peak</sub> | 6,0 kW <sub>peak</sub> | 6,9 kW <sub>peak</sub> |

| DATOS DE SALIDA                                 | PRIMO 3.0-1                           | PRIMO 3.5-1 | PRIMO 3.6-1 | PRIMO 4.0-1 | PRIMO 4.6-1 |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Potencia nominal CA ( $P_{ac,1}$ )              | 3.000 W                               | 3.500 W     | 3.680 W     | 4.000 W     | 4.600 W     |
| Máxima potencia de salida                       | 3.000 VA                              | 3.500 VA    | 3.680 VA    | 4.000 VA    | 4.600 VA    |
| Corriente de salida CA ( $I_{ac\text{ nom.}}$ ) | 13,0 A                                | 15,2 A      | 16,0 A      | 17,4 A      | 20,0 A      |
| Acoplamiento a la red (rango de tensión)        | 1 - NPE 220 V / 230 V (180 V - 270 V) |             |             |             |             |
| Frecuencia (rango de frecuencia)                | 50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)            |             |             |             |             |
| Coefficiente de distorsión no lineal            | < 5 %                                 |             |             |             |             |
| Factor de potencia ( $\cos \varphi_{ac,1}$ )    | 0,85 - 1 ind. / cap.                  |             |             |             |             |

**DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (3.0-1, 3.5-1, 3.6-1, 4.0-1, 4.6-1)**

| DATOS GENERALES                                   | PRIMO 3.0-1                                                                                                              | PRIMO 3.5-1 | PRIMO 3.6-1 | PRIMO 4.0-1 | PRIMO 4.6-1 |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Dimensiones (altura x anchura x profundidad)      | 645 x 431 x 204 mm                                                                                                       |             |             |             |             |
| Peso                                              | 21,5 kg                                                                                                                  |             |             |             |             |
| Tipo de protección                                | IP 65                                                                                                                    |             |             |             |             |
| Clase de protección                               | 1                                                                                                                        |             |             |             |             |
| Categoría de sobretensión (CC / CA) <sup>1)</sup> | 2 / 3                                                                                                                    |             |             |             |             |
| Consumo nocturno                                  | < 1 W                                                                                                                    |             |             |             |             |
| Concepto de inversor                              | Sin transformador                                                                                                        |             |             |             |             |
| Refrigeración                                     | Refrigeración de aire regulada                                                                                           |             |             |             |             |
| Instalación                                       | Instalación interior y exterior                                                                                          |             |             |             |             |
| Margen de temperatura ambiente                    | -40 - +55 °C                                                                                                             |             |             |             |             |
| Humedad de aire admisible                         | 0 - 100 %                                                                                                                |             |             |             |             |
| Máxima altitud                                    | 4.000 m                                                                                                                  |             |             |             |             |
| Tecnología de conexión CC                         | Conexión de 4x CC+ y 4x CC- bornes roscados 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>                                                     |             |             |             |             |
| Tecnología de conexión principal                  | Conexión de 3 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>                                                          |             |             |             |             |
| Certificados y cumplimiento de normas             | DIN V VDE 0126-1-1/A1, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 4777-2, AS 4777-3, G83/2, G59/3, CEI 0-21, VDE AR N 4105 |             |             |             |             |

| RENDIMIENTO                               | PRIMO 3.0-1          | PRIMO 3.5-1          | PRIMO 3.6-1          | PRIMO 4.0-1          | PRIMO 4.6-1          |
|-------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Máximo rendimiento                        | 97,9 %               | 98,0 %               | 98,0 %               | 98,0 %               | 98,0 %               |
| Rendimiento europeo ( $\eta_{EU}$ )       | 96,1 %               | 96,8 %               | 96,8 %               | 97,0 %               | 97,0 %               |
| $\eta$ con 5 % $P_{ac,r}$ <sup>2)</sup>   | 80,8 / 82,5 / 82,5 % | 80,8 / 82,5 / 82,5 % | 80,8 / 82,5 / 82,5 % | 80,8 / 82,5 / 82,5 % | 80,8 / 82,5 / 82,5 % |
| $\eta$ con 10 % $P_{ac,r}$ <sup>2)</sup>  | 84,1 / 86,5 / 86,1 % | 86,3 / 93,6 / 91,8 % | 86,3 / 93,6 / 91,8 % | 86,6 / 93,9 / 92,2 % | 88,9 / 94,4 / 92,9 % |
| $\eta$ con 20 % $P_{ac,r}$ <sup>2)</sup>  | 90,3 / 95,5 / 94,8 % | 91,6 / 96,2 / 95,2 % | 91,6 / 96,2 / 95,2 % | 92,2 / 96,7 / 95,6 % | 93,0 / 97,0 / 95,9 % |
| $\eta$ con 25 % $P_{ac,r}$ <sup>2)</sup>  | 91,8 / 96,4 / 95,1 % | 92,7 / 96,9 / 95,8 % | 92,7 / 96,9 / 95,8 % | 93,2 / 97,2 / 96,1 % | 93,9 / 97,2 / 96,6 % |
| $\eta$ con 30 % $P_{ac,r}$ <sup>2)</sup>  | 92,7 / 96,9 / 96,0 % | 93,5 / 97,2 / 96,3 % | 93,5 / 97,2 / 96,3 % | 94,0 / 97,2 / 96,8 % | 94,5 / 97,3 / 96,9 % |
| $\eta$ con 50 % $P_{ac,r}$ <sup>2)</sup>  | 94,5 / 97,4 / 97,0 % | 95,0 / 97,7 / 97,3 % | 95,0 / 97,7 / 97,3 % | 95,2 / 97,8 / 97,4 % | 95,6 / 97,9 / 97,6 % |
| $\eta$ con 75 % $P_{ac,r}$ <sup>2)</sup>  | 95,4 / 97,9 / 97,7 % | 95,6 / 97,8 / 97,8 % | 95,6 / 97,8 / 97,8 % | 95,8 / 97,9 / 97,8 % | 96,0 / 97,9 / 97,8 % |
| $\eta$ con 100 % $P_{ac,r}$ <sup>2)</sup> | 95,7 / 97,9 / 97,8 % | 95,8 / 98,0 / 97,8 % | 95,8 / 98,0 / 97,8 % | 95,9 / 98,0 / 97,9 % | 96,2 / 97,9 / 98,0 % |
| Rendimiento de adaptación MPP             | > 99,9 %             |                      |                      |                      |                      |

| EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD           | PRIMO 3.0-1                                                 | PRIMO 3.5-1 | PRIMO 3.6-1 | PRIMO 4.0-1 | PRIMO 4.6-1 |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Medición del aislamiento CC         | Sí                                                          |             |             |             |             |
| Comportamiento de sobrecarga        | Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia |             |             |             |             |
| Seccionador CC                      | Sí                                                          |             |             |             |             |
| Protección contra polaridad inversa | Sí                                                          |             |             |             |             |

| INTERFACES                               | PRIMO 3.0-1                                                       | PRIMO 3.5-1 | PRIMO 3.6-1 | PRIMO 4.0-1 | PRIMO 4.6-1 |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| WLAN / Ethernet LAN                      | Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)   |             |             |             |             |
| 6 inputs y 4 inputs/outputs digitales    | Interface receptor del control de onda                            |             |             |             |             |
| USB (Conector A) <sup>3)</sup>           | Datalogging, actualización de inversores vía USB                  |             |             |             |             |
| 2 conectores RJ 45 (RS422) <sup>3)</sup> | Fronius Solar Net                                                 |             |             |             |             |
| Salida de aviso <sup>3)</sup>            | Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)         |             |             |             |             |
| Datalogger y Servidor web                | Incluido                                                          |             |             |             |             |
| Input externo <sup>3)</sup>              | Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión |             |             |             |             |
| RS485                                    | Modbus RTU SunSpec o conexión del contador                        |             |             |             |             |

<sup>1)</sup> De acuerdo con IEC 62109-1.

<sup>2)</sup> Y con  $U_{mpp\ min.} / U_{dc,r} / U_{mpp\ max.}$

<sup>3)</sup> También disponible en la versión light.

Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en [www.fronius.es](http://www.fronius.es)

## ANEXO 3: ESTRUCTURA SOPORTE

Artículo nº KHT915



### Capacidad

De 1 a 20 módulos fotovoltaicos

Dispuestos en 1 fila

### Inclinación del módulo

Instalación integrada en la cubierta

Mantiene la inclinación existente

### Materiales

Aluminio - EN AW 6005A T6

Tornillería - Acero Inoxidable



### Tamaño del módulo

Soporte válido para módulos de hasta 72 células

### Instalaciones recomendadas

Cubiertas de teja



Planos incluidos



Fácil montaje



Estructura atornillada

## ANEXO 4: CABLEADO CONTINUA Y ALTERNA

### Top Cable

BAJA TENSIÓN CA: 0,6/1kV · CC: 1,8 kV

### TOPSOLAR PV



Norma de referencia

EA 0038

Norma nacional / Europea: UNE-EN 60332-1 / UNE-EN 50266 / UNE-EN 50267-1 / UNE-EN 50267-2 / UNE-EN 61034  
Norma internacional: UNE-EN 60332-1 / UNE-EN 50266 / UNE-EN 50267-1 / UNE-EN 50267-2 / UNE-EN 61034

### ZZ-F (AS)

Cables para instalaciones solares fotovoltaicas

#### DISEÑO

##### Conductor

Cobre electrolítico estañado, clase 5 (flexible) según EN 60228.

##### Aislamiento

Goma libre de halógenos tipo EI6.

##### Cubierta

Goma ignifugada tipo EM8, libre de halógenos y con baja emisión de humos y gases corrosivos en caso de incendio.

#### APLICACIONES

Cables flexibles aptos para servicios móviles y para instalación fija. Adecuados para la conexión entre paneles fotovoltaicos y desde los paneles al inversor de corriente continua a alterna. Cables de alta seguridad (AS): no propagadores del incendio, con baja emisión de humos y libres de halógenos. Aptos para instalaciones interiores y exteriores.

## Top Cable

### TOPSOLAR PV ZZ-F (AS)

#### DIMENSIONES

| Sección (mm <sup>2</sup> ) | Diámetro (mm) | Peso (Kg/km) | Aire libre (A) | Superficie (A) | Caída tensión (V/A · km) |
|----------------------------|---------------|--------------|----------------|----------------|--------------------------|
| 1 x 2,5                    | 5,6           | 52           | 41             | 33             | 23,0                     |
| 1 x 4                      | 6,1           | 68           | 55             | 44             | 14,3                     |
| 1 x 6                      | 6,7           | 89           | 70             | 57             | 9,49                     |
| 1 x 10                     | 7,8           | 136          | 98             | 79             | 5,46                     |
| 1 x 16                     | 8,8           | 193          | 132            | 107            | 3,47                     |
| 1 x 25                     | 10,8          | 294          | 176            | 142            | 2,23                     |
| 1 x 35                     | 11,9          | 390          | 218            | 176            | 1,58                     |

#### ❖ CARACTERÍSTICAS



Conductor:  
Flexible clase  
5/6



Radio de  
curvatura:  
3 x diámetro  
exterior



Libre de  
halógenos



Instalación al  
aire libre:  
permanente



Instalaciones solares  
fotovoltaicas



Temperatura  
mínima de servicio  
móvil: -40°C



Marcaje:  
metro a metro



Baja emisión de  
humos.  
Transmitancia  
luminosa >60%.



Resistencia  
al agua: A7  
Inmersión



Intemperie



Temperatura  
máxima del  
conductor: 120°C



No propagación  
de la llama



Baja emisión de  
gases corrosivos



Resistencia a los  
ataques químicos:  
excelente



Temperatura  
máxima en  
cortocircuito:  
250°C  
(máximo 5 s)



No propagación  
del incendio



Respetuoso  
con el medio  
ambiente



Resistencia a las  
temperaturas  
ambientales extremas:  
excelente

## ANEXO 5: FUSIBLES CORRIENTE CONTINUA

### Cartuchos fusible fotovoltaicos de 10 x 38 mm, de 1 a 25 A, 1000 V CC, serie PV-A10

#### Descripción

Una gama de cartuchos fusible en un paquete de 10 x 38 mm diseñados específicamente para la protección y el aislamiento de cadenas fotovoltaicas. Los cartuchos fusibles pueden interrumpir las sobrecorrientes bajas relacionadas con cadenas fotovoltaicas con fallo (corriente inversa, fallo multimatriz).

#### Símbolo del catálogo

PV-(régimen de amperios)A10F (cilíndrico)

PV-(régimen de amperios)A10-T (fijación con perno)

PV-(régimen de amperios)A10-1P (1 pasador con fijación PCB)

PV-(régimen de amperios)A10-2P (2 pasadores con fijación PCB)

#### Normas/Aprobaciones

IEC 60269-6, UL 2579

(Número de referencia E335324)

CCC (de 1 a 15 A), compatible con RoHS

#### Envasado

CMP: 10

Embalaje 100% reciclable



#### Datos técnicos

|                                          |                                                                                                |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tensión                                  | 1000 V CC                                                                                      |
| Corriente                                | 1-3, 3,5, 4-6, 8, 10, 12, 15, 20, 25 A                                                         |
| Capacidad de corte nominal               | 50 kA (de 1 a 20 A), 20 kA (solo 25 A)                                                         |
| Régimen de interrupción mín.             | 1,3 x I <sub>n</sub> para 1-15 A, 1,5 x I <sub>n</sub> para 20 A, 2 x I <sub>n</sub> para 25 A |
| Coordinación de fusible fotovoltaico con | Celdas de película fina y celdas de silicón cristalino de 4", 5" y 6"                          |
| Constante de tiempo                      | 1-3 ms                                                                                         |

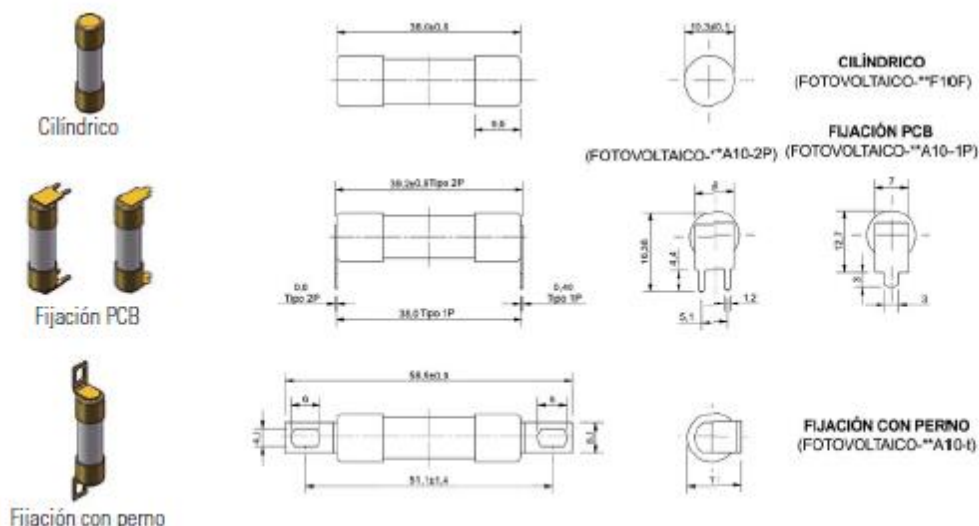
#### Clase de funcionamiento

gPV

#### Tamaño del fusible

10 x 38 mm

#### Dimensiones (mm)



## Cartuchos fusible fotovoltaicos de 10 x 38 mm, de 1 a 25 A, 1000 V CC, serie PV-A10

| Datos técnicos                  |                                         |                                                  |                                                    |               |                | Integrales de energía $I^2t$ (A <sup>2</sup> s) |                   |           |       |
|---------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------|----------------|-------------------------------------------------|-------------------|-----------|-------|
| Número de referencia cilíndrica | Fijación con perno Número de referencia | Número de referencia de fijación PCB (1 pasador) | Número de referencia de fijación PCB (2 pasadores) | Corriente (A) | Tensión (V CC) | Prearco                                         | Total a 1000 V CC | 0,8 $I_n$ | $I_n$ |
| PV-1A10F                        | PV-1A10-T                               | PV-1A10-1P                                       | PV-1A10-2P                                         | 1             | 1000 (IEC/UL)  | 0,15                                            | 0,4               | 0,8       | 1,5   |
| PV-2A10F                        | PV-2A10-T                               | PV-2A10-1P                                       | PV-2A10-2P                                         | 2             |                | 1,2                                             | 3,4               | 0,8       | 1,0   |
| PV-3A10F                        | PV-3A10-T                               | PV-3A10-1P                                       | PV-3A10-2P                                         | 3             |                | 4                                               | 11                | 0,8       | 1,3   |
| PV-3-5A10F                      | PV-3-5A10-T                             | PV-3-5A10-1P                                     | PV-3-5A10-2P                                       | 3,5           |                | 6,6                                             | 18                | 0,9       | 1,4   |
| PV-4A10F                        | PV-4A10-T                               | PV-4A10-1P                                       | PV-4A10-2P                                         | 4             |                | 9,5                                             | 26                | 1,0       | 1,5   |
| PV-5A10F                        | PV-5A10-T                               | PV-5A10-1P                                       | PV-5A10-2P                                         | 5             |                | 19                                              | 50                | 1,0       | 1,6   |
| PV-6A10F                        | PV-6A10-T                               | PV-6A10-1P                                       | PV-6A10-2P                                         | 6             |                | 30                                              | 90                | 1,1       | 1,8   |
| PV-8A10F                        | PV-8A10-T                               | PV-8A10-1P                                       | PV-8A10-2P                                         | 8             |                | 3                                               | 32                | 1,2       | 2,1   |
| PV-10A10F                       | PV-10A10-T                              | PV-10A10-1P                                      | PV-10A10-2P                                        | 10            |                | 7                                               | 70                | 1,2       | 2,3   |
| PV-12A10F                       | PV-12A10-T                              | PV-12A10-1P                                      | PV-12A10-2P                                        | 12            |                | 12                                              | 120               | 1,5       | 2,7   |
| PV-15A10F                       | PV-15A10-T                              | PV-15A10-1P                                      | PV-15A10-2P                                        | 15            |                | 22                                              | 220               | 1,7       | 2,9   |
| PV-20A10F                       | PV-20A10-T                              | PV-20A10-1P                                      | PV-20A10-2P                                        | 20            |                | 34                                              | 350               | 2,1       | 3,6   |
| PV10M-25                        | -                                       | -                                                | -                                                  | 25            |                | 325                                             | 1880              | 1,65      | 2,91  |

### Portafusibles / bloques de fusibles recomendados

- Bloques de fusibles abiertos:
  - Serie BM (ficha de producto 1104), certificación propia para 1000 V CC
- Portafusibles modulares:
  - CHPV (ficha de producto 720147)
- Abrazaderas de fusible:
  - Serie 1A3400 (ficha de producto 2131)
- Portafusibles en líneas:
  - Serie HPV (ficha de producto 2157)



Serie BM



CHPV



1A3400



HPV

## ANEXO 6: CERTIFICADO DE PROTECCIONES DEL INVERSOR

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



### Fronius International GmbH

Certifica que toda la gama de inversores Fronius **PRIMO** con Setup **ESOS**, comparten las siguientes características:

- Dispone de interruptor de interconexión interno para la desconexión automática.
- Dispone de protección interna de mínima y máxima tensión y frecuencia de red. Así el inversor desconecta si la red se sale de los siguientes valores umbral, en el tiempo indicado:

| Parámetro           | Umbral de protección | Tiempo máximo de actuación |
|---------------------|----------------------|----------------------------|
| Sobretensión-fase 1 | Un + 10%             | 1,5 s                      |
| Sobretensión-fase 2 | Un + 15%             | 0,2 s                      |
| Tensión mínima      | Un - 15%             | 1,5 s                      |
| Frecuencia máxima   | 51 Hz                | 0,5 s                      |
| Frecuencia mínima   | 47,5 Hz              | 3 s                        |

Un AC = 230V (Monofásicos)

- En caso de actuación de la protección de máxima frecuencia, la reconexión solo se realizara cuando la frecuencia alcance un valor menor o igual a 50 Hz.
  - Siempre que exista potencia a la entrada, el inversor realizará la conexión a la red sincronizándose con la misma en tensión (+/- 8%), en frecuencia (+/- 0,1Hz), y en fase (+/- 10%).
  - El software de ajuste de las protecciones de tensión y frecuencia no es accesible al usuario.
  - Dispone de relé de bloqueo de protecciones, con un tiempo de sincronización y rearme automático de 180 segundos Este relé es activado por las protecciones de máxima y mínima tensión y frecuencia.
  - La corriente continua inyectada a red no supera el 0,5% de la corriente nominal, habiendo sido comprobado mediante ensayo por laboratorio externo, tal como indica la "Nota de interpretación de equivalencia de la separación galvánica de la conexión de instalaciones generadoras en Baja Tensión" del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, con resultado favorable.
  - Dispone de un vigilante de aislamiento a tierra en el lado de continua.
  - Dispone de protección contra funcionamiento en isla, cumpliendo con lo indicado en la Norma UNE EN 50438, en la IEC 62116, en la UNE 206006:2011 IN y en la UNE 206007-1 IN:2013
  - Presenta un coeficiente de distorsión armónica menor del 3 %.
  - Los dispositivos para la monitorización de frecuencia y tensión presentan un error en la medida inferior al 5%.
- El inversor cumple con todas las normas y directrices de seguridad aplicables:
- RD 413/2014, RD 1699/2011 y RD 661/2007 sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
  - Directriz 2004/108/CE, sobre compatibilidad electromagnética.
  - DIN EN 61000-6-2, DIN EN 61000-6-4, y DIN EN 50178 sobre emisión de armónicos.
  - P.O. 12.3 según RD 1565/2010 para instalaciones de potencia superior a 2MW.



**Rainer Sattlberger**  
Director General Fronius España



**FRONIUS** España, S.L.U.  
B-08110174  
Parque Empresarial La Carpetania  
Calle Miguel Faraday, nº 2  
28906 Getafe (MADRID)  
ESPAÑA

## ANEXO 7: INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO

### Hoja de datos del producto MN520V

**:hager**



MN520V

#### Interruptor automático magnetotérmico serie MN, 1P+N, 20A, curva C, 6KA

Interruptor automático magnetotérmico hager serie MN, 1P+N, 20A, curva C, poder de corte 6000A según UNE EN 60898-1. Certificado AENOR.

#### Características técnicas

##### Arquitectura

|                            |         |
|----------------------------|---------|
| Posición del neutro        | Derecha |
| Número de polos protegidos | 1       |
| Número de polos            | 2 P     |
| Tipo de polos              | 1P+N    |
| Curva                      | C       |

##### Conectividad

|                                                               |                  |
|---------------------------------------------------------------|------------------|
| Alineamiento de los bornes inferiores para aparatos modulares | Bornes alineados |
| Alineamiento de los bornes superiores para aparatos modulares | Bornes alineados |

#### Principales características eléctricas

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| Frecuencia asignada                   | 50/60 Hz |
| Poder de corte asignado               | 6 kA     |
| Tipo de tensión de alimentación       | AC       |
| Tensión asignada de empleo en alterna | 230 V    |

#### Tensión

|                                       |        |
|---------------------------------------|--------|
| Tensión asignada de aislamiento       | 500 V  |
| Tensión soportada al impulso asignada | 4000 V |

#### Corriente eléctrica

|                                                          |              |
|----------------------------------------------------------|--------------|
| Poder de corte asignado 230V 50 Hz                       | 6 kA         |
| Poder de corte de servicio según EN60898                 | 6 kA         |
| Poder corte último en c.a. 230V (EN 60947-2)             | 6 kA         |
| Valor umbral min/máx relé magnético en c.a.              | 5/10 In      |
| Valor mín/máx de funcionamiento del relé térmico en c.a. | 1,13/1,45 In |

Salvo modificaciones técnicas

## ANEXO 8: INTERRUPTOR DIFERENCIAL

### Hoja de datos del producto CD728V

**:hager**



CD748V

#### Interruptor diferencial tipo AC, 2P, 25A, 30mA

Interruptor diferencial hager tipo AC, 2 polos, intensidad nominal 25A, 30mA de sensibilidad. Maneta naranja. Conforme a la norma UNE EN 61008. Certificación AENOR.

#### Características técnicas

##### Arquitectura

|                     |            |
|---------------------|------------|
| Posición del neutro | Derecha    |
| Número de polos     | 2 P        |
| Montaje             | Carril DIN |

##### Principales características eléctricas

|                                       |       |
|---------------------------------------|-------|
| Frecuencia asignada                   | 50 Hz |
| Tensión asignada de empleo en alterna | 230 V |

##### Tensión

|                                       |        |
|---------------------------------------|--------|
| Tensión asignada de aislamiento       | 500 V  |
| Tensión soportada al impulso asignada | 4000 V |

##### Corriente eléctrica

|                                                                      |         |
|----------------------------------------------------------------------|---------|
| Corriente diferencial asignada                                       | 30 mA   |
| Resistencia a la onda de corriente 8/20µs                            | 0,25 kA |
| Poder de cierre y de corte                                           | 630 A   |
| Corriente condicional de cortocircuito asignada Inc según EN 61008-1 | 6 kA    |

##### Corriente/temperatura

|                            |      |
|----------------------------|------|
| Corriente asignada a -15°C | 25 A |
| Corriente asignada a -20°C | 25 A |
| Corriente asignada a 0°C   | 25 A |
| Corriente asignada a 10°C  | 25 A |
| Corriente asignada a -10°C | 25 A |
| Corriente asignada a 15°C  | 25 A |
| Corriente asignada a 20° C | 25 A |
| Corriente asignada a 25°C  | 25 A |
| Corriente asignada a -25°C | 25 A |
| Corriente asignada a 30° C | 25 A |
| Corriente asignada a 35° C | 25 A |
| Corriente asignada a 40° C | 25 A |
| Corriente asignada a 45° C | 25 A |
| Corriente asignada a 5°C   | 25 A |
| Corriente asignada a -5°C  | 25 A |
| Corriente asignada a 50° C | 25 A |
| Corriente asignada a 55° C | 25 A |
| Corriente asignada a 60° C | 25 A |
| Corriente asignada a 65°C  | 25 A |
| Corriente asignada a 70° C | 21 A |

## ANEXO 9: CABLEADO DE PUESTA A TIERRA

CABLES PARA INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS

BAJA TENSIÓN

### AFUMEX CLASS 750 V (AS) H07Z1-K TYPE 2 (AS)



Tensión asignada: 450/750 V  
Norma diseño: UNE 211002; EN 50525-3-31  
Designación genérica: H07Z1-K TYPE 2 (AS)



#### CARACTERÍSTICAS Y ENSAYOS



NO PROPAGACIÓN  
DE LA LLAMA  
EN 60332-1-2  
IEC 60332-1-2



NO PROPAGACIÓN  
DEL INCENDIO  
EN 50399  
EN 60332-3-24  
IEC 60332-3-24



LIBRE DE HALÓGENOS  
EN 60754-2  
EN 60754-1  
IEC 60754-2  
IEC 60754-1



DESCÁRGATE  
la DoP (Declaración de  
Prestaciones) en este código QR.  
[www.prysmianclub.es/cprblog/DoP](http://www.prysmianclub.es/cprblog/DoP)



Nº DoP 1003887



REDUCIDA EMISIÓN  
DE GASES TÓXICOS  
EN 60754-2  
NFC 20454  
DEF-STAN 02-713



BAJA EMISIÓN  
DE HUMOS  
EN 50399



BAJA OPACIDAD  
DE HUMOS  
EN 61034-2  
IEC 61034-2



RESISTENCIA  
A LA ABSORCIÓN  
DEL AGUA



RESISTENCIA  
AL FRÍO



CABLE FLEXIBLE



ALTA  
SEGURIDAD



ULTRA  
DESLIZANTE



NULA EMISIÓN  
DE GASES CORROSIVOS  
EN 60754-2  
IEC 60754-2  
NFC 20453



BAJA EMISIÓN  
DE CALOR  
EN 50399



REDUCIDO  
DESPRENDIMIENTO  
DE GOTAS / PARTICULAS  
INFLAMADAS  
EN 50399



#### MÁXIMA DESLIZABILIDAD

Supone hasta un 25% de ahorro en el tiempo de instalación y la cuarta parte de esfuerzo de tracción. Además, esa mayor deslizabilidad y menor esfuerzo de tracción supone una mayor garantía de seguridad para la instalación, ya que el aislamiento no se deteriora durante la tracción en el proceso de inserción del cable en la canalización.

- Temperatura de servicio: -25 °C, +70 °C (Cable termoplástico).
- Tensión asignada: 300/500 V [ES05Z1-K TYPE 2 (AS)] hasta 1 mm² y 450/750 [H07Z1-K TYPE 2 (AS)] desde 1,5 mm².
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 2000 V para ES05Z1-K TYPE 2 (AS) y 2500 V para H07Z1-K TYPE 2 (AS)

#### Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): Cca-s1b,d1,a1.
- Requerimientos de fuego: EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo: EN 60332-1-2; EN 50399; EN 60754-2; EN 61034-2.

#### Normativa de fuego también aplicable a países que no pertenecen a la Unión Europea:

- No propagación de la llama: EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2.
- No propagación del incendio: EN 50399; EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos: EN 60754-2; EN 60754-1; IEC 60754-2; IEC 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos: EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN 02-713.
- Baja emisión de humos: EN 50399.
- Baja opacidad de humos: EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Nula emisión de gases corrosivos: EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453.
- Baja emisión de calor: EN 50399.
- Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflamadas: EN 50399.

#### CONSTRUCCIÓN

##### CONDUCTOR

**Metal:** cobre electrolítico recocido.

**Flexibilidad:** flexible, clase 5, según UNE EN 60228.

**Temperatura máxima en el conductor:** 70 °C en servicio permanente, 160 °C en cortocircuito.

##### AISLAMIENTO

**Material:** mezcla especial termoplástica, cero halógenos, tipo AFUMEX TI 7 según EN 50363-7.

**Colores:** Amarillo/verde, azul, blanco, gris, marrón, rojo y negro.

#### APLICACIONES

- Cable extradeslizante especialmente adecuado para instalaciones en locales de pública concurrencia: salas de espectáculos, centros comerciales, escuelas, hospitales, edificios de oficinas, pabellones deportivos, etc.
- En centros informáticos, aeropuertos, naves industriales, parkings, túneles ferroviarios y de carreteras, locales de difícil ventilación y/o evacuación, etc.
- En toda instalación donde el riesgo de incendio no sea despreciable como por ejemplo: instalaciones en montaje superficial, canalizaciones verticales en edificios, etc. o donde se requieran las mejores

propiedades frente al fuego y/o la ecología de los productos de construcción.

- Derivaciones individuales (ITC-BT 15).
- Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20).
- Locales de pública concurrencia (ITC-BT 28)
- Cableado interior de cuadros (ITC-BT 28).
- Locales con riesgo de incendio o explosión (adecuadamente canalizado) (ITC-BT 29).
- Industrias (Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales R.D. 2267/2004).
- Edificios en general (Código Técnico de la Edificación, R.D. 314/2006, art. 11).

## AFUMEX CLASS 750 V (AS) H07Z1-K TYPE 2 (AS)



Tensión asignada: 450/750 V  
Norma diseño: UNE 211002; EN 50525-3-31  
Designación genérica: H07Z1-K TYPE 2 (AS)



### DATOS TÉCNICOS

| NÚMERO DE<br>CONDUCTORES x SECCIÓN<br>mm <sup>2</sup> | ESPESOR DE<br>AISLAMIENTO<br>mm (1) | DIÁMETRO<br>EXTERIOR<br>mm (1) | PESO<br>kg/km<br>(1) | RESISTENCIA<br>DEL CONDUCTOR<br>a 20 °C Ω / km | INTENSIDAD<br>ADMISIBLE<br>AL AIRE (2) A | CAÍDA DE TENSIÓN V/A km (2) |             |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|-------------|
|                                                       |                                     |                                |                      |                                                |                                          | cos Φ = 1                   | cos Φ = 0,8 |
| 1 x 1,5                                               | 0,7                                 | 3,4                            | 20                   | 13,3                                           | 14,5                                     | 28,84                       | 23,22       |
| 1 x 2,5                                               | 0,8                                 | 4,1                            | 32                   | 7,98                                           | 20                                       | 17,66                       | 14,25       |
| 1 x 4                                                 | 0,8                                 | 4,8                            | 46                   | 4,95                                           | 26                                       | 10,99                       | 8,91        |
| 1 x 6                                                 | 0,8                                 | 5,3                            | 65                   | 3,30                                           | 34                                       | 7,34                        | 5,99        |
| 1 x 10                                                | 1,0                                 | 6,8                            | 111                  | 1,91                                           | 46                                       | 4,36                        | 3,59        |
| 1 x 16                                                | 1,0                                 | 8,1                            | 164                  | 1,21                                           | 63                                       | 2,74                        | 2,29        |
| 1 x 25                                                | 1,2                                 | 10,2                           | 255                  | 0,78                                           | 82                                       | 1,73                        | 1,48        |
| 1 x 35                                                | 1,2                                 | 11,7                           | 351                  | 0,554                                          | 101                                      | 1,25                        | 1,09        |
| 1 x 50                                                | 1,4                                 | 13,9                           | 520                  | 0,386                                          | 122                                      | 0,92                        | 0,84        |
| 1 x 70                                                | 1,4                                 | 16                             | 700                  | 0,272                                          | 155                                      | 0,64                        | 0,61        |
| 1 x 95                                                | 1,6                                 | 18,2                           | 920                  | 0,206                                          | 187                                      | 0,46                        | 0,46        |
| 1 x 120                                               | 1,6                                 | 20,2                           | 1130                 | 0,161                                          | 216                                      | 0,36                        | 0,38        |
| 1 x 150                                               | 1,8                                 | 22,5                           | 1410                 | 0,127                                          | 247                                      | 0,29                        | 0,33        |
| 1 x 185                                               | 2,0                                 | 20,6                           | 1770                 | 0,106                                          | 281                                      | 0,26                        | 0,28        |
| 1 x 240                                               | 2,2                                 | 28,4                           | 2300                 | 0,0801                                         | 330                                      | 0,18                        | 0,24        |

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación monofásica bajo tubo o conducto empotrado en pared de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) o bajo tubo o conducto en montaje superficial.

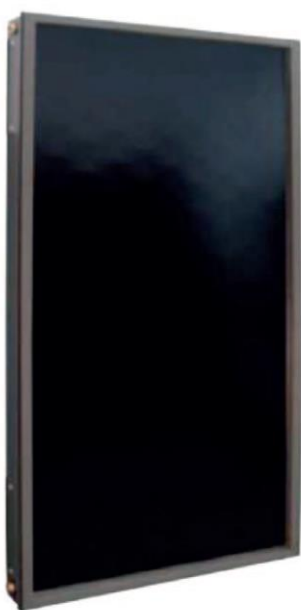
→ PVC2 con instalación tipo B1 → columna 6a de UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

Caídas de tensión monofásicas. Para valores trifásicos dividir por 1,15.

## ANEXO 10: COLECTORES SOLARES PLANOS

### ECOTOP VHM N

#### CAPTADOR SOLAR PLANO SELECTIVO DE ALTO RENDIMIENTO



#### Producción A.C.S., calentamiento de piscinas, calefacción baja temperatura, fancoils y refrigeración por absorción

Captadores solares fabricados bajo las siguientes normas:

- Pruebas de certificación según EN-12975-2.
- Contraseña de Certificación por la Dirección General de Política Energética y Minas.

#### VENTAJAS del captador ECOTOP VHM N:

- Se pueden conectar hasta 8 captadores por batería.
- La cubierta es de vidrio templado de bajo contenido en hierro (inferior al 0,005%), de 3,2 mm de espesor.
- La carcasa exterior es de aluminio.
- La superficie de absorción es de aluminio con recubrimiento selectivo y con tratamiento de óxido de titanio.
- La placa colectora es de tubos de cobre.
- El aislamiento es de lana de roca de 40 mm de espesor.
- El captador tiene garantía contra defectos de fabricación de 5 años:
  - Las conexiones de entrada y salida son de 3/4" (4 conexiones).

El rendimiento de un captador se define como el cociente entre la energía obtenida del captador y la energía máxima posible generada:

$$\eta = \frac{Q_u}{A \times I}$$

$Q_u$  = Energía útil en el captador (W)

$A$  = Área de referencia ( $m^2$ )

$I$  = Irradiación solar ( $W/m^2$ )



La curva de rendimiento homologada del captador ECOTOP VHM N se define por tres coeficientes, y está referida normalmente al área de apertura:

- El factor de ganancia (o factor de eficiencia):  $\eta_0$ .
- Coeficiente global de pérdidas de primer grado  $a_1$ .
- Coeficiente global de pérdidas de segundo grado  $a_2$ .

| Valores referentes a superficie de apertura | VHM 2.7 N |
|---------------------------------------------|-----------|
| $\eta_0$                                    | 0,753     |
| $a_1$ ( $W/m^2K$ )                          | 3,168     |
| $a_2$ ( $W/m^2K$ )                          | 0,012     |

## ECOTOP VHM N

### CAPTADOR SOLAR PLANO SELECTIVO DE ALTO RENDIMIENTO

### Captador solar para una óptima utilización en toda la Península Ibérica

Para el cálculo de la pérdida de carga por captador solar\*, sabiendo que el caudal máximo de trabajo recomendado suele ser inferior a 2 litros/minuto, se proporciona la caída de presión para cada captador:

#### Caudal recomendado (l/h) 100-200

| Pérdida carga estimada media por captador* |      |      |      |   |
|--------------------------------------------|------|------|------|---|
| Caudal (litros/min captador)               | 3    | 2    | 1    | 0 |
| Pérdida de carga (Pa)                      | 2500 | 1650 | 1000 | 0 |

\* Caudal recomendado de trabajo  $\leq 2$  litros/min.

#### ACCESORIOS PARA CAPTADOR ECOTOP VHM N

| Descripción                                                                                                                                                                                                                                                              | CÓDIGO    | Observaciones                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------|
|  Kit 4 conexiones, incluye: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 tapones de cierre;</li> <li>• Conexión entrada paneles;</li> <li>• Conexión salida panel con vaina;</li> </ul> | C51022590 | OBLIGATORIO<br>Es obligatorio usar N kits por cada N filas de captadores  |
|  Kit conexiones intermedias.                                                                                                                                                          | C51022600 | OBLIGATORIO<br>Es obligatorio usar N-1 kits por cada fila de N captadores |

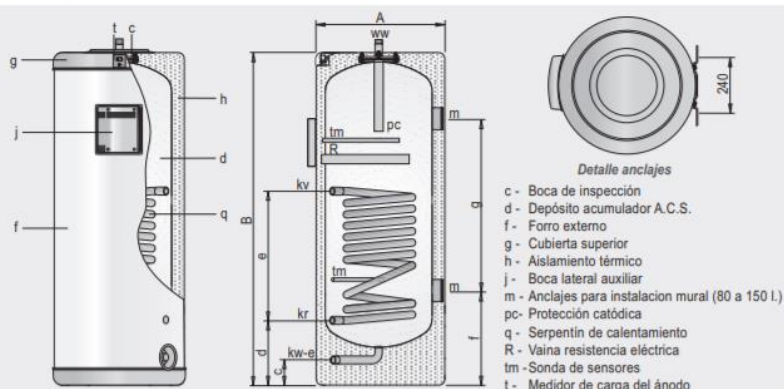
| VHM 2.7 N                                      |                      |             |
|------------------------------------------------|----------------------|-------------|
| Superficie total                               | m <sup>2</sup>       | 2,62        |
| <b>Superficie de apertura</b>                  | <b>m<sup>2</sup></b> | <b>2,47</b> |
| Altura                                         | mm                   | 2.022       |
| Ancho                                          | mm                   | 1.294       |
| Fondo                                          | mm                   | 90          |
| Número de conexiones                           |                      | 4           |
| Diámetro conexiones (roscadas macho)           | "                    | 3/4         |
| Peso en vacío                                  | Kg                   | 41,8        |
| Contenido fluido                               | l                    | 1,1         |
| Caudal de trabajo recomendado                  | l/h                  | 75-150      |
| Presión máx. de trabajo                        | bar                  | 10          |
| Temperatura de estancamiento                   | °C                   | 201,2       |
| Aislamiento en lana de roca de espesor         | mm                   | 40          |
| Grado de absorción                             | %                    | 95          |
| Emisividad                                     | %                    | 5           |
| <b>Máximo número de colectores en paralelo</b> |                      | <b>8</b>    |
| CÓDIGO                                         |                      | 0XDP2KXA    |

## ANEXO 11: DEPÓSITO DE ACUMULACIÓN ACS

Depósitos de 80 a 300 litros para energía solar distribuida

**lapesa**

para producción y acumulación de A.C.S.



### Descripción

Depósitos para producción y acumulación de agua caliente sanitaria con serpentín. Fabricados en **acero vitrificado, s/DIN 4753**.

Capacidades:

-Para instalación mural y vertical sobre suelo: **80, 110 y 150** litros. Incluyen soportes murales.

-Para instalación vertical sobre suelo: **200 y 300** litros.

Incorporan de serie protección catódica con ánodo de magnesio y medidor de carga.

Aislados térmicamente con espuma de PU inyectado en molde, libre de CFC y acabado exterior con forro acolchado desmontable, blanco RAL 9016 y cubiertas en gris RAL 7035.

Además de la vaina superior correspondiente al alojamiento del termostato, todos los modelos van equipados con una segunda vaina en la parte inferior del depósito acumulador, para la utilización de una sonda diferencial, como elemento regulador en combinación con los colectores solares.

Las conexiones hidráulicas del depósito acumulador, tanto para el serpentín como para el circuito secundario de ACS, están dispuestas para facilitar al máximo la instalación del depósito dentro de armarios, donde el espacio es especialmente reducido.

### Suministro

El depósito se suministra completamente acabado, probado y con todos los componentes montados.

El conjunto va embalado en caja de cartón reforzado y flejado a palet de madera no retornable.

| Dimensiones / Conexiones                            |                | CV-80-M1S | CV-110-M1S | CV-150-M1S | CV-200-M1S | CV-300-M1S |
|-----------------------------------------------------|----------------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| Capacidad de A.C.S.                                 | litros         | 80        | 110        | 150        | 200        | 300        |
| Temperatura máxima depósito de A.C.S.               | °C             | 90        | 90         | 90         | 90         | 90         |
| Presión máxima depósito de A.C.S.                   | bar            | 8         | 8          | 8          | 8          | 8          |
| Temperatura máxima circuito de calentamiento        | °C             | 200       | 200        | 200        | 200        | 200        |
| Presión máxima circuito de calentamiento            | bar            | 25        | 25         | 25         | 25         | 25         |
| Superficie de intercambio circuito de calentamiento | m <sup>2</sup> | 0.3       | 0.5        | 0.6        | 0.8        | 1.3        |
| Superficie de captador máxima recomendada           | m <sup>2</sup> | 1.5       | 2          | 3          | 4          | 6          |
| Peso en vacío (aprox.)                              | Kg             | 43        | 51         | 65         | 72         | 91         |
| kw-e: Entrada agua fría / desagüe                   | *GAS/M         | 3/4       | 3/4        | 3/4        | 1          | 1          |
| ww: Salida A.C.S.                                   | *GAS/M         | 3/4       | 3/4        | 3/4        | 1          | 1          |
| sv: Avance solar                                    | *GAS/H         | 1/2       | 1/2        | 1/2        | 1/2        | 1/2        |
| sr: Retorno solar                                   | *GAS/H         | 1/2       | 1/2        | 1/2        | 1/2        | 1/2        |
| Cota A: Diámetro exterior                           | mm             | 480       | 480        | 560        | 620        | 620        |
| Cota B: Longitud total                              | mm             | 935       | 1155       | 1265       | 1205       | 1685       |
| Cota c:                                             | mm             | 110       | 110        | 120        | 85         | 85         |
| Cota d:                                             | mm             | 325       | 325        | 350        | 325        | 325        |
| Cota e:                                             | mm             | 280       | 400        | 440        | 480        | 720        |
| Cota f: (+/-5)                                      | mm             | 350       | 350        | 370        | -          | -          |
| Cota g: (+/-5)                                      | mm             | 365       | 585        | 735        | -          | -          |

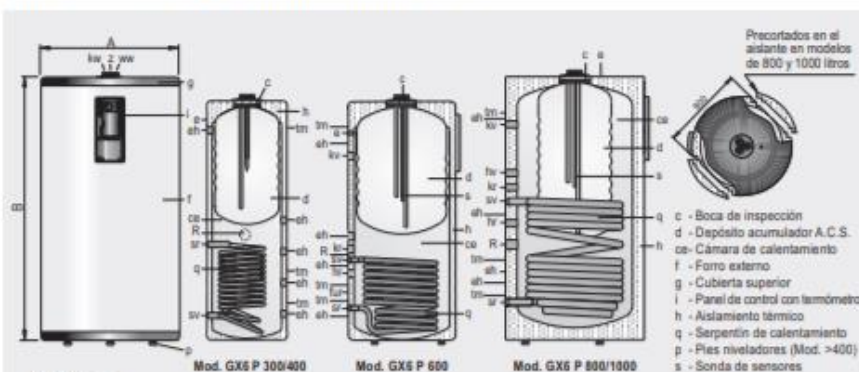
| ErP                            |   | CV-80-M1S | CV-110-M1S | CV-150-M1S | CV-200-M1S | CV-300-M1S |
|--------------------------------|---|-----------|------------|------------|------------|------------|
| Pérdidas estáticas             | W | 46        | 46         | 44         | 56         | 67         |
| Clase de eficiencia energética |   | B         | B          | B          | B          | B          |
| Volumen                        | L | 88        | 107        | 149        | 197        | 292        |

## ANEXO 12: DEPÓSITO DE ACUMULACIÓN CALEFACCIÓN

### Depósitos multifunción

**lapesa**

para producción y acumulación de A.C.S.



#### Descripción

Depósitos de doble pared y serpentín para la instalación combinada en la utilización de los diferentes sistemas de calefacción y producción de agua caliente sanitaria, con capacidades totales desde 300 hasta 1000 litros.

El depósito externo, fabricado en acero al carbono, actúa como depósito de inercia en circuito primario, para la instalación de caldera de combustibles sólidos. Este depósito dispone de un serpentín de gran capacidad de intercambio para el aprovechamiento de la energía solar, y a su vez, de tomas laterales para la incorporación de resistencias eléctricas de calentamiento y/o por ejemplo de una caldera de gas o gasóleo para la producción de A.C.S.

El depósito situado en la parte superior, en acero inoxidable AISI 316 L, decapado químicamente y pasivado después de ensamblado, para la producción y acumulación de A.C.S., completa el conjunto.

Aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano inyectado en molde, libre de C.F.C.

En los modelos de 800 y 1000 litros su diseño permite desmontar el aislante térmico en los laterales posibilitando así su paso en entradas con dimensiones limitadas.

El termómetro para el A.C.S. se ubica en el panel lateral, permitiendo así la posterior incorporación del sistema de control más adecuado para cada necesidad.

Diseñado para instalación vertical sobre suelo, el conjunto va provisto de pies de nivelación.

#### Suministro

El depósito se suministra completamente acabado, probado y con todos los componentes montados.

El acabado es externo con forro acolchado desmontable, color blanco RAL 9016 (colores opcionales: naranja RAL 2004, azul RAL 5015 y gris RAL 7042) y tapas de color gris antracita RAL 7021. El conjunto va embalado en caja de cartón reforzado y fijado a palet de madera no retornable (ver pág. 81).

| Características técnicas /Conexiones /Dimensiones |                | GX6 P 300 | GX6 P 400 | GX6 P 600 | GX6 P 800 | GX6 P 1000 |
|---------------------------------------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Capacidad total                                   | litros         | 244       | 341       | 605       | 770       | 970        |
| Capacidad ACS                                     | litros         | 116       | 147       | 215       | 200       | 250        |
| Capacidad depósito envolvente                     | litros         | 128       | 194       | 390       | 570       | 720        |
| Temperatura máx depósito de ACS                   | °C             | 90        | 90        | 90        | 90        | 90         |
| Presión máx depósito de ACS                       | MPa (bar)      | 0.8 (8)   | 0.8 (8)   | 0.8 (8)   | 0.8 (8)   | 0.8 (8)    |
| Temperatura máx depósito envolvente               | °C             | 110       | 110       | 110       | 110       | 110        |
| Presión máx depósito envolvente                   | MPa (bar)      | 0.3 (3)   | 0.3 (3)   | 0.3 (3)   | 0.3 (3)   | 0.3 (3)    |
| Temperatura máx serpentín c. primario             | °C             | 200       | 200       | 200       | 200       | 200        |
| Presión máx serpentín c. primario                 | MPa (bar)      | 2.5 (25)  | 2.5 (25)  | 2.5 (25)  | 2.5 (25)  | 2.5 (25)   |
| Superficie de intercambio serpentín c. primario   | m <sup>2</sup> | 1.7       | 1.7       | 2.4       | 2.7       | 2.7        |
| Capacidad del serpentín c. primario               | litros         | 8.5       | 8.5       | 24        | 28        | 28         |
| Peso en vacío                                     | Kg             | 88        | 127       | 185       | 245       | 290        |
| kw: Entrada agua fría                             | °GAS/M         | 3/4       | 1         | 1         | 1         | 1          |
| ww: Salida A.C.S.                                 | °GAS/M         | 3/4       | 1         | 1         | 1         | 1          |
| z: Recirculación                                  | °GAS/M         | 3/4       | 1         | 1         | 1         | 1          |
| sv /tr: Avance /Retorno circuito primario         | °GAS/H         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1          |
| kv /tr: Avance /Retorno circuito primario         | °GAS/H         | -         | -         | 1-1/4     | 1-1/4     | 1-1/4      |
| lv /tr: Avance /Retorno calefacción               | °GAS/H         | -         | -         | 1-1/4     | 1-3/4     | 1-1/4      |
| R: Conexión lateral                               | °GAS/H         | 2         | 2         | 2         | 2         | 2          |
| sh: Conexión lateral                              | °GAS/H         | 1-1/4     | 1-1/4     | 1-1/4     | 1-1/4     | 1-1/4      |
| tm: Conexión sensores circuito primario           | °GAS/H         | 1/2       | 1/2       | 1/2       | 1/2       | 1/2        |
| s: Purgador                                       | °GAS/H         | 1/8       | 1/8       | 1/8       | 1/2       | 1/2        |
| Cota A: Diámetro exterior                         | mm             | 560       | 620       | 770       | 850       | 850        |
| Cota B: Longitud total                            | mm             | 1770      | 1725      | 1730      | 1840      | 2250       |

## ANEXO 13: AEROTERMIA

AEROTERMIA > BOMBA DE CALOR AIRE-AGUA > **ESTÍA 60°**



**ESTÍA 60°**



El sistema split de bomba de calor aire-agua de Toshiba está diseñado para conseguir la temperatura adecuada para calefacción y suministrar agua caliente sanitaria a lo largo de todo el año. El sistema ESTIA tiene la ventaja adicional de proporcionar refrigeración en las estaciones más cálidas.

**Alta eficiencia energética, que permite un mayor ahorro de energía**

Clase A+++ / A+++ de eficiencia energética en calefacción y calefactores combinados. Eficiencia de carga del equipo ηs de hasta 175% certificada por Eurovent EuroHP de acuerdo con NF414 & EN14825.

El Inverter de Toshiba utiliza la nueva Unidad Inteligente de Control de Potencia, con control vectorial, lo que permite un más amplio rango de frecuencias de compresor, proporcionando así un mejor control de la temperatura.

**Fácil de instalar, fácil de controlar**

De instalación fácil y rápida, la unidad del módulo hidráulico de ESTIA puede colocarse de forma segura en el lugar más adecuado de la vivienda.

Su control remoto de gran pantalla está diseñado para ser simple, intuitivo y fácil de usar. ESTIA es compatible con las generaciones más avanzadas de termostatos conectados..

| COP MÁX. | CAPACIDAD   | FUNCIONAMIENTO | AGUA CALIENTE |
|----------|-------------|----------------|---------------|
| 4,88     | 16kW > 18kW | -25°C > +43°C  | +40°C > +75°C |

**Las mejores características de su clase:**

- COP máximo **4,88 a +7°C** & **COP 2,67 a -7°C** de temperatura del aire.
- **Mantiene la capacidad nominal hasta -15°C.**
- Funcionamiento de la calefacción hasta **-25°C.**
- Agua caliente sanitaria **+40°C a +75°C.**
- Control de grupo maestro/esclavo hasta 8 unidades.



|                                                                                     |                  |                                                                                     |  |                                                                                      |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |                  |  |  |  |  |
| <b>UNIDADES INTERIORES</b>                                                          |                  | <b>UNIDADES EXTERIORES</b>                                                          |  | <b>CONTROLES REMOTOS</b>                                                             | <b>DEPÓSITO DE ACS</b>                                                                |
| HWS-P805XWHM3-E                                                                     | HWS-P1105XWHM3-E | HWS-P805HR-E                                                                        |  | HWS-AMS54E                                                                           | HWS-1501CSHM3-E                                                                       |
| HWS-P805XWHT6-E                                                                     | HWS-P1105XWHT6-E | HWS-P1105HR-E                                                                       |  |                                                                                      | HWS-2101CSHM3-E                                                                       |
| HWS-P805XWHT9-E                                                                     | HWS-P1105XWHT9-E |                                                                                     |  |                                                                                      | HWS-3001CSHM3-E                                                                       |

**TOSHIBA**

## ESTÍA 60° MONOFÁSICA

AEROTERMIA

### ESTÍA 60° MONOFÁSICA Datos de funcionamiento

| Nombre comercial                                                                                 |     | ESTÍA SIGMA<br>HWS-P805HR-E | ESTÍA OMEGA<br>HWS-P1105HR-E |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------|------------------------------|
| Unidad exterior                                                                                  |     | HWS-P805XWH**E              | HWS-P1105XWH**E              |
| Combinación de módulo hidrónico                                                                  |     |                             |                              |
| Eficiencia energética de calefacción estacional - Temperatura baja (Ecodesign LOT1 - Sept. 2019) |     |                             |                              |
| Clase de eficiencia energética - Temperatura baja                                                |     | A+++                        | A+++                         |
| Eficiencia energética de calefacción estacional (η <sub>s</sub> )                                |     | 157%                        | 175%                         |
| SCOP                                                                                             |     | 4.01                        | 4.48                         |
| Calefacción suelo radiante Aire +7°C Agua 35°C                                                   |     |                             |                              |
| Capacidad máxima de calefacción                                                                  | kW  | 16,92                       | 18,05                        |
| Capacidad nominal de calefacción                                                                 | kW  | 8,00                        | 11,20                        |
| COP                                                                                              | W/W | 4,76                        | 4,88                         |
| Calefacción suelo radiante Aire -7°C Agua 35°C                                                   |     |                             |                              |
| Capacidad máxima de calefacción                                                                  | kW  | 11,92                       | 12,79                        |
| Capacidad de calefacción (1)                                                                     | kW  | 9,38                        | 9,74                         |
| COP                                                                                              | W/W | 2,67                        | 2,64                         |
| Calefacción suelo radiante Aire -15°C Agua 35°C                                                  |     |                             |                              |
| Capacidad máxima de calefacción                                                                  | kW  | 9,37                        | 11,23                        |
| Capacidad de calefacción (1)                                                                     | kW  | 7,26                        | 8,06                         |
| COP                                                                                              | W/W | 2,18                        | 2,18                         |
| Calefacción radiadores Aire +7°C Agua 45°C                                                       |     |                             |                              |
| Capacidad máxima de calefacción                                                                  | kW  | 14,00                       | 14,74                        |
| Calefacción radiadores Aire -7°C Agua 45°C                                                       | kW  | 10,16                       | 10,61                        |
| Capacidad máxima de calefacción                                                                  | kW  | 8,04                        | 8,13                         |
| Calefacción radiadores Aire -20°C Agua 45°C                                                      | kW  | 6,72                        | 7,64                         |
| Capacidad máxima de calefacción                                                                  | kW  | 6,72                        | 7,64                         |
| Eficiencia energética de calefacción estacional - Temperatura media                              |     |                             |                              |
| Clase de eficiencia energética - Temperatura media                                               |     | A++                         | A++                          |
| Eficiencia energética de calefacción estacional (η <sub>s</sub> )                                |     | 125%                        | 131%                         |
| SCOP                                                                                             |     | 3,20                        | 3,35                         |
| Calefacción radiadores Aire +7°C Agua 55°C                                                       |     |                             |                              |
| Capacidad máxima de calefacción                                                                  | kW  | 11,08                       | 11,43                        |
| Calefacción radiadores Aire -7°C Agua 55°C                                                       | kW  | 8,40                        | 8,42                         |
| Capacidad máxima de calefacción                                                                  | kW  | 6,0                         | 10,0                         |
| Capacidad nominal de refrigeración Aire +35°C Agua 7°C                                           | kW  | 3,66                        | 3,00                         |
| EER                                                                                              | W/W |                             |                              |

Las capacidades máximas de calefacción se muestran para el valor de pico de funcionamiento, para el máximo rango de funcionamiento del compresor de acuerdo con EN14511.

La capacidad nominal de calefacción se muestra para el agua de 5°C a la frecuencia nominal de funcionamiento del compresor de acuerdo con EN14511.

(1) La capacidad de calefacción a -7°C se muestra para la frecuencia máxima de funcionamiento del compresor de acuerdo con EN14511.

La clase de eficiencia energética y la eficiencia energética de calefacción estacional (η<sub>s</sub>) se muestran para condiciones ambientales promedio, de acuerdo con EN14825.

### ESTÍA 60° MONOFÁSICA Datos físicos de la unidad exterior

| Unidad exterior                          |         | HWS-P805HR-E   | HWS-P1105HR-E  |
|------------------------------------------|---------|----------------|----------------|
| Dimensiones (Alto x Ancho x Profundidad) | mm      | 1340x900x320   | 1340x900x320   |
| Peso                                     | kg      | 92             | 92             |
| Nivel de presión sonora (máx.)           | dB(A)   | 49             | 49             |
| Nivel de potencia sonora (máx.)          | dB(A)   | 66             | 66             |
| Tipo de compresor                        |         | DC Twin rotary | DC Twin rotary |
| Refrigerante                             |         | R410A          | R410A          |
| Conexión abocartada (gas-liquido)        |         | 5/8" - 3/8"    | 5/8" - 3/8"    |
| Longitud mínima de tubería               | m       | 5              | 5              |
| Longitud máxima de tubería               | m       | 30             | 30             |
| Máxima diferencia de altura              | m       | 30             | 30             |
| Longitud de tubería precargada           | m       | 30             | 30             |
| Rango de funcionamiento en calefacción*  | °C      | -25-25         | -25-25         |
| Rango de funcionamiento para ACS         | °C      | -25-43**       | -25-43**       |
| Rango de funcionamiento en refrigeración | °C      | 10-43          | 10-43          |
| Potencia calefactor cinta anticongelante | W       | 75             | 75             |
| Alimentación                             | V-ph-Hz | 220/230-1-50   | 220/230-1-50   |

\* Dependiendo de las condiciones solo funciona la resistencia de apoyo. \*\* Funcionamiento del calefactor a más de 35°C

### ESTÍA 60° Datos físicos de la unidad hidrónica

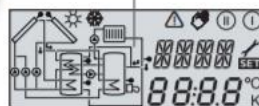
| Módulo hidrónico                                  |         | HWS-P805XWHM3-E | HWS-P1105XWHM3-E |
|---------------------------------------------------|---------|-----------------|------------------|
| Tamaño para el que está indicado                  |         | 80              | 110              |
| Temperatura de salida del agua en calefacción     | °C      | 20 - 60°C       | 20 - 60°C        |
| Temperatura de salida del agua en refrigeración   | °C      | 7 - 25°C        | 7 - 25°C         |
| Dimensiones (Alto x Ancho x Prof.)                | mm      | 925x525x355     | 925x525x355      |
| Peso                                              | kg      | 49**            | 52**             |
| Nivel de presión sonora                           | dB(A)   | 27              | 29               |
| Capacidad de la resistencia eléctrica de apoyo    | kW      | 3               | 3                |
| Alimentación de la resistencia eléctrica de apoyo | V-ph-Hz | 220-230-1-50    | 220-230-1-50     |
| Corriente máxima                                  | A       | 13              | 13               |

## ANEXO 14: SISTEMA DE CONTROL

### Delta Unit Plus



- 36 sistemas de base disponibles
- Pantalla Monitoring luminosa
- Regulación de velocidad, reloj horario y calorímetro
- 10 entradas de sonda
- 6 salidas de relé
- Control de función
- VBus®

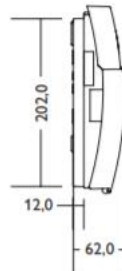
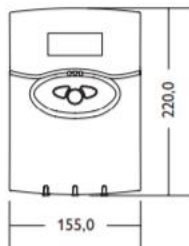


#### Totalidad de la entrega:

- 1 x Delta Unit Plus
- 1 x bolsa de accesorios
  - 2 x tornillos y clavijas
  - 4 x descargas tracción y tornillos
  - 1 x condensador 4,7 nF

#### Añición en el paquete completo:

- 2 x sondas FKP6
- 3 x sondas FRP6



#### Datos técnicos

**Carátula:** de plástico, PC-ABS y PMMA

**Tipo de protección:**  
IP 20 / DIN 40 050

**Temp. ambiente:** 0...40 °C

**Tamaño:** 220 x 155 x 62 mm

**Montaje:** en la pared, posibilidad de instalar un panel de conexiones (para el control)

**Pantalla:** multifuncional con iluminación de fondo, esquemas de sistemas y pictogramas, display de 4 dígitos y 16 segmentos alfanuméricos, display de 4 dígitos y 7 segmentos numéricos, LED bicolor. El regulador puede ser equipado con un display texto LC luminoso de 4 líneas opcional.

**Manejo:** mediante 3 pulsadores frontales

**Funciones:** regulador solar y de calefacción con esquemas de sistemas preprogramados y de selección como: el sistema solar estándar, los sistemas con 2 acumuladores, captadores este/oeste, apoyo al circuito de calefacción, regulación de intercambio térmico, post-calentamiento termostático, caldera de combustible sólido, funciones y opciones adicionales como: calorímetro, función de refrigeración de captadores, función especial de captadores de válvula, protección anticongelante, limitación de temperatura mínima, regulación de velocidad, balance de rendimiento térmico, control de función conforme a las normas BAW.

**Entradas de sonda:** 10 sondas de temperatura Pt1000, CS10, V40

**Salidas de relé:** 6 salidas de relé, 3 de las cuales para la regulación de velocidad

**Bus:** VBus

**Suministro:** 220...240V~

**Potencia de conexión:**  
4 (1) A 220...240V~

**Tensión transitoria de choque de medición:** 2,5 kV

**Modo de funcionamiento:**  
Tipo 1.b / Tipo 1.y

**Grado de contaminación:** 2



Descargas electrostáticas pueden dañar los componentes electrónicos del regulador.



Atención! componentes de alta tensión.



## **ANEXO 15: COMPROMISO DEL PROYECTO CON LOS OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE**

Teniendo en cuenta los objetivos del desarrollo sostenible, cabe destacar que este proyecto cumple con la consecución directa de varios de estos objetivos:

- Utilización de energía asequible y no contaminante (objetivo 7)
- Industria, innovación e infraestructura (objetivo 9)
- Ciudades y comunidades sostenibles (objetivo 11)
- Acción por el clima (objetivo 13)

Al tratarse de una energía renovable, permite la obtención de energía no contaminante, ya que reduce notablemente las emisiones producidas por una vivienda, junto con el aprovechamiento de la energía solar como fuente de energía.

Con la instalación de las placas fotovoltaicas y colectores solares, se produce una innovación en la forma de obtener energía, frente a las fuentes habituales que poseen mayor índice de contaminación y perjudican de forma muy directa el medioambiente, provocando cambios en el clima.

## **ANEXO 16: BIBLIOGRAFÍA**

[UNEF19] Unión Española Fotovoltaica (UNEF). “El sector fotovoltaico impulsor de la transición energética”, Informe Anual 2019.

[IDAE19] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), “Guía Profesional de Tramitación del Autoconsumo”, 2019.

[SANC08] J.M. Sancho, J. Riesco, C. Jiménez, M.C. Sánchez, J. Montero, M. López, Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), “Atlas de radiación solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT”, 2008.

[IDAE02] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), “Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura”, 2002.

[IDAE11] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), “Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red”, 2011.

[MINI13] Ministerio de Industria, Energía y Turismo, “Guía-BT-40, Instalaciones generadoras de baja tensión”, 2013.

[PERP12] O. Perpiñán, A. Colmenar, M. A. Castro, “Diseño de sistemas fotovoltaicos”, 2012.

[MINI19] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, “Nota de interpretación técnica de la equivalencia de la separación galvánica de la conexión de instalaciones generadoras en baja tensión”, 2019.

[IDAE12] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), “Indicaciones sobre parámetros de cálculo necesarios para la determinación del coste elegible”, 2012.

[IDAE09] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), “Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura”, 2009.

[IDAE14] A. Paredes, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), “Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria”, 2014.

[GARR19] F. Garreta, I. Romero, Secretaría de Gobierno de Energía, "Introducción a la energía solar térmica", 2019.

[OBAC10] F. Obaco, J. Jaramillo, “Sistemas solar-térmicos: algoritmo operativo para aplicar el método F-Chart en la evaluación de colectores solares”, 2010.

**Páginas web:**

<https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/non-renewable-energy/>

<http://www.adrase.com/>

[https://www.ree.es/sites/default/files/interactivos/como\\_consumimos\\_electricidad/como-varia-mi-consumo.html](https://www.ree.es/sites/default/files/interactivos/como_consumimos_electricidad/como-varia-mi-consumo.html)

<https://atersa.shop/>

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2000-17599>

<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn188.html>

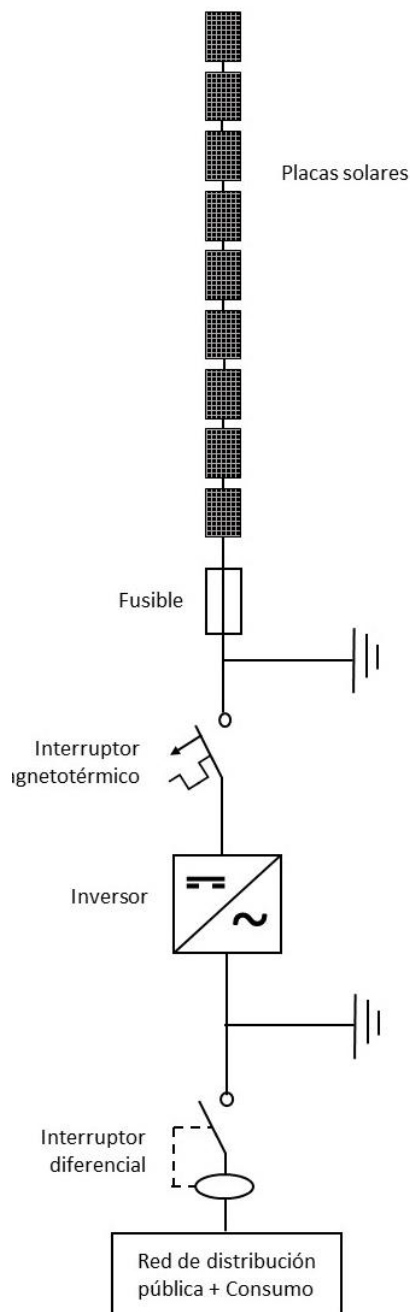
**Otras fuentes consultadas:**

Apuntes asignatura Transmisión del Calor, Luis Mochón Castro.

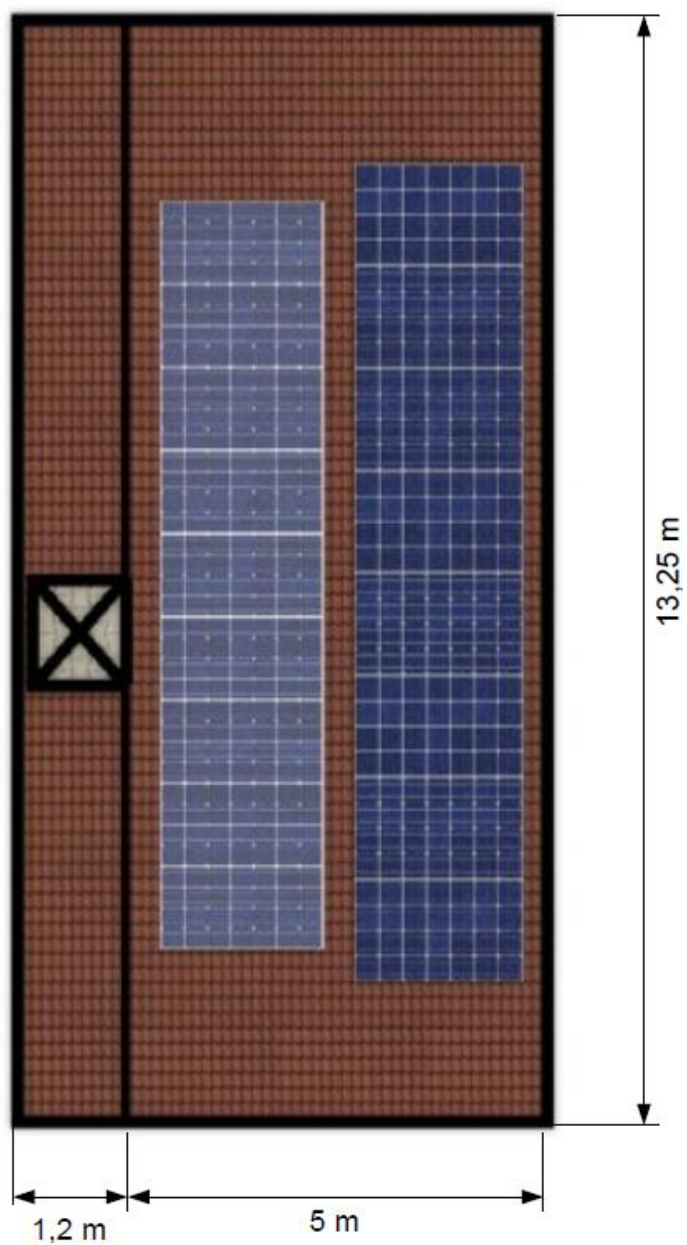
Apuntes asignatura Ingeniería y desarrollo sostenible, María del Mar Cledera Castro.



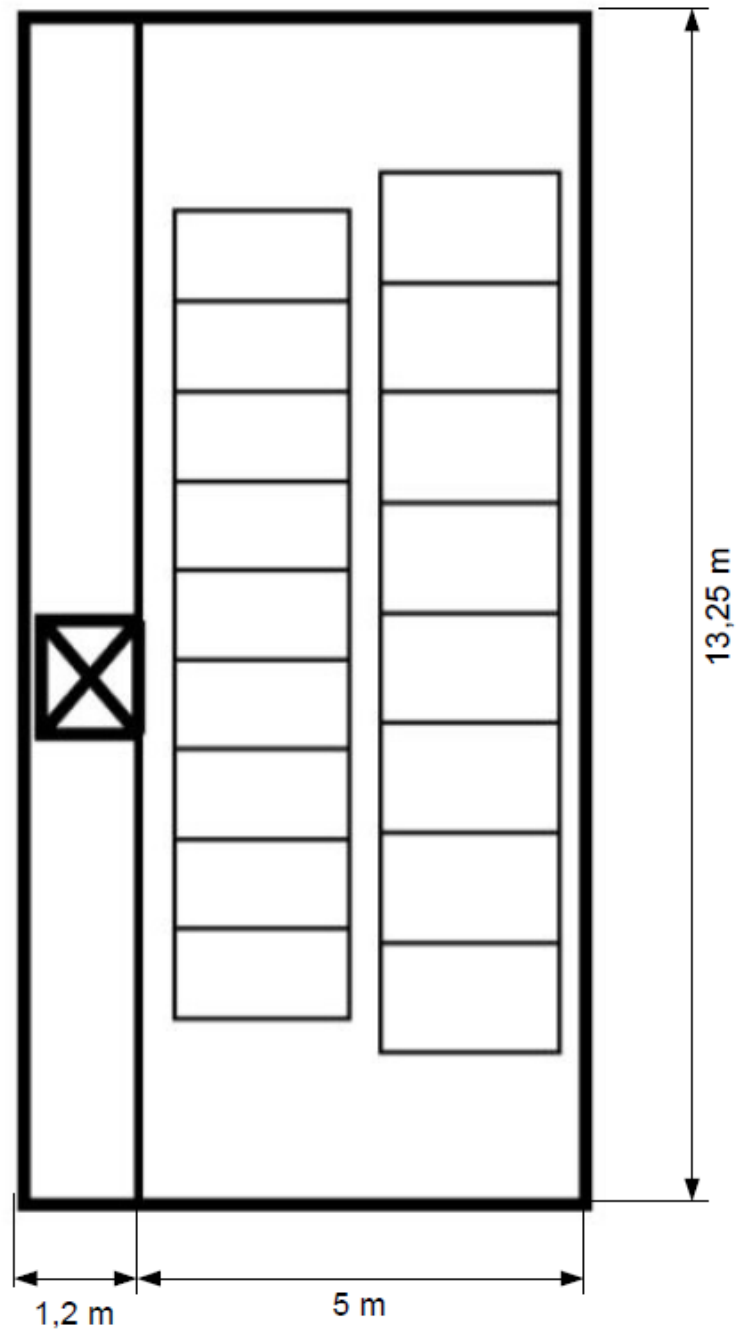
# DOCUMENTO II: PLANOS



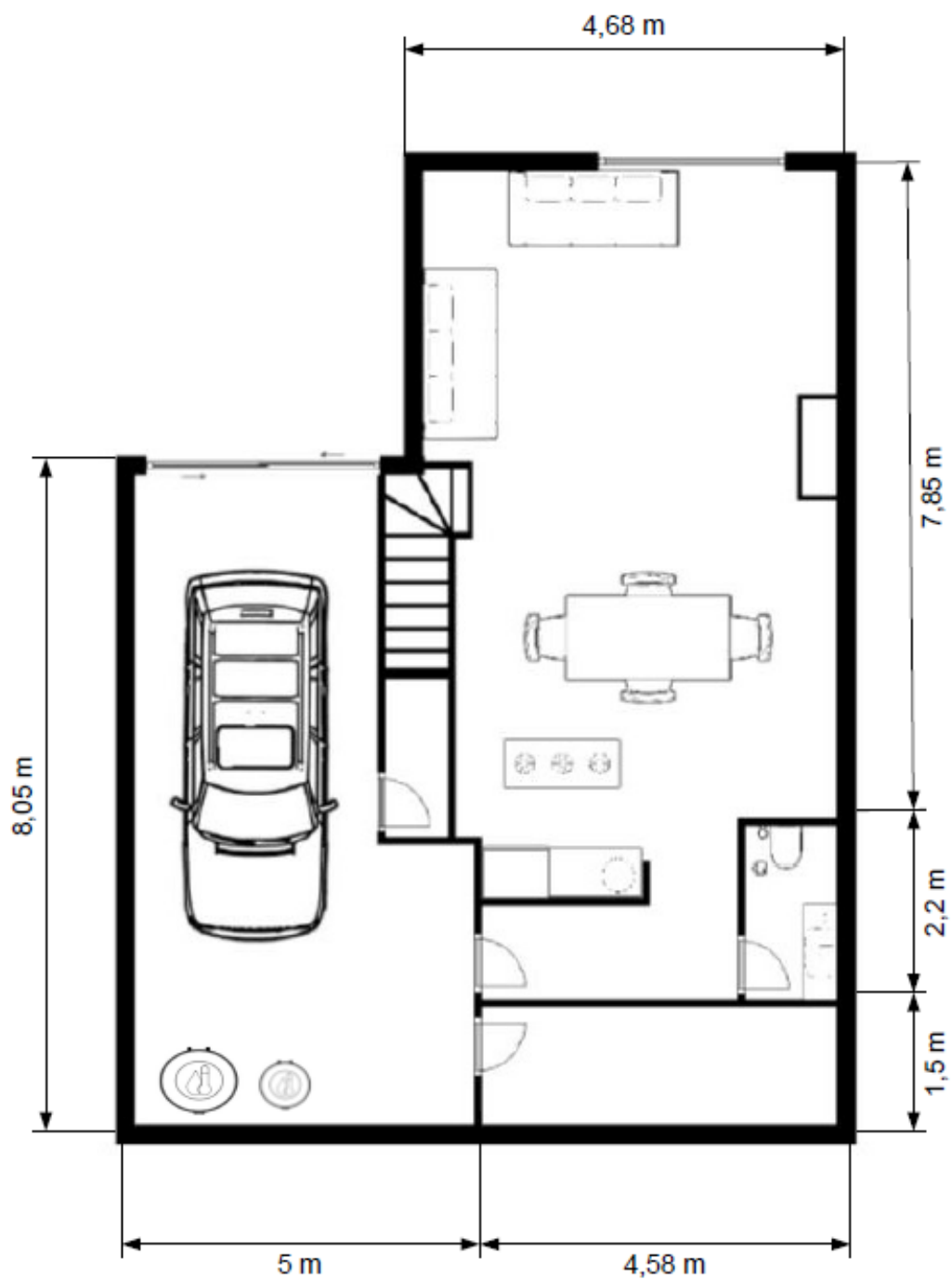
|                                                                                                  |                          |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------|
| ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA I.C.A.I.                                                  |                          | Nº:1 |
| PROYECTO: CÁLCULO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA AUTOCONSUMO EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR |                          |      |
| AUTOR: GERMÁN GARCÍA RODRÍGUEZ                                                                   |                          |      |
| DIRECTOR: LUIS JAVIER MATA GARCÍA                                                                |                          |      |
| FECHA: 7/7/2020                                                                                  | TÍTULO: ESQUEMA UNIFILAR |      |



|                                                                                                  |                  |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------|
| ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA I.C.A.I.                                                  |                  | Nº:2 |
| PROYECTO: CÁLCULO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA AUTOCONSUMO EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR |                  |      |
| AUTOR: GERMÁN GARCÍA RODRÍGUEZ                                                                   |                  |      |
| DIRECTOR: LUIS JAVIER MATA GARCÍA                                                                |                  |      |
| FECHA: 7/7/2020                                                                                  | TÍTULO: TEJADO 1 |      |



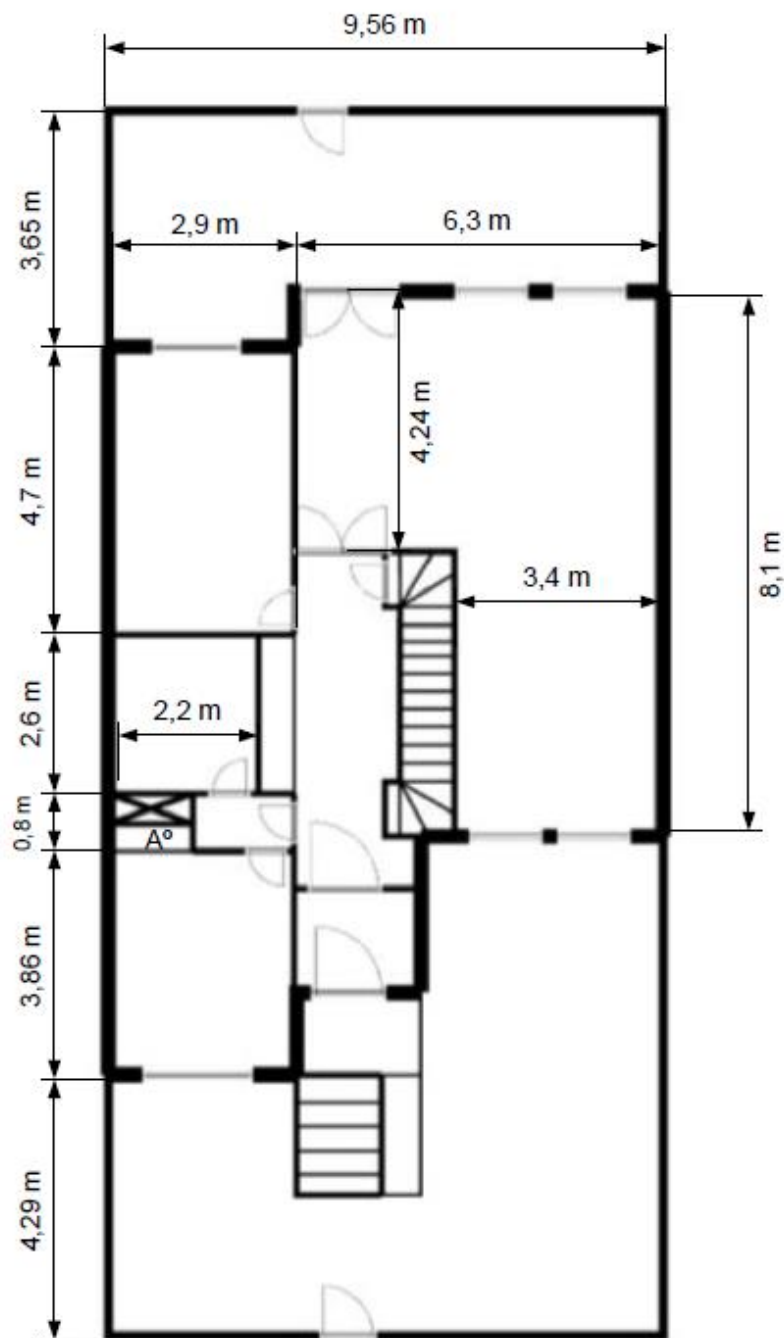
|                                                                                                  |                  |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------|
| ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA I.C.A.I.                                                  |                  | Nº:3 |
| PROYECTO: CÁLCULO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA AUTOCONSUMO EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR |                  |      |
| AUTOR: GERMÁN GARCÍA RODRÍGUEZ                                                                   |                  |      |
| DIRECTOR: LUIS JAVIER MATA GARCÍA                                                                |                  |      |
| FECHA: 7/7/2020                                                                                  | TÍTULO: TEJADO 2 |      |



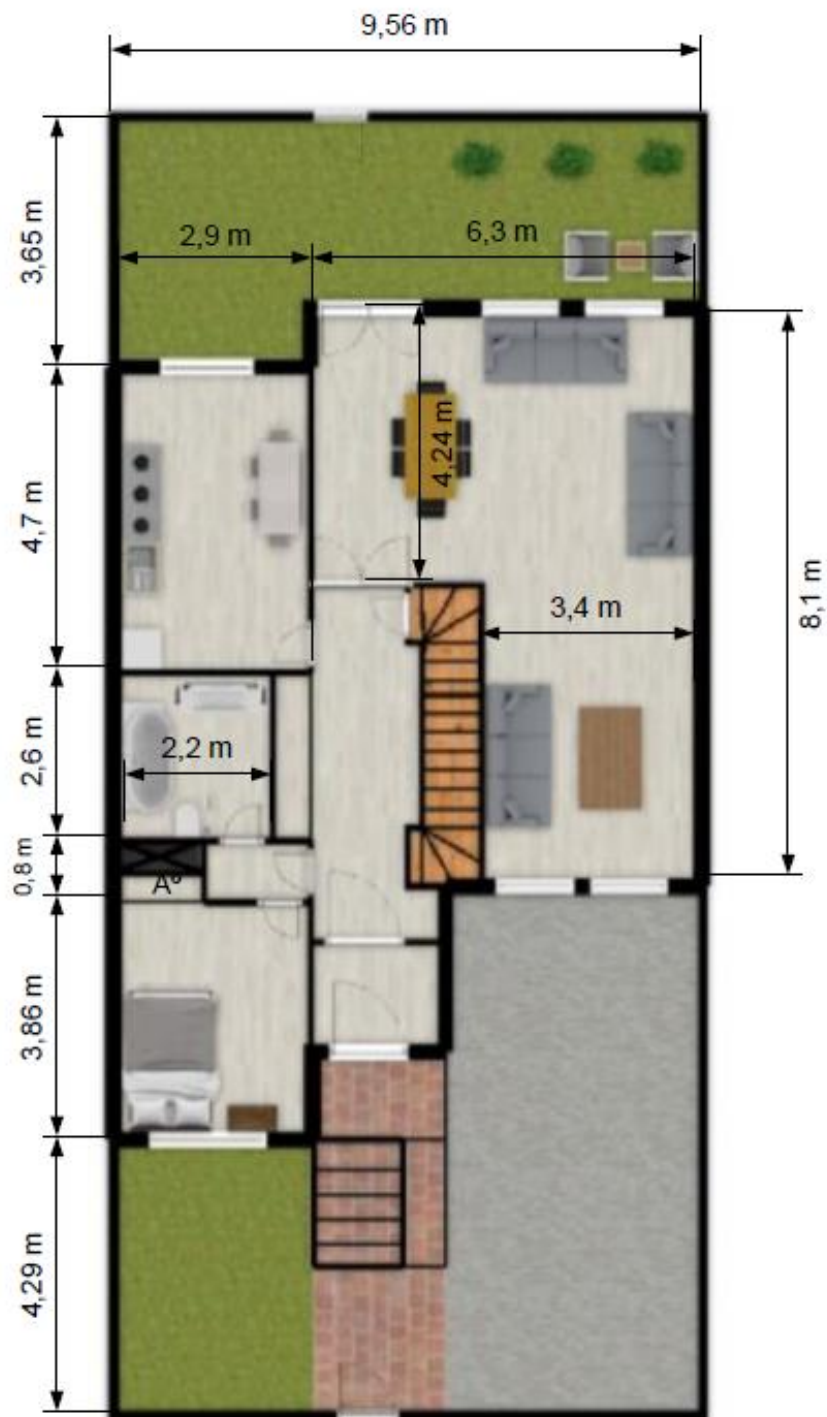
|                                                                                                  |                                |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------|
| ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA I.C.A.I.                                                  |                                | Nº:4 |
| PROYECTO: CÁLCULO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA AUTOCONSUMO EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR |                                |      |
| AUTOR: GERMÁN GARCÍA RODRÍGUEZ                                                                   |                                |      |
| DIRECTOR: LUIS JAVIER MATA GARCÍA                                                                |                                |      |
| FECHA: 7/7/2020                                                                                  | TÍTULO: SÓTANO CON DEPÓSITOS 1 |      |



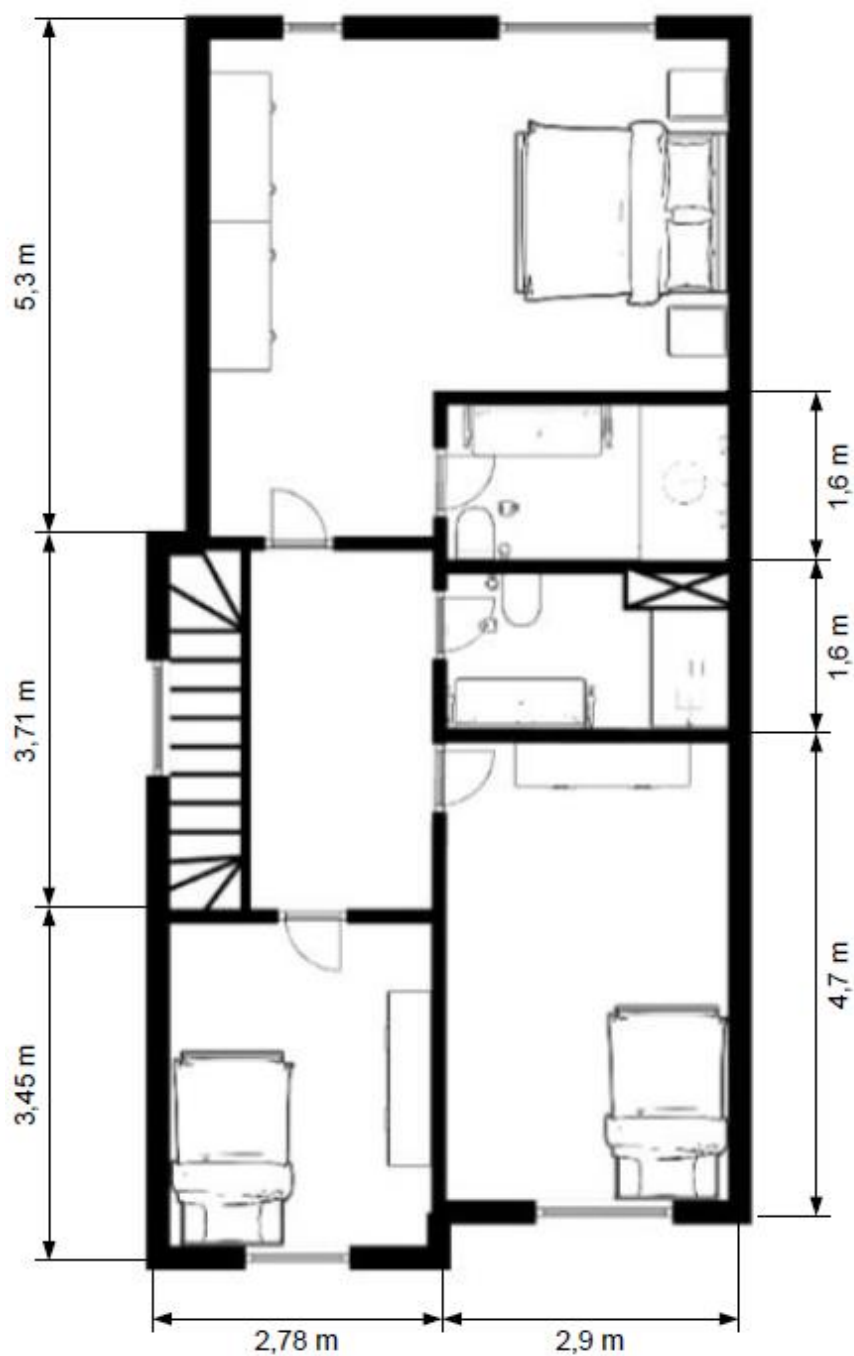
|                                                                                                  |                                |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------|
| ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA I.C.A.I.                                                  |                                | Nº: 5 |
| PROYECTO: CÁLCULO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA AUTOCONSUMO EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR |                                |       |
| AUTOR: GERMÁN GARCÍA RODRÍGUEZ                                                                   |                                |       |
| DIRECTOR: LUIS JAVIER MATA GARCÍA                                                                |                                |       |
| FECHA: 7/7/2020                                                                                  | TÍTULO: SÓTANO CON DEPÓSITOS 2 |       |



|                                                                                                  |                       |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------|
| ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA I.C.A.I.                                                  |                       | Nº: 6 |
| PROYECTO: CÁLCULO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA AUTOCONSUMO EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR |                       |       |
| AUTOR: GERMÁN GARCÍA RODRÍGUEZ                                                                   |                       |       |
| DIRECTOR: LUIS JAVIER MATA GARCÍA                                                                |                       |       |
| FECHA: 7/7/2020                                                                                  | TÍTULO: PLANTA BAJA 1 |       |



|                                                                                                  |                       |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------|
| ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA I.C.A.I.                                                  |                       | Nº: 7 |
| PROYECTO: CÁLCULO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA AUTOCONSUMO EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR |                       |       |
| AUTOR: GERMÁN GARCÍA RODRÍGUEZ                                                                   |                       |       |
| DIRECTOR: LUIS JAVIER MATA GARCÍA                                                                |                       |       |
| FECHA: 7/7/2020                                                                                  | TÍTULO: PLANTA BAJA 2 |       |



|                                                                                                  |                          |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------|
| ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA I.C.A.I.                                                  |                          | Nº: 8 |
| PROYECTO: CÁLCULO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA AUTOCONSUMO EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR |                          |       |
| AUTOR: GERMÁN GARCÍA RODRÍGUEZ                                                                   |                          |       |
| DIRECTOR: LUIS JAVIER MATA GARCÍA                                                                |                          |       |
| FECHA: 7/7/2020                                                                                  | TÍTULO: PLANTA PRIMERA 1 |       |



|                                                                                                  |                          |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------|
| ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA I.C.A.I.                                                  |                          | Nº: 9 |
| PROYECTO: CÁLCULO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA AUTOCONSUMO EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR |                          |       |
| AUTOR: GERMÁN GARCÍA RODRÍGUEZ                                                                   |                          |       |
| DIRECTOR: LUIS JAVIER MATA GARCÍA                                                                |                          |       |
| FECHA: 7/7/2020                                                                                  | TÍTULO: PLANTA PRIMERA 2 |       |

# DOCUMENTO III:

# PLIEGOS DE

# CONDICIONES

# **PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS DE INSTALACIONES CONECTADAS A RED.**

En este documento se adjuntan los principales capítulos del pliego de condiciones que se han utilizado para este proyecto. El objetivo de este documento es marcar las especificaciones técnicas que se deben tener en cuenta en una instalación solar fotovoltaica conectada a red quedando excluidas las instalaciones solares fotovoltaicas aisladas de red.

## 5 Componentes y materiales

### 5.1 Generalidades

- 5.1.1 Como principio general se ha de asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico clase I en lo que afecta tanto a equipos (módulos e inversores), como a materiales (conductores, cajas y armarios de conexión), exceptuando el cableado de continua, que será de doble aislamiento de clase 2 y un grado de protección mínimo de IP65.
- 5.1.2 La instalación incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.
- 5.1.3 El funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas no deberá provocar en la red averías, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable.
- 5.1.4 Asimismo, el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.
- 5.1.5 Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.
- 5.1.6 Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.
- 5.1.7 En la Memoria de Diseño o Proyecto se incluirán las fotocopias de las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante de todos los componentes.
- 5.1.8 Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc. de los mismos estarán en castellano y además, si procede, en alguna de las lenguas españolas oficiales del lugar de la instalación.

### 5.2 Sistemas generadores fotovoltaicos

- 5.2.1 Los módulos fotovoltaicos deberán incorporar el marcado CE, según la Directiva 2006/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.

Además, deberán cumplir la norma UNE-EN 61730, armonizada para la Directiva 2006/95/CE, sobre cualificación de la seguridad de módulos fotovoltaicos, y la norma UNE-EN 50380, sobre informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos. Adicionalmente, en función de la tecnología del módulo, éste deberá satisfacer las siguientes normas:

- UNE-EN 61215: Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación.
- UNE-EN 61646: Módulos fotovoltaicos (FV) de lámina delgada para aplicaciones terrestres. Cualificación del diseño y aprobación de tipo.
- UNE-EN 62108. Módulos y sistemas fotovoltaicos de concentración (CPV). Cualificación del diseño y homologación.

Los módulos que se encuentren integrados en la edificación, aparte de que deben cumplir la normativa indicada anteriormente, además deberán cumplir con lo previsto en la Directiva 89/106/CEE del Consejo de 21 de diciembre de 1988 relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre los productos de construcción.

Aquellos módulos que no puedan ser ensayados según estas normas citadas, deberán acreditar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos en las mismas por otros medios, y con carácter previo a su inscripción definitiva en el registro de régimen especial dependiente del órgano competente.

Será necesario justificar la imposibilidad de ser ensayados, así como la acreditación del cumplimiento de dichos requisitos, lo que deberá ser comunicado por escrito a la Dirección General de Política Energética y Minas, quien resolverá sobre la conformidad o no de la justificación y acreditación presentadas.

- 5.2.2 El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.
- 5.2.3 Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación.
  - 5.2.3.1 Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65.
  - 5.2.3.2 Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o acero inoxidable.
  - 5.2.3.3 Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del  $\pm 3 \%$  de los correspondientes valores nominales de catálogo.
  - 5.2.3.4 Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.
- 5.2.4 Será deseable una alta eficiencia de las células.
- 5.2.5 La estructura del generador se conectará a tierra.

- 5.2.6 Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.
- 5.2.7 Los módulos fotovoltaicos estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 10 años y contarán con una garantía de rendimiento durante 25 años.

### 5.3 Estructura soporte

- 5.3.1 Las estructuras soporte deberán cumplir las especificaciones de este apartado. En todos los casos se dará cumplimiento a lo obligado en el Código Técnico de la Edificación respecto a seguridad.
- 5.3.2 La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el Código Técnico de la edificación y demás normativa de aplicación.
- 5.3.3 El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.
- 5.3.4 Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.
- 5.3.5 El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.
- 5.3.6 La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura.
- 5.3.7 La tornillería será realizada en acero inoxidable. En el caso de que la estructura sea galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.
- 5.3.8 Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos.
- 5.3.9 En el caso de instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, el diseño de la estructura y la estanquidad entre módulos se ajustará a las exigencias vigentes en materia de edificación.
- 5.3.10 Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos, tanto sobre superficie plana (terraza) como integrados sobre tejado, cumpliendo lo especificado en el punto 4.1.2 sobre sombras. Se incluirán todos los accesorios y bancadas y/o anclajes.
- 5.3.11 La estructura soporte será calculada según la normativa vigente para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc.

- 5.3.12 Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirán las normas UNE-EN 10219-1 y UNE-EN 10219-2 para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.
- 5.3.13 Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE-EN ISO 14713 (partes 1, 2 y 3) y UNE-EN ISO 10684 y los espesores cumplirán con los mínimos exigibles en la norma UNE-EN ISO 1461.
- 5.3.14 En el caso de utilizarse seguidores solares, estos incorporarán el marcado CE y cumplirán lo previsto en la Directiva 98/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio de 1998, relativa a la aproximación de legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas, y su normativa de desarrollo, así como la Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de mayo de 2006 relativa a las máquinas.

## 5.4 Inversores

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

- 5.4.2 Las características básicas de los inversores serán las siguientes:

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

La caracterización de los inversores deberá hacerse según las normas siguientes:

- UNE-EN 62093: Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.
- UNE-EN 61683: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- IEC 62116. Testing procedure of islanding prevention measures for utility interactive photovoltaic inverters.

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

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

Adicionalmente, han de cumplir con la Directiva 2004/108/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética.

- 5.4.4 Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.
- 5.4.5 Cada inversor incorporará, al menos, los controles manuales siguientes:
- Encendido y apagado general del inversor.
  - Conexión y desconexión del inversor a la interfaz CA.
- 5.4.6 Las características eléctricas de los inversores serán las siguientes:
- 5.4.6.1 El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar un 10% superiores a las CEM. Además soportará picos de un 30% superior a las CEM durante períodos de hasta 10 segundos.
- 5.4.6.2 El rendimiento de potencia del inversor (cociente entre la potencia activa de salida y la potencia activa de entrada), para una potencia de salida en corriente alterna igual al 50% y al 100% de la potencia nominal, será como mínimo del 92% y del 94% respectivamente. El cálculo del rendimiento se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN 6168: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- 5.4.6.3 El autoconsumo de los equipos (pérdidas en “vacío”) en “stand-by” o modo nocturno deberá ser inferior al 2 % de su potencia nominal de salida.
- 5.4.6.4 El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25 % y el 100 % de la potencia nominal.
- 5.4.6.5 A partir de potencias mayores del 10 % de su potencia nominal, el inversor deberá inyectar en red.
- 5.4.7 Los inversores tendrán un grado de protección mínima IP 20 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP 30 para inversores en el interior de edificios y lugares accesibles, y de IP 65 para inversores instalados a la intemperie. En cualquier caso, se cumplirá la legislación vigente.
- 5.4.8 Los inversores estarán garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre 0 °C y 40 °C de temperatura y entre 0 % y 85 % de humedad relativa.
- 5.4.9 Los inversores para instalaciones fotovoltaicas estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 3 años.

## **5.5 Cableado**

- 5.5.1 Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.
- 5.5.2 Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %.
- 5.5.3 El cable deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

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

## **5.6 Conexión a red**

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

## **5.7 Medidas**

- 5.7.1 Todas las instalaciones cumplirán con el Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.

## **5.8 Protecciones**

- 5.8.1 Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 11) sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- 5.8.2 En conexiones a la red trifásicas las protecciones para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 Hz y 49 Hz respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 Um y 0,85 Um respectivamente) serán para cada fase.

## **5.9 Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas**

- 5.9.1 Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 12) sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- 5.9.2 Cuando el aislamiento galvánico entre la red de distribución de baja tensión y el generador fotovoltaico no se realice mediante un transformador de aislamiento, se explicarán en la Memoria de Diseño o Proyecto los elementos utilizados para garantizar esta condición.
- 5.9.3 Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección continua como de la alterna, estarán conectadas a una única tierra. Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo con el Reglamento de Baja Tensión.

## **5.10 Armónicos y compatibilidad electromagnética**

- 5.10.1 Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 13) sobre armónicos y compatibilidad electromagnética en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

## **5.11 Medidas de seguridad**

- 5.11.1 Las centrales fotovoltaicas, independientemente de la tensión a la que estén conectadas a la red, estarán equipadas con un sistema de protecciones que garantice su desconexión en caso de un fallo en la red o fallos internos en la instalación de la propia central, de manera que no

perturben el correcto funcionamiento de las redes a las que estén conectadas, tanto en la explotación normal como durante el incidente.

- 5.11.2 La central fotovoltaica debe evitar el funcionamiento no intencionado en isla con parte de la red de distribución, en el caso de desconexión de la red general. La protección anti-isla deberá detectar la desconexión de red en un tiempo acorde con los criterios de protección de la red de distribución a la que se conecta, o en el tiempo máximo fijado por la normativa o especificaciones técnicas correspondientes. El sistema utilizado debe funcionar correctamente en paralelo con otras centrales eléctricas con la misma o distinta tecnología, y alimentando las cargas habituales en la red, tales como motores.
- 5.11.3 Todas las centrales fotovoltaicas con una potencia mayor de 1 MW estarán dotadas de un sistema de teledesconexión y un sistema de telemedida.
- La función del sistema de teledesconexión es actuar sobre el elemento de conexión de la central eléctrica con la red de distribución para permitir la desconexión remota de la planta en los casos en que los requisitos de seguridad así lo recomienden. Los sistemas de teledesconexión y telemedida serán compatibles con la red de distribución a la que se conecta la central fotovoltaica, pudiendo utilizarse en baja tensión los sistemas de telegestión incluidos en los equipos de medida previstos por la legislación vigente.
- 5.11.4 Las centrales fotovoltaicas deberán estar dotadas de los medios necesarios para admitir un reenganche de la red de distribución sin que se produzcan daños. Asimismo, no producirán sobretensiones que puedan causar daños en otros equipos, incluso en el transitorio de paso a isla, con cargas bajas o sin carga. Igualmente, los equipos instalados deberán cumplir los límites de emisión de perturbaciones indicados en las normas nacionales e internacionales de compatibilidad electromagnética.

## 7 Cálculo de la producción anual esperada

7.1 En la Memoria se incluirán las producciones mensuales máximas teóricas en función de la irradiancia, la potencia instalada y el rendimiento de la instalación.

7.2 Los datos de entrada que deberá aportar el instalador son los siguientes:

7.2.1  $G_{dm}(0)$ .

Valor medio mensual y anual de la irradiación diaria sobre superficie horizontal, en kWh/(m<sup>2</sup>·día), obtenido a partir de alguna de las siguientes fuentes:

- Agencia Estatal de Meteorología.
- Organismo autonómico oficial.
- Otras fuentes de datos de reconocida solvencia, o las expresamente señaladas por el IDAE.

7.2.2  $G_{dm}(\alpha, \beta)$ .

Valor medio mensual y anual de la irradiación diaria sobre el plano del generador en kWh/(m<sup>2</sup>·día), obtenido a partir del anterior, y en el que se hayan descontado las pérdidas por sombreado en caso de ser éstas superiores a un 10 % anual (ver anexo III). El parámetro  $\alpha$  representa el azimut y  $\beta$  la inclinación del generador, tal y como se definen en el anexo II.

### 7.2.3 Rendimiento energético de la instalación o “performance ratio”, PR.

Eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo, que tiene en cuenta:

- La dependencia de la eficiencia con la temperatura.
- La eficiencia del cableado.
- Las pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad.
- Las pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia.
- La eficiencia energética del inversor.
- Otros.

### 7.2.4 La estimación de la energía inyectada se realizará de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$E_p = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) P_{mp} PR}{G_{CEM}} \text{ kWh/día}$$

Donde:

$P_{mp}$  = Potencia pico del generador

$G_{CEM} = 1 \text{ kW/m}^2$

### 7.3 Los datos se presentarán en una tabla con los valores medios mensuales y el promedio anual, de acuerdo con el siguiente ejemplo:

*Tabla II.* Generador  $P_{mp} = 1 \text{ kWp}$ , orientado al Sur ( $\alpha = 0^\circ$ ) e inclinado  $35^\circ$  ( $\beta = 35^\circ$ ).

| Mes        | $G_{dm}(0)$<br>[kWh/(m <sup>2</sup> ·día)] | $G_{dm}(\alpha=0^\circ, \beta=35^\circ)$<br>[kWh/(m <sup>2</sup> ·día)] | PR    | $E_p$<br>(kWh/día) |
|------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------|
| Enero      | 1,92                                       | 3,12                                                                    | 0,851 | 2,65               |
| Febrero    | 2,52                                       | 3,56                                                                    | 0,844 | 3,00               |
| Marzo      | 4,22                                       | 5,27                                                                    | 0,801 | 4,26               |
| Abril      | 5,39                                       | 5,68                                                                    | 0,802 | 4,55               |
| Mayo       | 6,16                                       | 5,63                                                                    | 0,796 | 4,48               |
| Junio      | 7,12                                       | 6,21                                                                    | 0,768 | 4,76               |
| Julio      | 7,48                                       | 6,67                                                                    | 0,753 | 5,03               |
| Agosto     | 6,60                                       | 6,51                                                                    | 0,757 | 4,93               |
| Septiembre | 5,28                                       | 6,10                                                                    | 0,769 | 4,69               |
| Octubre    | 3,51                                       | 4,73                                                                    | 0,807 | 3,82               |
| Noviembre  | 2,09                                       | 3,16                                                                    | 0,837 | 2,64               |
| Diciembre  | 1,67                                       | 2,78                                                                    | 0,850 | 2,36               |
| Promedio   | 4,51                                       | 4,96                                                                    | 0,803 | 3,94               |

# **PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS DE INSTALACIONES DE BAJA TEMPERATURA.**

En este documento se adjuntan los principales capítulos del pliego de condiciones que se han utilizado para este proyecto. El objetivo de este documento es marcar las especificaciones técnicas que se deben tener en cuenta en una instalación solar térmica de baja temperatura.

### 3 Criterios generales de diseño

#### 3.1 Dimensionado y cálculo

##### 3.1.1 Datos de partida

Los datos de partida necesarios para el dimensionado y cálculo de la instalación están constituidos por dos grupos de parámetros que definen las condiciones de uso y climáticas.

##### *Condiciones de uso*

Las condiciones de uso vienen dadas por la demanda energética asociada a la instalación según los diferentes tipos de consumo:

- Para aplicaciones de A.C.S., la demanda energética se determina en función del consumo de agua caliente, siguiendo lo especificado en el Anexo IV.
- Para aplicaciones de calentamiento de piscinas, la demanda energética se calcula en función de las pérdidas de la misma, siguiendo lo recogido en el Anexo IV.
- Para aplicaciones de climatización (calefacción y refrigeración), la demanda energética viene dada por la carga térmica del habitáculo a climatizar, calculándose según lo especificado en el RITE.
- Para aplicaciones de uso industrial se tendrá en cuenta la demanda energética y potencia necesaria, realizándose un estudio específico y pormenorizado de las necesidades, definiendo claramente si es un proceso discreto o continuo y el tiempo de duración del mismo.
- Para instalaciones combinadas se realizará la suma de las demandas energéticas sobre base diaria o mensual, aplicando si es necesario factores de simultaneidad.

##### *Condiciones climáticas*

Las condiciones climáticas vienen dadas por la radiación global total en el campo de captación, la temperatura ambiente diaria y la temperatura del agua de la red.

Al objeto de este PCT podrán utilizarse datos de radiación publicados por entidades de reconocido prestigio y los datos de temperatura publicados por el Instituto Nacional de Meteorología.

A falta de otros datos, se recomienda usar las tablas de radiación y temperatura ambiente por provincias publicadas por Censolar, recogidas en los Anexos IV y X.

Para piscinas cubiertas, los valores ambientales de temperatura y humedad deberán ser fijados en el proyecto, la temperatura seca del aire del local será entre 2 °C y 3 °C mayor que la del agua, con un mínimo de 26 °C y un máximo de 28 °C, y la humedad relativa del ambiente se mantendrá entre el 55 % y el 70 %, siendo recomendable escoger el valor de diseño 60 %.

##### 3.1.2 Dimensionado básico

A los efectos de este PCT, el dimensionado básico de las instalaciones o sistemas a medida se refiere a la selección de la superficie de captadores solares y, en caso de que exista, al volumen de acumulación solar, para la aplicación a la que está destinada la instalación. El dimensionado básico de los sistemas solares prefabricados se refiere a la selección del sistema solar prefabricado para la aplicación de A.C.S. a la que está destinado.

El dimensionado básico de una instalación, para cualquier aplicación, deberá realizarse de forma que en ningún mes del año la energía producida por la instalación solar supere el 110% de la demanda de consumo y no más de tres meses seguidos el 100%. A estos efectos, y para instalaciones de un marcado carácter estacional, no se tomarán en consideración aquellos períodos de tiempo en los cuales la demanda se sitúe un 50% debajo de la media correspondiente al resto del año.

En el caso de que se dé la situación de estacionalidad en los consumos indicados anteriormente, deberán tomarse las medidas de protección de la instalación correspondientes, indicadas en el Anexo IX (*"Requisitos técnicos del contrato de mantenimiento"*).

El rendimiento de la instalación se refiere sólo a la parte solar de la misma. En caso de sistemas de refrigeración por absorción se refiere a la producción de la energía solar térmica necesaria para el sistema de refrigeración.

A estos efectos, se definen los conceptos de fracción solar y rendimiento medio estacional o anual de la siguiente forma:

Fracción solar mes "x" = (Energía solar aportada el mes "x" / Demanda energética durante el mes "x") × 100

Fracción solar año "y" = (Energía solar aportada el año "y" / Demanda energética durante el año "y") × 100

Rendimiento medio año "y" = (Energía solar aportada el año "y" / Irradiación incidente año "y") × 100

Irradiación incidente año "y" = Suma de las irradiaciones incidentes de los meses del año "y"

Irradiaciones incidentes en el mes "x" = Irradiación en el mes "x" × Superficie captadora

El concepto de *energía solar aportada el año "y"* se refiere a la energía demandada realmente satisfecha por la instalación de energía solar. Esto significa que para su cálculo nunca podrá considerarse más de un 100% de aporte solar en un determinado mes.

Para el cálculo del dimensionado básico de instalaciones a medida podrá utilizarse cualquiera de los métodos de cálculo comerciales de uso aceptado por proyectistas, fabricantes e instaladores. El método de cálculo especificará, al menos sobre base mensual, los valores medios diarios de la demanda de energía y del aporte solar. Asimismo, el método de cálculo incluirá las prestaciones globales anuales definidas por:

- La demanda de energía térmica.
- La energía solar térmica aportada.
- Las fracciones solares medias mensuales y anual.
- El rendimiento medio anual.

La selección del sistema solar prefabricado se realizará a partir de los resultados de ensayo del sistema, teniendo en cuenta que tendrá también que cumplir lo especificado en el RITE.

Independientemente de lo especificado en los párrafos anteriores, en el caso de A.C.S. se debe tener en cuenta que el sistema solar se debe diseñar y calcular en función de la energía que aporta a lo largo del día y no en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda y el aporte, al no ser ésta simultánea con la generación.

Para esta aplicación el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < V/A < 180$$

donde  $A$  será el área total de los captadores, expresada en  $m^2$ , y  $V$  es el volumen del depósito

### 3.2.3 Conexionado

Los captadores se dispondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie o en serie-paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc.

Dentro de cada fila los captadores se conectarán en serie o en paralelo. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante.

La superficie de una fila de captadores conexcionados en serie no será superior a 10 m<sup>2</sup>. En caso de algunos usos industriales y refrigeración por absorción, si estuviese justificado, podrá elevarse a lo máximo permitido por el fabricante. En el caso de A.C.S., el número de captadores conexcionados en serie no será superior a lo fijado en la sección H4 ("Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria") del Código Técnico de la Edificación.

Se dispondrá de un sistema para asegurar igual recorrido hidráulico en todas las baterías de captadores. En general se debe alcanzar un flujo equilibrado mediante el sistema de retorno invertido. Si esto no es posible, se puede controlar el flujo mediante mecanismos adecuados, como válvulas de equilibrado.

Se deberá prestar especial atención en la estanqueidad y durabilidad de las conexiones del captador.

En la figura 2 se pueden observar de forma esquemática las conexiones mencionadas en este apartado.

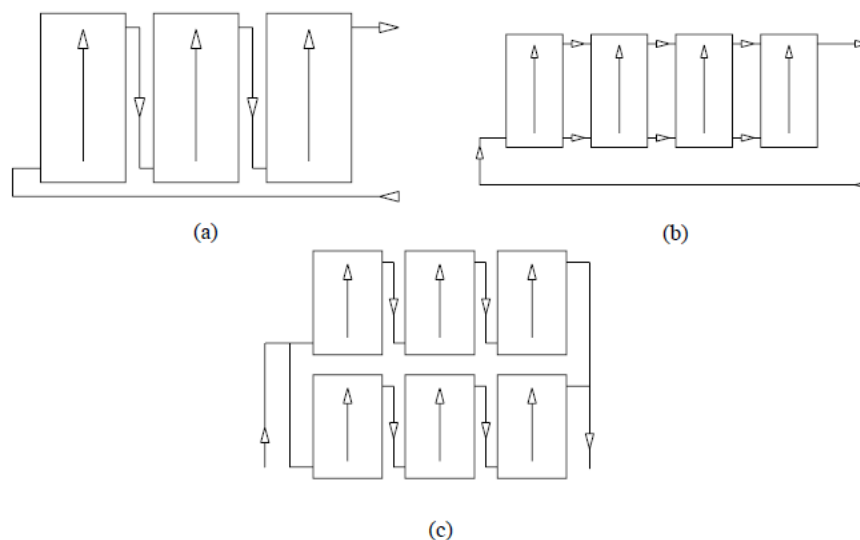


Fig. 2. Conexión de captadores: a) En serie. b) En paralelo. c) En serie-paralelo.

### 3.3 Diseño del sistema de acumulación solar

#### 3.3.1 Generalidades

Los acumuladores para A.C.S. y las partes de acumuladores combinados que estén en contacto con agua potable, deberán cumplir los requisitos de UNE EN 12897.

Preferentemente, los acumuladores serán de configuración vertical y se ubicarán en zonas interiores.

Para aplicaciones combinadas con acumulación centralizada es obligatoria la configuración vertical del depósito, debiéndose además cumplir que la relación altura/diámetro del mismo sea mayor de dos.

En caso de que el acumulador esté directamente conectado con la red de distribución de agua caliente sanitaria, deberá ubicarse un termómetro en un sitio claramente visible por el usuario. El sistema deberá ser capaz de elevar la temperatura del acumulador a 60°C y hasta 70°C con objeto de prevenir la legionelosis, tal como dispone el RD 865/2003, de 4 de julio.

En caso de aplicaciones para A.C.S. es necesario prever un conexionado puntual entre el sistema auxiliar y el solar de forma que se pueda calentar este último con el auxiliar, para poder cumplir con las medidas de prevención de legionella. Se podrán proponer otros métodos de tratamiento anti-legionella.

Aun cuando los acumuladores solares tengan el intercambiador de calor incorporado, se cumplirán los requisitos establecidos para el diseño del sistema de intercambio en el apartado 3.4 de este documento.

Los acumuladores de los sistemas grandes a medida con un volumen mayor de 2 m<sup>3</sup> deberán llevar válvulas de corte u otros sistemas adecuados para cortar flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños del sistema.

#### 3.3.2 Situación de las conexiones

Con objeto de aprovechar al máximo la energía captada y evitar la pérdida de la estratificación por temperatura en los depósitos, la situación de las tomas para las diferentes conexiones serán las establecidas en los puntos siguientes:

- a) La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al acumulador se realizará, preferentemente, a una altura comprendida entre el 50 % y el 75 % de la altura total del mismo.
- b) La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste.
- c) En caso de una sola aplicación, la alimentación de agua de retorno de consumo al depósito se realizará por la parte inferior. En caso de sistemas abiertos en el consumo, como por ejemplo A.C.S., esto se refiere al agua fría de red. La extracción de agua caliente del depósito se realizará por la parte superior.
- d) En caso de varias aplicaciones dentro del mismo depósito habrá que tener en cuenta los niveles térmicos de éstas, de forma que tanto las salidas como los retornos para aplicaciones que requieran un mayor nivel térmico en temperaturas estén por encima de las que requieran un nivel menor.

Se recomienda que la/s entrada/s de agua de retorno de consumo esté equipada con una placa deflectora en la parte interior, a fin de que la velocidad residual no destruya la estratificación en el acumulador o el empleo de otros métodos contrastados que minimicen la mezcla.

Las conexiones de entrada y salida se situarán de forma que se eviten caminos preferentes de circulación del fluido.

### 3.3.3 Varios acumuladores

Cuando sea necesario que el sistema de acumulación solar esté formado por más de un depósito, éstos se conectarán en serie invertida en el circuito de consumo o en paralelo con los circuitos primarios y secundarios equilibrados, tal como se puede ver en la figura 3.

La conexión de los acumuladores permitirá la desconexión individual de los mismos sin interrumpir el funcionamiento de la instalación.

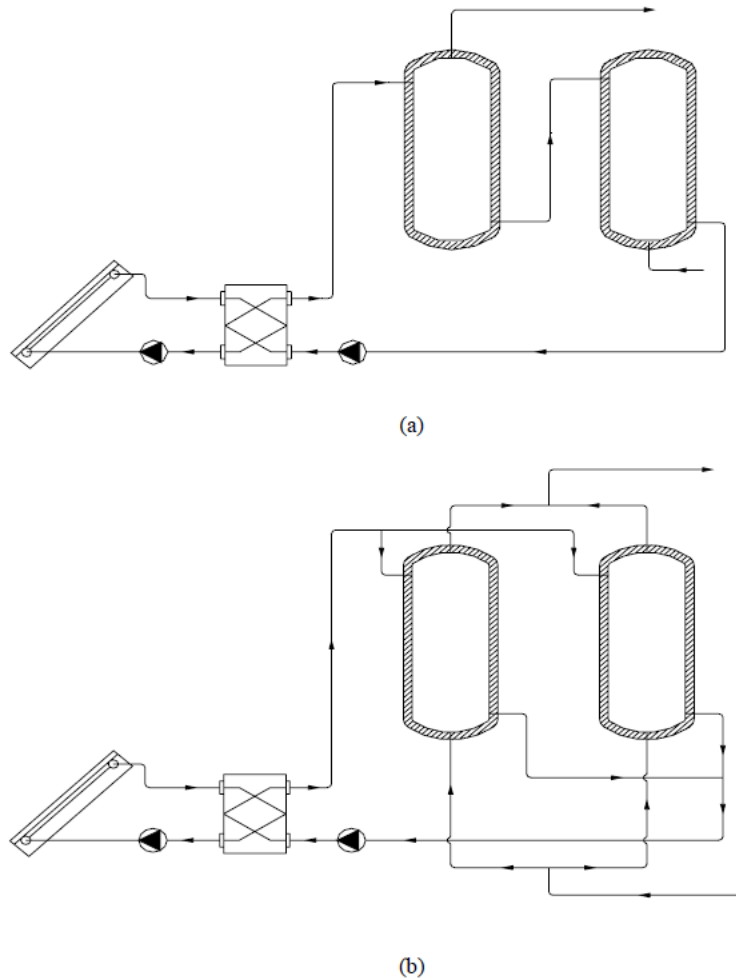


Fig. 3. a) Conexión en serie invertida con el circuito de consumo. b) Conexión en paralelo con el circuito secundario equilibrado.

#### 3.3.4 Sistema auxiliar en el acumulador solar

No se permite la conexión de un sistema auxiliar en el acumulador solar, ya que esto puede suponer una disminución de las posibilidades de la instalación solar para proporcionar las prestaciones energéticas que se pretenden obtener con este tipo de instalaciones.

No obstante, y cuando existan circunstancias específicas en la instalación que lo demanden (excepto en los casos de producción de A.C.S. y climatización de piscinas), se podrá considerar la incorporación de energía convencional en el acumulador solar, para lo cual será necesaria la presentación de una descripción detallada de todos los sistemas y equipos empleados, que justifique suficientemente que se produce el proceso de estratificación y que además permita la verificación del cumplimiento, como mínimo, de todas y cada una de las siguientes condiciones en el acumulador solar:

1. Deberá tratarse de un sistema indirecto: acumulación solar en el secundario.
2. Volumen total máximo de 2000 litros.
3. Configuración vertical con relación entre la altura y el diámetro del acumulador no inferior a 2.
4. Calentamiento solar en la parte inferior y calentamiento convencional en la parte superior considerándose el acumulador dividido en dos partes separadas por una de transición de, al menos, 10 centímetros de altura. La parte solar inferior deberá cumplir con los criterios de dimensionado de estas prescripciones y la parte convencional superior deberá cumplir con los criterios y normativas habituales de aplicación.
5. La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador solar al acumulador se realizará, preferentemente, a una altura comprendida entre el 50 % y el 75 % de la altura total del mismo, y siempre por debajo de la zona de transición. La conexión de salida de agua fría hacia el intercambiador se realizará por la parte inferior del acumulador.
6. Las entradas de agua estarán equipadas con una placa deflectora o equivalente, a fin de que la velocidad residual no destruya la estratificación en el acumulador.
7. No existirá recirculación del circuito de distribución de consumo de A.C.S.

En su caso y adicionalmente, se tendrá en cuenta lo indicado en el punto 2 del párrafo cuarto del apartado 3.8.

En cualquier caso, queda a criterio del IDAE el dar por válido el sistema propuesto.

Para los equipos prefabricados que no cumpliendo lo indicado anteriormente en este apartado, vengán preparados de fábrica para albergar un sistema auxiliar eléctrico, se deberá anular esta posibilidad de forma permanente, mediante sellado irreversible u otro medio.

#### 3.4 Diseño del sistema de intercambio

La potencia mínima de diseño del intercambiador independiente,  $P$ , en vatios, en función del área de captadores  $A$ , en metros cuadrados, cumplirá la condición:

$$P \geq 500A$$

El intercambiador independiente será de placas de acero inoxidable o cobre y deberá soportar las temperaturas y presiones máximas de trabajo de la instalación.

El intercambiador del circuito de captadores incorporado al acumulador solar estará situado en la parte inferior de este último y podrá ser de tipo sumergido o de doble envolvente. El

intercambiador sumergido podrá ser de serpentín o de haz tubular. La relación entre la superficie útil de intercambio del intercambiador incorporado y la superficie total de captación no será inferior a 0,15.

En caso de aplicación para A.C.S. se puede utilizar el circuito de consumo con un intercambiador, teniendo en cuenta que con el sistema de energía auxiliar de producción instantánea en línea o en acumulador secundario hay que elevar la temperatura hasta 60 °C y siempre en el punto más alejado de consumo hay que asegurar 50 °C.

### 3.5 Diseño del circuito hidráulico

#### 3.5.1 Generalidades

Debe concebirse en fase de diseño un circuito hidráulico de por sí equilibrado. Si no fuera posible, el flujo debe ser controlado por válvulas de equilibrado.

En caso de aplicación para A.C.S., el circuito hidráulico del sistema de consumo deberá cumplir los requisitos especificados en UNE-EN 806-1.

En cualquier caso los materiales del circuito deberán cumplir lo especificado en ISO/TR 10217.

#### 3.5.2 Tuberías

Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de tuberías del sistema deberá ser tan corta como sea posible, evitando al máximo los codos y pérdidas de carga en general.

El diseño y los materiales deberán ser tales que no exista posibilidad de formación de obturaciones o depósitos de cal en sus circuitos que influyan drásticamente en el rendimiento del sistema.

#### 3.5.3 Bombas

Si el circuito de captadores está dotado con una bomba de circulación, la caída de presión se debería mantener aceptablemente baja en todo el circuito.

Siempre que sea posible, las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.

En instalaciones con superficies de captación superiores a 50 m<sup>2</sup> se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se establecerá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

Las tuberías conectadas a las bombas se soportarán en las inmediaciones de éstas, de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos de torsión o flexión. El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

En instalaciones de piscinas la disposición de los elementos será la siguiente: el filtro ha de colocarse siempre entre la bomba y los captadores y el sentido de la corriente ha de ser bomba-filtro-captadores, para evitar que la resistencia del filtro provoque una sobrepresión perjudicial para los captadores, prestando especial atención a su mantenimiento. La impulsión de agua caliente deberá hacerse por la parte inferior de la piscina, quedando la impulsión de agua filtrada en superficie.

#### 3.5.4 Vasos de expansión

Los vasos de expansión preferentemente se conectarán en la aspiración de la bomba.

Cuando no se cumpla el punto anterior, la altura en la que se situarán los vasos de expansión abiertos será tal que asegure el no desbordamiento del fluido y la no introducción de aire en el circuito primario.

#### 3.5.5 Purga de aire

En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático. El volumen útil del botellín será superior a 100 cm<sup>3</sup>. Este volumen podrá disminuirse si se instala a la salida del circuito solar y antes del intercambiador un desaireador con purgador automático.

#### 3.5.6 Drenaje

Los conductos de drenaje de las baterías de captadores se diseñarán en lo posible de forma que no puedan congelarse.

## IV.2 Cálculo de demanda energética en instalaciones de agua caliente sanitaria

La demanda energética en instalaciones de agua caliente sanitaria viene dada por el volumen de consumo diario y las temperaturas de preparación y de agua fría.

En instalaciones existentes para las que se disponga de datos de consumo medidos en años anteriores, se utilizarán estos datos previa justificación de los mismos. En instalaciones, nuevas o existentes, para las que se disponga de datos de consumo de instalaciones similares, podrá utilizarse éstos previa justificación (\*).

En caso de no disponer de datos, se utilizarán para el diseño los consumos unitarios expresados en la tabla 3, en la que se ha considerado una temperatura de referencia de 60 °C.

Tabla 3

| Criterio de consumo                       | Litros/día |                   |
|-------------------------------------------|------------|-------------------|
| Viviendas unifamiliares                   | 30         | por persona       |
| Viviendas multifamiliares                 | 22         | por persona       |
| Hospitales y clínicas                     | 55         | por cama          |
| Hoteles (4 estrellas)                     | 70         | por cama          |
| Hoteles (3 estrellas)                     | 55         | por cama          |
| Hoteles/Hostales (2 estrellas)            | 40         | por cama          |
| Campings                                  | 40         | por emplazamiento |
| Hostales/Pensiones (1 estrella)           | 35         | por cama          |
| Residencias (ancianos, estudiantes, etc.) | 55         | por cama          |
| Vestuarios/Duchas colectivas              | 15         | por servicio      |
| Escuelas                                  | 3          | por alumno        |
| Cuarteles                                 | 20         | por persona       |
| Fábricas y talleres                       | 15         | por persona       |
| Oficinas                                  | 3          | por persona       |
| Gimnasios                                 | 20 a 25    | por usuario       |
| Lavanderías                               | 3 a 5      | por kilo de ropa  |
| Restaurantes                              | 5 a 10     | por comida        |
| Cafeterías                                | 1          | por almuerzo      |

En caso de tomar una temperatura de referencia distinta de 60 °C (por ejemplo una temperatura cercana a la de consumo, en torno a los 45 °C), los valores expresados en la tabla 3 pueden ser fácilmente modificados sin más que multiplicarlos por el factor  $(60 - t_F)/(t^o - t_F)$ , siendo  $t^o$  la nueva temperatura de referencia escogida y  $t_F$  la temperatura del agua fría (temperatura de red) de la localidad.

El cálculo del número de personas por vivienda deberá hacerse utilizando los valores mínimos siguientes:

| <i>Nº de dormitorios</i> | <i>Nº de personas</i>              |
|--------------------------|------------------------------------|
| 1                        | 1,5                                |
| 2                        | 3                                  |
| 3                        | 4                                  |
| 4                        | 6                                  |
| 5                        | 7                                  |
| 6                        | 8                                  |
| 7                        | 9                                  |
| 8                        | 9                                  |
| Más de 8                 | Igual que el número de dormitorios |

Adicionalmente, se tendrán en cuenta las pérdidas de distribución/recirculación del agua a los puntos de consumo.

A efectos del cálculo de la carga de consumo, los valores orientativos de temperatura de agua fría se indican en la tabla 4. También se podrán tomar en consideración los indicados en la norma UNE 94002.

La utilización de otros datos de temperaturas de agua fría deberá ser justificada indicando la procedencia y proceso de obtención de los mismos.