



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Estudio sobre las tecnologías de generación
energética autosuficiente y su posterior
implementación en un domicilio existente

Autor: Laura Muñoz Pérez

Director: Iñigo Sanz Fernandez

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Estudio sobre las tecnologías de generación energética autosuficiente y su posterior
implementación en un domicilio existente

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2023/24 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.: Laura Muñoz Pérez

Fecha: ...15.../ ...07.../ ...2024...

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Iñigo Sanz Fernandez

Fecha: ...15.../ ...07.../ ...2024...



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Estudio sobre las tecnologías de generación
energética autosuficiente y su posterior
implementación en un domicilio existente

Autor: Laura Muñoz Pérez

Director: Iñigo Sanz Fernandez

Madrid

ESTUDIO SOBRE LAS TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN ENERGÉTICA AUTOSUFICIENTE Y SU POSTERIOR IMPLEMENTACIÓN EN UN DOMICILIO EXISTENTE

Autor: Muñoz Pérez, Laura.

Director: Sanz Fernández, Iñigo.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

Este proyecto se plantea como solución para la transformación energética de las viviendas en España. Para ello, se ha llevado a cabo un estudio de las tecnologías de energía renovable disponibles para autoconsumo como geotermia, aerotermia y solar. Se ha analizado la implementación de energía renovable para el abastecimiento de electricidad, agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción de una vivienda unifamiliar en Jaén, España. A través del estudio del consumo energético y diseño de sistemas que lo satisfagan, se ha identificado un proyecto viable sobre el cual se ha llevado a cabo un análisis económico, impacto medioambiental y estudio de posibles subvenciones.

Palabras clave: Transformación energética, autoconsumo, energía renovable, viabilidad económica

1. Introducción

En la actualidad, el calentamiento global exige la búsqueda de soluciones para la reducción de gases de efecto invernadero (GEI). Tanto organizaciones como países han acordado un plan de acción a nivel organizacional para alcanzar emisiones netas cero para 2050. Sin embargo, es posible contribuir también a nivel individual. Por ello, este trabajo se centra en la reducción de la emisión de gases emitidos por las viviendas, la segunda fuente de emisiones en España con un 22.7% de las liberaciones de gases totales en 2022 (INE, 2023b).

2. Definición del Proyecto

Este trabajo se centra en la reducción del calentamiento global a través de la transformación energética de las viviendas. Para ello, se ha seleccionado una vivienda unifamiliar sobre la que se va a estudiar la implementación de diferentes sistemas de generación de energía renovable buscando alcanzar emisiones neta cero.

En primer lugar, los sistemas disponibles en el mercado son detallados tanto para generación eléctrica como térmica, considerando la fuente de energía necesaria, el proceso de generación y los tipos según las características. Posteriormente, se realiza un estudio de las características de la vivienda e implementación de las tecnologías considerando tres posibles alternativas. Por último, la evaluación de alternativas permite la selección y análisis tanto de la viabilidad económica del proyecto como de su impacto medioambiental.

3. Descripción del procedimiento

El estudio de transformación energética de las viviendas se ve ejemplificado en el análisis de una vivienda adosada unifamiliar situada en Jaén, España, habitada por tres miembros. Finalmente, se recoge la comparativa de tres posibles alternativas seleccionadas según las necesidades y características del domicilio. La Tabla 1 recoge los casos con las tecnologías propuestas para cada necesidad de la vivienda y el coste de la inversión inicial.

Solución	Suministro eléctrico	Suministro ACS y calefacción	Inversión inicial
Caso 1	Fotovoltaica	Geotermia	44.339,30 €
Caso 2	Fotovoltaica	Aerotermia	36.089,91 €
Caso 3	Fotovoltaica	Colector Solar	12.351,29 €

Tabla 1 Alternativas propuestas

Su localización se caracteriza por una gran radiación solar, favorecida por su cubierta orientada -15° norte e inclinación 35° permitiendo el diseño de la instalación fotovoltaica recogido en la Figura 1. Por ello, se plantea la tecnología fotovoltaica para el abastecimiento eléctrico.

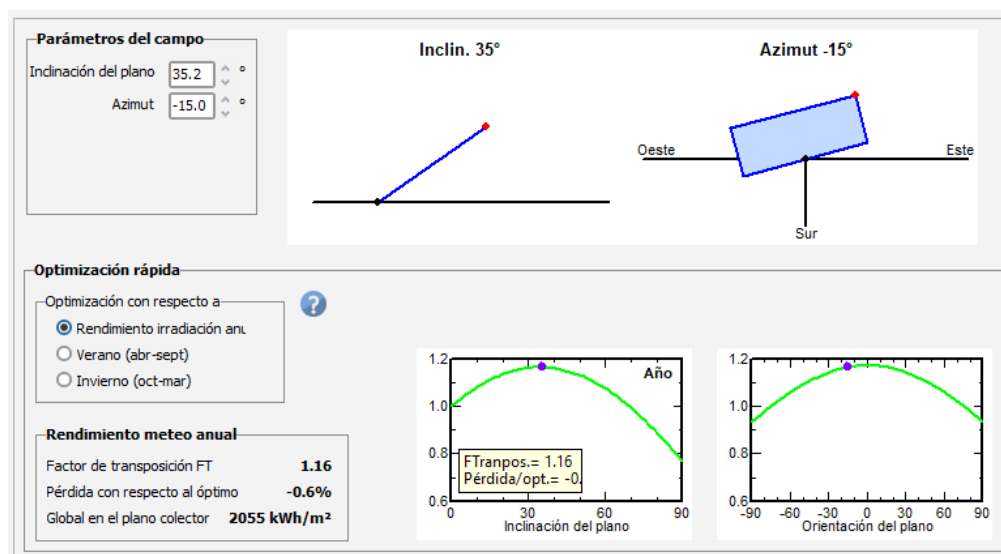


Figura 1 Características del sistema solar en la vivienda

4. Resultados

Debido a la satisfacción de la demanda por parte de los tres casos se ha optado por el criterio económico para la elección del sistema a implementar, siendo éste, el caso 3 con tecnología solar híbrida con un CAPEX de 18.977,47 €. Tras realizar un análisis económico para el estudio de la viabilidad del proyecto, se ha obtenido el flujo de caja acumulado a lo largo de la vida útil del proyecto (25 años), representado en la Figura 2

Tras analizar el CAPEX y OPEX del proyecto, en el cual se han considerado gastos de mantenimiento, preventivos y reinversión, así como la inflación del precio de la electricidad o el gas e ingresos como el ahorro energético y la venta de energía a la red eléctrica, se ha

obtenido un periodo de retorno de 6 años. Asimismo, con un VAN de 26.344,93 € y TIR de 18,24 % se considera un proyecto rentable sobre el que invertir.

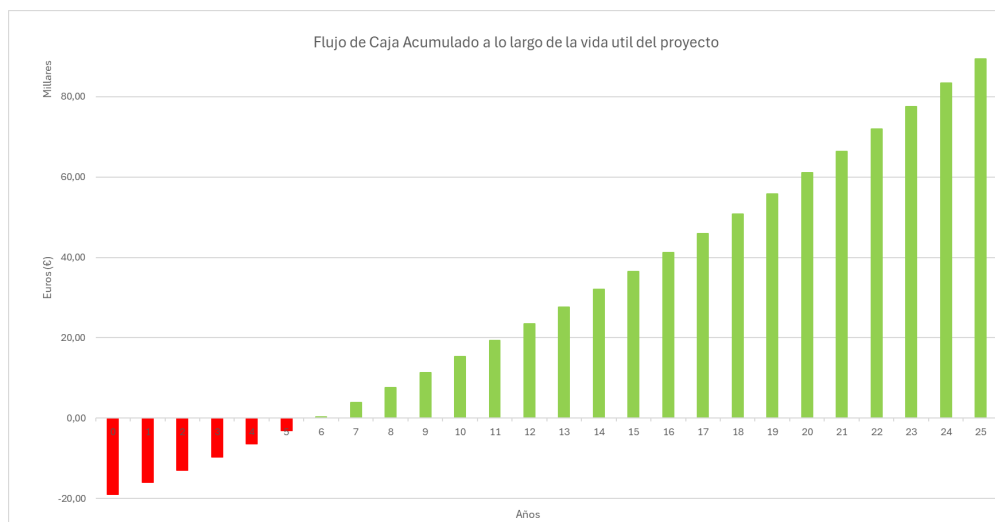


Figura 2 Flujo de caja acumulado a lo largo de la vida útil del proyecto

Adicionalmente, las comunidades autónomas ofrecen subvenciones y ayudas con el fin de incentivar la transformación energética. Tras el estudio de las características del proyecto y los requisitos se espera un reembolso de 4.258,12 € considerando las diferentes ayudas.

Por último, los beneficios de este proyecto van más allá de las consideraciones económicas teniendo un impacto medioambiental con la reducción de la huella de carbono en 10.529,65 kg CO₂ eq anuales.

5. Conclusiones

Alineando este proyecto con el objetivo de emisiones netas cero para 2050 se ha realizado el estudio técnico y económico sobre la transformación energética de una vivienda. El proyecto seleccionado se califica como rentable, VAN 26.344,93 € y riesgo bajo debido a la gran diferencia presente entre el TIR (18,24 %) y el WACC (7,09 %) y cuya disposición de subvenciones lo convierte en un proyecto atractivo. Desde la perspectiva medioambiental se estima una reducción de la huella de carbono (10.529,65 kg CO₂ eq) con respecto a la vivienda actual, pudiéndose escalar dicho proyecto. Como trabajos futuros se ha planteado la optimización de los sistemas con el uso de IA y el desarrollo de un plan de acción genérico para las familias españolas.

6. Referencias

Abora. (2024). *El Panel Solar híbrido produce electricidad y calor simultáneamente*.

CNE. (2020). *ANUARIO ESTADÍSTICO DE ENERGÍA*.

Rodríguez, J. M. G. (2022). Documento básico HE Ahorro de Energía (HE 3, HE 4 y HE 5)). *Revista de Los Aparejadores y Arquitectos Técnicos*, 1–56.

STUDY ON SELF-SUFFICIENT ENERGY GENERATION TECHNOLOGIES AND THEIR SUBSEQUENT IMPLEMENTATION IN AN EXISTING HOME

Author: Muñoz Pérez, Laura.

Supervisor: Sanz Fernandez, Iñigo.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

This project is proposed as a solution for the energy transformation of homes in Spain. To this end, a study of the renewable energy technologies available for self-consumption, such as geothermal, aerothermal, and solar energy, has been carried out. The implementation of renewable energy for the supply of electricity, domestic hot water (DHW), and heating of a single-family house in Jaén, Spain, has been analyzed. Through the study of energy consumption and the design of systems that meet it, a viable project has been identified on which an economic analysis, environmental impact analysis and study of possible subsidies have been carried out.

Keywords: Energy transformation, self-consumption, renewable energy, economic viability

1. Introduction

Currently, global warming requires the search for solutions to reduce greenhouse gases (GHG). Both organizations and countries have agreed on an organizational-level action plan to reach net-zero emissions by 2050. However, it is also possible to contribute at the individual level. For this reason, this work focuses on reducing the emissions of gases emitted by homes, the second source of emissions in Spain, with 22.7% of total gas releases in 2022 (INE, 2023b).

2. Definition of the project

This work focuses on reducing global warming through the energy transformation of homes. To this end, a single-family house has been selected, on which the implementation of different renewable energy generation systems will be studied in order to achieve net zero emissions.

First of all, the systems available on the market are detailed for both electrical and thermal generation, considering the necessary energy source, the generation process, and the types according to their characteristics. Subsequently, a study of the characteristics of the lived and the implementation of the technologies is carried out, considering three possible alternatives. Finally, the evaluation of alternatives allows the selection and analysis of both the economic viability of the project and its environmental impact.

3. Description of the procedure

The study of the energy transformation of homes is exemplified in the analysis of a single-family semi-detached house located in Jaén, Spain, inhabited by three members.

Finally, a comparison of three possible alternatives selected according to the needs and characteristics of the home is collected. Table 2 shows the cases with the technologies proposed for each housing need and the cost of the initial investment.

Solution	Electric supply	DHW and heating supply	Initial investment
Case 1	Photovoltaic	Geothermal	44.339,30 €
Case 2	Photovoltaic	Aerothermal	36.089,91 €
Case 3	Photovoltaic	Solar collector	12.351,29 €

Table 2 Proposed alternatives

Its location is characterized by high solar radiation, favored by its roof oriented -15° north and inclination of 35° , allowing the design of the photovoltaic installation shown in Figure 3. For this reason, photovoltaic technology is proposed for electricity supply.

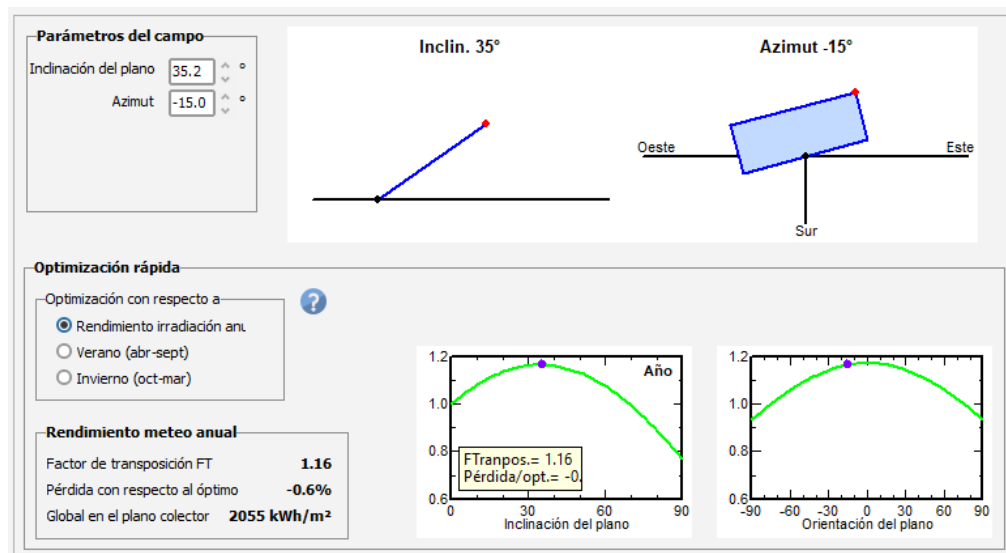


Figure 3 Features of the solar system in the home

4. Results

Due to the satisfaction of the demand in the three cases, the economic criterion has been chosen for the choice of the system to be implemented, this being case 3 with hybrid solar technology with a CAPEX of €18,977.47. After carrying out an economic analysis for the feasibility study of the project, the accumulated cash flow, represented in Figure 4, has been obtained throughout the useful life of the project (25 years).

After analyzing the CAPEX and OPEX of the project, in which maintenance, preventive, and reinvestment expenses have been considered, as well as the inflation of the price of electricity or gas and revenues such as energy savings and the sale of energy to the electricity grid, a payback period of 6 years has been obtained. Likewise, with an NPV of €26,344.93 and an IRR of 18.24%, it is considered a profitable project on which to invest.



Figure 4 Cash flow accumulated over the life of the project

In addition, the autonomous communities offer subsidies and aid in order to encourage the energy transformation. After studying the characteristics of the project and the requirements, a reimbursement of €4,258.12 is expected considering the different grants.

Finally, the benefits of this project go beyond economic considerations, having an environmental impact with the reduction of the carbon footprint by 10,529.65 kg CO₂ eq per year.

5. Conclusions

Aligning this project with the goal of net-zero emissions by 2050, a technical and economic study on the energy transformation of a home has been carried out. The selected project is rated as profitable, with a NPV €26,344.93 and low risk due to the large difference between the IRR (18.24%) and the WACC (7.09%), and its availability of subsidies makes it an attractive project. From an environmental perspective, it is estimated that the carbon footprint will be reduced (10,529.65 kg CO₂ eq) compared to the actual home, and this project can be scaled up. Future work has included the optimization of systems with the use of AI and the development of a generic action plan for Spanish families.

6. References

- Abora. (2024). *El Panel Solar híbrido produce electricidad y calor simultáneamente*.
- CNE. (2020). *ANUARIO ESTADÍSTICO DE ENERGÍA*.
- Rodriguez, J. M. G. (2022). Documento básico HE Ahorro de Energía (HE 3, HE 4 y HE 5)). *Revista de Los Aparejadores y Arquitectos Técnicos*, 1–56.

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	8
1.1 Motivación	10
1.2 Objetivos	10
1.3 Metodología.....	11
Capítulo 2. Descripción de las Tecnologías.....	12
Capítulo 3. Sistemas de energías renovables	13
3.1 Generación de electricidad	13
3.1.1 Aerogeneradores	13
3.1.2 Placas solares.....	16
3.1.3 Almacenamiento	23
3.2 Generación de energía térmica	24
3.2.1 Bomba de calor.....	24
3.2.2 Instalación de biomasa.....	27
3.2.3 Geotermia.....	28
3.2.4 Aerotermia.....	32
3.2.5 Placas solares térmicas.....	33
Capítulo 4. Estudio de la vivienda.....	36
4.1 Localización geográfica	36
4.2 Análisis del consumo.....	37
4.3 Condiciones meteorológicas.....	41
Capítulo 5. Estudio de posibles soluciones	42
5.1 Caso base.....	43
5.2 Caso 1: Geotermia y Paneles fotovoltaicos	45
5.3 Caso 2: Aerotermia y Paneles fotovoltaicos.....	57
5.4 Caso 3: Paneles solares híbridos.....	65
Capítulo 6. Análisis económico.....	70
6.1 Elección de proyecto	70
6.2 Inversión inicial.....	71

6.3	Gastos	72
6.3.1	Mantenimiento preventivo y correctivo	72
6.3.2	Costes de reinversión	72
6.4	ingresos.....	73
6.4.1	Ahorro energético por electricidad.....	73
6.4.2	Ahorro energético por gas.....	74
6.4.3	Ingresos por venta a la red eléctrica.....	74
6.5	flujo de caja	76
6.6	Valor Actual Neto (VAN)	80
6.6	Tasa Interna de Retorno (TIR)	81
Capítulo 7. Subvenciones		83
Capítulo 8. Impacto medioambiental.....		86
8.1	Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).....	88
Capítulo 9. Análisis de Resultados.....		90
Capítulo 10. Conclusiones y Trabajos Futuros.....		93
Capítulo 11. Bibliografía.....		96
ANEXO I 106		
ANEXO II 111		
ANEXO III 112		
ANEXO IV 120		
ANEXO V 131		

Índice de figuras

Figura 1 Características del sistema solar en la vivienda	8
Figura 2 Flujo de caja acumulado a lo largo de la vida útil del proyecto.....	9
Figure 3 Features of the solar system in the home	11
Figure 4 Cash flow accumulated over the life of the project.....	12
Figura 5 Emisión de gases efecto invernadero por ramas de actividad en 2022 (INE, 2023b)	9
Figura 6 Aerogenerador de eje vertical Figura 7 Aerogenerador de eje horizontal	14
Figura 8 Placa solar monocristalina (EcoInventos, 2022).....	20
Figura 9 Placa solar policristalina (EcoInventos, 2022).....	20
Figura 10 Placa solar amorfa (Tritec, 2017).....	21
Figura 11 Componentes del sistema solar fotovoltaico (Ineldec, 2023)	22
Figura 12 Proceso térmico bomba de calor (Areatecologia, n.d.)	25
Figura 13 Proceso caldera de pellets (Xunta de Galicia, n.d.).....	28
Figura 14 Captación geotérmica horizontal (Inarquía, 2024).....	30
Figura 15 Captación geotérmica vertical (inarquia, 2024).....	31
Figura 16 Captación geotérmica abierta (Inarquía, 2024).....	31
Figura 17 Proceso térmico aerotermia (Avantforce, n.d.)	33
Figura 18 Colector solar (Austro, n.d.).....	34
Figura 19 Vivienda de estudio, Linares, Jaén.....	36
Figura 20 Condiciones meteorológicas en Linares, Jaén (Weather Spark, 2024).....	41
Figura 21 Geotermia modelo TERRA iPump (Enertres, 2024b)	45
Figura 22 Panel solar modelo SPR-MAX3-395 (Almasolar, n.d.).....	48
Figura 23 Batería modelo Tesla Powerwall (Tesla, 2024)	49
Figura 24 Orientación e inclinación de los paneles.....	51
Figura 25 Datos de irradiación Meteonorm 8.1 PV Syst.....	52
Figura 26 Diagrama de pérdidas caso 1.....	55

Figura 27 Aerotermia modelo BRISA MX HT 9M (Enertres, 2024a).....	57
Figura 28 Panel solar modelo SPR-MAX3-395 (Almasolar, n.d.).....	59
Figura 29 Batería modelo Tesla Powerwall (Tesla, 2024)	60
Figura 30 Diagrama de pérdidas caso 2.....	63
Figura 31 Panel solar híbrido modelo Abora aH72SK (Abora, 2024)	65
Figura 32 Gráfico de flujo de caja acumulado a lo largo de la vida útil del proyecto.....	79
Figura 33 Fuentes de generación de electricidad junio 2023 (Red Eléctrica, 2024b).....	88

Índice de tablas

Tabla 1 Alternativas propuestas	8
Table 2 Proposed alternatives.....	11
Tabla 3 Características vivienda de estudio	37
Tabla 4 Histórico de consumo eléctrico (kWh).....	37
Tabla 5 Histórico de consumo de gas (kWh)	38
Tabla 6 Histórico de consumo de ACS (m ³)	38
Tabla 7 Temperatura media mensual agua de red (°C).....	40
Tabla 8 Cálculo de la demanda de energía por ACS (kWh)	40
Tabla 9 Consumo total promedio	43
Tabla 10 Presupuesto caso base	44
Tabla 11 Características modelo TERRA iPump T.....	45
Tabla 12 Consumo eléctrico calefacción caso 1.....	46
Tabla 13 Consumo eléctrico agua caso 1	46
Tabla 14 Demanda eléctrica total caso 1	47
Tabla 15 Características modelo SPR-MAX3-395	48
Tabla 16 Características modelo Tesla Powerwall.....	49
Tabla 17 Cálculo de producción total año 1 caso 1	50
Tabla 18 Resultado simulación caso 1 PV Syst	53
Tabla 19 Presupuesto resumido geotermia y fotovoltaica.....	56
Tabla 20 Características modelo BRISA MX HT 9M	57
Tabla 21 Consumo eléctrico ACS caso 2	58
Tabla 22 Consumo eléctrico calefacción caso 2.....	58
Tabla 23 Demanda eléctrica total caso 2	59
Tabla 24 Características modelo SPR-MAX3-395 (2).....	60
Tabla 25 Características modelo Tesla Powerwall.....	60
Tabla 26 Cálculo de producción total año 1 caso 2	61

Tabla 27 Resultado simulación caso 2 PV Syst	62
Tabla 28 Presupuesto resumido aerotermia y fotovoltaica.....	64
Tabla 29 Características modelo Abora aH72SK.....	66
Tabla 30 Cálculo producción eléctrica total año 1 caso 3	66
Tabla 31 Cálculo producción térmica total ano 1 caso 3.....	67
Tabla 32 Resultado simulación eléctrica caso 3	68
Tabla 33 Resultado simulación térmica caso 3	68
Tabla 34 Presupuesto solar híbrido	69
Tabla 35 Inversiones iniciales de las soluciones propuestas	70
Tabla 36 CAPEX del proyecto seleccionado	71
Tabla 37 Mantenimiento preventivo y correctivo	72
Tabla 38 Ingresos por electricidad.....	73
Tabla 39 Ingresos por gas.....	74
Tabla 40 Ingresos por venta a la red eléctrica desglose mensual	75
Tabla 41 Ingresos por venta a la red eléctrica resumen anual	75
Tabla 42 Resumen de suministro y demanda anuales	75
Tabla 43 Tasas	76
Tabla 44 Flujo de caja	77
Tabla 45 Cálculo del VAN	81
Tabla 46 Cálculo del TIR	82
Tabla 47 Rangos de ayuda Fondos Next Generation EU+.....	83
Tabla 48 Deducción del IRPF según los ingresos	84
Tabla 49 Cálculo del ahorro en la huella de carbono	87
Tabla 50 Zonas climáticas en España(Rodriguez, 2022)	111
Tabla 51 Presupuesto completo de geotermia y fotovoltaica	129
Tabla 52 Presupuesto completo aerotermia y fotovoltaica.....	130
Tabla 53 Suministro y demanda anual	131

Índice de ecuaciones

Ecuación 1 Inclinación de placas solares verano.....	19
Ecuación 2 Inclinación de placas solares en invierno	19
Ecuación 3 Inclinación de placas solares en primavera otoño	19
Ecuación 4 Demanda energética ACS.....	39
Ecuación 5 Temperatura de la red	39
Ecuación 7 Ecuación del VAN.....	80
Ecuación 8 Ecuación del flujo de caja.....	80
Ecuación 9 Ecuación del TIR	81
Ecuación 10 Ecuación de la huella de carbono equivalente.....	87

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente España, al igual que el resto del mundo, está sufriendo las consecuencias del calentamiento global que lleva aumentando la temperatura de nuestro planeta desde la industrialización. Algunos efectos como inundaciones, sequías, subida del nivel del mar, el aumento de incendios y las dificultades a las que se enfrenta la agricultura son consecuencias visibles hoy en día (Cristina Crespo Garay, 2022). Con el fin de frenar este efecto, organizaciones como Naciones Unidas han establecido los Objetivos de Desarrollo Sostenible que buscan alinear las metas de diferentes países con un fin mayor como es el de asegurar el bienestar de las generaciones futuras (Naciones Unidas, n.d.). Países de la Unión Europea han acordado una reducción de emisiones netas de gases efecto invernadero (GEI) en un 55% para 2030, especificando los requisitos que las empresas de distintos sectores deben cumplir. Además, se espera alcanzar una emisión neta cero en el año 2050, siendo necesario reducir las emisiones y aumentar la absorción de GEI siguiendo diversos métodos por los que se está apostando (Ministerio para la Transformación Ecológica y el Reto Demográfico, 2023). España de manera nacional comparte los objetivos acordados tanto en el “Marco 2030” como en el Acuerdo de París, complementándolo con metas como la reducción de emisiones GEI en un 23% respecto a 1990 y el objetivo de neutralidad climática a la mayor brevedad (Ministerio para la Transformación Ecológica y el Reto Demográfico, 2023).

A lo largo de las últimas décadas en España se han reducido las emisiones de GEI, alcanzando una caída del 26.9% desde 2008. Sin embargo, en 2022 el país emitió 304,4 millones de toneladas resultando en una subida de 3.1% en un año, siendo necesario mantener y reforzar las medidas actuales para alcanzar los objetivos establecidos (INE, 2023b). Las emisiones de gases efecto invernadero según la actividad en 2022 se representan en la Figura 5, liderado por la industria manufactura (24,4%) y seguido por los hogares (22,7%).



Figura 5 Emisión de gases efecto invernadero por ramas de actividad en 2022 (INE, 2023b)

Debido a su gran impacto en el calentamiento global, este trabajo se centra en la reducción de la emisión de gases emitidos por las viviendas, la segunda fuente de emisiones en España con un 22.7% de las liberaciones de gases totales en 2022 (INE, 2023b). A través del estudio sobre la transformación energética de una vivienda, se busca alcanzar emisiones netas cero.

Este proyecto trata de realizar un examen exhaustivo sobre el consumo en una vivienda unifamiliar, pudiendo así identificar las necesidades de los miembros de la familia y satisfacerlas de forma sostenible. La vivienda seleccionada es una casa de tres plantas en la que actualmente habitan tres personas, situada en Linares, Jaén. Debido a su localización geográfica dispone de una gran incidencia de radiación solar a lo largo del año, atractivo para la instalación de placas solares fotovoltaicas. Asimismo, se analizará la instalación de otros sistemas como aerotermia o geotermia, siendo necesario el análisis técnico y económico bajo criterios como costes de instalación, mantenimiento y generación de energía. La identificación de la solución óptima para dicha vivienda se obtendrá tras la interpretación de análisis. Una vez conocida la solución óptima, se realizará un análisis económico a lo largo de la vida útil de los sistemas y un estudio de las posibles subvenciones de las que dispondría el usuario, así como un estudio de impacto medioambiental.

1.1 MOTIVACIÓN

Como se ha mencionado anteriormente, el cambio climático es uno de los grandes problemas a los que se enfrenta el planeta en la actualidad sobre el cual las diferentes organizaciones y países están trabajando en búsqueda de una solución. Como ingeniera y miembro de la sociedad siento la responsabilidad de participar activamente en la búsqueda de soluciones. Por ello, con este proyecto pretendo entender el problema y desarrollar un plan de acción que sirva de guía a aquellas personas que quieran cambiar sus hábitos de consumo.

1.2 OBJETIVOS

A través del estudio de la implementación de diferentes sistemas de abastecimiento de recursos en una vivienda se pretende alcanzar varios objetivos.

- Identificar las necesidades de consumo de una vivienda unifamiliar

Este proyecto pretende estudiar y conocer el consumo de electricidad, ACS y gas de una vivienda con el fin de identificar posibles ineficiencias y proponer posibles mejoras que guíen hacia la transformación energética, así como aumentar la conciencia sobre el consumo responsable. Se espera que a través del análisis exhaustivo de una vivienda se adquiera una idea general sobre las necesidades de las viviendas en España.

- Análisis de las alternativas de suministro

Realizar una comparativa tanto de los sistemas de suministro tradicionales como de las ofertas de sistemas de abastecimiento en el mercado actual, para comprender los beneficios y limitaciones de cada uno de estos en términos sostenibles y económicos. Asimismo, se pretende identificar los sistemas compatibles con las necesidades y condiciones de la vivienda.

- Estudio de la viabilidad económica de los sistemas de suministros

Realizar un estudio financiero sobre la implementación de los sistemas viables con el objetivo de identificar el mejor sistema en función de eficiencia energética, inversión económica y confort de los habitantes. Posteriormente, se pretende analizar y comprender la rentabilidad del proyecto a través del estudio de este a lo largo de su vida útil.

1.3 METODOLOGÍA

Este trabajo busca ejemplificar los pasos a seguir para la transformación energética de una vivienda desde el estudio de su consumo hasta la instalación de los sistemas. Para ello, el proyecto se divide tres secciones. En un primer lugar se estudian los sistemas disponibles en la actualidad para la generación de energía renovable destinados al autoconsumo. Posteriormente, se estudiará las necesidades de consumo de electricidad, agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción en particular de la familia. Conocido el consumo de la vivienda se va a estudiar la implementación de diferentes sistemas de generación de energía renovables buscando alcanzar emisión neta cero. Por último, se realizarán un análisis económico y medioambiental sobre la selección final

Capítulo 2. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

A continuación, se presentan las herramientas a emplear a lo largo del proyecto. Su uso permitirá tanto la comprensión del problema como la simulación de las distintas soluciones y posterior estudio técnico y financiero de las mismas.

- Google Earth

El uso de Google Earth se centra en conocer los detalles de la vivienda actualizada. A través de dicha herramienta es posible obtener las coordenadas de latitud y altitud, así como las dimensiones de la vivienda, siendo todas estas medidas necesarias para la realización del estudio. Siendo todos estos necesarios para realizar un examen exhaustivo sobre la implementación de sistemas como paneles fotovoltaicos.

- PVSyst

PVSyst es un software de simulación que permite el estudio de la implementación de los sistemas fotovoltaicos en una vivienda en específico ya que dispone de datos geográficos, meteorológicos y características de paneles fotovoltaicos del mercado. Dicha herramienta permite personalizar las características del problema y estudiar las posibles soluciones según los criterios establecido, realizando estimaciones del resultado sobre cada una de estas.

- Excel

La herramienta de Excel se usará para el tratamiento e interpretación de los datos de consumo eléctrico, ACS y gas de la vivienda, así como los datos obtenidos a través de la simulación de posibles soluciones. Posteriormente, esta herramienta será necesaria para realizar el análisis económico y así identificar la solución óptima y permitiendo la elaboración de gráficos y tablas que ejemplifiquen la decisión tomada.

Capítulo 3. SISTEMAS DE ENERGÍAS RENOVABLES

Se procede al estudio de los diferentes sistemas de energías renovables para el abastecimiento residencial. Para ello, se ha dividido el capítulo en los diferentes suministros necesarios en una vivienda y las posibles fuentes de energía renovable capaces de abastecerlos, con el fin de disponer de una visión integral de los posibles sistemas.

3.1 GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD

La electricidad es la energía generada por el movimiento de electrones positivos y negativos en el interior de materiales conductores (Endesa, 2023). En España la energía eléctrica se obtiene de numerosas fuentes, en 2022, la mayor generación de electricidad fue a través de ciclo combinado (24,7%) seguido por la generación eólica (22.1%) y la nuclear (20.3%). También cabe destacar la relevancia que están adquiriendo otras fuentes de energía renovable como la hidráulica (6.5%) y solar fotovoltaica (10.1%) (Statista, 2023a). Asimismo, la proporción de energía eléctrica procedente de fuentes renovables ha aumentado un 22.2% desde 2008 (Statista, 2023). A continuación, se explorarán las principales tecnologías y fuentes de energía empleadas en la generación de electricidad para el autoconsumo. De este modo, las viviendas generan su propia energía, reduciendo la dependencia de la red eléctrica e impacto en la generación de GEI.

3.1.1 AEROGENERADORES

“Los aerogeneradores son un equipo que tiene como función generar electricidad gracias al viento que se genera cuando hay un choque de capas en la atmosfera con diferentes temperaturas” (Damia Solar, 2023). La energía eólica consiste en la obtención de energía a través del viento, siendo este el encargado de proporcionar energía cinética a través del movimiento de las aspas del aerogenerador. Dicha energía cinética es transformada posteriormente en energía eléctrica con el uso de un convertidor.

Se han identificado dos tipos de aerogeneradores aptos para el uso doméstico, teniendo en cuenta la disponibilidad de espacio y las necesidades energéticas.

- Aerogenerador de eje vertical: su diseño consiste en la localización de las aspas alrededor del eje vertical. Dicho diseño proporciona una mayor resistencia debido a la fijación de las aspas en dos puntos y siendo necesario una menor altura y mástiles más pequeños que en otro tipo de aerogeneradores. Es capaz de proporcionar 2000W a la vivienda lo que se considera una potencia baja. (Damia Solar, 2023)
- Aerogenerador de eje horizontal: por el contrario, el diseño de este tipo de aerogenerador dispone de entre 2 y 5 palas (aspas) en dirección perpendicular al eje. La cola del sistema permite el giro de la parte superior sobre su eje alcanzando la orientación óptima en cada momento según la dirección del viento. (Damia Solar, 2023)



Figura 6 Aerogenerador de eje vertical
(Composolar, 2024)



Figura 7 Aerogenerador de eje horizontal
(Amazon, 2024)

3.1.1.1 Componentes principales de un sistema eólico

Independientemente del tipo de generador, los equipos eólicos presentan los siguientes componentes principales.

- I. **Aerogenerador:** Esta formado por todos los componentes necesarios para transformar la energía eólica en energía eléctrica. El proceso comienza con el impacto del viento en las aspas provocando el movimiento del rotor. Dicho movimiento se trasmite al multiplicador encargado de aumentar la velocidad de giro. Por último, la energía cinética se convierte en electricidad en el generador. Con el objetivo de alcanzar la elevación óptima es necesario diseñar el mástil o torre que coloque al sistema en la altura donde el viento circule libremente.
- II. **Regulador eólico:** Una vez generada la energía eléctrica es necesario gestionarla. Su funcionamiento consiste en asegurar la carga adecuada y segura de las baterías. De este modo en el caso de disponer de una batería casi completada se cortará el suministro (corriente) o se reducirá la cantidad. También permite el control sobre la velocidad para proteger el sistema eléctrico en caso de fuertes vientos.
- III. **Sistema Dump Load o caja de carga de vertido:** en los casos de potencias altas es necesario disponer de dicho sistema para proteger el equipo. Consiste en un grupo de resistencias encargadas de transformar la potencia en calor y transmitirlo al exterior.

3.1.1.2 Condiciones óptimas

La selección de variables en el posicionamiento del sistema es esencial para disponer de un sistema rentable. Para ello se debe estudiar factores como ubicación, velocidad del viento, regulaciones, impacto ambiental, ruido, vibraciones y mantenimiento. A continuación, se presentan el proceso de elección para alcanzar las condiciones óptimas de funcionamiento.

En primer lugar, la ubicación debe disponer de viento de libre circulación, por lo que el equipo debe localizarse lejos de árboles o edificios altos que puedan limitar la llegada del flujo de aire. A mayor altura se dispone de mayor fuerza de viento y menores turbulencias por lo que se buscará el diseño del mástil en función de dichos datos. Análogamente, la localización debe disponer de acceso a viento durante al menos 300 días al año mejorando el rendimiento del sistema si las características del mismo son constantes y sin turbulencias. De esta manera se protegerá al sistema de posibles bloqueos por exceso de velocidad y se proporcionará un suministro constante a la vivienda. Algunas localizaciones con disponibilidad de vientos constantes son valles cercanos a ríos grandes, altos de una montaña, zonas costeras. No solo se debe considerar las condiciones geográficas y medioambientales sino también las regulaciones. Las normativas locales pueden limitar la altura, el ruido, la localización con respecto a otras propiedades, así como el impacto ambiental.

3.1.2 PLACAS SOLARES

Los paneles solares son los dispositivos que permiten captar la energía que proviene de la radiación solar y transformarla en electricidad que pueda aprovecharse (Iberdrola, 2023). Es necesario diferenciar entre paneles fotovoltaicos y colectores solares, siendo los primeros los encargados de generar electricidad a través de la energía solar. Por el contrario, los colectores solares transforman dicha energía en energía térmica, se estudiará a continuación en el apartado 3.2.5., página 33.

Una placa solar se compone de una estructura y marco de apoyo sobre el que se encuentran las capas encapsuladas que contiene los paneles solares. La estructura es la encargada de que la placa solar se encuentre en una posición óptima para la captación de energía solar determinando así la inclinación y la orientación. Las capas encapsuladas son las encargadas de proteger los paneles solares, están formadas por un aislante térmico que facilita la permeabilidad de los rayos solares. Por último, los paneles solares están compuestos por la unión de las células fotovoltaicas, estas son las encargadas de transformar la energía solar en electricidad (Iberdrola, 2023).

3.1.2.1 Tipos de estructuras

En primer lugar, la elección de la estructura se debe basar en aspectos de localización y requerimientos, así como en la búsqueda de la eficacia. Para ello se debe conocer la localización del sistema. También es necesario determinar la orientación de las placas considerando la incidencia solar. El tipo de estructura puede variar dependiendo del tipo de superficie, como puede ser el tipo de techo, suelo o pared (Solarama, 2023a). Normalmente el material utilizado para dicha pieza es aluminio debido a sus características ligereza y durabilidad (Iberdrola, 2023), también se usa acero galvanizado, garantizando la protección frente a la corrosión, abrasión y golpes (Solarama, 2023b; Sunsupport, 2022). Una errónea elección de estructura lleva a una incorrecta orientación e inclinación provocando reducción en el rendimiento. En primer lugar, cuando la superficie disponible es una cubierta inclinada de tejas arábicas, estas se perforan y se introducen unas varillas, utilizando el método “varilla roscada”. Sobre dichas varillas se posicionan los paneles haciendo uso de la sujeción por grapas. En el caso de materiales más frágiles como la pizarra se deberán usar otro tipo de ganchos para mantener la seguridad. En segundo lugar, para la instalación de los paneles fotovoltaicos en cubiertas planas se debe estudiar la inclinación que permite la superficie, así como la posición óptima de las placas, dicha inclinación suele ser entre 20° y 40° (AutoSolar, 2023). Para aquellos edificios que no permitan la instalación en la cubierta es posible la instalación de estructuras verticales diseñadas para soportar las adversidades meteorológicas, por lo que la seguridad y eficacia no disminuye con respecto al resto. Dicha seguridad se alcanza debido al uso de materiales como aluminio o aleaciones de acero y fijación a través de tacos químicos, elementos de anclaje. Por último, las estructuras sobre el suelo se caracterizan por estar formadas de materiales pesados como el hormigón asegurando inmovilidad de las placas.

3.1.2.2 Orientación de las placas solares

Una vez conocido el material y tipo de estructura es necesario determinar la orientación e inclinación de las placas solares con el objetivo de alcanzar el mayor rendimiento, este se alcanza cuando los rayos de sol inciden directamente sobre los colectores. El sistema necesario con el objetivo de maximizar el rendimiento son los “seguidores solares” capaces

de modificar su inclinación y orientación a lo largo de todo el año. El sobrecoste de este sistema lleva a plantear un tipo de estructura fija, en España la orientación optima es hacia el sur. Sin embargo, no todas las cubiertas disponen de dicha característica y alcanzar la orientación puede llevar a daños estructurales y sobrecostes. Cuando el edificio en particular no dispone de cubiertas con orientación sur habrá que analizar el momento del día en el que se lleva a cabo un mayor consumo.

- Orientación este: deberán optar por una orientación este aquellos consumidores cuyas actividades de gran demanda energética se concentre a lo largo de la mañana.
- Orientación oeste: aquellos cuyas actividades de gran demanda energética se concentren a lo largo de la tarde deberán optar por una orientación oeste.
- Orientación norte: en el caso de solo disponer de orientación norte será necesario complementar el sistema con optimizadores, ya que se trata de la orientación con menos radiación.

La combinación de dos o más orientaciones proporcionaría una producción más distribuida a lo largo del día.

3.1.2.3 Inclinación de placas solares

Adicionalmente, la inclinación optima de los paneles solares en España se encuentra entre los 20° y 40°, similar a la inclinación de la mayoría de las cubiertas en España que se encuentran entre 20° y 35°. La pérdida de rendimiento debido a la inclinación se puede ver compensada por la reducción de costes al usar estructuras coplanares. Por último, en la elección de la localización se debe tener en cuenta las posibles sombras que inciden sobre el sistema ya que tan solo la sombra de una chimenea cercana tiene un efecto en la captación de rayos y por tanto en la producción de energía. (OTOVO, 2023)

A pesar de las aproximaciones nombradas anteriormente, es posible disponer de formas más precisas de calcular la inclinación buscando el mayor aprovechamiento de la energía, ya que la orientación viene dada por la misma del edificio. A lo largo de las estaciones la incidencia del sol es modificada por lo que se identifican la inclinación en verano y en

invierno. Encontrándose el punto óptimo de las placas solares en las estaciones nombradas, alcanzando un mayor rendimiento (DS New Energy, 2019).

Inclinación de placas solares verano:

$$\theta = (\varphi - 15^\circ) * 0.9 - 23,5^\circ$$

Ecuación 1 Inclinación de placas solares verano

Inclinación de placas solares en invierno:

$$\theta = (\varphi + 15^\circ) * 0.9 + 29^\circ$$

Ecuación 2 Inclinación de placas solares en invierno

Inclinación de placas solares en primavera otoño

$$\theta = \varphi - 2,5^\circ$$

Ecuación 3 Inclinación de placas solares en primavera otoño

θ Inclinación de los paneles solares

φ Latitud

La correcta orientación e inclinación de los paneles solares permite la maximización del aprovechamiento de incidencia solar directa, mejorando la eficiencia energética. Asimismo, es posible alcanzar un rendimiento constante a lo largo del año logrando la máxima producción en los meses de mayor consumo (EFC Solar, 2023).

3.1.2.4 Tipos de paneles fotovoltaicos

Tras analizar el exterior del sistema cabe destacar los distintos tipos de células solares caracterizada cada una de estas por los materiales semiconductores que la componen (Endesa, 2019).

- Placas solares monocristalinas: Están formadas por silicio de alta pureza, material que proporciona entre 15% y 20% de eficiencia alcanzando los niveles más altos logrados hasta el momento, Figura 8. Sus principales ventajas son la gran potencia que proporciona, una durabilidad prolongada, así como un tamaño adecuado para las viviendas. (Repsol, 2023b)

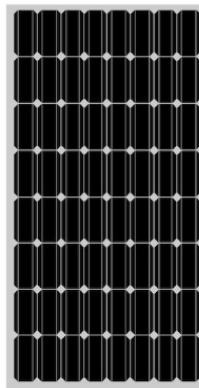


Figura 8 Placa solar monocristalina (EcoInventos, 2022)

- Placas solares policristalinas: paneles formados por silicio en bruto que proporciona el color azul característico de las placas solares, Figura 9. Disponen de una potencia similar a las placas monocristalinas, sin embargo, su rendimiento es menor, sobre el 15%, siendo de esta manera un producto de menor coste. Las limitaciones que presenta este tipo de placa son las dimensiones, se necesita una mayor superficie, y la sensibilidad a temperaturas altas. (Repsol, 2023b)

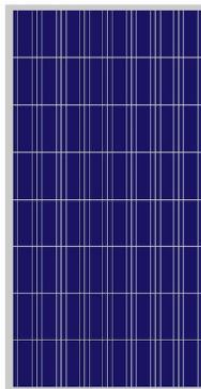


Figura 9 Placa solar policristalina (EcoInventos, 2022)

- Placas solares amorfas: Este último tipo está formado por silicio amorfo, Figura 10, telurio de cadmio o galio lo que permite obtener un producto flexible y ligero. Los niveles de eficiencia se encuentran entre 7% y 10% y dispone de una menor vida útil y por todo ello un precio menor. (Repsol, 2023b)



Figura 10 Placa solar amorfa (Tritec, 2017)

3.1.2.5 Componentes del sistema solar fotovoltaico

- I. Marco de aluminio: Se ocupa tanto de la fijación como de la protección mecánica y térmica de los componentes internos, lo cual es posible gracias al aluminio anodizado y a sus propiedades resistentes y anticorrosiva.
- II. Cubierta transparente de vidrio templado: capa formada por vidrio templado cuya durabilidad y resistencia protegen las capas inferiores. A su vez reduce en un 90% el reflejo de los rayos solares con el objetivo de maximizar los rayos captados y generando un efecto invernadero que disminuye las pérdidas debidas a la transmisión de calor por convección.
- III. Capa encapsulante de EVA: formada por Ethylene Vinyl Acetate (EVA) se encarga de asegurar las células solares entre el vidrio templado y la cubierta posterior a través del calor de la luz solar sella las capas permitiendo el paso de los rayos del sol y previniendo la generación de humedad.

- IV. Células solares: estas pueden ser monocristalinas, policristalinas o amorfas dependiendo del material que las forma. Dicha capa es responsable de la conversión de la energía lumínica solar en electricidad.
- V. Cubierta posterior: Su propósito es proteger el sistema de las radiaciones ultravioleta, así como proporcionar aislamiento eléctrico que prevenga las pérdidas de calor.
- VI. Caja de conexión: contiene las conexiones entre las diferentes celdas, así como los diodos de derivación protegiéndolos de la humedad y suciedad. (Osaka Electronics, 2023)

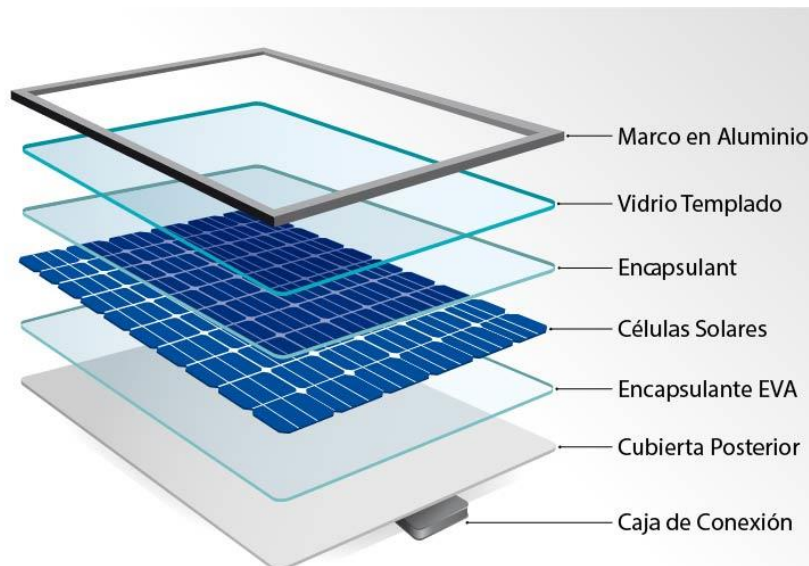


Figura 11 Componentes del sistema solar fotovoltaico (Ineldec, 2023)

3.1.2.6 Tipos de inversores

Para hacer uso de la electricidad producida por los paneles solares es necesario disponer de inversores, encargados de transformar la electricidad producida en corriente continua a corriente alterna. La selección del tipo de inversor es en función del tipo de instalación, identificando las instalaciones aisladas y las instalaciones conectadas a la red.

En primer lugar, en el caso de disponer de un sistema conectado a la red, el inversor seleccionado debe generar una onda senoidal idéntica a la de la red. Entre ellos, se encuentran los siguientes tipos de inversores. (Rocha, 2022)

- **Microinversor:** normalmente se conecta un inversor por placa, aunque puede llegar a un máximo de 4 paneles.
- **Inversor de string:** su diseño consiste en la unión de varias placas en paralelo al inversor, pudiendo dividir la instalación y en consecuencia mejorar la eficiencia.
- **Inversor central:** No son adecuados para instalaciones de autoconsumo debido a su gran potencia y tamaño.

Cuando el diseño de la instalación es en isla, aislado de la red, se dispone de otro tipo de inversores cuya diferencia es la onda que generan.

- **Inversor:** dispone de una única función, se encarga de la transformación de corriente continua procedente de la batería en corriente alterna.
- **Inversor-batería:** además de la función del inversor anterior, es capaz de convertir corriente alterna en continua para cargar la batería.
- **Inversor híbrido:** se trata del inversor más completo ya que es posible transformar la electricidad de corriente continua a alterna y viceversa, así como la capacidad de cargar la batería.

3.1.3 ALMACENAMIENTO

Las baterías se presentan como opción al almacenamiento de energía generada en exceso permitiendo su uso cuando sea necesario y no se disponga de la energía generada en el momento debido a cambios en el entorno, por ejemplo, por la noche en la ausencia del sol. La implementación de baterías permite aumentar la autosuficiencia energética. Se han identificado tres tipos de baterías según sus características de carga, descarga, así como su vida útil o mantenimiento (Enertres, 2023b).

- Batería de litio: actualmente son las más comunes, se caracterizan por su gran capacidad de almacenamiento de energía y su prolongada vida útil.
- Batería de plomo-ácido: consisten en la opción más económica para el consumidor con el inconveniente de su gran peso y mayor tasa de autodescarga.
- Baterías AGM/Gel: son consideradas la opción más segura y limpia lo que conlleva un precio elevado. Sin embargo, presentan una menor vida útil que la batería de litio.

3.2 GENERACIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA

Los sistemas de climatización son todos los sistemas destinados a la modificación de las condiciones de un espacio con el objetivo de proporcionar confort y calidad del aire para los individuos. Para ello, los dispositivos modifican la temperatura, humedad y circulación del aire adquiriendo un ambiente no solo agradable sino también de buena calidad (Álvaro Ruiz, 2019). A continuación, se profundiza en las diferentes categorías de sistemas de climatización en función de la fuente de energía.

3.2.1 BOMBA DE CALOR

Una bomba de calor es el sistema que a través de un ciclo termodinámico proporciona calor a la vivienda o lo evacua dependiendo de las necesidades del consumidor. Esto se lleva a cabo a través de un circuito cerrado por el que circula un refrigerante que cambia de estado y condiciones dependiendo del punto en el que se encuentre. Para el completo funcionamiento del sistema es necesario una válvula de expansión, evaporador, compresor y condensador (Fundación Endesa, 2023a).

3.2.1.1 Proceso termodinámico de la bomba de calor

La Figura 12 recoge el proceso termodinámico que se detalla a continuación. Comenzando con la válvula de expansión, el fluido refrigerante se encuentra en estado líquido en este punto del ciclo y pasa por la válvula alcanzando su menor temperatura. Una vez entra en el evaporador se lleva a cabo un intercambio de calor entre dos fluidos, donde el refrigerante adquiere temperatura y transformándose en vapor. Tras recorrer el primer

intercambiador de calor, se hace pasar el líquido por un compresor aumentando la presión de este. Por último, se hace pasar el fluido por el condensador donde cede su calor al entorno, volviendo de esta forma a las condiciones iniciales y finalizando el ciclo termodinámico.

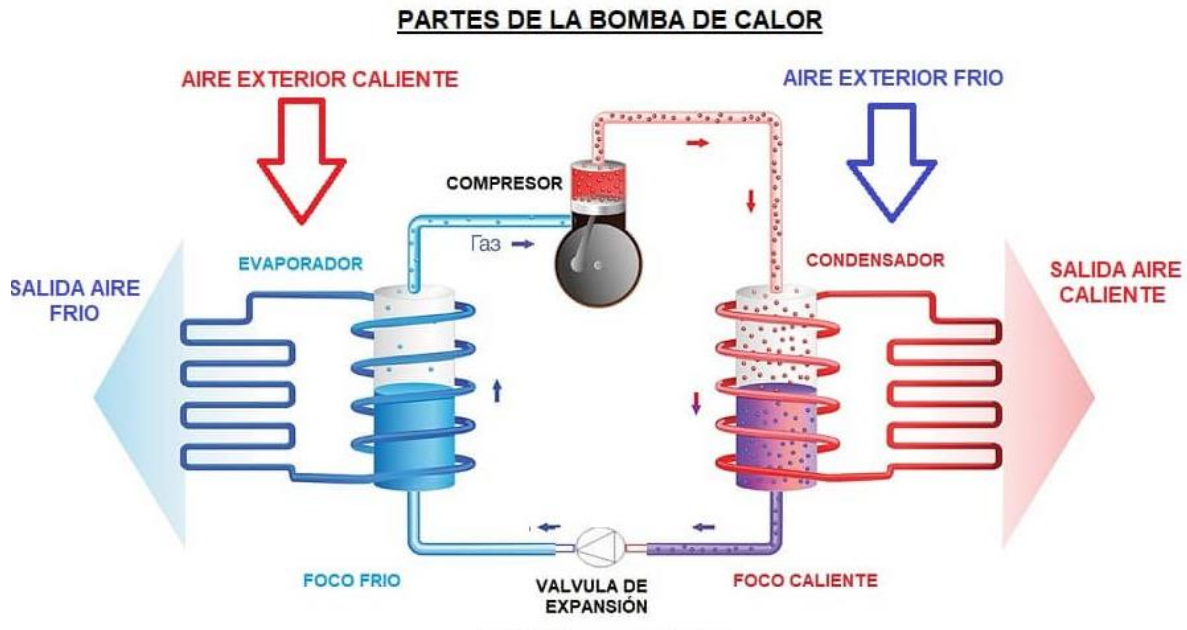


Figura 12 Proceso térmico bomba de calor (Areatecologia, n.d.)

En función de las necesidades el sistema puede trabajar como sistema de calefacción o sistema de refrigeración, así como para ACS. En primer lugar, el calor es transportado desde el exterior hasta el interior de la vivienda. Por el contrario, el uso del sistema para la refrigeración del edificio consiste en la absorción de calor del interior. Su uso se puede destinar a los sistemas de ACS cambiando el sistema por el que se transmite el calor. Sin embargo, todos los sistemas disponen de los componentes del ciclo termodinámico nombrado anteriormente. (Asociación de fabricantes de equipos de climatización AFEC, 2018)

3.2.1.2 Tipos de bomba de calor

Es necesario recalcar la diferencia entre el uso de aerotermia y bomba de calor. En primer lugar, la aerotermia hace uso de la energía presente en el aire siendo esta transformada en electricidad o calefacción. Sin embargo, la bomba de calor utilizada en este proceso es un

simple tipo de las diferentes bombas de calor disponible para la climatización de una vivienda (IRTESC, 2023). Es posible encontrar más información sobre los sistemas de aerotermia en el apartado 3.2.4, página 32.

- Bomba de calor aire-aire: el proceso de obtención y cesión de energía se da a través de la absorción de calor directamente del aire. El fluido presente en ambos intercambiadores de calor es el aire. (Cofrico, 2022)
- Bomba de calor aire-agua: este sistema se diferencia del anterior en que el proceso de cesión de energía se hace a través de un intercambiador de calor con agua. Bomba de calor utilizada en las instalaciones de aerotermia. (IRTESC, 2023)
- Bomba de calor agua-aire: el equipo está formado por un ciclo termodinámico similar al anterior modificando la presencia del agua entre los intercambiadores. El líquido refrigerante obtiene la energía en el evaporador a través del contacto del agua con el circuito. (Cofrico, 2022)
- Bomba agua-agua: el sistema en su totalidad realiza los cambios de calor y energía a través de la presencia del agua tanto en el evaporador como en el condensador.

Bomba de calor tierra-agua/aire: en específico este equipo de calefacción tiene como fuente de obtención de la energía el calor procedente del suelo. El diseño del sistema consiste en la introducción de tuberías de agua bajo la tierra con el fin de obtener calor y trasladarlo al ciclo. Este tipo de bombas se desarrolla en profundidad en el apartado 3.2.3, página 28.

- Bomba de calor con tecnología invertir: su tecnología controla la velocidad del compresor considerando la energía necesaria en cada momento. De este modo el circuito no se encuentra en constante funcionamiento, ahorrando energía y protegiendo los componentes del sistema.

3.2.2 INSTALACIÓN DE BIOMASA

Bajo el nombre de biomasa se considerará toda materia orgánica disponible para la generación de energía. La materia orgánica proviene de fuente animal o vegetal, obteniéndose de manera natural o tras un proceso de transformación artificial (Fundación Endesa, 2023b). A continuación, se clasifica en función del origen:

- Biomasa natural: se obtiene directamente de la naturaleza sin necesidad de intervención.
- Biomasa residual: se obtiene como residuos de un tratamiento humano de materiales.
- Biomasa producida: este tipo es cultivado con el fin de su uso de manera energética.

En la actualidad se dispone de numerosos procesos de conversión de biomasa en energía agrupándose estos en métodos termoquímicos y métodos bioquímicos. El método térmico engloba los procesos consistentes en el uso del calor para ello los materiales más comunes son la madera, paja cáscaras (baja humedad). Algunos ejemplos son la combustión, pirólisis o la gasificación. En cambio, los métodos bioquímicos requieren la presencia de microorganismos encargados de la degradación de las moléculas, normalmente de materiales con alta humedad. Los más comunes son la fermentación alcohólica y la fermentación metánica. (Fundación Endesa, 2023b)

Debido a los numerosos métodos e implementaciones, el desarrollo a continuación se centrará en aquellos aplicables en viviendas unifamiliares. El sistema más utilizado en este tipo de viviendas son las calderas de biomasa capaces de proporcionar entre 10 kW y 60 kW proporcionando calefacción y agua caliente sanitaria (Lasian, 2022). En función del combustible utilizado se debe instalar un tipo de caldera u otro debido a las diferencias en las características de los materiales orgánicos y el proceso de tratamiento.

- Calderas de pellets: Están formadas por una cámara de combustión donde se introduce el combustible a través de un succionador, es de las calderas más comunes, su funcionamiento se puede observar en la Figura 13 Este tipo de combustible

llamado pellet se caracteriza por su gran poder calorífico y alta eficiencia (Lasian, 2022).

- Caldera de astillas: Este tipo de caldera dispone de mecanismo rotativo encargado de introducir el material orgánico en la cámara de combustión. El material utilizado son las astillas, menos común que los pellets, pero más económico por lo que se recomienda para viviendas con una alta demanda energética.
- Caldera de leña: Es el único tipo de caldera que necesita la intervención del usuario en el proceso (semiautomática), la carga del combustible, la leña. Consiste en la caldera con cámara de combustión de mayor tamaño.

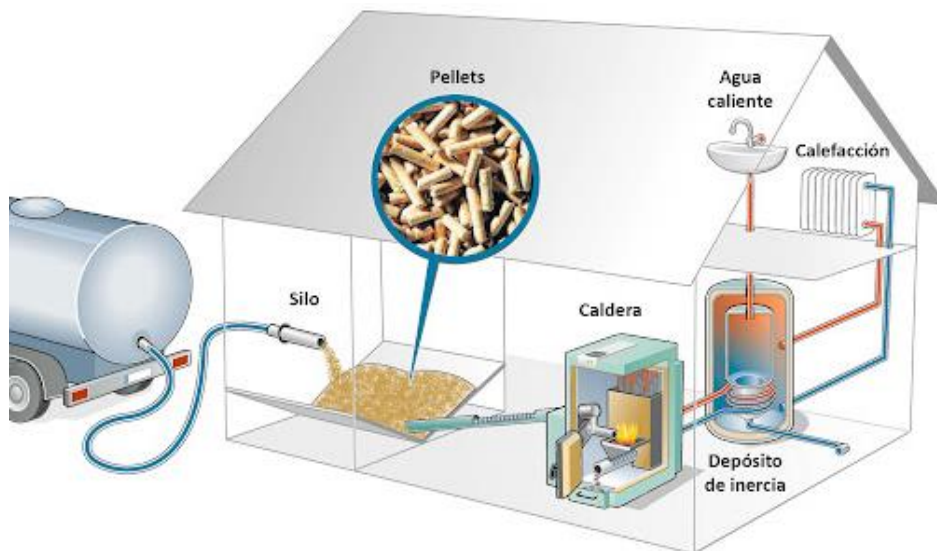


Figura 13 Proceso caldera de pellets (Xunta de Galicia, n.d.)

3.2.3 GEOTERMIA

Al analizar los posibles sistemas de energía para implementar en una vivienda, se deben considerar la geotermia (Repsol, 2023a). Esta energía renovable consiste en la extracción de calor del interior de la tierra a través de un circuito, normalmente cerrado, por lo que no produce emisiones de gases de efecto invernadero. La temperatura de los diferentes estratos depende de su composición (rocas, minerales, gases y aguas subterráneas) así como de su profundidad, sin embargo, se mantiene constante a partir de los 14 - 15 m de profundidad

considerándose una energía de producción continua (no depende de las fluctuaciones del clima) (Enertres, 2023a).

3.2.3.1 Tipos de sistemas geotérmicos

Existen diferentes usos de los sistemas geotérmicos según la temperatura que alcanzan los circuitos estando esta relacionada con la profundidad que alcanza el sistema.

- Alta temperatura $>150^{\circ}$: este tipo de sistemas son utilizados cuando el objetivo es la generación de energía eléctrica. Las altas temperaturas del circuito se obtienen por la profundidad del sistema y la generación de vapor de agua a muy alta presión, permitiendo la generación de electricidad a través del movimiento de las turbinas (Pansogal, 2023).
- Media temperatura $100^{\circ} - 150^{\circ}$: se uso varia desde la calefacción y refrigeración de edificios (viviendas, ciudades) hasta la generación eléctrica, siendo esta última de un rendimiento menor a la de los sistemas de alta temperatura (Pansogal, 2023).
- Baja temperatura $<100^{\circ}$: este tipo proporciona una temperatura entre 30° y 100° C al ciclo (Pansogal, 2023), haciendo uso de esta para el aprovechamiento térmico en procesos industriales y agrícolas, así como en la calefacción y refrigeración de viviendas o edificios y permite la obtención de aguas sanitarias. Para este tipo de sistema no es necesario unas condiciones geográficas específicas, siendo posible su instalación en cualquier localización. (Repsol, 2023a)
 - o Muy baja temperatura $< 30^{\circ}$ C: se localiza unos metros por debajo de la superficie de la vivienda operando de intercambiador de calor para aquellos edificios que hacen uso de bombas de calor. (Pansogal, 2023)

3.2.3.2 Tipos de disposición de sistemas geotérmicos

Aplicando los sistemas de energía geotérmica al uso doméstico se identifican tres disposiciones del circuito, dependiendo su elección mayoritariamente en el presupuesto y la disponibilidad de terreno así como las condiciones de este.

- Captación geotérmica horizontal: El sistema está compuesto por una red de tubos de polietileno (diámetro de 25 – 49 mm) caracterizado por su posición horizontal 3 - 4 metros de profundidad. El rendimiento del sistema se encuentra entre 20 y 30 W por metro cuadrado, necesitándose una superficie de 1,5 veces la vivienda que se desea abastecer, Figura 14. (Arquitectura Sostenible, 2017)

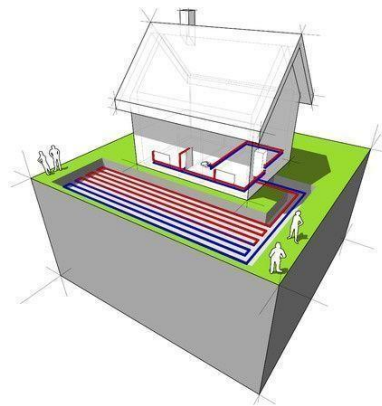


Figura 14 Captación geotérmica horizontal (Inarquía, 2024)

- Captación geotérmica vertical: la distribución de los tubos en la red se dispone de forma vertical, siendo necesaria así una mayor profundidad (30 - 150 m) y menor superficie. Considerando la estabilidad térmica se considera un aumento de 1°C por cada 30 m (Arquitectura Sostenible, 2017), Figura 15.

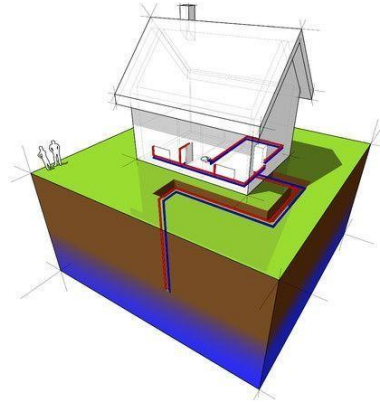


Figura 15 Captación geotérmica vertical (inarquia, 2024)

- Captación geotérmica abierta: Para la utilización de dicho sistema, es requisito contar con un acuífero que disponga de una cantidad sustancial de agua y experimente una renovación constante. La captación geotérmica abierta se diferencia del resto de sistemas en disponer de un diseño abierto, Figura 16. De esta forma el fluido utilizado es el caudal de agua subterránea. (Arquitectura Sostenible, 2017)

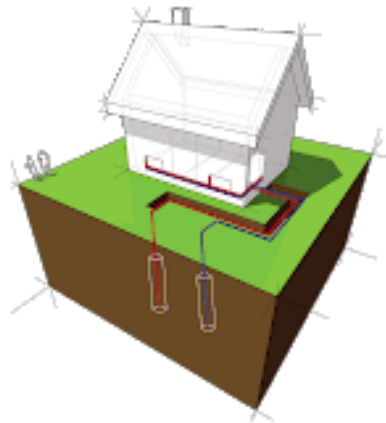


Figura 16 Captación geotérmica abierta (Inarquia, 2024)

3.2.3.3 Proceso termodinámico del sistema geotérmico

Una vez se haya elegido el tipo de sistema a implementar, procedemos a detallar exhaustivamente su funcionamiento. Este compuesto por tres elementos fundamentales.

Consiste en una de las energías más constantes debido a que se obtiene del suelo, el que se considera que se conserva a temperatura constante una vez sobrepasados los 15 m de profundidad siendo esta temperatura entre 12 y 15° aproximadamente. El ciclo termodinámico por el cual se obtiene el calor es similar a aquel de la bomba de calor explicado anteriormente. Comenzando tras la válvula de expansión, el fluido se encuentra en estado líquido (baja temperatura y presión) y es dirigido al evaporador donde adquiere calor del exterior transformando su estado a vapor. El vapor es dirigido al compresor donde adquiere mayor temperatura y presión que permite ceder el calor a la vivienda al pasar por el condensador. Una vez en la vivienda dicho calor puede haber sido cedido al sistema de calefacción y ACS. Por último, el fluido refrigerante pasa por la válvula donde adquiere las propiedades de baja temperatura y presión iniciales. La inversión del proceso permite refrigerar el edificio en los meses más calurosos. (Junta de Castilla y León, 2023)

3.2.4 AEROTERMIA

La energía aerotérmica es la energía almacenada en forma de calor en el aire ambiente (IDAE, 2023). A través de un ciclo termodinámico es posible extraer y hacer uso de esta para la climatización del hogar (Iberdrola, n.d.). Para ello es necesario disponer de un sistema compuesto por un evaporador, compresor, válvula de expansión y condensador. La bomba de calor encargada de extraer la energía del aire exterior debe ser alimentada con energía eléctrica consiste en un tipo específico de bomba de calor visto anteriormente en el apartado 3.2.1 (Hidalgo, 2017).

El ciclo comienza en el evaporador donde el aire absorbido por el ventilador de la bomba de calor cede su energía en forma de calor al fluido refrigerante. Este modifica su estado líquido (frio) a vapor alcanzando una temperatura y presión constante al pasar por el compresor. El compresor es el encargado de aumentar la temperatura y presión del fluido alcanzando el estado de vapor sobrecalentado. La siguiente parte del circuito se encuentra en el acumulador donde el condensador se encuentra rodeado de agua fría. En este punto del proceso el fluido refrigerante cede el calor al exterior del condensador a presión constante, pudiendo así bajar drásticamente su temperatura y cambiar de a estado líquido. Por último,

el líquido pasa por una válvula de expansión que le permite volver a la temperatura y presión inicial cerrando de esta manera el ciclo termodinámico. (Hidalgo, 2017) El ciclo termodinámico se ve ejemplificado en la Figura 17.

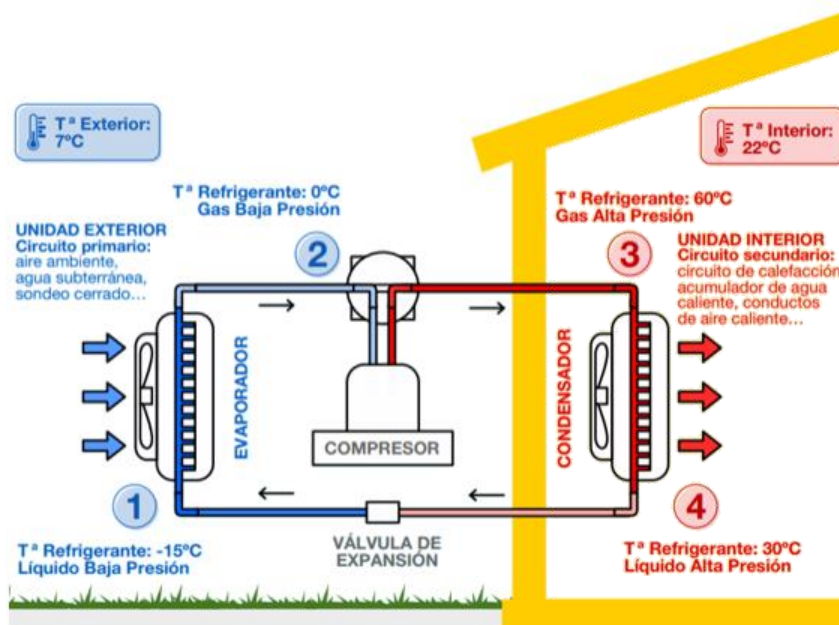


Figura 17 Proceso térmico aerotermia (Avantforce, n.d.)

3.2.5 PLACAS SOLARES TÉRMICAS

El proceso en las placas solares térmicas es similar al de los paneles solares fotovoltaicos debido a que comparten la fuente de energía. En este caso, el sistema está formado por unas placas solares y un depósito, Figura 18. El depósito es el encargado de almacenar el fluido que circula por los sistemas de calefacción y agua sanitaria de la vivienda para transmitir el calor. (Impulso Solar, 2020)



Figura 18 Colector solar (Austro, n.d.)

3.2.5.1 Tipos de colectores solares

Los distintos tipos de sistemas térmicos se caracterizan por la temperatura que estos pueden alcanzar.

- Colectores de baja temperatura: son aquellos colectores capaces de alcanzar 50°C. suficiente para abastecer las necesidades de calefacción y agua caliente sanitaria de las viviendas.
- Colectores de media temperatura: a pesar de ser un sistema similar al anterior la disposición de una cubierta transparente sobre las placas solares permite alcanzar temperaturas superiores debido a la reducción de pérdidas.
- Colectores de alta temperatura: sobre las placas solares térmicas se disponen dos cubiertas generando un efecto de vacío alcanzando de esta forma temperaturas de 150°C. El uso de este sistema está dedicado a la generación de electricidad en centrales térmicas. (Repsol, 2023b)

3.2.5.2 Proceso de funcionamiento

El funcionamiento de este sistema consiste en el intercambio de calor entre dos circuitos. En primer lugar, se dispone de un circuito cerrado que contiene un fluido (calorportador) que viaja por las tuberías de cobre situadas en la placa solar absorbiendo el calor. Posteriormente dicho circuito entra en el acumulador donde se pone en contacto con el segundo circuito y cede el calor al agua destinada al uso de los usuarios (calefacción,

ducha,etc). El acumulador es el depósito donde se acumula el agua caliente para su uso y al que llega el agua fría para viajar por el intercambiador de calor. El fluido calorportador utilizado en el circuito de las placas solares debe mantener las propiedades de líquido bajo las condiciones meteorológicas a las que puede estar sometido a lo largo del año, así como disponer de una alta capacidad calorífica que mejore el rendimiento del sistema. Por ello, normalmente se utiliza propilglicol pudiendo alcanzar temperaturas de -52°C en función de la concentración (Quivacolor, 2024).

En resumen, los sistemas de generación de electricidad contemplados para el autoconsumo son aerogeneradores y paneles solares haciendo uso de la energía eólica y solar respectivamente. Cabe destacar la importancia de la elección de variables como la localización libre de obstáculos para el primer sistema y la orientación e inclinación para el segundo. Asimismo, se han presentado sistemas como bombas de calor, instalaciones de biomasa, geotermia, aerotermia y colectores solares, como la solución de energías limpias para el abastecimiento climático de una vivienda. La eficiencia de cada uno de estos sistemas depende de la fuente de energía por lo que para la elección optima en cada caso particular será necesario el estudio de las condiciones externas de la vivienda.

Capítulo 4. ESTUDIO DE LA VIVIENDA

Una vez conocidos los posibles sistemas para el abastecimiento de una vivienda se procede a estudiar una en particular con el fin de identificar la solución óptima para su transformación energética. En un primer lugar, se debe conocer la ubicación y las condiciones externas en las que se encuentra para el posterior estudio de la demanda energética.

4.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La localización geográfica de la vivienda es esencial para conocer los factores externos que pueden afectar tanto a la generación como a la demanda de energía. El edificio se encuentra en Linares, Jaén perteneciente a la Comunidad Autónoma de Andalucía. Consiste en una casa unifamiliar adosada formada por tres niveles, habitada por 3 individuos a lo largo de todo el año. Se puede observar en la Figura 19 la totalidad de la vivienda delimitada por el polígono azul. Cabe destacar que la familia no dispone desde hace unos años del colector solar presente en la Figura 19 por lo que los datos que se analizarán a continuación no se ven afectados por dicho sistema. Por último, la Tabla 3 recoge los datos relevantes para la elección de sistemas y sobre la localización geográfica de la vivienda.



Figura 19 Vivienda de estudio, Linares, Jaén

Características	
Orientación	252°
Superficie edificada	88,76 m ²
Superficie total	152,47 m ²

Tabla 3 Características vivienda de estudio

Específicamente, la vivienda se encuentra orientada 345°/-15° hacia el Norte, debido a la estructura del edificio se dispone de una cubierta a dos aguas con una superficie orientada aproximadamente al Norte y otra aproximadamente al Sur, siendo cada una de estas de 46,38 m² de superficie.

4.2 ANÁLISIS DEL CONSUMO

A continuación, se analizan los datos del consumo de la vivienda a lo largo de los años con el objetivo de conocer las necesidades de los miembros que habitan en ella y seleccionar un conjunto de sistemas que cumplan los requerimientos. Para ello se ha estudiado el consumo de energía eléctrica, gas y agua en los últimos 5 años, obteniendo los siguientes valores presentes en la Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6.

Consumo eléctrico (kWh)	2019	2020	2021	2022	2023	Consumo promedio (kWh)
Enero	-	614,85	816,31	553,88	495,03	620,02
Febrero	728,33	527,86	700,39	483,95	433,74	574,86
Marzo	820,70	630,12	833,09	444,94	459,48	637,67
Abril	783,75	692,52	821,16	491,49	428,09	643,40
Mayo	759,18	648,39	735,79	533,89	462,28	627,90
Junio	755,80	673,03	780,25	665,66	669,62	708,87
Julio	754,05	871,78	765,68	763,28	809,66	792,89
Agosto	706,78	875,69	631,07	597,56	616,11	685,44
Septiembre	694,04	740,53	624,64	478,11	531,15	613,69
Octubre	674,43	882,20	703,78	460,32	518,78	647,90
Noviembre	650,84	870,64	710,98	451,43	500,62	636,90
Diciembre	652,52	876,88	684,11	485,83	-	674,84

Tabla 4 Histórico de consumo eléctrico (kWh)

Consumo de Gas (kWh)	2019	2020	2021	2022	2023	Consumo promedio (kWh)
Enero	3236,55	2719,85	3256,88	3002,43	-	3053,93
Febrero	2310,06	2276,22	2877,97	3235,09	-	2674,84
Marzo	2320,38	1780,02	2026,02	2869,01	1142,46	2027,58
Abril	1299,33	1270,25	1476,29	2040,78	519,94	1321,32
Mayo	593,72	1093,48	431,43	1224,35	401,58	748,91
Junio	0,00	984,45	105,82	145,52	229,17	292,99
Julio	0,00	229,71	28,22	100,86	91,40	90,04
Agosto	0,00	0,00	0,00	60,10	54,68	22,95
Septiembre	238,96	234,85	325,26	125,65	337,13	252,37
Octubre	502,52	485,35	2254,04	154,14	523,70	783,95
Noviembre	1920,68	2340,54	2217,69	41,11	-	1630,00
Diciembre	2972,83	3385,17	2200,37	-	-	2852,79

Tabla 5 Histórico de consumo de gas (kWh)

Consumo de ACS (m³)	2020	2021	2022	2023	Consumo promedio (m³)
Enero	5,93	4,77	6,23	6,43	5,84
Febrero	5,55	4,46	5,83	6,01	5,46
Marzo	7,15	5,84	6,82	6,44	6,56
Abril	7,78	7,06	7,14	6,61	7,15
Mayo	8,04	7,30	7,38	6,83	7,38
Junio	7,27	6,57	5,79	6,16	6,45
Julio	7,22	6,29	4,91	5,97	6,10
Agosto	7,22	6,29	4,91	5,97	6,10
Septiembre	6,63	5,69	5,15	6,13	5,90
Octubre	6,49	5,67	5,59	6,65	6,10
Noviembre	6,28	5,49	5,41	6,43	5,90
Diciembre	5,61	5,96	6,08	6,65	6,07

Tabla 6 Histórico de consumo de ACS (m³)

Para su posterior uso se va a realizar el cálculo de la electricidad necesaria para disponer de ACS necesario en la vivienda ya que los datos presentes en la Tabla 5 recoge la demanda energética para el consumo de calefacción y ACS, para ello es necesario hacer uso de la siguiente formula.

$$E = V \cdot \rho \cdot C \cdot \Delta T$$

Ecuación 4 Demanda energética ACS

E demanda energética (kWh/mes)

V Volumen de consumo de ACS (m³/mes)

ρ densidad del agua (998 kg/ m³)

C calor especifico del agua (1.16 kWh/m³ °C)

ΔT Diferencia de temperatura de uso y temperatura de la red

Es necesario disponer de la temperatura del agua en la red en la localización de la vivienda. Para ello se han obtenido las mediciones mensuales del agua de la red en el punto de medición más cercano (Jaén), cuyo documento se encuentra en el ANEXO I (Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR), 2010) y se ha calculado la temperatura en la vivienda cuyos datos recoge la Tabla 7 y Tabla 8 siguiendo la siguiente formula, explicada en el ANEXO I.

$$T_v = T_m - 0,0066 \cdot (h_v - h_m)$$

Ecuación 5 Temperatura de la red

	Temperatura media mensual del agua de red (°C) (punto de medición)	Temperatura media mensual de la red en la vivienda (°C)
Enero	9	9,90
Febrero	10	10,90
Marzo	11	11,90
Abril	13	13,45
Mayo	16	16,45
Junio	19	19,45
Julio	21	21,45
Agosto	21	21,45
Septiembre	19	19,45
Octubre	15	15,90
Noviembre	12	12,90
Diciembre	9	9,90

Tabla 7 Temperatura media mensual agua de red (°C)

	Demanda Mensual ACS (m3/mes)	Temperatura ACS (°C)	Temperatura media mensual de la red en el punto de medida	Temperatura media mensual de la red en la vivienda	Diferencia Temperatura (°C)	Demanda de energía kWh
Enero	5,84	38	9	9,90	28,10	190,38
Febrero	5,46	38	10	10,90	27,10	171,76
Marzo	6,56	38	11	11,90	26,10	198,73
Abril	7,15	38	13	13,45	24,55	203,50
Mayo	7,38	38	16	16,45	21,55	184,59
Junio	6,45	38	19	19,45	18,55	138,79
Julio	6,10	38	21	21,45	16,55	117,04
Agosto	6,10	38	21	21,45	16,55	117,04
Septiembre	5,90	38	19	19,45	18,55	126,94
Octubre	6,10	38	15	15,90	22,10	156,43
Noviembre	5,90	38	12	12,90	25,10	171,93
Diciembre	6,07	38	9	9,90	28,10	197,95

Tabla 8 Cálculo de la demanda de energía por ACS (kWh)

4.3 CONDICIONES METEOROLÓGICAS

Según el Anejo B es posible determinar la zona climática en la que se encuentra la vivienda, teniendo en cuenta la provincia y la altitud, por lo que la vivienda se encuentra en una zona C4 cuyas características exteriores durante el invierno y el verano está determinadas, puede consultarlas en el ANEXO II (Rodríguez, 2022). Asimismo, la Figura 20 representa las condiciones meteorológicas de la localidad a lo largo del año. Se puede observar que se caracteriza por cielos despejados en los meses de verano con máximas de 40° e inviernos fríos con mínimas de -3°.

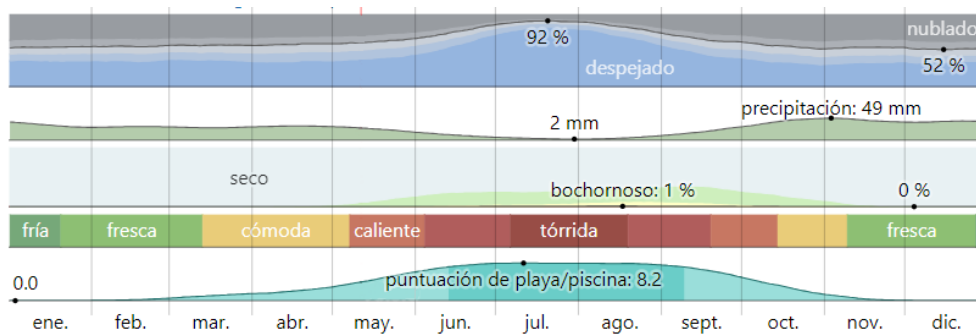


Figura 20 Condiciones meteorológicas en Linares, Jaén (Weather Spark, 2024)

Capítulo 5. ESTUDIO DE POSIBLES SOLUCIONES

Una vez conocidas las necesidades de la vivienda se procede al estudio de las posibles soluciones de instalación de sistemas de energía renovable. A pesar de disponer de todos los sistemas expuesto en el Capítulo 3. , no es posible implementar algunos en la vivienda debido a las características de esta.

Se ha descartado con respecto a la generación eléctrica el estudio de la instalación de aerogeneradores, debido a la existencia de obstáculos como edificios, árboles y señales que reducirían su rendimiento. En relación con la generación térmica se ha optado por estudiar aquellos sistemas que se ven favorecidos por las condiciones externas expuestas en el Capítulo 4. Por lo tanto, a continuación, se van a estudiar tres casos en los cuales se combinan sistemas cuyas fuentes de energía son el calor interno de la Tierra, el ambiente y el sol.

5.1 CASO BASE

La vivienda en la actualidad requiere energía de la red o de combustibles fósiles para cumplir la demanda tanto de electricidad, ACS y calefacción. En particular, la energía eléctrica necesaria para los electrodomésticos, así como para la luz y refrigeración de la casa es a través de la compra a la red eléctrica. Además, la energía térmica necesaria para el agua caliente sanitaria y calefacción proviene de la quema de gas natural. A continuación, la Tabla 9 presenta el resumen del consumo medio mensual de cada uno de los sistemas.

	Consumo eléctrico promedio (kWh)	Consumo de Gas promedio (kWh)	Consumo ACS promedio kWh
Enero	620,02	3053,93	190,38
Febrero	574,86	2674,84	171,76
Marzo	637,67	2027,58	198,73
Abril	643,4	1321,32	203,5
Mayo	627,9	748,91	184,59
Junio	708,87	292,99	138,79
Julio	792,89	90,04	117,04
Agosto	685,44	22,95	117,04
Septiembre	613,69	252,37	126,94
Octubre	647,9	783,95	156,43
Noviembre	636,9	1630	171,93
Diciembre	674,84	2852,79	197,95

Tabla 9 Consumo total promedio

Los elementos necesarios en la vivienda para satisfacer las necesidades de la familia se encuentran en la Tabla 10. Esta se ha dividido en la demanda térmica como elementos como la caldera y los radiadores, así como los gastos anuales de gas. La segunda parte de la tabla recoge los elementos de demanda eléctrica y los gastos anuales de la misma. No se ha incluido la factura de agua ya que es un pago que se va a seguir efectuando independientemente del caso seleccionado.

Sistemas	Aparato	Modelo	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Térmico	Caldera	Saunier Duval			
		Thema 25 kW	2.079,00 €	1	2.079,00 €
	Radiadores	Equation 50 10			
		elementos	104,90 €	12	1.258,80 €
	Gasto anual gas		0,07 €	15751,67 kWh	1.158,19 €
Eléctrico	Elementos lumínicos	Bombilla LED E27			
		Lexman	0,99 €	20	19,80 €
	Lavadora	BOSCH WAN28286ES			
		Blanco 8kg 1400A	422,90 €	1	422,90 €
	Secadora	BOSCH WTR85V92ES			
		8kg Blanco A++	593,99 €	1	593,99 €
	Lavavajillas	beko dis48120 3ª			
		Bandejas	417,30 €	1	417,30 €
	Ventiladores	WINDSTYLANC			
		E DC 40W Ø132	120,95 €	5	604,75 €
Frigorífico	balay 3kfd565Ni de 60x186x66cm				
	326 litros calses D	831,00 €	1	831,00 €	
	Gastos anuales eléctrico		0,15 €	7864,39 kWh	1.155,59 €
Total					8.541,32 €

Tabla 10 Presupuesto caso base

5.2 CASO 1: GEOTERMIA Y PANELES FOTOVOLTAICOS

Una vez conocido el consumo de la vivienda se procede a la selección de los sistemas que lo abastecen. En primer lugar, se plantea el caso en el que se usará geotermia y paneles fotovoltaicos. Comenzando la selección de la bomba de calor geotérmica, en base a la energía necesaria y el rendimiento, se ha optado por el modelo TERRA iPump T de la empresa Enertres por su gran eficiencia. Dispone de una potencia de entre 2 y 8kW y clasificación energética A+++, se recogen las características en la Tabla 11. Además, dispone de un acumulador de ACS de 200 l. Para consultar características específicas del modelo acudir al ANEXO III.



Figura 21 Geotermia modelo TERRA iPump (Enertres, 2024b)

Características	TERRA iPump
Rango de potencia	2 – 8 W
Potencia nominal	4,10 kW
COP	4,71

Tabla 11 Características modelo TERRA iPump T

El sistema de geotermia se usará para abastecer las necesidades de calefacción y ACS de la vivienda. A continuación, se presenta la energía eléctrica requerida por parte del sistema para cumplir con dicha demanda considerando un COP de 4,71.

Consumo de electricidad (Calefacción)			
	Consumo promedio (kWh)	COP	Consumo eléctrico (kWh)
Enero	2863,55	4,71	607,97
Febrero	2503,07	4,71	531,44
Marzo	1828,85	4,71	388,29
Abril	1117,81	4,71	237,33
Mayo	564,32	4,71	119,81
Junio	154,20	4,71	32,74
Julio	-27,01	4,71	-5,73
Agosto	-94,09	4,71	-19,98
Septiembre	125,43	4,71	26,63
Octubre	627,52	4,71	133,23
Noviembre	1458,07	4,71	309,57
Diciembre	2654,84	4,71	563,66

Tabla 12 Consumo eléctrico calefacción caso 1

Consumo de electricidad (Agua)			
	Consumo promedio (kWh)	COP	Consumo eléctrico (KWh)
Enero	190,38	4,71	40,42
Febrero	171,76	4,71	36,47
Marzo	198,73	4,71	42,19
Abril	203,50	4,71	43,21
Mayo	184,59	4,71	39,19
Junio	138,79	4,71	29,47
Julio	117,04	4,71	24,85
Agosto	117,04	4,71	24,85
Septiembre	126,94	4,71	26,95
Octubre	156,43	4,71	33,21
Noviembre	171,93	4,71	36,50
Diciembre	197,95	4,71	42,03

Tabla 13 Consumo eléctrico agua caso 1

Tras dimensionar el sistema de geotermia con capacidad para abastecer las necesidades de calefacción y ACS de la vivienda mostradas en las Tabla 12 y Tabla 13 así como la energía eléctrica demanda por dicho sistema para ello, se procede a estudiar el dimensionamiento del sistema eléctrico. Para ello, se presenta a continuación, Tabla 14, la cuantía total de energía eléctrica necesaria.

	Demanda de electricidad (kWh)	Demanda Calefacción (kWh)	Demanda ACS (kWh)	Demanda total (kWh)
Enero	620,02	607,97	40,42	1268,41
Febrero	574,86	531,44	36,47	1142,76
Marzo	637,67	388,29	42,19	1068,15
Abril	643,40	237,33	43,21	923,94
Mayo	627,90	119,81	39,19	786,91
Junio	708,87	32,74	29,47	771,08
Julio	792,89	0,00	24,85	817,74
Agosto	685,44	0,00	24,85	710,29
Septiembre	613,69	26,63	26,95	667,28
Octubre	647,90	133,23	33,21	814,35
Noviembre	636,90	309,57	36,50	982,97
Diciembre	674,84	563,66	42,03	1280,52

Tabla 14 Demanda eléctrica total caso 1

Se considera el uso de paneles fotovoltaicos para el abastecimiento de energía eléctrica de la vivienda. Para la elección del sistema se han estudiado distintas combinaciones entre las que se encuentra el uso de placas solares con batería de almacenamiento y el uso de placas solares conectada a la red. Debido al consumo de la vivienda y la generación del sistema se ha seleccionado el sistema con batería y conexión a la red, convirtiendo el consumo en uno más independiente. A la hora de seleccionar el modelo de panel fotovoltaico se ha considerado la eficiencia del producto, optando por el SPR-MAX3-395 de la empresa Sun Power con una eficiencia de 22,3% y potencia nominal de 395 W, las características principales se recogen en la Tabla 15, para más información acudir al ANEXO III.

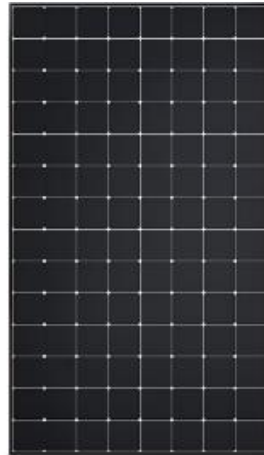


Figura 22 Panel solar modelo SPR-MAX3-395 (Almasolar, n.d.)

Características	SPR-MAX3-395
Potencia nominal	395 W
Tolerancia de potencia	+5/0%
Eficiencia	22,30%
Tensión nominal (Vmpp)	65,4 V
Intensidad nominal (Impp)	6,04 A

Tabla 15 Características modelo SPR-MAX3-395

Tras realizar la comparativa entre las baterías en el mercado se ha seleccionado el modelo Tesla Powerwall del fabricante Tesla con una capacidad útil de 13,5 kWh y corriente de salida de 25 A, información recogida en la Tabla 16, siendo de los mejores productos existentes en el mercado y compatible con todo tipo de inversores. Al tratarse de una batería de litio, como se explicó en el Capítulo 3. Presenta una mayor capacidad, mayor vida útil y sin necesidad de mantenimiento, por todo ello ha sido seleccionada a pesar de superar la media de precios en el mercado. En el ANEXO III se encuentra la guía técnica completa del producto.



Figura 23 Batería modelo Tesla Powerwall (Tesla, 2024)

Características	Tesla Powerwall
Voltaje CC	230 V
Capacidad útil	13,5 kWh
Eficiencia de ida y vuelta	90%

Tabla 16 Características modelo Tesla Powerwall

Con el fin de asegurar el abastecimiento de la energía necesaria en la vivienda se ha tenido en cuenta tanto el consumo eléctrico del sistema de geotermia como la degradación del sistema solar fotovoltaico a lo largo de los años. Según las indicaciones del fabricante los módulos pueden alcanzar un desgaste máximo anual del 0,25% asignando una vida útil de 25 años. En la siguiente tabla, Tabla 17 se muestra la energía necesaria en el año 1 para alcanzar la demanda en el año 25. Además, se ha estudiado el consumo de electricidad de la vivienda a lo largo de los años observando una fluctuación de entre el 20% y 30%, por lo que se establece un coeficiente de seguridad de 1,25 para asegurar el suministro ante incrementos de demanda. El incremento del 30% se dio en años en los que la vivienda era habitada por más personas, por lo que se considera que bajo las condiciones actuales no se va a alcanzar dichos valores y por tanto el aumento del coeficiente de seguridad sobredimensionaría la instalación.

	Demanda total kWh	Coefficiente de seguridad	Demanda total kWh	Degradación máxima anual	Degradación máxima acumulada	Energía necesaria año 1
Enero	1268,41	1,25	1585,52	0,0025	0,0625	1589,48
Febrero	1142,76	1,25	1428,45	0,0025	0,0625	1432,02
Marzo	1068,15	1,25	1335,19	0,0025	0,0625	1338,53
Abril	923,94	1,25	1154,92	0,0025	0,0625	1157,81
Mayo	786,91	1,25	983,64	0,0025	0,0625	986,10
Junio	771,08	1,25	963,85	0,0025	0,0625	966,26
Julio	817,74	1,25	1022,17	0,0025	0,0625	1024,73
Agosto	710,29	1,25	887,87	0,0025	0,0625	890,09
Septiembre	667,28	1,25	834,10	0,0025	0,0625	836,18
Octubre	814,35	1,25	1017,93	0,0025	0,0625	1020,48
Noviembre	982,97	1,25	1228,72	0,0025	0,0625	1231,79
Diciembre	1280,52	1,25	1600,65	0,0025	0,0625	1604,66
Total						14078,11

Tabla 17 Cálculo de producción total año 1 caso 1

Una vez conocido el consumo se ha realizado el diseño del sistema haciendo uso del software de simulación PV Syst. Debido a la orientación de la vivienda analizada en el Capítulo 4. se ha optado por instalar los paneles fotovoltaicos en la cubierta orientada al sur con una superficie disponible de 44 m², haciendo uso de la mitad de superficie disponible. Asimismo, se ha seleccionado una inclinación optimizando la producción de energía anual en vez de la optimización en los meses de verano o invierno, debido a que se trata del primer domicilio de la familia y el consumo se da a lo largo de todos los meses.

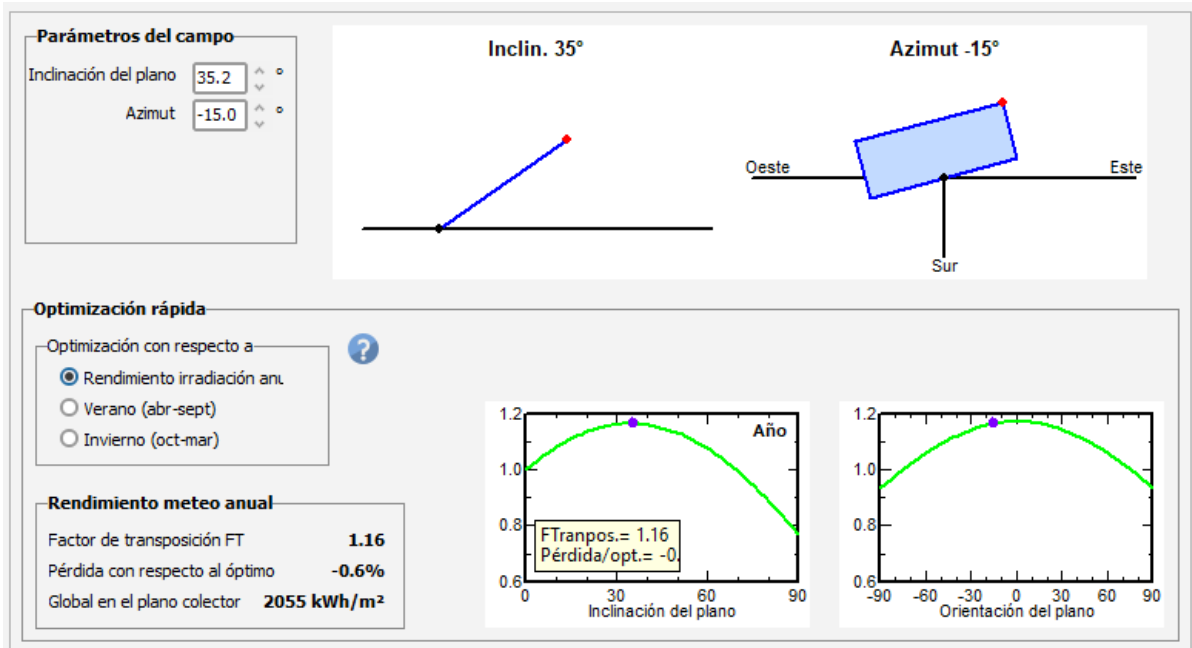


Figura 24 Orientación e inclinación de los paneles

Se ha buscado la orientación óptima del sistema teniendo en cuenta la localización de la vivienda. Como se ha visto anteriormente, la vivienda se encuentra a una latitud de 38° por lo que la inclinación de los paneles debe situarse entre 35° y 40°, se ha seleccionado la inclinación del tejado pudiendo facilitar la instalación y reducir sus costes. Asimismo, la orientación del sistema coincide con la del tejado con un azimut de -15%. En la Figura 24 se puede observar que el sistema presenta unas pérdidas de 0.6% con respecto al punto óptimo, no pudiendo alcanzar dicho punto por las características de la casa.

Conocida la localización geográfica de la vivienda, se hace uso de la base de datos de Meteororm 8.1 disponible en PV Syst para obtener los datos meteorológicos necesarios para la simulación, Figura 25.

	Irradiación horizontal global kWh/m ² /mes	Irradiación difusa horizontal kWh/m ² /mes	Temperatura °C	Velocidad del viento m/s	Turbidez Linke [-]	Humedad relativa %
Enero	70.4	26.5	6.1	1.60	2.473	79.5
Febrero	90.1	32.4	7.9	2.00	2.732	73.0
Marzo	138.0	53.7	11.2	2.20	3.173	66.3
Abril	169.6	62.2	14.1	2.30	3.144	63.0
Mayo	207.1	76.1	18.8	2.20	3.310	52.9
Junio	228.7	69.6	24.0	2.40	3.480	43.5
Julio	240.7	61.7	27.2	2.30	3.303	36.6
Agosto	210.9	57.9	26.8	2.10	3.342	40.5
Septiembre	156.5	52.2	21.5	1.89	3.160	55.2
Octubre	113.8	42.5	16.7	1.69	3.009	66.2
Noviembre	75.6	31.0	9.9	1.70	2.661	76.6
Diciembre	64.4	25.1	6.8	1.59	2.517	81.8
Año ?	1765.8	590.9	15.9	2.0	3.025	61.3
	Pegar	Pegar	Pegar	Pegar		

Irradiación horizontal global variabilidad año a año 2.7%

Figura 25 Datos de irradiación Meteonorm 8.1 PV Syst

Tras conocer las condiciones de trabajo de los paneles fotovoltaicos se procede a la simulación de la generación de electricidad mensualmente, cuyo resultado se puede observar en la Tabla 18 y Figura 26. En términos anuales el sistema genera 16.811 kWh mientras que la demanda del usuario es de 14.920 kWh por lo que el dimensionamiento del sistema es adecuado. Debido a la diferencia en las horas de producción y las horas de demanda se considerado la instalación de una batería. Sin embargo, en los momentos en los que la batería se encuentra a máxima capacidad, la energía generada se vende a la red, esta es 3.380,4 kWh anuales. Cabe destacar, el caso contrario en el que el sistema se encuentra generando por debajo de la demanda y no hay disponibilidad en la batería, por lo que es necesario comprar energía a la red. Se espera comprar un total de 2.016,9 kWh a la red, por lo que a un precio fijo el usuario recibiría unos beneficios positivos, favoreciendo la independencia energética de la vivienda.

	GlobHor (kWh/m ²)	GlobEff (kWh/m ²)	Energía disponible (kWh)	Energía no usada (kWh)	Energía adicional (kWh)	Energía proporcionada (kWh)	Energía demandada (kWh)	Fracción solar
Enero	70,4	114,2	1011	0,0	622,6	1062	1685	0,630
Febrero	90,1	128,3	1125	0,1	425,5	1092	1518	0,719
Marzo	138,0	166,4	1444	0,0	60,3	1359	1419	0,958
Abril	169,6	176,6	1509	8,4	0,0	1227	1227	1,000
Mayo	207,1	193,8	1665	569,7	0,0	1045	1045	1,000
Junio	228,7	201,6	1701	623,7	0,0	1024	1024	1,000
Julio	240,7	218,2	1810	667,3	0,0	1086	1086	1,000
Agosto	210,9	211,3	1762	765,8	0,0	943	943	1,000
Septiembre	156,5	180,3	1524	588,3	0,0	886	886	1,000
Octubre	113,8	150,1	1289	157,2	0,0	1081	1081	1,000
Noviembre	75,6	116,5	1021	0,0	67,9	1237	1305	0,948
Diciembre	64,4	107,8	952	0,0	840,6	860	1701	0,506
Anual	1765,8	1965,1	16813	3380,5	2016,9	12902	14920	0,897

Tabla 18 Resultado simulación caso 1 PV Syst

Por otro lado, la Figura 26 recoge las pérdidas del sistema a través de un diagrama de Sankey. Este diagrama representa el flujo de energía, cuya anchura es proporcional al flujo que lleva. Las condiciones meteorológicas y de localización permiten un suministro de radiación horizontal y difusa de 1766 kWh/m² anual. La superficie y eficiencia del sistema seleccionado permitirían la generación de 19.422 kWh en condiciones óptimas sin embargo se han incluido pérdidas e ineficiencias en el modelo con el fin de simular la realidad. Entre estas pérdidas se ha estimado la disminución de eficiencia debido a la suciedad de los paneles, los días de mantenimiento en los que no generan y las condiciones de temperatura.

Por último, se puede observar en la entrada de flujo por la compra de electricidad a la red. Se espera un abastecimiento directo del 31% y desde la batería del 69%, lo que indica que los momentos de gran demanda de la vivienda no coinciden con los momentos de mayor generación de electricidad. Cabe destacar la cuantía devuelta a la red es superior a la demandada de la misma, por lo que el dimensionamiento va acorde a los objetivos de emisiones netas cero e independencia energética.

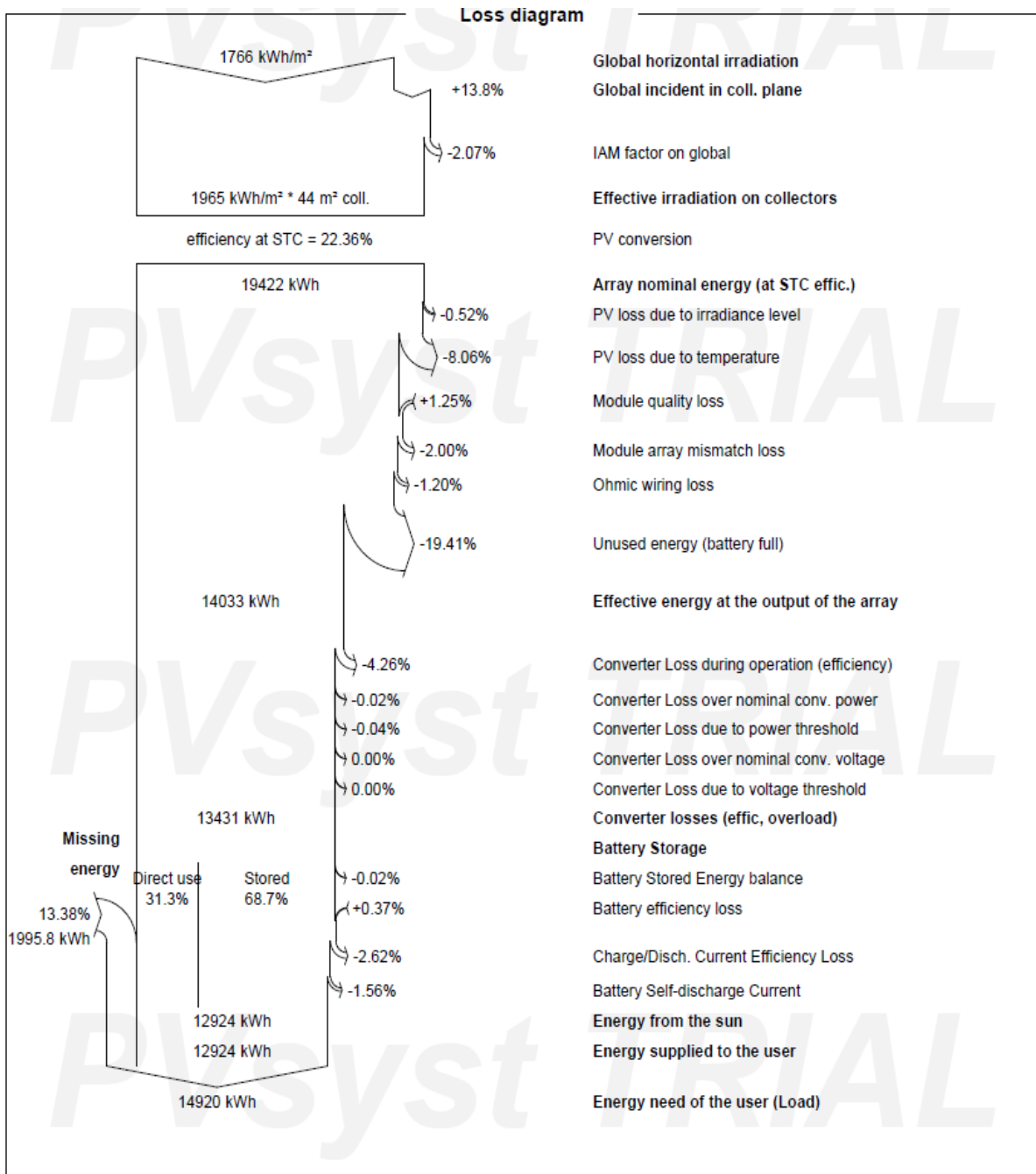


Figura 26 Diagrama de pérdidas caso 1

Una vez realizada la simulación y comprobado la satisfacción de las necesidades de la vivienda se procede al cálculo de los elementos necesarios para la instalación estos se han obtenido de mayoritariamente de presupuestos facilitados por Enertres, se puede consultar en el ANEXO IV así como la tabla de presupuesto desglosada con todos los elementos. La Tabla 19 recoge el presupuesto resumido realizado para la instalación de los sistemas de geotermia y fotovoltaica, con el desglose de todos los elementos necesarios para cada sistema, resultando en un total de 44.339,30€.

Sistema	Aparato	Modelo	Precio		
			Unitario	Unidades	Precio Total
Geotermia	Bomba de calor	IDEM MODELO iPUMP TERRA	12.727,05 €	1	12.727,05 €
	Separador de aire	IDM191864	131,84 €	1	131,84 €
	Separador de lodos magnéticos	IDM191871	197,20 €	1	197,20 €
	Depósito inercia calor/frío 110 L	DPI-100M F	739,80 €	1	739,80 €
	Puesta en marcha iPump		306,00 €	1	306,00 €
	Sonda de captación geotérmica doble	U 32*2,9 de 125m	1.806,74 €	1	1.806,74 €
	Colector geotérmico	d93, 2 vías, conexión 40	1.117,75 €	1	1.117,75 €
	Resto de elementos				8.624,76 €
	Fotovoltaica	Panel solar fotovoltaico	SPR-MAX3-395	328,00 €	25
Batería		Powerwall	7.200,00 €	1	7.200,00 €
Inversor Híbrido		Growatt MIN 5000TL-XH	779,24 €	3	2.337,72 €
Estructura coplanar		Estructura 5 Paneles Coplanar Salvatejas Falcat	132,17 €	5	660,85 €
Resto de elementos					289,59 €
Total					44.339,30 €

Tabla 19 Presupuesto resumido geotermia y fotovoltaica

5.3 CASO 2: AEROTERMIA Y PANELES FOTOVOLTAICOS

A continuación, se estudia la alternativa de combinar aerotermia para el abastecimiento de calefacción y ACS y paneles fotovoltaicos para la energía eléctrica. En un primer lugar se dimensiona el sistema de aerotermia seleccionando el modelo BRISA MX HT 9M de la empresa Enertres, debido a adaptabilidad a los cambios en la demanda y tecnología Inverter con mayor eficiencia (Enertres, 2024a). La ficha técnica del modelo se encuentra en el ANEXO III.



Figura 27 Aerotermia modelo BRISA MX HT 9M (Enertres, 2024a)

Características	BRISA MX HT 9M
Potencia térmica	9,69 kW
COP	4,72

Tabla 20 Características modelo BRISA MX HT 9M

Comenzando con el estudio del sistema de aerotermia, se ha tenido en cuenta las necesidades energéticas de calefacción y ACS de la familia expuestas anteriormente, comprobando que el sistema seleccionado dispone de la capacidad necesaria. Para ello, la demanda energética por parte del sistema aerotérmico ha sido calculada tanto para ACS como calefacción, valores que se recogen en la Tabla 21 y Tabla 22.

Consumo de electricidad (ACS)			
	Consumo promedio (kWh)	COP	Consumo eléctrico (KWh)
Enero	190,38	4,72	40,34
Febrero	171,76	4,72	36,39
Marzo	198,73	4,72	42,10
Abril	203,50	4,72	43,12
Mayo	184,59	4,72	39,11
Junio	138,79	4,72	29,40
Julio	117,04	4,72	24,80
Agosto	117,04	4,72	24,80
Septiembre	126,94	4,72	26,89
Octubre	156,43	4,72	33,14
Noviembre	171,93	4,72	36,43
Diciembre	197,95	4,72	41,94

Tabla 21 Consumo eléctrico ACS caso 2

Consumo de electricidad (Calefacción)			
	Consumo promedio (kWh)	COP	Consumo eléctrico (kWh)
Enero	2863,55	4,72	606,68
Febrero	2503,07	4,72	530,31
Marzo	1828,85	4,72	387,47
Abril	1117,81	4,72	236,82
Mayo	564,32	4,72	119,56
Junio	154,20	4,72	32,67
Julio	-27,01	4,72	-5,72
Agosto	-94,09	4,72	-19,93
Septiembre	125,43	4,72	26,57
Octubre	627,52	4,72	132,95
Noviembre	1458,07	4,72	308,91
Diciembre	2654,84	4,72	562,47

Tabla 22 Consumo eléctrico calefacción caso 2

Tras dimensionar el sistema de aerotermia y conocer el consumo eléctrico del mismo se procede al estudio de las necesidades eléctricas de la vivienda. Para ello se considera el consumo eléctrico de los habitantes analizado en el Capítulo 4. y el consumo eléctrico de la bomba de calor.

	Demanda de electricidad (kWh)	Demanda Calefacción (kWh)	Demanda ACS (kWh)	Demanda total (kWh)
Enero	620,02	606,68	40,34	1267,04
Febrero	574,86	530,31	36,39	1141,56
Marzo	637,67	387,47	42,10	1067,24
Abril	643,40	236,82	43,12	923,34
Mayo	627,90	119,56	39,11	786,57
Junio	708,87	32,67	29,40	770,95
Julio	792,89	-5,72	24,80	811,96
Agosto	685,44	-19,93	24,80	690,31
Septiembre	613,69	26,57	26,89	667,16
Octubre	647,90	132,95	33,14	813,99
Noviembre	636,90	308,91	36,43	982,24
Diciembre	674,84	562,47	41,94	1279,24

Tabla 23 Demanda eléctrica total caso 2

Se ha optado por el uso de sistema solar fotovoltaico para el suministro total de la energía eléctrica presente en la Tabla 23. De la misma manera que en la solución anterior, se busca un sistema que abastezca las necesidades y proporcione a la vivienda la mayor independencia energética. Por ello, se continua con el diseño de sistema con batería y conexión a la red. Además, debido a la selección siguiendo el mismo criterio, se implementarán el mismo modelo de placa solar (SPR-MAX3-395) de Sun Power, Figura 28, y batería (Tesla Powerwall) de Tesla, Figura 29.



Figura 28 Panel solar modelo SPR-MAX3-395 (Almasolar, n.d.)

Características	SPR-MAX3-395
Potencia nominal	395 W
Tolerancia de potencia	+5/0%
Eficiencia	22,30%
Tensión nominal (Vmpp)	65,4 V
Intensidad nominal (Impp)	6,04 A

Tabla 24 Características modelo SPR-MAX3-395 (2)



Figura 29 Batería modelo Tesla Powerwall (Tesla, 2024)

Características	Tesla Powerwall
Voltaje CC	230 V
Capacidad útil	13,5 kWh
Eficiencia de ida y vuelta	90%

Tabla 25 Características modelo Tesla Powerwall

Como se explicó anteriormente el fabricante de los paneles solares estima una reducción de la eficiencia de los sistemas de 0,25% anual a lo largo de la vida útil (25 años), además la vivienda presenta unas fluctuaciones en el consumo de 20-30% a lo largo de los años. Con el fin de asegurar el suministro se aplica un coeficiente de seguridad de 1.25, estimando la producción de energía necesaria en el año 1, recogida en la Tabla 26, para cumplir con la demanda a lo largo de la vida útil del sistema.

	Demanda total (kWh)	Coefficiente de seguridad	Demanda total (kWh)	Degradación máxima anual	Degradación máxima acumulada	Energía necesaria año 1
Enero	1267,04	1,25	1583,80	0,0025	0,0625	1682,79
Febrero	1141,56	1,25	1426,95	0,0025	0,0625	1516,13
Marzo	1067,24	1,25	1334,05	0,0025	0,0625	1417,43
Abril	923,34	1,25	1154,18	0,0025	0,0625	1226,31
Mayo	786,57	1,25	983,22	0,0025	0,0625	1044,67
Junio	770,95	1,25	963,68	0,0025	0,0625	1023,91
Julio	811,96	1,25	1014,96	0,0025	0,0625	1078,39
Agosto	690,31	1,25	862,88	0,0025	0,0625	916,81
Septiembre	667,16	1,25	833,95	0,0025	0,0625	886,08
Octubre	813,99	1,25	1017,49	0,0025	0,0625	1081,09
Noviembre	982,24	1,25	1227,80	0,0025	0,0625	1304,54
Diciembre	1279,24	1,25	1599,05	0,0025	0,0625	1698,99
Total						14877,13

Tabla 26 Cálculo de producción total año 1 caso 2

Conforme se detalló previamente el dimensionamiento del sistema se mantiene debido a la ausencia de cambios en la orientación, inclinación y condiciones meteorológicas de la vivienda. Seleccionando por tanto una orientación de -15% de azimut, inclinación de 35,2° y superficie disponible de 44 m²; presentando por tanto unas pérdidas de 0,6%.

La Tabla 27 recoge los resultados tras la simulación a través del software PVSyst. Estos se asemejan a los obtenidos en el caso 1 ya que se ha decidido mantener el modelo de panel solar y batería, por lo que la energía eléctrica disponible se mantiene en 16.812 kWh. Asimismo, debido a la capacidad de la batería, explicado en detalle en el caso anterior, el sistema vende a la red 3.420,3 kWh y compra 2.009,2 kWh. Sin embargo, la demanda por parte del usuario se ha visto levemente disminuida de 14.920 kWh a 14.874 kWh a consecuencia del cambio en el sistema térmico. El modelo de aerotermia seleccionado presenta un COP mayor por lo que el sistema requiere una menor cantidad de electricidad para proporcionar el mismo resultado al usuario.

	GlobHor (kWh/m ²)	GlobEff (kWh/m ²)	Energía disponible (kWh)	Energía no usada (kWh)	Energía adicional (kWh)	Energía proporcionada (kWh)	Energía demandada (kWh)	Fracción solar
Enero	70,4	114,2	1011	0,0	618,8	1063	1682	0,632
Febrero	90,1	128,3	1125	0,1	425,8	1090	1516	0,719
Marzo	138,0	166,4	1444	0,0	58,3	1359	1417	0,959
Abril	169,6	176,6	1509	8,4	0,0	1226	1226	1,000
Mayo	207,1	193,8	1665	567,3	0,0	1045	1045	1,000
Junio	228,7	201,6	1701	623,8	0,0	1024	1024	1,000
Julio	240,7	218,2	1810	676,7	0,0	1078	1078	1,000
Agosto	210,9	211,3	1762	799,3	0,0	917	917	1,000
Septiembre	156,5	180,3	1524	590,8	0,0	886	886	1,000
Octubre	113,8	150,1	1289	153,9	0,0	1081	1081	1,000
Noviembre	75,6	116,5	1021	0,0	69,4	1235	1304	0,947
Diciembre	64,4	107,8	952	0,0	836,9	861	1698	0,507
Anual	1765,8	1965,1	16813	3420,3	2009,2	12865	14874	0,897

Tabla 27 Resultado simulación caso 2 PV Syst

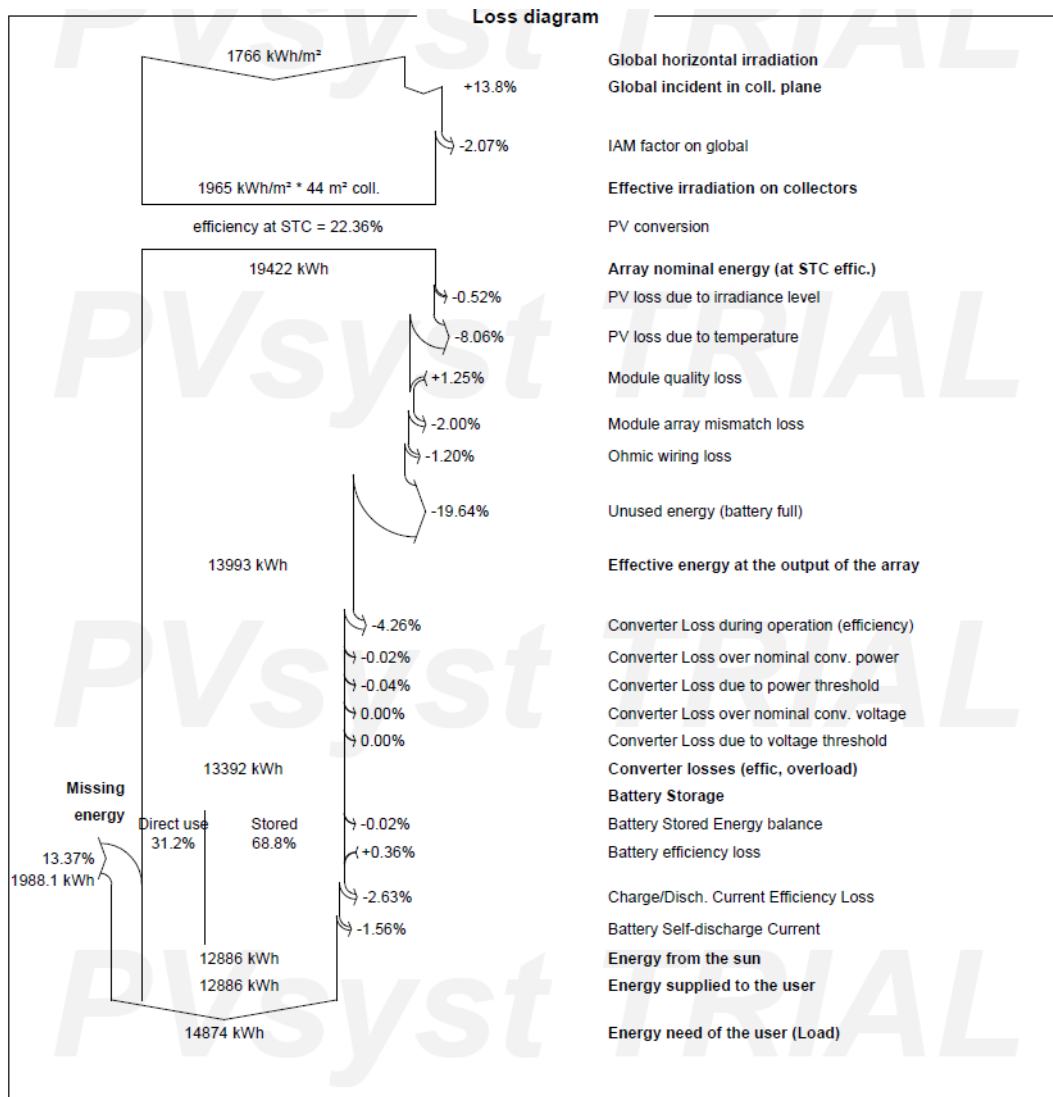


Figura 30 Diagrama de pérdidas caso 2

La interpretación de la Figura 30 es similar a la de la Figura 26 del caso 1. Esta recoge el flujo de generación de electricidad por parte del sistema fotovoltaico, con entradas (suministros de electricidad) y salidas (pérdidas). Entre las pérdidas se encuentra aquellas por suciedad, eficiencia o mantenimiento. La energía no almacenada por falta de capacidad no se considera perdida, esta se vende a la red a cambio de un precio establecido por el mercado de la electricidad. La red eléctrica recibe un 19,64% de la energía generada anualmente, mientras que la compra por parte del usuario es del 13,37 %, manteniéndose por debajo y por tanto asegurando la independencia energética.

Por último, la Tabla 28 recoge el presupuesto resumido realizado para cada uno de los sistemas con todos los elementos necesarios para la puesta en marcha del proyecto. En el ANEXO IV se encuentra tanto el presupuesto realizado por la empresa Ewertres de la instalación de aerotermia, para el resto de los elementos se ha contactado con los fabricantes o proveedores como la tabla con el desglose de la totalidad de los elementos necesarios.

Sistema	Aparato	Modelo	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Aerotermia	Bomba de calor	Brisa HYDROFULL	15.771,75 €	1	15.771,75 €
		MX HT 9M			
	Control remoto digital	ICR	330,00 €	1	330,00 €
	Accesorios para la instalacion	Tubos, llaves, manguitos, valvulas	1.300,00 €	1	1.300,00 €
Fotovoltaica	Panel solar fotovoltaico	SPR-MAX3-395	328,00 €	25	8.200,00 €
	Bateria	Powerwall	7.200,00 €	1	7.200,00 €
	Inversor Híbrido	Growatt MIN 5000TL-XH	779,24 €	3	2.337,72 €
	Estructura coplanar	Estructura 5 Paneles Coplanar	132,17 €	5	660,85 €
		Salvatejas Falcat			
	Resto de elementos				289,59 €
Total					36.089,91 €

Tabla 28 Presupuesto resumido aerotermia y fotovoltaica

5.4 CASO 3: PANELES SOLARES HÍBRIDOS

En la siguiente solución se plantea el uso de la energía solar como alternativa para el abastecimiento de electricidad, calefacción y ACS. Para ello es necesario hacer uso de un sistema híbrido de placas solares. Dicho sistema está compuesto por dos circuitos de los cuales uno se encarga de la transformación de radiación solar en energía eléctrica y otro en energía térmica. En la selección del sistema, se ha tenido en cuenta la producción nacional y eficiencia del sistema en ambas producciones optando por el modelo Abora aH72SK de la empresa Abora Solar (Abora, 2024). Se considera el panel solar híbrido más eficiente del mundo debido a su tecnología aHtech que permite la reducción de las pérdidas energéticas (Abora, 2024), cuya ficha técnica se encuentra en el ANEXO III. A pesar de que el rendimiento óptimo del sistema térmico sea del 70%, éste se da en condiciones de laboratorio, por lo que se estima una reducción del 20% sobre estas condiciones, alcanzando un rendimiento de 56% bajo condiciones de uso.



Figura 31 Panel solar híbrido modelo Abora aH72SK (Abora, 2024)

Características	Abora aH72SK
Especificaciones Eléctricas	
Potencia nominal	350 W
Tolerancia de potencia	+/- 4 %
Eficiencia	17,8 %
Tensión nominal (Vmpp)	39,86 V
Intensidad nominal (Impp)	8,76 A
Especificaciones Térmicas	
Rendimiento óptimo	70 %
Rendimiento bajo condiciones de uso	56 %

Tabla 29 Características modelo Abora aH72SK

Al igual que en las soluciones expuestas anteriormente, se va a estudiar la producción necesaria para abastecer la vivienda a lo largo de la vida útil del sistema (25 años). Para ello, se deben considerar las fluctuaciones en la demanda de los habitantes y la pérdida de rendimiento de las placas solares. Manteniendo el criterio expuesto en las soluciones anteriores se establece un coeficiente de seguridad de 1,25 y una degradación máxima anual del 2,5%, obteniendo la producción eléctrica y térmica presentes en la Tabla 30 y Tabla 31.

Consumo eléctrico (kWh)	Demanda eléctrica total (kWh)	Coefficiente de seguridad	Demanda total kWh	Degradación máxima anual	Degradación máxima acumulada	Energía necesaria año 1kWh
Enero	620,020	1,2500	775,025	0,0025	0,0625	823,464
Febrero	574,856	1,2500	718,570	0,0025	0,0625	763,481
Marzo	637,668	1,2500	797,084	0,0025	0,0625	846,902
Abril	643,401	1,2500	804,251	0,0025	0,0625	854,517
Mayo	627,905	1,2500	784,881	0,0025	0,0625	833,936
Junio	708,873	1,2500	886,091	0,0025	0,0625	941,472
Julio	792,888	1,2500	991,110	0,0025	0,0625	1053,055
Agosto	685,442	1,2500	856,803	0,0025	0,0625	910,353
Septiembre	613,695	1,2500	767,118	0,0025	0,0625	815,063
Octubre	647,903	1,2500	809,878	0,0025	0,0625	860,496
Noviembre	636,901	1,2500	796,126	0,0025	0,0625	845,884
Diciembre	674,836	1,2500	843,545	0,0025	0,0625	896,266
Total						10444,887

Tabla 30 Cálculo producción eléctrica total año 1 caso 3

Consumo térmico (kWh)	Demanda total (kWh)	Coefficiente de seguridad	Demanda total kWh	Degradación máxima anual	Degradación máxima acumulada	Energía necesaria año 1
Enero	3053,930	1,250	3817,412	0,003	0,063	4056,001
Febrero	2674,838	1,250	3343,547	0,003	0,063	3552,519
Marzo	2027,578	1,250	2534,473	0,003	0,063	2692,877
Abril	1321,316	1,250	1651,645	0,003	0,063	1754,873
Mayo	748,912	1,250	936,140	0,003	0,063	994,649
Junio	292,992	1,250	366,240	0,003	0,063	389,130
Julio	90,038	1,250	112,548	0,003	0,063	119,582
Agosto	22,955	1,250	28,693	0,003	0,063	30,487
Septiembre	252,369	1,250	315,462	0,003	0,063	335,178
Octubre	783,949	1,250	979,936	0,003	0,063	1041,182
Noviembre	1630,004	1,250	2037,505	0,003	0,063	2164,849
Diciembre	2852,791	1,250	3565,989	0,003	0,063	3788,863
Total						20920,190

Tabla 31 Cálculo producción térmica total ano 1 caso 3

Conocido el suministro necesario se procede a la simulación de la instalación y comprobación de los requisitos de demanda y consumo. Debido a la complejidad del sistema no es posible hacer uso de PVSyst por lo que se ha simulado a través de Excel, obteniendo la Tabla 32 y Tabla 33 como resultados. En la realización de la simulación se ha considerado las pérdidas del sistema por: suciedad, días inoperables por mantenimiento, sombras cercanas, etc. Siguiendo la guía técnica del sistema se ha considerado un rendimiento de 17,8% y 56 % en la generación eléctrica y térmica respectivamente.

Consumo eléctrico (kWh)	GlobHor (kWh/m ²)	GlobEff (kWh/m ²)	Rendimiento eléctrico	Dimensiones (m ²)	Energía Perdidas	Energía disponible	Energía demandada	Energía proporcionada	Energía adicional	Sol Frac	Energía devuelta red
Enero	70,4	114,2	0,178	35	0,102	639,016	823,46	639,02	184,447	0,776	0,000
Febrero	90,1	128,3	0,178	35	0,110	711,072	763,48	711,07	52,409	0,931	0,000
Marzo	138	166,4	0,178	35	0,120	912,700	846,90	846,90	0,000	1,000	65,798
Abril	169,6	176,6	0,178	35	0,130	956,945	854,52	854,52	0,000	1,000	102,428
Mayo	207,1	193,8	0,178	35	0,127	1053,650	833,94	833,94	0,000	1,000	219,715
Junio	228,7	201,6	0,178	35	0,143	1076,405	941,47	941,47	0,000	1,000	134,933
Julio	240,7	218,2	0,178	35	0,157	1145,300	1053,05	1053,05	0,000	1,000	92,245
Agosto	210,9	211,3	0,178	35	0,153	1114,961	910,35	910,35	0,000	1,000	204,608
Septiembre	156,5	180,3	0,178	35	0,141	964,529	815,06	815,06	0,000	1,000	149,466
Octubre	113,8	150,1	0,178	35	0,127	815,994	860,50	815,99	44,501	0,948	0,000
Noviembre	75,6	116,5	0,178	35	0,111	645,337	845,88	645,34	200,547	0,763	0,000
Diciembre	64,4	107,8	0,178	35	0,104	601,725	896,27	601,72	294,542	0,671	0,000
Total							10444,89				969,192

Tabla 32 Resultado simulación eléctrica caso 3

Consumo térmico (kWh)	GlobHor (kWh/m ²)	GlobEff (kWh/m ²)	Rendimiento eléctrico	Dimensiones (m ²)	Energía Perdidas	Energía disponible	Energía demandada	Energía proporcionada	Energía adicional	Sol Frac	Energía devuelta red
Enero	70,4	114,2	0,56	35	0,102	2010,389	4056,001	2010,389	2045,612	0,50	0,000
Febrero	90,1	128,3	0,56	35	0,110	2237,080	3552,519	2237,080	0,000	0,63	0,000
Marzo	138	166,4	0,56	35	0,120	2871,416	2692,877	2692,877	0,000	1,00	178,539
Abril	169,6	176,6	0,56	35	0,130	3010,612	1754,873	1754,873	0,000	1,00	1255,739
Mayo	207,1	193,8	0,56	35	0,127	3314,855	994,649	994,649	0,000	1,00	2320,206
Junio	228,7	201,6	0,56	35	0,143	3386,442	389,130	389,130	0,000	1,00	2997,312
Julio	240,7	218,2	0,56	35	0,157	3603,190	119,582	119,582	0,000	1,00	3483,608
Agosto	210,9	211,3	0,56	35	0,153	3507,741	30,487	30,487	0,000	1,00	3477,254
Septiembre	156,5	180,3	0,56	35	0,141	3034,474	335,178	335,178	0,000	1,00	2699,296
Octubre	113,8	150,1	0,56	35	0,127	2567,173	1041,182	1041,182	0,000	1,00	1525,991
Noviembre	75,6	116,5	0,56	35	0,111	2030,274	2164,849	2164,849	0,000	1,00	0,000
Diciembre	64,4	107,8	0,56	35	0,104	1893,067	3788,863	1893,067	1895,797	0,50	0,000
Total							20920,190				17937,945

Tabla 33 Resultado simulación térmica caso 3

Analizando los datos de la Tabla 32 y Tabla 33 hay un déficit de generación en los meses de Enero, Febrero, Noviembre y Diciembre, según el diseño se obtienen de la red. Sin embargo, el resto de los meses la generación excede la demanda de la vivienda permitiendo la venta de la energía restante. Se ha optado por mantener el sistema con déficits y excesos ya que el dimensionamiento del mismo modelo para evitar el consumo de red no es posible con las características de la vivienda. Además, en el cómputo global la venta es mayor a la compra por lo que la familia continuaría teniendo una mayor independencia energética en comparación con el caso base. De la misma manera se analiza los resultados de generación y consumo térmico, Tabla 33, se observa el mismo déficit de energía en los meses de Enero Febrero y Diciembre y exceso en los meses de julio y agosto. No es posible vender la energía térmica a la red por lo que se plantea la opción de climatizar una piscina durante los meses en los que se disponga de energía adicional.

Sistema	Aparato	Modelo	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Solar	Panel solar híbrido	Abora Ah72sk	580,00 €	17	9.860,00 €
	Inversor Híbrido	Growatt MIN 5000TL-XH	779,24 €	2	1.558,48 €
	Estructura coplanar	Estructura 5 Paneles Coplanar Salvatejas Falcat	132,17 €	5	660,85 €
	Rollo Unifilar (rojo)	Cable H1Z2Z2-K	78,73 €	1	78,73 €
	Rollo Unifilar (negro)	Cable H1Z2Z2-K	78,73 €	1	78,73 €
	Conectores	weidmuller PvsTICK	7,25 €	2	14,50 €
	Deposito	Deposito IBC 1000 L	100,00 €	1	100,00 €
	Total				

Tabla 34 Presupuesto solar híbrido

Tras el dimensionamiento del caso 3 y simulación para la comprobación de generación y demanda, se han recogido todos los elementos necesarios para la instalación del sistema de paneles solares híbridos en la Tabla 34. El total de la inversión en los elementos necesarios para el proyecto es de 12.351,29 €.

Capítulo 6. ANÁLISIS ECONÓMICO

6.1 ELECCIÓN DE PROYECTO

Tras conocer las posibles soluciones para la vivienda que satisfacen las necesidades y requisitos establecidos, se ha seleccionado el criterio de la inversión inicial para la selección de la solución. Posteriormente se realizará un análisis económico permitiendo conocer la rentabilidad del proyecto. Para el estudio de la inversión inicial se ha hecho uso de presupuestos proporcionados por fabricantes e instaladores, además se ha considerado la misma vida útil de cada proyecto. Asimismo, no se han considerado los costes de mano de obra, transporte y seguro de obra, ya que se esperan aproximadamente los mismos en las tres soluciones. Como se observa en la Tabla 35, se ha estudiado la combinación de sistemas, seleccionando finalmente el proyecto de la instalación de paneles solares híbridos con una inversión inicial de 12.351,29 €.

Solución	Inversión inicial
Geotermia y fotovoltaica	44.339,30 €
Aerotermia y fotovoltaica	36.089,91 €
Solar híbrida	12.351,29 €

Tabla 35 Inversiones iniciales de las soluciones propuestas

Una vez conocida la selección del proyecto se procede a realizar un análisis económico del mismo con el fin de conocer la rentabilidad y viabilidad. Para ello se hará uso de numerosas herramientas que se explican a continuación.

6.2 INVERSIÓN INICIAL

La inversión inicial o CAPEX recoge la cantidad de dinero necesaria para poner en marcha el proyecto, teniendo en cuenta los elementos tangibles o intangibles desde los sistemas y maquinaria hasta el seguro de obra. En el caso de la instalación de sistemas de abastecimiento se consideran todos los factores necesarios para comenzar a producir energía.

En base a proyectos anteriores y estimaciones realizadas por instaladores, se espera que la instalación de los sistemas se lleve a cabo en 3 jornadas laborables completas (8 horas) por 2 trabajadores con un salario de 50 €/hora, obteniendo unos gastos de mano de obra de 2.400,00 €. Además, se ha incluido los gastos de transporte del material y medios auxiliares como grúas o andamios (*Asociación Nacional de Empresas de Rehabilitación y Reforma*, 2024). El seguro de obra está incluido en el seguro de responsabilidad civil de la empresa instaladora por lo que no resulta en un coste para el usuario (*MAPFRE*, 2024)(*Uno Correduría de Seguros*, 2024). No se dispone de un seguro que proteja los elementos durante la instalación por lo que la empresa instaladora es responsable de dichos daños (*MAPFRE*, 2024). Un 20% extra de la inversión inicial ha sido destinado a posibles imprevistos como retrasos o material defectuoso entre otros. Sobre el coste de obra, se aplican un 3,22% del Impuesto sobre Construcciones, Instalaciones y Obras (ICIO) (*Agencia Tributaria de Sevilla*, 2024), alcanzando un CAPEX de 18.977,47 €. El desglose de los costes se puede observar en la Tabla 36.

Elementos	Duración	Coste unitario	Coste total
Mano de obra	3 días	50,00 €	2.400,00 €
Transporte	3 días	50,00 €	150,00 €
Medios auxiliares			500,00 €
Sistemas			12.351,29 €
Inversión inicial			15.401,29 €
Imprevistos		20%	3.080,26 €
ICIO		3,22%	495,92 €
Inversión inicial total			18.977,47 €

Tabla 36 CAPEX del proyecto seleccionado

6.3 GASTOS

6.3.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO

A lo largo de la vida útil de los sistemas es necesario llevar a cabo una serie de mantenimientos que aseguren el buen funcionamiento, entre ellos se diferencia el mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.

En primer lugar, el mantenimiento preventivo recoge los costes de llevar a cabo las actividades de cuidado de las placas solares como la limpieza y revisión. Se destina dicho recurso anualmente a la eliminación de partículas en la superficie del módulo que resulta en una pérdida de eficacia, así como la revisión del estado de las conexiones, las condiciones de los módulos y estructuras de apoyo (E4e, 2021). En líneas generales se recomienda realizar una limpieza al trimestre o cuatrimestre (Autosolar, 2023b) con un coste medio de 80 € cada 10 paneles (Autosolar, 2023).

En segundo lugar, el mantenimiento correctivo recoge aquellos costes debido al fallo en el funcionamiento de los elementos. Para ello es necesario llevar a cabo una revisión e identificación del error para efectuar una reparación provisional y posteriormente definitiva (E4e, 2021). Se han estimado unos costes correctivos de 200 €/anuales que cubran mano de obra y materiales necesarios (Mónica Goya, 2023).

Tipo de mantenimiento	Repeticiones	Coste unitario	Coste anual
Mantenimiento preventivo	3-4 anuales	8 €/modulo	480,00 €
Mantenimiento correctivo	-	-	200,00 €

Tabla 37 Mantenimiento preventivo y correctivo

6.3.2 COSTES DE REINVERSIÓN

Debido a que el estudio del proyecto se lleva a cabo a lo largo de los años y de que cada dispositivo tiene una vida útil diferente, será necesario reemplazar ciertos mecanismos a lo largo del proyecto. Estos gastos se recogen como costes de reinversión. Se ha optado por destinar anualmente una cuantía de dinero para sustituir los aparatos al finalizar su vida útil. En particular, se ha seleccionado un estudio del proyecto a 25 años por la vida útil de los

módulos fotovoltaicos. Sin embargo, los inversores disponen de una duración de servicio de 10 años por lo que el proyecto tiene unos costes de reinversión de 155,48€ anuales.

6.4 INGRESOS

6.4.1 AHORRO ENERGÉTICO POR ELECTRICIDAD

Debido a la generación de energía eléctrica a través de los sistemas fotovoltaicos la familia dispone de un ahorro, presente como ingreso en el flujo de caja del proyecto. Para el cálculo de dicha entrada se ha hecho uso del precio de la electricidad en enero de 2024 según la Organización de Consumidores y Usuarios (OCU), 0,146940 €/kWh (OCU, 2024). De la misma forma, es necesario incluir el termino fijo o peaje de uso de la red eléctrica que depende del tipo de consumo y vivienda. En particular la familia pertenece al grupo tarifario 2.0 TD (MITECO, 2023) por lo que el peaje de potencia de transporte y distribución es de 22,401746 € anuales según el BOE (BOE, 2023). Los demás datos relevantes se encuentran en la Tabla 38.

Electricidad	Precio unitario	Total
Termino fijo anual (€/kW año)	22,401746 €	98,57 €
Precio electricidad medio	0,146940 €/kWh	1.444,49 €
Impuesto sobre electricidad	0,50%	7,22 €
Total, sin IVA		1.550,28 €
IVA	21%	325,56 €
Total, con IVA		1.875,84 €

Tabla 38 Ingresos por electricidad

6.4.2 AHORRO ENERGÉTICO POR GAS

Del mismo modo el sistema de generación de energía térmica para el consumo de ACS y calefacción permite un ahorro en las facturas del gas. La estimación de dicho ingreso se basa en el precio del gas que ofrece Iberdrola en mayo del 2024, distribuidor actual de la familia, 0,073528€ /kWh y un término fijo mensual de 5,75 €/mes (Iberdrola, 2024). El ingreso anual del primer año se puede observar en la Tabla 39.

Gas	Precio unitario	Total
Término fijo mensual (€/mes)	5,75 €	69,00 €
Precio del Gas (€/kWh)	0,073528 €	1.447,74 €
Impuesto sobre Gas natural (€/kWh)	0,002340 €	3,5 €
Total sin IVA		1.520,29 €
IVA Reducido	21%	319,26 €
Total con IVA		1.839,55 €

Tabla 39 Ingresos por gas

6.4.3 INGRESOS POR VENTA A LA RED ELÉCTRICA

Como se explicó anteriormente, se ha diseñado un sistema conectado a la red eléctrica tanto para asegurar la disponibilidad de electricidad de la familia en todo momento como para la venta de la producción excedente. La venta de dicha energía se presenta como un ingreso en el flujo de caja, dicha cantidad se ha calculado a partir de compra y venta neta anual. Se ha optado por este método ya que las facturas previas del usuario se realizaban sobre un precio medio sin consideraciones de horas valle, llano y punta. A continuación, se presenta como ejemplo el cálculo del primer año.

	Energía eléctrica disponible (kWh)	Demanda total (kWh)	Energía adicional red (kWh)	Energía devuelta red (kWh)
Enero	639,0165	775,0246	136,0081	0,0000
Febrero	711,0718	718,5700	7,4982	0,0000
Marzo	912,7001	797,0844	0,0000	115,6157
Abril	956,9446	804,2511	0,0000	152,6935
Mayo	1053,6503	784,8807	0,0000	268,7696
Junio	1076,4046	886,0908	0,0000	190,3139
Julio	1145,2996	991,1101	0,0000	154,1894
Agosto	1114,9605	856,8027	0,0000	258,1578
Septiembre	964,5294	767,1184	0,0000	197,4110
Octubre	815,9944	809,8783	0,0000	6,1161
Noviembre	645,3371	796,1263	150,7892	0,0000
Diciembre	601,7247	843,5447	241,8200	0,0000
Total	10637,6337	9830,4822	536,115028	1343,266978

Tabla 40 Ingresos por venta a la red eléctrica desglose mensual

Red eléctrica		
Compra anual	536,116 kWh	78,78 €
Venta anual	1343,267 kWh	197,38 €
Neto	807,151 kWh	118,60 €

Tabla 41 Ingresos por venta a la red eléctrica resumen anual

En resumen, para conocer los ingresos anuales debidos al ahorro en electricidad, calefacción y ACS, así como la venta de la energía restante a la red, se ha realizado la Tabla 42. Esta recoge la evolución en el suministro y demanda de kWh a lo largo de la vida útil del proyecto. Se tenido en cuenta la degradación de los sistemas, considerando una degradación tanto en la producción eléctrica como térmica de 0,25% anual según indica el fabricante. Dicha disminución se ve reflejada en la disminución de venta a la red y por tanto en su ingreso. A continuación, se presenta los primeros años de producción y consumo, la tabla entera se encuentra en el ANEXO V.

Año	0	1	2	3	4
Producción eléctrica (kWh)		10637,63	10611,04	10584,51	10558,05
Producción térmica (kWh)		33466,71	33383,05	33299,59	33216,34
Consumo anual eléctrico (kWh)		9830,48	9830,48	9830,48	9830,48
Consumo anual ACS, calefacción (kWh)		19689,59	19689,59	19689,59	19689,59
Venta a la red (kWh)		807,15	780,56	754,03	727,57

Tabla 42 Resumen de suministro y demanda anuales

6.5 FLUJO DE CAJA

El flujo de caja es una herramienta que permite conocer la situación del proyecto a lo largo de su vida útil, presentando la cantidad neta de dinero de la que dispone en cada momento. Para ello, se deben incluir los ingresos y gastos relacionados con el proyecto en el periodo de tiempo seleccionado. Existen diferentes flujos de caja, en particular para este proyecto se realizará el flujo de caja de inversión ya que el fin es estudiar la viabilidad de esta. Se considerarán ingresos como el ahorro de electricidad y gas, la venta de electricidad a la red y gastos como inversión inicial, mantenimiento preventivo y correctivo. (Munich Business School, 2024)

En definitiva, los ingresos y gastos expuestos anteriormente se encuentran recogidos en la Tabla 44 de flujo de caja. El flujo de caja se ha calculado a lo largo de la vida útil del proyecto, 25 años, determinado por la duración de servicio de los paneles híbridos. Se han estimado los siguientes parámetros de inflación con el fin de ajustar la predicción a la realidad. Seleccionando una inflación del gas, electricidad y costes del 3%, 2,5% y 1,5% respectivamente. Se asigna el mayor valor en el precio del gas debido a su dependencia en las reservas y demandas de otros países (Selectra, 2024). Por último, la tasa de descuento (WACC) ha sido seleccionado siguiendo el cálculo de la tasa de rentabilidad en proyectos renovables expuesto en el Real Decreto Ley de 7,09% (Cinco Días, 2019).

Tasas	
Tasa de descuento (i) WACC	7,09%
Tasa de inflación electricidad	2,50%
Tasa de inflación gas	3,00%
Tasa de inflación costes	1,50%

Tabla 43 Tasas

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos		3.833,99 €	3.935,04 €	4.038,79 €	4.145,33 €	4.254,73 €	4.367,08 €	4.482,44 €	4.600,91 €	4.722,57 €	4.847,50 €	4.975,80 €	5.107,55 €
Autoconsumo eléctrico		1.875,85 €	1.922,74 €	1.970,81 €	2.020,08 €	2.070,58 €	2.122,35 €	2.175,41 €	2.229,79 €	2.285,54 €	2.342,67 €	2.401,24 €	2.461,27 €
Venta a la red electricidad		118,60 €	117,56 €	116,41 €	115,13 €	113,73 €	112,19 €	110,52 €	108,71 €	106,75 €	104,63 €	102,36 €	99,92 €
Autoconsumo ACS, calefacción		1.839,55 €	1.894,73 €	1.951,57 €	2.010,12 €	2.070,42 €	2.132,54 €	2.196,51 €	2.262,41 €	2.330,28 €	2.400,19 €	2.472,20 €	2.546,36 €
Gastos	18.977,47 €	835,85 €	848,39 €	861,11 €	874,03 €	887,14 €	900,45 €	913,95 €	927,66 €	941,58 €	955,70 €	970,04 €	984,59 €
Inversión inicial	18.977,47 €												
Mantenimiento preventivo		480,00 €	487,20 €	494,51 €	501,93 €	509,45 €	517,10 €	524,85 €	532,73 €	540,72 €	548,83 €	557,06 €	565,42 €
Mantenimiento correctivo		200,00 €	203,00 €	206,05 €	209,14 €	212,27 €	215,46 €	218,69 €	221,97 €	225,30 €	228,68 €	232,11 €	235,59 €
Costes de reinversión		155,85 €	158,19 €	160,56 €	162,97 €	165,41 €	167,89 €	170,41 €	172,97 €	175,56 €	178,20 €	180,87 €	183,58 €
Flujo de caja	(18.977,47 €)	2.998,15 €	3.086,65 €	3.177,68 €	3.271,30 €	3.367,60 €	3.466,63 €	3.568,49 €	3.673,25 €	3.780,99 €	3.891,80 €	4.005,76 €	4.122,96 €
Flujo de caja acumulado	(18.977,47 €)	(15.979,32 €)	(12.892,67 €)	(9.714,99 €)	(6.443,69 €)	(3.076,09 €)	390,54 €	3.959,03 €	7.632,27 €	11.413,26 €	15.305,06 €	19.310,82 €	23.433,78 €
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Ingresos	5.242,86 €	5.381,82 €	5.524,52 €	5.671,08 €	5.821,60 €	5.976,19 €	6.134,96 €	6.298,02 €	6.465,49 €	6.637,50 €	6.814,16 €	6.995,61 €	7.181,98 €
Autoconsumo eléctrico	2.522,80 €	2.585,87 €	2.650,52 €	2.716,78 €	2.784,70 €	2.854,32 €	2.925,68 €	2.998,82 €	3.073,79 €	3.150,64 €	3.229,40 €	3.310,14 €	3.392,89 €
Venta a la red electricidad	97,30 €	94,51 €	91,53 €	88,35 €	84,97 €	81,38 €	77,58 €	73,54 €	69,28 €	64,76 €	60,00 €	54,97 €	49,68 €
Autoconsumo ACS, calefacción	2.622,75 €	2.701,43 €	2.782,48 €	2.865,95 €	2.951,93 €	3.040,49 €	3.131,70 €	3.225,65 €	3.322,42 €	3.422,10 €	3.524,76 €	3.630,50 €	3.739,42 €
Gastos	999,36 €	1.014,35 €	1.029,56 €	1.045,00 €	1.060,68 €	1.076,59 €	1.092,74 €	1.109,13 €	1.125,77 €	1.142,65 €	1.159,79 €	1.177,19 €	1.194,85 €
Inversión inicial													
Mantenimiento preventivo	573,90 €	582,51 €	591,24 €	600,11 €	609,11 €	618,25 €	627,52 €	636,94 €	646,49 €	656,19 €	666,03 €	676,02 €	686,16 €
Mantenimiento correctivo	239,12 €	242,71 €	246,35 €	250,05 €	253,80 €	257,60 €	261,47 €	265,39 €	269,37 €	273,41 €	277,51 €	281,68 €	285,90 €
Costes de reinversión	186,33 €	189,13 €	191,97 €	194,85 €	197,77 €	200,74 €	203,75 €	206,80 €	209,90 €	213,05 €	216,25 €	219,49 €	222,79 €
Flujo de caja	4.243,50 €	4.367,47 €	4.494,96 €	4.626,08 €	4.760,93 €	4.899,60 €	5.042,22 €	5.188,89 €	5.339,73 €	5.494,85 €	5.654,37 €	5.818,43 €	5.987,14 €
Flujo de caja acumulado	27.677,29 €	32.044,76 €	36.539,72 €	41.165,80 €	45.926,73 €	50.826,33 €	55.868,55 €	61.057,44 €	66.397,17 €	71.892,01 €	77.546,38 €	83.364,81 €	89.351,95 €

Tabla 44 Flujo de caja

En la Tabla 44 se recoge el flujo de caja a lo largo de la vida útil del proyecto, en el aparecen desglosados los ingresos y gastos esperados cada año. Cabe destacar la disminución en el ingreso por la venta de energía eléctrica a la red. Este se debe a la disminución en la producción del sistema fotovoltaico debido al deterioro. Sin embargo, es posible disponer de este ingreso a lo largo de la duración del proyecto debido al previo dimensionamiento en el que se consideró dichas pérdidas y se aseguró el abastecimiento de las necesidades de la familia con un coeficiente de seguridad de 1,25. A consecuencia del dimensionamiento, no es necesario cambiar los sistemas antes de la finalización del proyecto, indicativo reflejado en la obtención continua de flujos de caja positivos.

Asimismo, se obtiene un periodo de retorno de la inversión de 6 años, reflejado en un flujo de caja acumulado positivo a partir del año 6. El periodo de retorno es el momento en el que los ingresos netos anuales igualan a la inversión inicial, comenzando a obtener ganancias, la vida útil de los paneles (25 años) permite la obtención de beneficios por ser considerablemente superior al periodo de retorno. Pudiéndose observar en la Figura 32, gráfica que representa el flujo de caja acumulado a lo largo de la vida útil del proyecto. Específicamente, el periodo de retorno está ilustrado con el cambio de color de rojo (pérdidas) a verde (beneficios). Además, es posible ver el crecimiento en el flujo de caja anual siendo el nuevo mayor que el anterior. Esto es posible debido a la cuantía destinada cada año a reparaciones y mantenimientos, no permitiendo un gasto brusco de manera inesperada, así como debido a la inflación tanto del precio del gas como de la electricidad. Cabe destacar la importancia del impacto de la fluctuación del coste de electricidad y gas en la rentabilidad del proyecto. Un aumento en los precios resulta en una disminución del periodo de retorno y mayor rentabilidad del proyecto debido al aumento en el ahorro energético.

El flujo de caja no recoge los gastos anuales de seguro ya que estos se encuentran incluidos en el continente de la vivienda formando parte del seguro de la vivienda (*MAPFRE*, 2024). Del mismo modo las tasas e impuestos se recogen en la inversión inicial siendo un coste puntual.

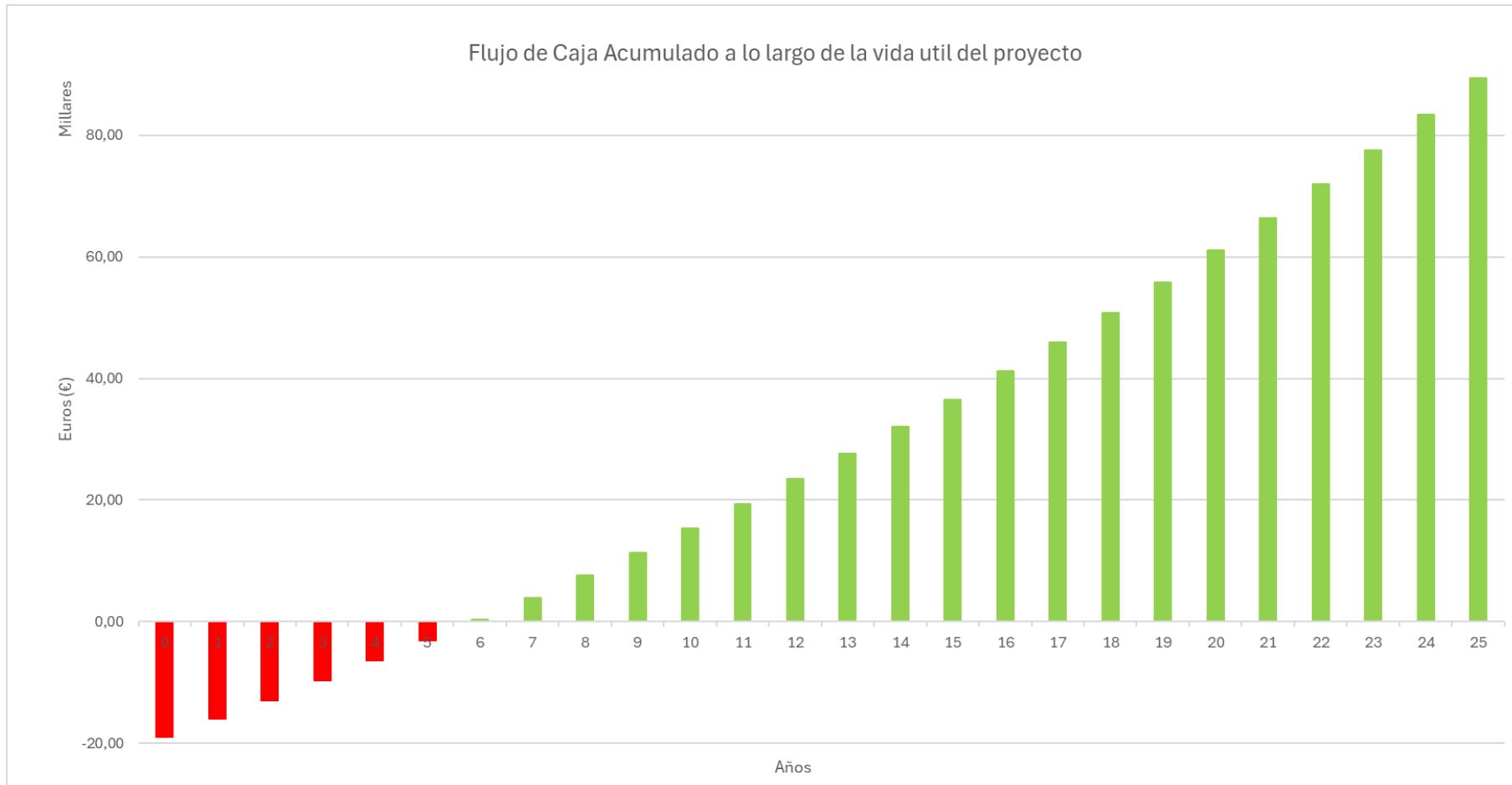


Figura 32 Gráfico de flujo de caja acumulado a lo largo de la vida útil del proyecto

6.6. VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El valor actual neto de una inversión se obtiene a partir de la tabla de flujo de caja. Consiste en llevar los gastos e ingresos a lo largo de la vida útil de una inversión o proyecto al presente para ser evaluado. El procedimiento a seguir para descontar los flujos de caja al presente es a través de la tasa de descuento o WACC. Dicha variable es seleccionada por el usuario y representa el rendimiento esperado en el proyecto. El uso de esta herramienta permite distinguir el valor del dinero en el tiempo ya que este puede modificarse debido a la inflación o costes de oportunidad. La tasa de descuento permite representar el riesgo en esta herramienta de manera proporcional, a mayor tasa de descuento, mayor riesgo (BMF Business School, 2024).

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t}$$

Ecuación 6 Ecuación del VAN

$$F_t = I_t - G_t$$

Ecuación 7 Ecuación del flujo de caja

- F_t : flujo de caja en cada periodo t (€)
- I_t : flujo de caja positivo (ingresos) en cada periodo t (€)
- G_t : flujo de caja negativo (gastos) en cada periodo t (€)
- I_0 : Inversión inicial, realizada en $t = 0$ (€)
- t : tiempo (años)
- i : tasa de descuento (%)
- VAN : Valor Actual Neto

La decisión sobre la ejecución del proyecto dependerá del valor actual neto del mismo. La obtención de un VAN positivo refleja la rentabilidad del proyecto a lo largo de su vida útil, mientras que un proyecto con un valor negativo no alcanza la tasa de descuento (WACC) establecida. Los proyectos con VAN nulos no proporcionan rentabilidad ni pérdidas al inversor. Sin embargo, esta herramienta presenta algunos riesgos, por ejemplo, la incertidumbre de eventos futuros como el cambio en la tasa de descuento, el cambio en las

previsiones de ingresos y gastos, entre otros. La tasa de descuento o tasa mínima exigida pretende recoger todos estos riesgos.

Como se explicó anteriormente el Real Decreto Ley establece una tasa de descuento de 7,09% para proyectos en energías renovables por lo que a continuación se calcula el valor actual neto de la inversión en base a dicha tasa.

Cálculo del VAN	
Valor Actual	45.322,40 €
Inversión inicial	18.977,47 €
VAN	26.344,93 €

Tabla 45 Cálculo del VAN

La obtención de un VAN positivo refleja la rentabilidad del proyecto con un valor actual de las ganancias de 26.344,93 €. Dicha rentabilidad se da por encima de la tasa mínima (WACC) exigida al proyecto, por lo que además del rendimiento del 7,09% se esperan obtener las ganancias recogidas en la Tabla 45.

6.6 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La tasa interna de retorno es otra herramienta que permite evaluar la rentabilidad de un proyecto, facilitando la toma de decisión. La información que proporciona dicho indicador es el coste de oportunidad de la inversión y el interés máximo de un proyecto. El cálculo del TIR se basa en la formula presentada anteriormente del VAN, se pretende encontrar el valor de la tasa interna de retorno que convierta el valor actual neto nulo.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} = 0$$

Ecuación 8 Ecuación del TIR

- F_t : flujo de caja en cada periodo t (€)
- I_0 : Inversión inicial, realizada en $t = 0$ (€)
- t : tiempo (años)
- r : tasa Interna de Retorno (%)
- VAN : Valor Actual Neto

La elección del proyecto depende del valor del TIR siendo posible 3 resultados. En el caso de obtener un valor superior a 0 el proyecto puede ser aceptado, obteniendo una rentabilidad superior a la mínima. Por el contrario, un TIR menor que 0 significa que el proyecto presenta unos gastos mayores que los ingresos y no se debe llevar a cabo. Por último, un TIR de valor 0, refleja unos beneficios y pérdidas nulas, la ejecución de este proyecto no modificaría la situación económica del usuario (Cámara Madrid, 2023).

Cálculo del TIR	
WACC	7,09%
TIR	18,24%

Tabla 46 Cálculo del TIR

Considerando los flujos de caja a lo largo de la vida útil del proyecto se ha obtenido una tasa interna de retorno de 18,24%, Tabla 46, mucho mayor a la tasa de descuento establecida en el cálculo del VAN, por lo tanto, se espera que una rentabilidad potencial alta. Asimismo, la gran diferencia presente entre el valor del WACC o la TIR representa un mayor margen de ganancia para los inversores, siendo una buena decisión la de continuación e implementación del proyecto.

Tras considerar las herramientas de análisis de rentabilidad económicas utilizadas en el estudio del proyecto es posible concluir que se trata de un proyecto rentable. La instalación de paneles solares híbridos en la vivienda de Jaén se podrá llevarse a cabo debido a la obtención de un periodo de retorno corto en comparación con la vida útil del proyecto, un VAN y TIR positivos con un gran margen.

Capítulo 7. SUBVENCIONES

El Ministerio de la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) ha aprobado un plan de subvenciones y ayudas destinado a proyectos de energía renovable. La gestión del presupuesto es otorgada a cada comunidad autónoma. A continuación, se presentan las ayudas disponibles en Jaén aplicables al proyecto seleccionado anteriormente y los requisitos específicos seleccionados por la Junta de Andalucía.

- Ayuda al autoconsumo Fondos Next Generation EU+

Los Fondos Europeos han destinado a cada Comunidad Autónoma una cuantía para proyectos enfocados en la transformación energética, diferenciando tres categorías: autoconsumo, baterías y climatización. Cada una de estas categorías puede ser asignada a diferentes destinatarios recogidos en 8 programas. El programa relevante para este proyecto es: Autoconsumo y almacenamiento en el sector residencial, el sector público y el tercer sector. (POWEN, 2024)

La ayuda contempla diferentes escenarios, aquellas instalaciones como potencia pico menor o mayor de 10 kWp, con un extra a aquellas viviendas que se encuentren en municipios de suelo no urbano con un máximo de 20.000 habitantes y aquellas en suelo urbano con un máximo de 5.000 habitantes. Todos los datos sobre la ayuda se recogen en la Tabla 47.

	Generación	Almacenamiento
Potencia pico <10 kWp	600 €/kWh	490 €/kWh
Potencia pico >10kWp	450 €/kWh	300 €/kWh
Municipio no urbano <20.000 hab	+ 55€/kWh	+ 15 €/kWh
Municipio urbano <5.000 hab	+ 55€/kWh	+ 15 €/kWh

Tabla 47 Rangos de ayuda Fondos Next Generation EU+

Los requisitos establecidos por la junta son los siguientes, la producción total del sistema no debe superar el 25% del consumo anual, además, la instalación debe haberse llevado a cabo antes del 30 de junio 2021.

Debido a los requisitos, dicha subvención no es aplicable a el proyecto estudiado sobre la instalación de paneles solares híbridos en una vivienda unifamiliar en Jaén.

- Deducción del Impuesto de la Renta (IRPF)

Se ofrece una deducción del 20% en el IRPF del coste de la inversión inicial de proyectos de instalación de paneles fotovoltaicos. Para ello, la vivienda debe encontrarse en Jaén, el fin de la instalación debe de ser el autoconsumo de la vivienda o grupo de viviendas. Asimismo, incluye proyectos de generación eléctrica y/o térmica con fuente de energía la energía solar para viviendas tanto aisladas como conectadas a la red eléctrica. (El Independiente, 2024)

Ingresos	IRPF	Cuantía	IRPF reducido	Cuantía reducida	Ahorro
<12.450	19%	2365,50	15%	1892,4	473,10
12.450 - 20.199	24%	4847,76	19%	3878,208	969,55
20.200 - 35.199	30%	10559,70	24%	8447,76	2111,94

Tabla 48 Deducción del IRPF según los ingresos

La Tabla 48 recoge el rango de ayudas que el usuario puede recibir en función de sus ingresos y el IRPF correspondiente, con un ahorro desde 473,10 € para aquellos con unos ingresos de 12.450 € y de 2.111,94 € para aquellos con ingresos de 35.199 €. En la aplicación de la deducción del Impuesto de la Renta para este proyecto se ha estimado la renta media equivalente para los hombres con un total de 19.440 € (INE, 2023a), por lo que el ahorro en el IRPF esperado es de 933,12 €.

- Plan EcoVivienda en Andalucía

Consiste en una subvención que cubre el 40% de la inversión inicial en un proyecto de instalación de sistemas para el autoconsumo cuya financiación proviene de la Comunidad Autónoma de Andalucía. Los solicitantes deben cumplir los siguientes requisitos. En primer la construcción de la vivienda debe ser previo al año 2017, debe situarse en Jaén, el

propietario y solicitante debe ser residente en la vivienda y por tanto en España. Por último, la solicitud ha de ser tramitada antes del comienzo de la instalación, siendo necesario una reducción del uso de energías tradicionales del 30% o de la demanda de calefacción del 7%. Sin embargo, el valor máximo de la ayuda es de 3.000€. (Sotysolar, 2024)

Tras la comprobación de los requisitos por parte del usuario y la vivienda se ha obtenido un total de 7.590,99 € tras aplicar el 40% a la inversión inicial del proyecto por lo que el usuario recibirá 3.000€ por parte de la Junta de Andalucía.

- Bonificación fiscal del IBI

Dicha ayuda efectúa una bonificación máxima del 50% sobre el Impuesto de Bienes Inmuebles una vez que se haya llevado a cabo la instalación de sistemas de abastecimiento eléctrico y/o térmico de fuente de energía solar. Es necesario distinguir el tipo de gravamen aplicable a la vivienda para el cálculo de la bonificación, los diferentes tipos inmueble de naturaleza urbana o características especiales (0,65%) y rústica (0,60%) (BOP Jaén, 2019). Habitualmente, los beneficiarios reciben la bonificación entre 3 y 5 años, aunque podría alcanzar los 30 años.(Cambio Energético, 2023)

En función a otros proyectos similares (Ministerio de Hacienda y Función Pública, n.d. se ha estimado un valor catastral de la vivienda de 100.000 € por lo que la bonificación sobre el Impuesto de Bienes Inmuebles es de 325 € debido a que la vivienda es de naturaleza urbana. Se espera recibir a lo largo de 5 años según la duración media de la ayuda.

En resumen, debido las subvenciones y ayudas disponibles actualmente y acorde a los requisitos cumplidos por la vivienda, el usuario deberá recibir 4.258,12 € el primer año tras la instalación, recibiendo además 325€ anuales a lo largo de aproximadamente 5 años. En el caso de recibir las subvenciones estudiadas previamente, el periodo de retorno se adelantaría al año 5 con un VAN de 31.423,50 € y un TIR de 22,93 %.

Capítulo 8. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

El impacto medioambiental recoge el efecto de las acciones humanas en su entorno, por ello, todo proyecto tiene un impacto, pudiendo ser negativo o positivo. Uno de los objetivos de este proyecto consiste en dar un paso hacia la transformación energética por lo que se espera un efecto positivo en el medioambiente.

Tras analizar el proyecto desde la perspectiva medioambiental, se han identificado ciertos beneficios y limitaciones. Por un lado, el uso de la radiación solar como fuente de energía se alinea con los objetivos de transición energética. Entre los beneficios medioambientales cabe destacar la importancia en la reducción de la dependencia en combustibles fósiles. Resultando en una disminución en la generación de gases efecto invernadero, por tanto, reduciendo las emisiones de CO₂. El efecto consecuente se ve reflejado en la mejora de la calidad del aire, el cuidado de la biodiversidad y sobre todo la generación de energía de forma sostenible. Desde la perspectiva social, el uso de paneles solares como tecnología de generación de energía reduce la dependencia energética en la importación y exportación, y mejora la salud de la sociedad. Sin embargo, este proyecto estudia la transición energética de una vivienda en particular, sería necesario la escalabilidad del proyecto para observar un mayor efecto de los beneficios.

Por otro lado, los efectos negativos de la instalación de paneles solar fotovoltaicos se encuentran en la fabricación, instalación y fin de la vida útil. En el proceso de fabricación de los sistemas conlleva la generación de gases efecto invernadero y los procesos tóxicos puede afectar a la fauna y flora. Una vez se decide retirar la instalación por el fin de la vida útil de la tecnología será necesario reciclar los materiales y llevar a cabo el tratamiento de residuos pertinente para reducir el impacto medioambiental.

Una metodología para evaluar el impacto medioambiental del proyecto consiste en calcular la huella de carbono del mismo y contrastarla con la huella de carbono generada por la inacción o la no realización del proyecto. El cambio en la fuente de energía tanto para la

demanda eléctrica como térmica por parte de la vivienda tiene una repercusión positiva sobre la huella de carbono. A continuación, se realiza el cálculo sobre el ahorro de la huella de carbono debida a la producción a través de energías limpias. Se procederá al cálculo de la huella de carbono anual ocasionada por la ausencia de implementación del proyecto.

$$\text{Huella de carbono} = \text{Dato de actividad} \cdot \text{Factor de emisión}$$

Ecuación 9 Ecuación de la huella de carbono equivalente

Huella de carbono kg CO₂ eq

Factor de emisión kg CO₂ eq/kWh

Dato de actividad kWh

El factor de emisión depende de la actividad realizada y del proceso seguido por la empresa comercializadora. Para el cálculo de la huella de carbono debido a la generación de electricidad se va a hacer uso del factor de emisión por sistemas eléctricos en España en 2020 con un 0,383 kg CO₂ eq / kWh (CNE, 2020). Asimismo, para el cálculo de la generación térmica a través del gas natural se considera el factor de emisión de la comercializadora Iberdrola en 2023 de 0,241 kg CO₂ eq / kWh (MITECO, 2024). Ha sido seleccionada la comercializadora contratada por el usuario hasta el momento.

	Generación anual (kWh)	Factor de emisión (kg CO₂ eq/ kWh)	Huella de carbono (kg CO₂)
Producción gas	10444,89	0,241	2517,22
Producción electricidad	20920,190	0,383	8012,43
Total			10.529,65

Tabla 49 Cálculo del ahorro en la huella de carbono

La Tabla 49 representa un ahorro de 8.012,43 kg CO₂ equivalente resultante de la instalación de paneles solares híbridos en comparación con la compra de energía eléctrica a comercializadores cuya velocidad de transición es menor y continua en Andalucía con un 43% de la generación de electricidad con fuentes no renovables en 2023 (Red Eléctrica, 2024a). La Figura 33 recoge las fuentes de generación de energía eléctrica en junio de 2023.

Anualmente se espera un ahorro de 10.529,65 kg de CO₂ equivalente debido a la transición energética que ofrece este proyecto.

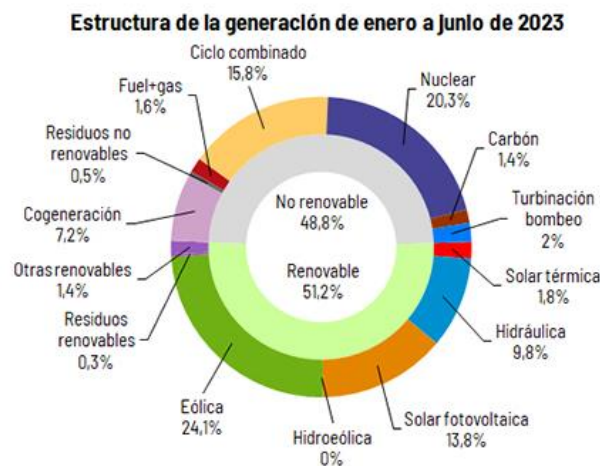


Figura 33 Fuentes de generación de electricidad junio 2023 (Red Eléctrica, 2024b)

8.1 ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

Con este proyecto se busca mejorar la calidad de nuestro planeta a través de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a través de acciones individuales como es la modificación de los sistemas de abastecimiento de recursos de una casa. Por ello, se pretende colaborar con los objetivos 11,12, y 13 del plan de “Objetivos de desarrollo sostenible”.

- ODS 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles

El estudio llevado a cabo en este proyecto pretende lograr que las ciudades sean más sostenibles. Para ello, se han establecido metas como el aumento del uso eficiente de energía y la mitigación del cambio climático; fines que este proyecto comparte. Se espera que el estudio de la implementación de sistemas de energías renovables en viviendas unifamiliares sirva de ejemplo para futuros proyectos e impulse el movimiento de individuales hacia la reducción de emisiones.

- ODS 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenible

Este objetivo nace tras conocer que los recursos de la tierra son limitados y la población mundial está en crecimiento, por lo que se busca un consumo responsable. A través de este proyecto se busca proporcionar un consumo más independiente y una reducción de la huella de carbono por parte de los habitantes de la casa, mejorando la calidad de vida de las generaciones futuras.

- ODS 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos

A través de este objetivo se busca una participación activa contra el cambio climático a nivel mundial, nacional e individual. Con este trabajo se pretende acercar a los individuos a tomar acción contra el cambio climático mediante un cambio en el consumo y la adaptación de las viviendas. Asimismo, se busca dividir el problema y desarrollar un plan de acción para facilitar la comprensión y aumentar la participación individual.

Por lo tanto, a través de este proyecto se pretende materializar y ejemplificar un posible plan de acción que cualquier individuo puede implementar en su vivienda con el fin de colaborar contra el calentamiento global y perseguir los objetivos anteriormente nombrados.

Capítulo 9. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La vivienda seleccionada para el estudio de la implementación de sistemas de energía renovable se encuentra en una localidad con gran radiación solar por ello se plantea hacer uso de dicha energía en cada una de las soluciones estudiadas. De igual manera, se conoce debido a proyectos de la zona que tiene un gran potencial geotérmico, estudiado en el caso 1. A parte de las condiciones externas relevantes para la selección de sistemas, la vivienda dispone de una orientación -15° Norte e inclinación 35° reduciendo las pérdidas a 0,6% con respecto al punto óptimo para la instalación de paneles fotovoltaicos. Tras conocer las características de la vivienda se considera imprescindible el uso de energía solar para satisfacer la demanda. Se ha observado un consumo aproximadamente constante de energía eléctrica mientras que la demanda térmica fluctúa en función de los meses. Aquellos meses de alta demanda como enero y diciembre se alcanzan valores máximos de 3053 kWh mientras que en los meses de julio y agosto la demanda se reduce a 90 kWh.

Tras analizar las soluciones propuestas y asegurando el cumplimiento de los requisitos establecidos, el sistema de paneles solar híbridos ha sido seleccionado siguiendo el criterio económico. Cada uno de los casos ha sido dimensionado asegurando el abastecimiento de energía eléctrica y térmica a través de fuentes renovables, a pesar de ser sistemas conectados a la red se ha alcanzado un valor neto positivo de venta de energía a la red. Dado el cumplimiento del suministro a la vivienda por parte de todas las soluciones y el empleo de energía limpia en cada una de ellas, la selección de la solución a implementar se ha basado en el coste de la inversión inicial. Optando finalmente por la instalación de paneles solares híbridos con un CAPEX de 18.977,47 €. Cabe destacar el dimensionamiento se ha realizado en base al suministro eléctrico debido a que la eficiencia ofrecida por el sistema es de 17,8% mientras que para la generación térmica es de 56%. Por ello, existe un sobredimensionamiento del sistema térmico, sobre todo en los meses de verano donde la demanda es menor. Con el fin de aprovechar esta energía se plantea la climatización de una piscina.

Con respecto a los casos descartados debido a los costes de inversión cabe destacar la comparativa entre los sistemas de generación térmica ya que para la generación eléctrica se optó por el mismo sistema de paneles solares. En primer lugar, la instalación geotérmica presentaba un COP de 4,71 mientras que la instalación de aerotermia presentaba un COP de 4,72. La escasa diferencia en la demanda de energía eléctrica por parte de los sistemas convierte a la tecnología aerotérmica en la más favorable. Esto se debe a los altos gastos de instalación que presenta la geotermia con una inversión de 25.651,14 € mientras que la aerotermia requiere una inversión de 17.401,75 €.

A continuación, se presenta el análisis sobre los resultados obtenidos tras realizar el análisis económico de la solución seleccionada, a través de los factores más relevantes como los gastos de inversión (CAPEX), costes operativos (OPEX), ahorro energético, VAN, TIR y periodo de retorno.

En base a los presupuestos recibidos por los fabricantes se esperan unos costes de material de 12.351,29 €, considerando además costes de mano de obra, imprevistos e impuestos el CAPEX alcanzan los 18.977,47€, razonable en comparación con proyectos similares. Tras la instalación se esperan unos costes anuales operativos de 835,48 €, sobre los que se incluye el cuidado de los sistemas para asegurar su eficiencia y posibles reparaciones o imprevistos. En cambio, el ahorro energético de 9.830,48 kWh a 0,0735 €/kWh resulta en un ingreso anual de 1.875,84 € en el consumo eléctrico y 1.839,55 € en el consumo térmico. Es importante considerar el efecto de la fluctuación del precio de la electricidad o gas en la rentabilidad del proyecto. A pesar del gran riesgo que este factor supone para el proyecto debido a la incertidumbre con respecto a la fluctuación de precios debido a factores externos, la bajada de precios deberá ser drástica para convertir el proyecto en no rentable pudiéndose observar en la diferencia entre el valor del TIR y el WACC. Por último, la venta de excedente a la red eléctrica de 118,60 € anuales. El análisis económico de la instalación de paneles solares híbridos en una vivienda revela un valor actual neto de 26.344,93 € a un WACC de 7,09% y un TIR de 18,24 %. Con un periodo de retorno de 6 años se recomienda proceder con el proyecto desde la perspectiva económica ya que la vida útil de la instalación es de 25 años y ha sido dimensionada para suministrar las necesidades

de los usuarios a lo largo de la duración de servicio. De igual forma desde la perspectiva ambiental se estima una reducción de 10.529,65 kg CO₂ eq anuales por lo que es un proyecto con considerables ventajas en ambos aspectos. Adicionalmente, posibles subvenciones han sido estudiadas obteniendo una retribución esperada de 4.258,12 € considerando las características particulares del proyecto.

En resumen, se ha concebido un proyecto con la capacidad de proveer la energía requerida para una vivienda, lo que se considera ventajoso a largo plazo desde una perspectiva ambiental. Desde el punto de vista económico, el proyecto demuestra ser rentable. No obstante, presenta un riesgo significativo de incertidumbre debido a la volatilidad en los precios de la electricidad y el gas. Tras evaluar todos los factores pertinentes, se recomienda la ejecución del proyecto.

Capítulo 10. CONCLUSIONES Y TRABAJOS

FUTUROS

La búsqueda de soluciones para alcanzar emisiones netas cero para 2050 no solo abarca todos los sectores de la industria, sino que también debe involucrar a cada miembro de la sociedad de manera individual. Por ello, este proyecto se ha centrado en el desarrollo de un plan de acción para la transformación energética de las viviendas.

A través del estudio teórico de las tecnologías disponibles para el autoconsumo se ha obtenido una idea general sobre el mercado de energía sostenible en la actualidad. En particular, los sistemas de generación eléctrica hacen uso de la energía solar y eólica mientras que los sistemas térmicos además disponen del ambiente y la energía térmica de la Tierra. Posteriormente, se ha llevado a cabo la aplicación práctica de dicho estudio en una vivienda en particular, situada en Linares, Jaén, habitada por tres personas. Para ello, el consumo eléctrico, gas y ACS ha sido analizado en base al cual se han propuesto tres posibles soluciones. En primer lugar, se ha considerado el uso de geotermia para la demanda térmica (ACS y calefacción) y paneles solares fotovoltaicos para la demanda eléctrica. El segundo caso plantea como solución la aerotermia y paneles solares para el consumo térmico y eléctrico respectivamente. Por último, el tercer caso contempla el uso de paneles solares híbridos como sistema único de suministro. Tras la comparativa de los casos, el proyecto sobre paneles solares híbridos ha sido seleccionado según el criterio económico. Finalmente, se ha realizado un análisis económico detallado a lo largo de la vida útil del proyecto, así como el estudio de las posibles subvenciones disponibles para dicho proyecto.

En particular, los objetivos establecidos recogen la identificación de las necesidades de consumo de una vivienda unifamiliar, análisis de las alternativas sostenibles de suministro y estudio de la viabilidad económica de los sistemas de suministro. Como se puede observar, a lo largo del proyecto se ha llevado a cabo un análisis en profundidad para alcanzar cada

uno de los objetivos. Además, ha sido posible desarrollar un plan de acción para la familia en particular donde se les proporciona con la información necesaria para la instalación de la solución seleccionada (caso 3). Por último, el Capítulo 7. presenta la ventaja económica disponible para proyectos de transformación energética a través de subvenciones y ayudas específicas para la localidad y el proyecto del que se trata. Asimismo, ha sido posible cuantificar el efecto de la implementación de un proyecto transformación energética debido al cálculo del ahorro en la huella de carbono, resultando en un total de 10.529,65 kg CO₂ eq.

El análisis económico de la instalación de paneles solares híbridos presenta una gran rentabilidad con un VAN de 26.344,93 € y TIR de 18,24 %, además de un periodo de retorno de 6 años. Sin embargo, la gran fluctuación en el precio de las energías en el mercado debido a factores externos tiene repercusión en dicha viabilidad. Se considera un proyecto de poco riesgo debido a la gran diferencia entre el TIR y el WACC. Considerando todos los elementos se califica este proyecto como rentable y se recomienda su implementación en la vivienda estudiada.

Tras realizar este proyecto enfocado en el estudio de los posibles sistemas disponibles en la actualidad para suministrar la energía a las viviendas e implementación en un domicilio en particular, se presenta posibles trabajos futuros con el fin de continuar la transformación energética en España y combatir el cambio climático.

En primer lugar, en base a este estudio se propone realizar un plan de acción genérico para todo tipo de viviendas en cada parte de España. Siguiendo los pasos establecidos, sería posible estudiar las necesidades de la vivienda y localización y en función a dichos datos disponer de una selección de sistemas que permitan la obtención de energía de manera sostenible.

Debido a la continua evolución de las tecnologías, se plantea la implementación de inteligencia artificial (IA) en los sistemas de generación y gestión de energía. La gestión a través de IA permite la optimización del consumo asegurando el bienestar y confort a los habitantes y reducir el impacto medioambiental.

Por último, se recomienda monitorizar los datos de generación y consumo, así como la situación de las instalaciones a lo largo de la vida útil del proyecto. La obtención y análisis de dichos datos permite la optimización del sistema y comprobación y mejora del modelo de estimaciones realizado.

Capítulo 11. BIBLIOGRAFÍA

- Abora. (2024). *El Panel Solar híbrido produce electricidad y calor simultáneamente*.
- Agencia Tributaria de Sevilla. (2024). <https://www.sevilla.org/servicios/agencia-tributaria-de-sevilla/informacion-tributaria/informacion-i-c-i-o>
- Almasolar. (n.d.). *SUNPOWER Solar panels MAXEON MAX3 395W | Alma Solar® No. 1 of solar panels online*. Retrieved May 14, 2024, from <https://www.alma-solarshop.nl/zonnepanelen/2348-sunpower-zonnepanelen-max3-395w.html>
- Álvaro Ruiz. (2019). *Los sistemas de climatización (Aire acondicionado o sistema Aire-Aire)*. <https://www.alvaroruizarquitectura.com/los-sistemas-de-climatizacion-aire-acondicionado-sistema-aire-aire-n-35-es>
- Amazon. (2024). *12000W Vertical Axis Permanent Magnetic Floating Turbine with Controller, 12V 24V 48V 96V 120V 220V Home Windmill Low Wind Turbine for Home or Camping, 220v: Amazon.nl: Business, Industry & Science*. https://www.amazon.nl/verticale-permanente-magnetische-controller-windturbine/dp/B09VD3ZWXF/ref=asc_df_B09VD3ZWXF/?tag=nlshogostdde-21&linkCode=df0&hvadid=624627721561&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=17686791558264483394&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=9065239&hvtargid=pla-1927395363540&pssc=1&mcid=07778fa3a52138e2b83458db518b5111
- Areatecologia. (n.d.). *Bomba de Calor Aprende Todo Facil*. Retrieved May 13, 2024, from <https://areatecologia.com/calefaccion/bomba-de-calor.html>
- Arquitectura Sostenible. (2017). *La Geotermia para las viviendas unifamiliares como solución idónea de futuro | Arquitectura Sostenible*. <https://arquitectura->

sostenible.es/la-geotermia-para-las-viviendas-unifamiliares-como-solucion-idonea-de-futuro/

Asociación de fabricantes de equipos de climatización AFEC. (2018). *Bomba de calor : principios termodinámicos y modos de funcionamiento - Bomba de Calor*.
<https://www.bombadecalor.org/principios-termodinamicos-y-modos-de-funcionamiento/>

Asociación Nacional de Empresas de Rehabilitación y Reforma. (2024, February 12). ANERR. <https://anerr.es/medios-auxiliares/>

Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR). (2010). *Guía técnica Agua caliente sanitaria central*.

Austro. (n.d.). *Termotanques Solares - Austro S.A.* Retrieved May 14, 2024, from <https://www.austro.com.ar/destacado/termotanques-solares/>

Autosolar. (2023a). *Cómo limpiar placas solares: Limpieza placas solares*.
<https://autosolar.es/energia-solar/limpieza-paneles-solares>

AutoSolar. (2023). *¿Cuál es la inclinación placas solares adecuada para mi instalación?* <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/inclinacion-placas-solares>

Autosolar. (2023b). *Mantenimiento placas solares*. <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/que-mantenimiento-requiere-un-panel-solar#:~:text=Como%20norma%20general%20el%20mantenimiento,primero%20y%20lo%20m%C3%A1s%20importante.>

Avantforce. (n.d.). *Aerotermia y Bombas de Calor – Avantforce S.L.* Retrieved May 14, 2024, from <https://avantforce.es/aerotermia-y-bombas-de-calor/>

BMF Business School. (2024). *Valor actual neto: qué es y cómo calcularlo - bmfschool.com*. <https://bmfschool.com/2023/01/10/valor-actual-neto-que-es-y-como-calcularlo/>

- BOE. (2023). *BOE-A-2023-26251 Resolución de 21 de diciembre de 2023, de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, por la que se establecen los valores de los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución de electricidad de aplicación a partir del 1 de enero de 2024.* https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-26251
- BOP Jaén. (2019). *AYUNTAMIENTO DE JAÉN SERVICIO MUNICIPAL DE GESTIÓN TRIBUTARIA 2019/5648 Aprobación definitiva de modificación de la Ordenanza Fiscal Reguladora del Impuesto sobre Bienes Inmuebles.*
- Cámara Madrid. (2023). *Qué es el TIR: cómo se calcula y cómo se interpreta.* <https://www.mba-madrid.com/economia/que-es-tir-formula/>
- Cambio Energético. (2023). *Bonificaciones de IBI por instalación de placas solares : Como solicitarla.* <https://www.cambioenergetico.com/blog/solicitar-bonificacion-ibi-placas-solares/>
- Cinco Días. (2019). *Las renovables disfrutarán de su actual tasa de rentabilidad durante 12 años | Empresas | Cinco Días.* https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/11/20/companias/1574275928_013353.html
- CNE. (2020). *ANUARIO ESTADÍSTICO DE ENERGÍA.*
- Cofrico. (2022, October 17). *¿Que es una bomba de calor y como funciona la bomba de calor? | Cofrico.* <https://www.cofrico.com/consejos-tecnicos/que-es-una-bomba-de-calor-y-como-funciona-la-bomba-de-calor/>
- Cómo se genera la energía eléctrica | Endesa.* (2023, February 2). <https://www.endesa.com/es/la-cara-e/centrales-electricas/como-se-genera-electricidad>

- Composolar. (2024). *Tipos de aerogeneradores Eólicos para Autoconsumo*.
<https://composolar.com/tipos-de-aerogeneradores/>
- Cristina Crespo Garay. (2022, April 5). *El cambio climático en España: impacto y consecuencias* | *National Geographic*. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2017/10/el-cambio-climatico-en-espana-impacto-y-consecuencias>
- Damia Solar. (2023, September 27). *Aerogeneradores eólicos para casas. una guía completa* - *Damia Solar Electrosol Energía S.L.*
<https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/aerogeneradores-eolicos-para-casas-una-guia-completa>
- DS New Energy. (2019, July 19). *Cómo calcular el ángulo correcto para paneles solares en sistemas de energía solar - Conocimiento - DS New Energy*.
<https://www.dsisolar.com/info/how-to-figure-the-correct-angle-for-solar-pane-37641121.html>
- E4e. (2021, October 18). *Mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas para que sean 100% eficientes*. <https://www.e4e-soluciones.com/blog-eficiencia-energetica/mantenimiento-de-placas-solares>
- EcoInventos. (2022). *Diferencia Entre Paneles Solares Monocristalinos Y Policristalinos*. <https://ecoinventos.com/diferencia-paneles-solares-monocristalinos-policristalinos/>
- EFC Solar. (2023). *¿Cuál debe ser la inclinación y orientación de los paneles solares?*
<https://www.efcsolar.com/energia-solar-fotovoltaica/inclinacion-de-paneles-solares-y-orientacion/>
- El Independiente. (2024). *Tramos de IRPF 2024: Lo que te retienen de tu nómina*.
<https://www.elindependiente.com/economia/2024/03/14/cuanto-irpf-me-tienen-que-quitar-de-la-nomina-segun-mi-salario/>

- Endesa. (2019, March 6). *¿Cómo se produce la energía solar? | Endesa.*
<https://www.endesa.com/es/blog/blog-de-endesa/luz/como-se-produce-energia-solar>
- Enertres. (2023a, July 27). *Precio geotermia vivienda unifamiliar en España ¿Rentable?* <https://enertres.com/geotermia-vivienda-unifamiliar-precio/>
- Enertres. (2023b, September 6). *Baterías solares ¿Son rentables? ¿Cómo funcionan? - Enertres.* <https://enertres.com/baterias-solares-inversion/>
- Enertres. (2024a). *Brisa NEW V5 (4-18kW) archivos - Enertres.*
<https://enertres.com/categoria-producto/bombas-de-calor-aerotermicas/brisa-new-v5/>
- Enertres. (2024b). *Terra iPump T 3-13 Reversible 230V - Enertres.*
<https://enertres.com/producto/terra-ipump-t-3-13-reversible-230v/>
- Fundación Endesa. (2023a). *¿Qué es la biomasa? Centrales de energía de la biomasa - Fundación Endesa.* <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/centrales-renovables/central-de-biomasa>
- Fundación Endesa. (2023b). *¿Qué es la biomasa? Centrales de energía de la biomasa - Fundación Endesa.* <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/centrales-renovables/central-de-biomasa>
- Hidalgo, D. (2017, July 11). *AEROTERMIA: Una fuente de energía renovable poco conocida y de futuro - Energías.*
<https://www.interempresas.net/Energia/Articulos/214276-AEROTERMIA-Una-fuente-de-energia-renovable-poco-conocida-y-de-futuro.html>
- Iberdrola. (n.d.). *Aeroterminia, qué es y cómo funciona - Iberdrola.* Retrieved February 15, 2024, from <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-aeroterminia-y-bombas-de-calor>

- Iberdrola. (2023). *¿Cómo funcionan las placas solares fotovoltaicas?* - Iberdrola.
<https://www.iberdrola.com/innovacion/como-funcionan-placas-solares-fotovoltaicas>
- Iberdrola. (2024). *Plan de gas para hogares* - IBERDROLA.
<https://www.iberdrola.es/gas/plan-gas-hogar>
- IDAE. (2023). *Aeroterminia e Hidrotermia* / Idae.
<https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/aeroterminia-e-hidrotermia>
- Impulso Solar. (2020). *Placa solar térmica ¿Cómo funciona?* – impulso Solar.
<https://www.impulsosolar.es/como-funciona-una-placa-solar-termica/>
- inarquia. (2024). *Cómo Funciona la Calefacción de Geotermia. Beneficios y Coste* - Inarquia. <https://inarquia.es/como-funciona-geotermia-beneficios-costes/>
- INE. (2023a). *Instituto Nacional de Estadística - Renta media y mediana.*
https://www.ine.es/ss/Satellite?L=es_ES&c=INESeccion_C&cid=1259944504067&p=1254735110672&pagename=ProductosYServicios%2FPYSLayout¶m1=PYSDetalleFichaIndicador¶m3=1259937499084
- INE. (2023b, November 21). *INEbase / Agricultura y medio ambiente /Cuentas ambientales /Cuenta de emisiones a la atmósfera / Últimos datos.*
https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176941&menu=ultiDatos&idp=1254735976603
- Ineldec. (2023). *¿De qué están hechos los paneles solares?* - Paneles Solares Colombia
Lamparas Solares Ingeniería Eléctrica Energía Solar Baterías Solares Cucuta Materiales.
<https://ineldec.com/de-que-estan-hechos-los-paneles-solares-fotovoltaicos/>

- IRTESC. (2023). *Aeroterminia vs bomba de calor: Posibles diferencias* | Irtesc.
<https://irtesc.es/energia/aeroterminia-vs-bomba-de-calor/>
- Junta de Castilla y León. (2023). *La bomba de calor geotérmica* | *Energía y Minería* |
Junta de Castilla y León. <https://energia.jcyl.es/web/es/energias-renovables-ordenacion-energetica/bomba-calor-geotermica.html>
- Lasian. (2022). *Caldera de biomasa para una vivienda unifamiliar*.
<https://lasian.es/caldera-biomasa-vivienda-unifamiliar/>
- MAPFRE. (2024). <https://www.mapfre.es/particulares/>
- Ministerio de Hacienda y Función Pública. (n.d.). *Certificado catastral descriptiva gráfica*.
- Ministerio para la Transformación Ecológica y el Reto Demográfico. (2023). *Objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero*.
<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/objetivos.html>
- MITECO. (2023). *Peajes de acceso a las redes de transporte y distribución y cargos asociados a los costes del sistema*. <https://www.miteco.gob.es/es/energia/energia-electrica/electricidad/peajes.html>
- MITECO. (2024). *Factores de emisión 2007 - 2022*.
- Monica Goya. (2023). *Ecoexperts*. <https://www.theecoexperts.com/es/placas-solares/mantenimiento>
- Munich Business School. (2024). *Flujo de caja*. <https://www.munich-business-school.de/es/l/diccionario-de-estudios-empresariales/flujo-de-caja>
- Naciones Unidas. (n.d.). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible*. Retrieved February 20, 2024, from

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

OCU. (2024). *Evolución del precio de la luz* | OCU. <https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/gas-luz/informe/precio-luz>

Osaka Electronics. (2023, June 22). *Partes y Componentes de un Panel Solar* | Osaka Electronics - Osaka Electronics. <https://osakaelectronicsltda.com/blog/biblioteca/partes-del-panel-solar>

OTOVO. (2023). *Orientación e Inclinación de las Placas Solares*. <https://www.otovo.es/blog/placas-solares/orientacion-e-inclinacion-placas-solares/>

Pansogal. (2023). *Los 4 tipos de energía geotérmica* | Pansogal. <https://pansogal.com/tipos-de-energia-geotermica/>

POWEN. (2024). *Subvenciones para Placas Solares en Jaén 2024* - POWEN. <https://powen.es/ayudas-subvenciones/andalucia/jaen/>

Producción eléctrica en España por tipo en 2022 | Statista. (2023a, March). <https://es.statista.com/estadisticas/993747/porcentaje-de-la-produccion-de-energia-electrica-por-fuentes-energeticas-en-espana/>

Producción eléctrica en España por tipo en 2022 | Statista. (2023b, March). <https://es.statista.com/estadisticas/993747/porcentaje-de-la-produccion-de-energia-electrica-por-fuentes-energeticas-en-espana/>

Quivacolor. (2024). *Fluido de transferencia de calor para placas solares e intercambiadores*. <https://quivacolor.com/producto/fluido-transferencia-calor-para-placas-solares-intercambiadores-ac-solar/>

Red Eléctrica. (2024a). *España pone en servicio en 2023 la mayor cifra de potencia instalada solar fotovoltaica de su historia* | Red Eléctrica.

<https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/actualidad/nota-de-prensa/2024/03/espana-pone-en-servicio-en-2023-la-mayor-cifra-de-potencia-instalada-solar-fotovoltaica-de-su-historia>

Red Eléctrica. (2024b). *La demanda de energía eléctrica de España desciende un 5,7% en junio* | Red Eléctrica. <https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/actualidad/nota-de-prensa/2023/07/la-demanda-de-energia-electrica-de-espana-desciende-un-5-7-en-junio-2023>

Repsol. (2023a). *¿Qué es la energía geotérmica y cuáles son sus ventajas?* | Repsol. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/energia-geotermica/index.cshtml>

Repsol. (2023b). *Tipos de paneles solares y cómo funciona cada uno* | Repsol. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/tipos-de-placas-solares/index.cshtml>

Rocha, A. (2022). *¿Qué tipos de inversor fotovoltaico existen?* <https://www.mpvsolarreference.com/post/qu%C3%A9-tipos-de-inversor-fotovoltaico-existen>

Rodríguez, J. M. G. (2022). Documento básico HE Ahorro de Energía (HE 3, HE 4 y HE 5)). *Revista de Los Aparejadores y Arquitectos Técnicos*, 1–56.

Selectra. (2024). *Precio del gas hoy: Evolución y coste del kWh en 2024*. <https://selectra.es/energia/info/que-es/precio-kwh-gas-natural>

Solarama. (2023a). *9 tipos de estructura de paneles solares que debes conocer*. <https://solarama.mx/blog/estructura-de-paneles-solares/>

Solarama. (2023b). *¿Cuáles son los mejores materiales de una estructura fotovoltaica?* <https://solarama.mx/blog/materiales-de-una-estructura-fotovoltaica/>

- Sotysolar. (2024). *Subvenciones de placas solares en Andalucía [2024]*.
https://sotysolar.es/blog/ayudas-placas-solares-andalucia#mcetoc_1giup5mdqk
- Sunsupport. (2022, October 19). *Estructuras de soporte para placas solares / Sunsupport*.
<https://www.sunsupport.es/que-materiales-utilizamos-para-la-fabricacion-de-nuestras-estructuras-de-soporte-de-placas-solares/>
- Tesla. (2024). *Powerwall | Tesla Netherlands*. https://www.tesla.com/nl_nl/powerwall
- Tritec. (2017). *TIPOS DE PANELES FOTOVOLTAICOS - Tritec Intervento*.
<https://tritec-intervento.cl/tipos-de-paneles-fotovoltaicos/>
- Uno Correduría de Seguros. (2024). <https://unocorreduria.com/>
- Weather Spark. (2024). *El clima en Linares, el tiempo por mes, temperatura promedio (España) - Weather Spark*. <https://es.weatherspark.com/y/36735/Clima-promedio-en-Linares-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Xunta de Galicia. (n.d.). *Instituto Enerxético de Galicia | Sector residencial*. Retrieved May 13, 2024, from <http://www.observatoriobiomasa.gal/es/elige-tu-instalacion/sector-residencial>

ANEXO I

Datos sobre las características externas de la vivienda, necesarios para el cálculo de la temperatura de la red. En base a estos datos es posible obtener la energía necesaria para el calentamiento de ACS.

Anexo 1: Tablas

Condiciones de suministro			
Aparatos	Presión (bar)		
	Mínima		Máxima
Griferías comunes	1		5
Fluxores y calentadores	1,5		5
Suministro de ACS	Temperatura (°C)		
	Mínima		Máxima
En puntos de consumo* *Excepto en edificios de uso exclusivo viviendas	50		65

Apartado 2.1.3 (HS4)

Tabla 05: Condiciones de suministro del agua en puntos de consumo (HS4)

Dimensionado de tuberías			
Tuberías	Velocidad (m/s)		
	Mínima		Máxima
Metálicas	0,5		2,0
Termoplásticas* *Se incluyen las tuberías multicapa	0,5		3,5

Apartado 4.2.1 (HS4)

Tabla 06: Velocidades para el dimensionado de las tuberías (HS4)

Mínimas	Temperatura del agua de la red (°C)												Media
	5	6	7	9	11	13	15	2	14	11	7	6	
Máximas	15	15	16	16	17	19	21	21	20	18	17	16	17
Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
Albacete	7	8	9	11	14	17	19	19	17	13	9	7	13
Alicante	11	12	13	14	16	18	20	20	19	16	13	12	15
Almería	12	12	13	14	16	18	20	21	19	17	14	12	16
Ávila	6	6	7	9	11	14	17	16	14	11	8	6	10
Badajoz	9	10	11	13	15	18	20	20	18	15	12	9	14
Barcelona	9	10	11	12	14	17	19	19	17	15	12	10	14
Bilbao	9	10	10	11	13	15	17	17	16	14	11	10	13
Burgos	5	6	7	9	11	13	16	16	14	11	7	6	10
Cáceres	9	10	11	12	14	18	21	2	19	15	11	9	13
Cádiz	12	12	13	14	16	18	19	20	19	17	14	12	16
Castellón	10	11	12	13	15	18	19	20	18	16	12	11	15
Ciudad Real	7	8	10	11	14	17	20	20	17	13	10	7	13
Córdoba	10	11	12	14	16	19	21	21	19	16	12	10	15
La Coruña	10	10	11	12	13	14	16	16	15	14	12	11	13
Cuenca	6	7	8	10	13	16	18	18	16	12	9	7	12
Gerona	8	9	10	11	14	16	19	18	17	14	10	9	13
Granada	8	9	10	12	14	17	20	19	17	14	11	8	13
Guadalajara	7	8	9	11	14	17	19	19	16	13	9	7	12
Huelva	12	12	13	14	16	18	20	20	19	17	14	12	16
Huesca	7	8	10	11	14	16	19	18	17	13	9	7	12
Jaén	9	10	11	13	16	19	21	21	19	15	12	9	15
Las Palmas	15	15	16	16	17	18	19	19	19	18	17	16	17
León	6	6	8	9	12	14	16	16	15	11	8	6	11

Guía técnica

Agua caliente sanitaria central

(Continuación)

Temperatura del agua de la red (°C)													Media
Mínimas	5	6	7	9	11	13	15	2	14	11	7	6	10
Máximas	15	15	16	16	17	19	21	21	20	18	17	16	17
Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Lérida	7	9	10	12	15	17	20	19	17	14	10	7	13
Logroño	7	8	10	11	13	16	18	18	16	13	10	8	12
Lugo	7	8	9	10	11	13	15	15	14	12	9	8	11
Madrid	8	8	10	12	14	17	20	19	17	13	10	8	13
Málaga	12	12	13	14	16	18	20	20	19	16	14	12	16
Murcia	11	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11	15
Orense	8	10	11	12	14	16	18	18	17	13	11	9	13
Oviedo	9	9	10	10	12	14	15	16	15	13	10	9	12
Palencia	6	7	8	10	12	15	17	17	15	12	9	6	11
P. de Mallorca	11	11	12	13	15	18	20	20	19	17	14	12	15
Pamplona	7	8	9	10	12	15	17	17	16	13	9	7	12
Pontevedra	10	11	11	13	14	16	17	17	16	14	12	10	13
Salamanca	6	7	8	10	12	15	17	17	15	12	8	6	11
San Sebastián	9	9	10	11	12	14	16	16	15	14	11	9	12
Santander	10	10	11	11	13	15	16	16	16	14	12	10	13
Segovia	6	7	8	10	12	15	18	18	15	12	8	6	11
Sevilla	11	11	13	14	16	19	21	21	20	16	13	11	16
Soria	5	6	7	9	11	14	17	16	14	11	8	6	10
Tarragona	10	11	12	14	16	18	20	20	19	16	12	11	15
S. C. de Tenerife	15	15	16	16	17	18	20	20	20	18	17	16	17
Teruel	6	7	8	10	12	15	18	17	15	12	8	6	11
Toledo	8	9	11	12	15	18	21	20	18	14	11	8	14
Valencia	10	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11	15
Valladolid	6	8	9	10	12	15	18	18	16	12	9	7	12
Vitoria	7	7	8	10	12	14	16	16	14	12	8	7	11
Zamora	6	8	9	10	13	16	18	18	16	12	9	7	12
Zaragoza	8	9	10	12	15	17	20	19	17	14	10	8	13

Datos Norma UNE 94.002/95

Tabla 07: Temperaturas del agua de la red (UNE 94.002/95)

Tubería y caudal de ACS recirculado	
Diametro tubería (mm)	Caudal recirculado (l/h)
DN 15	140
DN 20	300
DN 25	600
DN 32	1.100
DN 40	1.800
DN 50	3.300

(Tabla 4.4 HS4)

Tabla 08: Caudal máximo para tuberías de recirculación (HS4)

Documento Básico HE Ahorro de energía
Anejo G. Temperatura del agua de red

Anejo G Temperatura del agua de red

1 Temperatura media mensual del agua de red

- 1 La tabla a-Anejo G contiene la temperatura diaria media mensual (°C) del agua fría de red para las capitales de provincia, para su uso en el cálculo del consumo de ACS:

Tabla a-Anejo G. Temperatura diaria media mensual de agua fría (°C)

Capital de provincia	Altitud	EN	FE	MA	AB	MY	JN	JL	AG	SE	OC	NO	DI
A Coruña	26	10	10	11	12	13	14	16	16	15	14	12	11
Albacete	686	7	8	9	11	14	17	19	19	17	13	9	7
Alicante/Alacant	8	11	12	13	14	16	18	20	20	19	16	13	12
Almería	16	12	12	13	14	16	18	20	21	19	17	14	12
Ávila	1131	6	6	7	9	11	14	17	16	14	11	8	6
Badajoz	186	9	10	11	13	15	18	20	20	18	15	12	9
Barcelona	12	9	10	11	12	14	17	19	19	17	15	12	10
Bilbao/Bilbo	6	9	10	10	11	13	15	17	17	16	14	11	10
Burgos	929	5	6	7	9	11	13	16	16	14	11	7	6
Cáceres	459	9	10	11	12	14	18	21	20	19	15	11	9
Cádiz	14	12	12	13	14	16	18	19	20	19	17	14	12
Castellón/Castelló	27	10	11	12	13	15	18	19	20	18	16	12	11
Ceuta	40	11	11	12	13	14	16	18	18	17	15	13	12
Ciudad Real	628	7	8	10	11	14	17	20	20	17	13	10	7
Córdoba	106	10	11	12	14	16	19	21	21	19	16	12	10
Cuenca	999	6	7	8	10	13	16	18	18	16	12	9	7
Girona	70	8	9	10	11	14	16	19	18	17	14	10	9
Granada	683	8	9	10	12	14	17	20	19	17	14	11	8
Guadalajara	685	7	8	9	11	14	17	19	19	16	13	9	7
Huelva	30	12	12	13	14	16	18	20	20	19	17	14	12
Huesca	488	7	8	10	11	14	16	19	18	17	13	9	7
Jaén	568	9	10	11	13	16	19	21	21	19	15	12	9
Las Palmas de Gran Canaria	13	15	15	16	16	17	18	19	19	19	18	17	16
León	838	6	6	8	9	12	14	16	16	15	11	8	6
Lleida	182	7	9	10	12	15	17	20	19	17	14	10	7
Logroño	385	7	8	10	11	13	16	18	18	16	13	10	8
Lugo	454	7	8	9	10	11	13	15	15	14	12	9	8
Madrid	655	8	8	10	12	14	17	20	19	17	13	10	8
Málaga	11	12	12	13	14	16	18	20	20	19	16	14	12
Melilla	15	12	13	13	14	16	18	20	20	19	17	14	13
Murcia	39	11	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11
Ourense	139	8	10	11	12	14	16	18	18	17	13	11	9
Oviedo	232	9	9	10	10	12	14	15	16	15	13	10	9
Palencia	734	6	7	8	10	12	15	17	17	15	12	9	6
Palma de Mallorca	15	11	11	12	13	15	18	20	20	19	17	14	12
Pamplona/Iruña	490	7	8	9	10	12	15	17	17	16	13	9	7
Pontevedra	27	10	11	11	13	14	16	17	17	16	14	12	10
Salamanca	800	6	7	8	10	12	15	17	17	15	12	8	6
San Sebastián	12	9	9	10	11	12	14	16	16	15	14	11	9
Santa Cruz de Tenerife	5	15	15	16	16	17	18	20	20	20	18	17	16
Santander	11	10	10	11	11	13	15	16	16	16	14	12	10
Segovia	1002	6	7	8	10	12	15	18	18	15	12	8	6
Sevilla	11	11	11	13	14	16	19	21	21	20	16	13	11
Soria	1063	5	6	7	9	11	14	17	16	14	11	8	6
Tarragona	69	10	11	12	14	16	18	20	20	19	16	12	11
Teruel	912	6	7	8	10	12	15	18	17	15	12	8	6
Toledo	629	8	9	11	12	15	18	21	20	18	14	11	8
Valencia	13	10	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11
Valladolid	698	6	8	9	10	12	15	18	18	16	12	9	7
Vitoria-Gasteiz	540	7	7	8	10	12	14	16	16	14	12	8	7
Zamora	649	6	8	9	10	13	16	18	18	16	12	9	7
Zaragoza	199	8	9	10	12	15	17	20	19	17	14	10	8

Documento Básico HE Ahorro de energía
Anejo G. Temperatura del agua de red

- 2 Para localidades distintas a las recogidas en la tabla a-Anejo G se podrá obtener la temperatura del agua fría de red (T_{AFY}) mediante la siguiente expresión:

$$T_{AFY} = T_{AFCP} - B \cdot A_z$$

donde:

- T_{AFCP} es la temperatura media mensual de agua fría de la capital de provincia, obtenida de la tabla a-Anejo G;
- B es un coeficiente de valor 0,0066 para los meses de octubre a marzo y 0,0033 para los meses de abril a septiembre;
- A_z es la diferencia entre la altitud de la localidad y la de su capital de provincia
($A_z = \text{Altitudlocalidad} - \text{Altitudcapital}$).

- 3 Alternativamente a los valores indicados en la tabla a-Anejo G, podrán utilizarse otras temperaturas de agua de red recogidas por fuentes de reconocida solvencia.

ANEXO II

A continuación, se presentan las zonas climáticas de España, caracterizándose en tipos, en particular Jaén pertenece a la zona C4.

Provincia	Altitud sobre el nivel del mar (h)																						
	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	151 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1250 m	1251 - 300 m
Albacete	C3							D3							E1								
Alicante/Alacant	B4				C3							D3											
Almería	A4		B4		B3			C3					D3										
Araba/Álava	D1							E1															
Asturias	C1	D1							E1														
Ávila	D2							D1					E1										
Badajoz	C4				C3			D3															
Balears, Illes	B3				C3																		
Barcelona	C2				D2			D1				E1											
Bizkaia	C1				D1																		
Burgos	D1							E1															
Cáceres	C4							D3					E1										
Cádiz	A3		B3			C3		C2			D2												
Cantabria	C1		D1							E1													
Castellón/Castelló	B3		C3				D3		D2				E1										
Ceuta	B3																						
Ciudad Real	C4				C3			D3															
Córdoba	B4		C4				D3																
Coruña, A	C1				D1																		
Cuenca	D3							D2			E1												
Gipuzkoa	D1							E1															
Girona	C2		D2				E1																
Granada	A4	B4			C4				C3		D3			E1									
Guadalajara	D3							D2		E1													
Huelva	A4	B4	B3		C3				D3														
Huesca	C3			D3		D2			E1														
Jaén	B4				C4			D3				E1											
León	E1																						
Lleida	C3	D3				E1																	
Lugo	D1							E1															
Madrid	C3							D3					D2		E1								
Málaga	A3	B3			C3				D3														
Melilla	A3																						
Murcia	B3		C3				D3																
Navarra	C2		D2			D1		E1															
Ourense	C3		C2		D2				E1														
Palencia	D1							E1															
Palmas, Las	α3				A2				B2		C2												
Pontevedra	C1		D1																				
Rioja, La	C2		D2					E1															
Salamanca	D2							E1															
Santa Cruz de Tenerife	α3				A2				B2		C2												
Segovia	D2							E1															
Sevilla	B4		C4				D1					E1											
Soria	D2							D1		E1													
Tarragona	B3		C3				D3																
Teruel	C3				C2		D2				E1												
Toledo	C4				D3					E1													
Valencia/València	B3	C3				D2				E1													
Valladolid	D2							E1															
Zamora	D2							E1															
Zaragoza	C3		D3				E1																

Tabla 50 Zonas climáticas en España (Rodríguez, 2022)

ANEXO III

A continuación, se presentan las fichas técnicas de los sistemas seleccionados correspondientes a cada caso específico.

DATOS TÉCNICOS

Datos técnicos de acuerdo con EN14511	Unid	iPump T 2-8	iPump T 2-8 P	iPump T 3-13	iPump T 3-13 P
Clase energética: (bomba de calor + control de temperatura)		A+++	A+++	A+++	A+++
Tecnología Inverter (modulante)	-	Si	Si	Si	Si
Rango de potencias	kW	2 - 8	2 - 8	3 - 13	3 - 13
Potencia max. de calefacción a 35° C y con temperatura de pozos de 0° C	kW	7,85	7,85	13,28	13,28
Potencia nominal de calefacción a 35° C y con temperatura de pozos de 0° C	kW	4,10	4,10	6,60	6,60
COP nominal de calefacción a 35° C y con temperatura de pozos de 0° C	-	4,71	4,71	5,01	5,01
Potencia nominal de refrigeración ¹⁾ (frío pasivo) 18° C y con temperatura de pozos de 15° C	kW	6,00	-	7,60	-
Potencia nominal de refrigeración (reversible) 18° C y con temperatura de pozos de 30° C	kW	-	6,37	-	9,70
EER nominal de refrigeración (reversible) 18° C y con temperatura de pozos de 30° C	-	-	7,40	-	6,34
Potencia max. de calefacción a 35° C y con temperatura de aguas freáticas de 10° C	kW	10,03	10,03	13,25	13,25
Potencia nominal de calefacción a 35° C y con temperatura de aguas freáticas de 10° C	kW	5,55	5,55	8,70	8,70
COP nominal de calefacción a 35° C y con temperatura de aguas freáticas de 10° C	-	6,53	6,53	6,77	6,77
Refrigerante ²⁾	-	R410A	R410A	R410A	R410A
Máxima temperatura de calefacción	°C	62	62	62	62
Alimentación principal	V	230	230	400/230	400/230
Alimentación del circuito de control	V	230	230	230	230
Dimensiones (alto x ancho x fondo)	mm	1950 x 600 x 786	1950 x 600 x 786	1950 x 600 x 786	1950 x 600 x 786
Peso	kg	264	264	295	295
Nivel máximo de presión sonora	dB(A)	44	44	41	41
ACS					
Capacidad del acumulador ACS	l	200	200	200	200
Máxima temperatura del acumulador ACS	°C	55	55	55	55
Máxima temperatura del acumulador ACS con resistencia eléctrica	°C	75	75	75	75
Capacidad de producción de ACS a 40 ° C en una descarga	l	315	315	315	315
Capacidad de producción de ACS a 40 ° C en una descarga con resistencia eléctrica	l	432	432	432	432

¹⁾ Como módulo de frío pasivo integrado

²⁾ La bomba de calor contiene el gas fluorado R410A y está sujeta a las disposiciones de la regulación UE / 517/2014

EL IPUMP T ESTÁ DISPONIBLE EN TRES VARIANTES:

- ⊙ iPump T solo calor
- ⊙ iPump T reversible (calor y frío activo)
- ⊙ iPump T con frío pasivo (calor y frío pasivo integrado)

TAMBIÉN PERFECTO PARA LA REHABILITACIÓN

- ⊙ Ajuste de potencia según las necesidades.
- ⊙ Reducido espacio de instalación, sólo 0,45 m².
- ⊙ Fácil instalación para calefacción de los componentes.
- ⊙ Conexiones por la parte superior
- ⊙ Todo en uno: solución compacta para la generación de calefacción, frío y ACS.
- ⊙ Conexión pozos por derecha o izquierda.



Oficinas centrales
 Estrada Redondela - Peinador, nº 49
 Barrio Millarada 36815 Vilar de Infesta
 Redondela (Pontevedra) SPAIN
 T +34 986 288 377 M +34 986 288 276
 enertres@enertres.com

Delegación Madrid
 P^a de la Habana 17 - 3 D
 28036 Madrid
 T +34 915 615 194 M +34 609 274 957
 a.gutierrez@enertres.com

Delegación Portugal
TERMOHOME LDA
 Rua Prof. Luis Gomes 211 A
 4400-257 Sta. Marinha - VNG
 T +351 22 787 00 73 M +351 96 394 86 48
 geral@termohome.pt

DISTRIBUIDOR





V1.08.02.23

SUNPOWER | FROM MAXEON SOLAR TECHNOLOGIES

MAXEON 3 PANEL SOLAR

390-400 W | Hasta un 22,6% de eficiencia

 Idóneo para uso residencial

 Marco negro, lámina trasera blanca

Más energía de por vida

Diseñado para maximizar la generación de energía mediante una eficiencia líder del sector, un desempeño mejorado a altas temperaturas y una mayor conversión de energía en condiciones de poca luz, como por la mañana, por la noche y en días nublados.

Durabilidad sin concesiones

Diseñado para funcionar en todo tipo de condiciones meteorológicas, desde células anti-grietas y conexiones reforzadas que protegen frente al desgaste y la corrosión, hasta una arquitectura eléctrica que mitiga el impacto de la sombra y evita la formación de puntos calientes.



Sostenibilidad superior

Los ingredientes limpios, la fabricación responsable y la producción de energía duradera para 40 años hacen de los paneles SunPower Maxeon la opción más sostenible del sector de la energía solar.



La garantía más larga del sector

Los paneles SunPower Maxeon están cubiertos por una garantía de 40 años¹ respaldada por exhaustivas pruebas de terceros y datos de campo de más de 33 millones de paneles desplegados en todo el mundo.

Cobertura de producto y de potencia	40 años
Salida mínima garantizada año 1	98,0%
Degradación máxima anual	0,25%



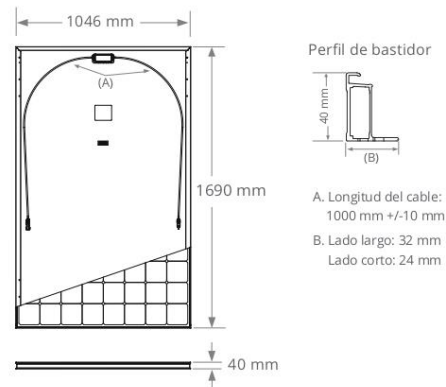
Más información sobre SPR-MAX3-XXX
sunpower.maxeon.com

MAXEON 3 POTENCIA: 390–400 W | EFICIENCIA: Hasta un 22,6%

Datos eléctricos			
	SPR-MAX3-400	SPR-MAX3-395	SPR-MAX3-390
Potencia nominal (P _{nom}) ²	400 W	395 W	390 W
Tolerancia de potencia	+5/0%	+5/0%	+5/0%
Eficiencia de los paneles	22,6%	22,3%	22,1%
Tensión nominal (V _{mpp})	65,8 V	65,4 V	65,0 V
Intensidad nominal (I _{mpp})	6,08 A	6,04 A	6,00 A
Tensión de circuito abierto (V _{oc}) (+/-3)	75,6 V	75,6 V	75,5 V
Intensidad de cortocircuito (I _{sc}) (+/-3)	6,58 A	6,57 A	6,56 A
Máx. tensión del sistema	1000 V IEC		
Fusible de serie máxima	20 A		
Coef. potencia-temperatura	-0,27% / °C		
Coef. tensión-temperatura	-0,236% / °C		
Coef. intensidad-temperatura	0,058% / °C		

Condiciones de funcionamiento y datos mecánicos	
Temperatura	-40°C a +85°C
Resistencia a impactos	Granizo de 25 mm de diámetro a 23 m/s
Células solares	104 Maxeon Gen 3 monocristalino
Cristal templado	Templado antirreflectante de alta transmisión
Caja de conexión	IP-68, Stäubli (MC4), 3 diodos de derivación
Peso	19 kg
Máx. carga ⁶	Viento: 2400 Pa, 244 kg/m ² en cara frontal y posterior Nieve: 5400 Pa, 550 kg/m ² en cara frontal
Bastidor	Anodizado negro de clase 1 (máxima calificación AAMA)

Garantías, certificaciones y conformida	
Pruebas estándar ³	IEC 61215, IEC 61730
Certificados de gestión de calidad	ISO 9001:2015, ISO 14001:2015
Prueba de amoníaco	IEC 62716
Prueba de soplado de arena	IEC 60068-2-68, MIL-STD-810G
Prueba de niebla salina	IEC 61701 (máxima severidad)
Prueba PID	1000 V: IEC 62804
Normas disponibles	TUV
Etiqueta Declare IFLI	Primer panel solar con etiquetado para la transparencia de ingredientes y el cumplimiento de LBC. ⁴
Cradle to Cradle Certified™ Bronze.	Primera línea de paneles solares con certificado por la salud de los materiales, administración del agua, reutilización de materiales, uso de energía renovable y manejo de carbono y justicia social. ⁵
Contribución a la certificación del Green Building Council	Los paneles pueden aportar puntos adicionales para la obtención de las certificaciones LEED y BREEAM.
Conformidad con EHS	RoHS (pendiente), OHSAS 18001:2007, sin plomo, REACH SVHC-163 (pendiente)



Lea las instrucciones de seguridad e instalación. Visite www.sunpower.maxeon.com/int/PV/InstallGuide/IEC. La versión en papel se puede solicitar a través de soportetecnico@maxeon.com.

1 La garantía de 40 años no está disponible en todos los países ni para todas las instalaciones y requiere registro; de lo contrario, se aplica nuestra garantía de 25 años.
 2 Condiciones de prueba estándar (irradiancia de 1000 W/m², AM 1,5, 25 °C). Estándar de calibración de NREL: intensidad según SOMS, tensión según LACCS FF.
 3. Calificación antincendios de clase C según IEC 61730.
 4 Los paneles Maxeon DC fueron los primeros en recibir la etiqueta Declare del International Living Future Institute en 2016.
 5 Los paneles SunPower Maxeon DC cuentan con la certificación Cradle to Cradle Certified™ Bronze - www.c2ccertified.org/products/scorecard/e-series_x-series_solar_panels_-_sunpower_corporation.
 Cradle to Cradle Certified™ es una marca de certificación con licencia del Cradle to Cradle Products Innovation Institute.
 6 Factor de seguridad 1.5 incluido.

Fabricado en Filipinas (células)
 Montado en México (módulos)
 Las especificaciones incluidas en esta ficha técnica están sujetas a cambios sin previo aviso.
 ©2022 Maxeon Solar Technologies. Todos los derechos reservados.
 Consulte la información sobre la garantía, patentes y marcas comerciales en maxeon.com/legal.

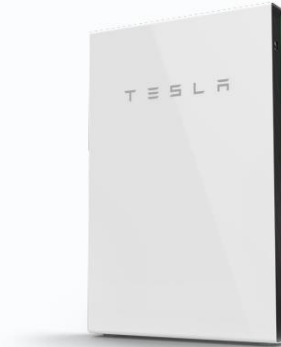
SUNPOWER
 FROM MAXEON SOLAR TECHNOLOGIES

544451 REV A / A4_ES
 Fecha de publicación: Marzo 2022

POWERWALL

Tesla Powerwall is a fully-integrated AC battery system for residential or light commercial use. Its rechargeable lithium-ion battery pack provides energy storage for solar self-consumption and time-based control.

Powerwall's electrical interface provides a simple connection to any home or building. Its revolutionary compact design achieves market-leading energy density and is easy to install, enabling owners to quickly realise the benefits of reliable, clean power.



PERFORMANCE SPECIFICATIONS

AC Voltage (Nominal)	230 V
Feed-In Type	Single Phase
Grid Frequency	50 Hz
Usable Energy ¹	13.5 kWh
Grid Standards (UK)	G98 / G99 / G100
Real Power, max continuous	3.68 kW / 5 kW (charge and discharge)
Apparent Power, max continuous	3.68 kVA / 5 kVA (charge and discharge)
Power Factor Output Range	+/- 1.0 adjustable
Power Factor Range (full-rated power)	+/- 0.85
Internal Battery DC Voltage	50 V
Round Trip Efficiency ^{1,2}	90%
Warranty	10 years

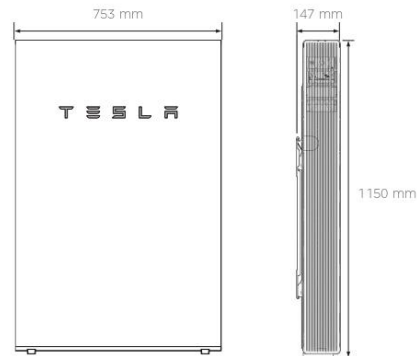
¹Values provided for 25°C, 3.3 kW charge/discharge power.

²AC to battery to AC, at beginning of life.

MECHANICAL SPECIFICATIONS

Dimensions ²	1150 mm x 753 mm x 147 mm
Weight	114 kg
Mounting options	Floor or wall mount

²Dimensions and weight differ slightly if manufactured before March 2019. Contact Tesla for additional information.



COMPLIANCE INFORMATION

Certifications	IEC 62109-1, IEC 62109-2, IEC 62619, UN 38.3
Grid Connection	Worldwide Compatibility
Emissions	IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-3
Environmental	RoHS Directive 2011/65/EU, WEEE Directive 2012/19/EU, Battery Directive 2006/66/EC, REACH Regulation
Seismic	AC156, IEEE 693-2005 (high)

ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS

Operating Temperature	-20°C to 50°C
Optimum Temperature	0°C to 30°C
Operating Humidity (RH)	Up to 100%, condensing
Maximum Elevation	3000 m
Environment	Indoor and outdoor rated
Ingress Rating	IP67 (Battery & Power Electronics) IP56 (Wiring Compartment)
Noise Level @ 1m	< 40 dBA at 30°C

74 Tarifa Bomba de Calor

Bomba de calor aire - agua monobloc Brisa MX HT R-290

6 - 27 kW (Cascada hasta 189kW)

La nueva gama de bombas de calor inverter Brisa MX HT se adapta a las necesidades de rehabilitación como nueva edificación. Cuentan con un mejor rendimiento y dimensiones más reducidas.

El nuevo diseño con refrigerante natural R-290 permite alcanzar hasta 75°C de impulsión. No necesita conexión frigorífica, ya que la unidad exterior incorpora el circuito frigorífico y el circuito hidráulico.

La nueva gama cuenta con potencias de 6-27 kW, pudiendo ponerse en cascada hasta 7 unidades con el controlador remoto opcional multifunción táctil Hi T. Esto permite un rango de potencias hasta los 189kW que permiten adaptarse a diferentes demandas.



¡NOVEDAD!

COP
4,94

GAS REFRIGERANTE ECOLOGICO
R290

ALTA TEMPERATURA



-  Frio, Calor y ACS con un sólo equipo.
-  **DC** Bomba de circulación DC.
-  Modo fotovoltaico (doble setpoint FRÍO / CALOR).
-  **A+++** Clase energética A+++ con aplicación a baja temperatura 35°C.
-  Ventilador Axial DC Inverter.
-  Sensor temperatura y humedad con control (Hi T).
-  Posibilidad de conexión hasta 7 bombas de calor en cascada.
-  Sonda exterior y de ACS.
-  Función modo bivalente, que permite la combinación con un sistema de apoyo adicional.
-  **DC** Rotativo DC Inverter.
-  **R290** Refrigerante R290.
-  Funcionamiento con temperaturas exteriores desde -20°C a 45°C.
-  Funcionamiento silencioso.
-  Control remoto digital i-CR.
-  Temperatura de impulsión mínima de 7°C y máxima de 75°C.
-  Desaireador.
-  Válvula seguridad (6 bar).

DATOS TÉCNICOS Brisa MX HT R290

Tipo	Potencia térmica	Cons. eléctrico	EER	Potencia térmica	Cons. eléctrico	EER	Potencia térmica	Cons. eléctrico	COP*	Clase energética	Caudal nominal Calefacción l/h	Peso en ejercicio Kg	Dimensiones Medidas (ancho / alto / fondo)	Conex. hidráulic.	Aliment.	Potencia sonora dB **
	Frio a 7°C, salto térmico de 5°C y temperatura exterior de 35°C según EN14511-123	Cons. eléctrico	EER	Frio a 18°C, salto térmico 5°C y temperatura exterior de 35°C según EN14511-123	Cons. eléctrico	EER	Calefacción a 35°C, salto térmico de 5°C y temperatura exterior de 7°C según EN14511-123	COP*								
6M	5,43 kW	1,95 kW	2,79	5,62 kW	1,25 kW	4,48	6,24 kW	1,31 kW	4,76	A+++	936	103 Kg	1.100x875x486 mm	1" M	230V	28 dB
9M	8,57 kW	2,77 kW	3,09	9,15 kW	1,93 kW	4,75	9,69 kW	2,05 kW	4,72	A+++	1.440	105 Kg		1" M	230V	29 dB
12M	10,67 kW	3,75 kW	2,85	12,57 kW	2,83 kW	4,44	12,6 kW	2,61 kW	4,83	A+++	1.764	156 Kg	1.100x1.447x486 mm	1" M	230 V	31 dB
15T	12,41 kW	3,71 kW	3,35	12,41 kW	3,71 kW	5,37	16,33 kW	3,3 kW	4,94	A+++	2.052	174 Kg		1" M	400 V	33 dB
18T	13,75 kW	4,34 kW	3,16	13,75 kW	4,34 kW	5,18	18,72 kW	4,05 kW	4,62	A+++	2.376	174 Kg	1.610x1.270x710 mm	1" M	400 V	33 dB
21T	17,4 kW	5,26 kW	3,31	19,6 kW	4,02 kW	4,88	21 kW	4,3 kW	4,87	A+++	2.124	254 Kg		400 V	64 dB	
23T	18,9 kW	5,9 kW	3,21	21 kW	4,4 kW	4,79	22,8 kW	4,8 kW	4,77	A+++	2.340	254 Kg	400 V	64 dB		
25T	19,8 kW	6,2 kW	3,20	25,3 kW	5,3 kW	4,76	24,8 kW	5,4 kW	4,62	A+++	2.484	264 Kg	400 V	65 dB		
27T	22,3 kW	7,2 kW	3,10	27,9 kW	6,4 kW	4,34	27 kW	6,2 kW	4,35	A+++	2.844	264 Kg	400 V	66 dB		

* En condiciones 7°C/35°C según UNE 14511- Certificación Eurovent.
 ** Potencia sonora 10m según EN ISO 3744:2010

Brisa MX HT R290

MODELO	Brisa HX HT 6M	Brisa MX HT 9M	Brisa MX HT 12M	Brisa MX HT 15T	Brisa MX HT 18T	Brisa MX HT 21T	Brisa MX HT 23T	Brisa MX HT 25T	Brisa MX HT 27T
POTENCIA	230V			400V					
Brisa MX HT	15 00 03 00	15 00 03 01	15 00 03 02	15 00 03 03	15 00 03 04	15 00 03 05	15 00 03 06	15 00 03 07	15 00 03 08
PRECIO	9.084,00 €	9.813,00 €	12.209,00 €	13.146,00 €	13.875,00 €	21.062,00 €	21.374,00 €	22.833,00 €	23.249,00 €



FICHA TÉCNICA

abora aH72SK



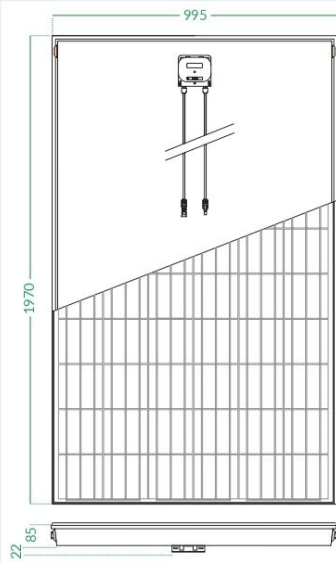


Panel solar híbrido con producción simultánea térmica y fotovoltaica



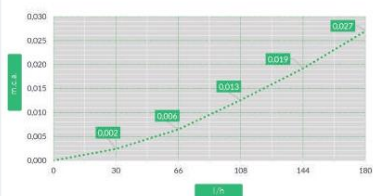
* Todos los porcentajes de producción están condicionados al rango de Tª de trabajo de la instalación.

Dimensiones



Pérdida de carga

Caída de presión: Tª max: 20,13 °C / Tª min: 19,39 °C



Especificaciones Generales

Largo x Ancho x Espesor	1.970 x 995 x (85+22) mm
Área Total	1,96m ²
Área de Apertura	1,88 m ²
Nº células	72
Peso	50 kg.
Vidrio Frontal	3,2 mm. templado
Marco	Aluminio
Protección Caja de Conex.	IP65
Nº Diodos	3 diodos
Dimensiones de célula	156 x 156
Tipo de conexión FV / Longitud cables	Solarlok PV4 / 1m

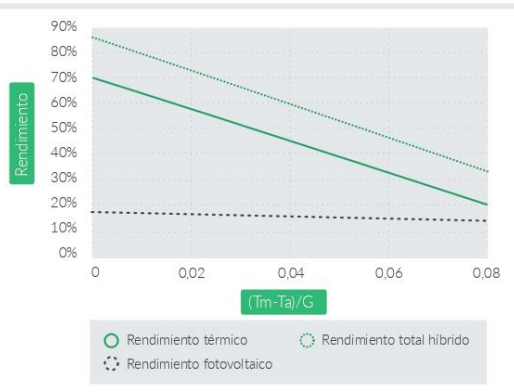
Especificaciones Eléctricas

Condiciones de prueba estándar STC: AM 1.5, Irradiación 1000 W/m², temperatura de la célula 25 °C.

Tipo de célula	Mono-cristalina
Potencia Nominal (W)	350 W
Tensión Máxima Potencia (Vmpp)	39,86 V
Corriente Máxima Potencia (Impp)	8,76 A
Tensión Circuito Abierto (Voc)	48,61 V
Corriente Cortocircuito (Isc)	9,16 A
Eficiencia del módulo (%)	17,8
Tolerancia de Potencia (W)	+/- 4%
Tensión Máxima del Sistema	DC 1000 V (IEC)
Backsheet	Negro
Coefficiente de temperatura de Pmpp	-0,36%/°C
Coefficiente de temperatura de Voc	-0,28%/°C
Coefficiente de temperatura de Isc	+0,06%/°C
Corriente inversa máxima	15A
Temperatura NOCT*	45+/-2 °C

Especificaciones Térmicas

Rendimiento óptico	0,7
Coef. Pérdidas Térmicas,a1	5,98 W/m ² .K
Coef. Pérdidas Térmicas,a2	0,00 W/m ² .K ²
Volumen líquido interior	1,78 L
Temperatura de estancamiento	126°C
Num. Conexiones hidráulicas	4 conexiones
Medida Conexión hidráulica	Conexionado rápido
Presión máxima admisible	10 bar
Caudal nominal	60 L/h



ANEXO IV

Este anexo contiene los presupuestos recibidos por parte de los fabricantes o instaladores para cada uno de los sistemas estudiados en el proyecto. Además incluye las tablas de presupuesto desglosadas sobre los casos estudiados.

PRESUPUESTO:

INST. GEOTÉRMICA TERRA iPUMP T 2-8kW

PARA LA PRODUCCIÓN DE

ACS, CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN



ENERTRES, ENERGÍAS RENOVABLES SL
Escalera Redondela - Peinador 49 (Pontevedra). Tfno: 986 288 377

PRESUPUESTO Nº GEO

INSTALACIÓN GEOTERMICA				
REF.	DESCRIPCIÓN	Ud	PVP	IMPORTE
IDM196109	<p>BOMBA DE CALOR GEOTERMICA: Clase energética A+++ IDM MODELO iPUMP TERRA 2-8KW CON PROCESO REVERSIBLE (230V), COP=4,71 Potencia calorífica (nominal-maxima) = 4,1-7,85 kW Consumo eléctrico (nominal) = 0,87 KW. CALEFACCIÓN Y A.C.S. Clase energética A+++. 3 años de Garantía total (Mano de obra, piezas y desplazamiento). 6 años de Garantía compresor. Conexión hasta 5 bombas de calor en cascada de serie. Gestión fotovoltaica integrada y solar térmica opcional. Control suelo radiante por estancia. Bomba de circulación DC 15/1-9 y bomba de pozos DC 15/1-9 DC Arrancador suave. Control 1 circuito con mezcladora y 1 circuito directo. Tarjeta SD para registro de datos. Refrigerante R410A libre de CFC. Acumulador de ACS de 200 l. incorporado. Hasta 315 l. de ACS a 40°C en una descarga. Vaso de expansión de 10L en lado captación. Sonda 1º exterior y de ACS incluida. Reducido espacio de instalación (huella de 0,45 m2). Contador de energía térmica. Conexión Ethernet Modbus. COMPRESOR DC INVERTER Sello de calidad de la EHPA. Compatible con sistemas Smart Grid Módulo de gestión remoto y mantenimiento vía MyIDM NAVIGATOR 2.0 con pantalla táctil de 7" Smart Web, que permite un control remoto por el servicio técnico App para control total del sistema (válido para iOS y Android) KNX Protocolo KNX (opcional). Temperatura máxima de impulsión 62°C</p>	1	12.727,05 €	12.727,05 €
IDM191864	Separador de aire 1"	1	131,84 €	131,84 €
IDM191871	Separador de lodos magnético 1"	1	197,20 €	197,20 €
IDM15060210	Kit de seguridad calefacción	1	131,10 €	131,10 €
17202201	<p>DEPÓSITO INERCIA CALOR/FRÍO 100L Modelo Enertrés DPI-100M F Fabricado al acero al carbono Medidas: 953/520 Peso: 45 kg 5 años de garantía</p>	1	739,80 €	739,80 €
IDM503277	Sonda de inmersión PT1000	2	22,81 €	45,61 €



ENERTRÉS, ENERGÍAS RENOVABLES SL
 Escalera Redondela - Peinador 49 (Pontevedra). Tfno: 986 288 377

IDM191152	Sonda de contacto para circuito con mezcladora	1	33,15 €	33,15 €
17100601	GRUPO MODULAR DE IMPULSION DN20 (VARIABLE) Conexiones superiores con rosca hembra 3/4". Llaves de esfera con termómetro incorporado. Carcasa de diseño, con funcionalidad optimizada de EPP dilatible. Fácil acceso al cabezal de la bomba. Incluye válvula antirretorno. Tuberías de agua fabricadas en latón. Conexiones inferiores con rosca macho 1 1/2" de junta plana. Impulsión a la derecha (bajo pedido posibilidad de suministrar la bomba situada a la izquierda). Incluye válvula mezcladora. Bombas circuladoras: Grundfos ALPHA 1L Hybrid 25/60 (Clase A) de alta eficiencia.	1	498,62 €	498,62 €
17101000	KIT PARA 1 GRUPO SIN COLECTOR	1	45,90 €	45,90 €
IDM16090002	Puesta en marcha iPump	1	306,00 €	306,00 €



ENERTRES, ENERGÍAS RENOVABLES SL
Escalesa Redondela - Peinador 49 (Pontevedra). Tfno: 986 288 377

INSTALACION GEOTERMICA				
REF.	DESCRIPCIÓN	Ud	PVP	IMPORTE
28000112	Sonda de captación geotérmica doble "U" 32*2,9 de 125m	1	1.806,74 €	1.806,74 €
28050401	Contrapeso de 25 kg para sondas geotérmicas	1	483,08 €	483,08 €
28050410	Adaptador para la colocación de contrapesos en sondas de 32	1	22,53 €	22,53 €
28030012	Tubo de Inyección 32*2,0 de 125 metros	1	272,37 €	272,37 €
28051101	Manguito de unión electrosoldable d32	4	6,68 €	26,72 €
28050000	Conexión en "Y" 32-32-40	2	32,95 €	65,91 €
28051112	Codo 90° d40	4	22,87 €	91,49 €
28030210	Tubería de alta densidad PE-100 16 AT SDR11 40*3,7 de 100 metros	1	404,63 €	404,63 €
28011002	Colector Geotérmico diámetro 93.2 vías con reguladores de caudal conexión 40	1	1.117,75 €	1.117,75 €
28050910	Anticongelante (litro) Composición basada en propilenglicol. Biodegradable. No tóxico	150	7,23 €	1.083,75 €
IDM196911	Kit de seguridad llenado/vaciado de pozos	1	314,16 €	314,16 €
28031320	PERFORACION GEOTÉRMICA VERTICAL CON RELLENO BENTONITICO. Sistema de captación geotérmica de tipo vertical que incluye todo lo necesario para el correcto funcionamiento de la instalación geotérmica. Incluyendo los siguientes elementos: Sonda vertical de captación geotérmica doble "U" de polietileno alta densidad de tipo RC (Resistance crack) de 16 atmósferas y 32mm de diámetro marca Rehau o Ferroplast, contrapesos, tubo de inyección de bentonita, incluyendo la perforación de barrena vertical de 140 mm de diámetro, y relleno del pozo con material altamente conductivo a base de Arena, cemento y Bentonita. TODO ELLO REALIZADO SIGUIENDO LOS ESTRICTOS CRITERIOS DEL SELLO DE CALIDAD ACLUXEGA	125	32,00 €	4.000,00 €
Acc_reg	Conjunto de accesorios para la perfecta regulación y control de la instalación compuesta tubos, llaves, manguitos, tes, valvulas y pequeño material.	1	1.105,00 €	1.105,00 €
MO_st	Mano de obra.	50	34,00 €	1.700,00 €
TOTAL NETO PRESUPUESTO				27.350,39 €
Posibilidad de subvención				
TOTAL NETO PRESUPUESTO (Incluyendo subvención)				27.350,39 €

NOTA IMPORTANTE:

El presupuesto tiene carácter orientativo.

En caso de estar interesado se le pondrá en contacto con el instalador Enertrés más cercano.

Oferta válida durante 15 días desde su emisión o cambio de tarifa por parte del fabricante.

IVA no incluido



ENERTRÉS, ENERGÍAS RENOVABLES SL
Escalera Redondela - Peinador 49 (Pontevedra). Tfno: 986 288 377

PRESUPUESTO:

INST. AEROTÉRMICA BRISA MX HT 9M

PARA LA PRODUCCIÓN DE

ACS, CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN



ENERTRES, ENERGÍAS RENOVABLES SL
Escalera Redondela - Peinador 49 (Pontevedra). Tfno: 986 288 377

PRESUPUESTO N°_AERO

INSTALACIÓN AEROTÉRMICA				
REF.	DESCRIPCIÓN	Ud	PVP	IMPORTE
15000311	<p>Bomba de calor aire/agua monobloc Brisa HYDROFULL MX HT 9M de alta temperatura con unidad interior hidráulica</p> <p>Bomba de calor Enertres Brisa MX HT 9M monofásica. Bomba de calor monoblock exterior aire-agua con tecnología inverter que se adapta a cualquier necesidad de frío, calor o ACS de forma eficiente y respetuosa. Fácil instalación</p> <p>Clase energética A+++.</p> <p>Funcionamiento con temperaturas exteriores desde -20°C hasta 45°C.</p> <p>Temperatura de impulsión mínima de 7°C y máxima de 75°C.</p> <p>Control de doble set point. Permite el control de una segunda válvula desviadora para evitar condensaciones en suelo refrescante y proporcionar frío por ventiloconvectores.</p> <p>Control en cascada de hasta 7 equipos</p> <p>Potencia térmica nominal de 9,69 kW y consumo eléctrico nominal de 2,05 kW a 7°C/35°C y C.O.P. 4,72 según norma EN 14511.</p> <p>Potencia frigorífica nominal 9,15 kW y un consumo eléctrico nominal de 1,93 kW a 35°C/18°C y E.E.R 4,75 según norma EN 14511.</p> <p>Las dimensiones de la bomba de calor son 1105 mm de ancho, 870 mm de alto y 490 mm de profundidad.</p> <p>Presión sonora 60 dB según norma UNE EN ISO 9614</p> <p>La unidad interior se compone de:</p> <p>Depósito ACS Inox de 150 litros con purgador</p> <p>Depósito de inercia de 20 litros</p> <p>Compensador hidráulico, manómetro...</p> <p>Bomba de circulación DC para circuito de calefacción</p> <p>Válvula de 3 vías de prioridad de ACS, válvula termostática de ACS</p> <p>Carcasa con puertas de acceso color blanco</p> <p>Resistencia eléctrica y vaso de expansión calefacción 20 litros opcionales.</p>	1	15.771,75 €	15.771,75 €
15000108	<p>Control remoto digital (ICR)</p> <p>Función cronotermostato frío/calor. Monitorización e incluye sensores de control de temperatura en instalaciones de suelo radiante refrescante con sistema de deshumidificación. Cambio frío/calor automático o manual.</p>	1	330,00 €	330,00 €



INSTALACIÓN AEROTÉRMICA				
REF.	DESCRIPCIÓN	Ud	PVP	IMPORTE
Acc_reg	Conjunto de accesorios para la perfecta regulación y control de la instalación compuesta tubos, llaves, manguitos, tes, valvulas y pequeño material.	1	1.300,00 €	1.300,00 €
MO_st	Mano de obra.	35	40,00 €	1.400,00 €
TOTAL NETO PRESUPUESTO				18.801,75 €

Posibilidad de subvención	
TOTAL NETO PRESUPUESTO (Incluyendo subvención)	18.801,75 €

NOTA IMPORTANTE:

El presupuesto tiene carácter orientativo.

En caso de estar interesado se le pondrá en contacto con el instalador Enertres más cercano.

Oferta válida durante 15 días desde su emisión o cambio de tarifa por parte del fabricante.

IVA no incluido



ENERTRES, ENERGÍAS RENOVABLES SL
Escalera Redondela - Peinador 49 (Pontevedra). Tfno: 986 288 377

Sistema	Aparato	Modelo	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Geotermia	Bomba de calor	IDEM MODELO iPUMP TERRA	12.727,05 €	1	12.727,05 €
	Separador de aire	IDM191864	131,84 €	1	131,84 €
	Separador de lodos	IDM191871	197,20 €	1	197,20 €
	Kit de seguridad calefacción	IDM15060210	131,10 €	1	131,10 €
	Depósito inercia calor/frío 110 L	DPI-100M F	739,80 €	1	739,80 €
	Sonda de inmersión	PT1000	22,81 €	2	45,62 €
	Sonda de contacto para circuito con mezzcladora	IDM191152	33,15 €	1	33,15 €
	Grupo modular de impulsión	DN20	498,62 €	1	498,62 €
	Kit para 1 grupo sin colector		45,90 €	1	45,90 €
	Puesta en marcha iPump		306,00 €	1	306,00 €
	Sonda de captación geotérmica doble	U 32*2,9 de 125m	1.806,74 €	1	1.806,74 €
	Contrapeso	25kg	483,08 €	1	483,08 €
	Adaptador		22,53 €	1	22,53 €
	Tubo de Inyección	32*2,9 de 125m	272,37 €	1	272,37 €
	Manguito de unión	d32	6,68 €	4	26,72 €
	Conexión en Y	32-32-40	32,95 €	2	65,90 €
	Codo 90°	d40	22,87 €	4	91,48 €
	Tubería de alta densidad	PE-100 16 AT SRD11	404,63 €	1	404,63 €
	Colector geotérmico	d93, 2 vías, conexión 40	1.117,75 €	1	1.117,75 €
	Anticongelante	(litros)	7,23 €	150	1.084,50 €

	Kit de seguridad llenado/vaciado de pozos		314,16 €	1	314,16 €
	Perforación geotérmica vertical		32,00 €	125	4.000,00 €
	Conjunto de accesorios		1.105,00 €	1	1.105,00 €
Fotovoltaica	Panel solar fotovoltaico	SPR-MAX3-395	328,00 €	25	8.200,00 €
	Batería	Powerwall	7.200,00 €	1	7.200,00 €
	Inversor Híbrido	Growatt MIN 5000TL-XH	779,24 €	3	2.337,72 €
	Brackets	TS-L5000	45,11 €	1	45,11 €
	Cables Batería-Inversor	TS-L5000/LV	72,52 €	1	72,52 €
	Estructura coplanar	Estructura Coplanar Salvatejas Falcat	132,17 €	5	660,85 €
	Rollo Cable Unifilar (rojo)	H1Z2Z2-K	78,73 €	1	78,73 €
	Rollo Cable Unifilar (negro)	H1Z2Z2-K	78,73 €	1	78,73 €
	Conectores	weidmuller PvsTICK	7,25 €	2	14,50 €
	Total				

Tabla 51 Presupuesto completo de geotermia y fotovoltaica

Sistema	Aparato	Modelo	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Aerotermia	Bomba de calor	Brisa HYDROFULL MX HT 9M	15.771,75 €	1	15.771,75 €
	Control remoto digital	ICR	330,00 €	1	330,00 €
	Accesorios para la instalación	Tubos, llaves, manguitos, válvulas	1.300,00 €	1	1.300,00 €
Fotovoltaica	Panel solar fotovoltaico	SPR-MAX3-395	328,00 €	25	8.200,00 €
	Batería	Powerwall	7.200,00 €	1	7.200,00 €
	Inversor Híbrido	Growatt MIN 5000TL-XH	779,24 €	3	2.337,72 €
	Brackets	TS-L5000	45,11 €	1	45,11 €
	Cables Batería-Inversor	TS-L5000/LV	72,52 €	1	72,52 €
	Estructura coplanar	Estructura 5 Paneles Coplanar Salvatejas Falcat	132,17 €	5	660,85 €
	Rollo Cable Unifilar (rojo)	H1Z2Z2-K	78,73 €	1	78,73 €
	Rollo Cable Unifilar (negro)	H1Z2Z2-K	78,73 €	1	78,73 €
	Conectores	Weidmuller PvsTICK	7,25 €	2	14,50 €
	Total				

Tabla 52 Presupuesto completo aerotermia y fotovoltaica

ANEXO V

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Producción eléctrica (kWh)		10637,63	10611,04	10584,51	10558,05	10531,66	10505,33	10479,06	10452,87	10426,73	10400,67	10374,66	10348,73	10322,86
Producción térmica (kWh)		33466,71	33383,05	33299,59	33216,34	33133,30	33050,47	32967,84	32885,42	32803,21	32721,20	32639,39	32557,80	32476,40
Consumo anual eléctrico (kWh)		9830,48	9830,48	9830,48	9830,48	9830,48	9830,48	9830,48	9830,48	9830,48	9830,48	9830,48	9830,48	9830,48
Consumo anual ACS, calefacción (kWh)		19689,59	19689,59	19689,59	19689,59	19689,59	19689,59	19689,59	19689,59	19689,59	19689,59	19689,59	19689,59	19689,59
Venta a la red (kWh)		807,15	780,56	754,03	727,57	701,17	674,84	648,58	622,38	596,25	570,18	544,18	518,25	492,37

Año	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Producción eléctrica (kWh)	10297,05	10271,31	10245,63	10220,01	10194,46	10168,98	10143,56	10118,20	10092,90	10067,67	10042,50	10017,39
Producción térmica (kWh)	32395,21	32314,22	32233,44	32152,85	32072,47	31992,29	31912,31	31832,53	31752,95	31673,57	31594,38	31515,40
Consumo anual eléctrico (kWh)	9830,48	9830,48	9830,48	9830,48	9830,48	9830,48	9830,48	9830,48	9830,48	9830,48	9830,48	9830,48
Consumo anual ACS, calefacción (kWh)	19689,59	19689,59	19689,59	19689,59	19689,59	19689,59	19689,59	19689,59	19689,59	19689,59	19689,59	19689,59
Venta a la red (kWh)	466,57	440,82	415,15	389,53	363,98	338,50	313,07	287,71	262,42	237,19	212,02	186,91

Tabla 53 Suministro y demanda anual