



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO DE VIVIENDAS Y AHORRO CON ENERGÍAS RENOVABLES

Autor: Clara Castillo Arróspide

Director: Luis Javier Mata García

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título Eficiencia energética de un edificio de viviendas y ahorro con energías renovables en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2021/2022 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.: Clara Castillo Arróspide

Fecha: 31 / 08 / 2022



Autorizada la entrega del proyecto
EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Luis Javier Mata García

Fecha: 05 / 09 / 2022



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO DE
VIVIENDAS Y AHORRO CON ENERGÍAS
RENOVABLES

Autor: Clara Castillo Arróspide

Director: Luis Javier Mata García

Madrid

EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO DE VIVIENDAS Y AHORRO CON ENERGÍAS RENOVABLES

Autor: Castillo Arróspide, Clara

Director: Mata García, Luis Javier

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en el estudio de una instalación térmica y fotovoltaica para el ahorro de agua caliente sanitaria y del consumo de energía del edificio. El objetivo es buscar una mejora de la eficiencia energética a través de energías renovables.

Palabras clave: energía solar térmica, energía solar fotovoltaica, ACS, demanda, eficiencia energética.

1. Introducción

Hoy en día, vivimos en una sociedad en la que cada vez estamos más concienciados de la necesidad que tenemos de cuidar el medio ambiente y la obligación de buscar nuevas alternativas. Según el Tribunal de Cuentas Europeo, el suministro y consumo de la energía produce el 79% de las emisiones de gases de efecto invernadero de la UE. [1]

Como respuesta a esta situación, se ha desarrollado este proyecto. El proyecto pretende mejorar un edificio de viviendas en Madrid mediante la implantación de energía solar térmica y fotovoltaica como alternativa para abastecer parte de las necesidades térmicas y energéticas del edificio. Se va a diseñar una instalación térmica que suministre el 60% de ACS (agua caliente sanitaria) y una instalación fotovoltaica que contribuya al 70% de los usos comunes a través de la energía solar.

2. Objetivos del proyecto

Los principales objetivos de este proyecto son:

- Producir un ahorro energético relativo al Agua Caliente Sanitaria con la instalación térmica
- Producir un ahorro energético relativo al consumo de los usos comunes del edificio con la instalación fotovoltaica

Como consecuencia de la búsqueda de estos dos objetivos relativos al ahorro energético, se persigue dos objetivos:

1. Beneficio medioambiental. Al reducir al máximo el uso de combustibles fósiles, contribuimos a frenar el cambio climático reduciendo las emisiones de gases contaminantes y el efecto invernadero.
2. Beneficio económico. El objetivo es que este sistema pueda ser rentable a largo plazo, tras suponer una importante inversión inicial y costes de mantenimiento

posteriores. Para demostrar que esta inversión será rentable a lo largo del tiempo, se realizará un estudio de viabilidad económica.

3. Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se ha trabajado en paralelo la instalación solar térmica y la instalación fotovoltaica. En primer lugar, se ha empezado por analizar los distintos sistemas existentes y los componentes de cada uno de ellos, tanto de la instalación fotovoltaica como térmica.

Instalación térmica:

Ha sido necesario realizar un estudio de la demanda energética de ACS, teniendo en cuenta el emplazamiento, la zona climática, el número de viviendas y las exigencias que impone el IDAE. Según los mínimos exigidos, para la demanda energética de ACS era necesario cubrir como mínimo el 60% de la demanda.

Más adelante, se ha realizado los cálculos de la instalación, se ha necesitado utilizar el programa Excel y se ha seguido la herramienta de cálculo f-Chart. Con esta herramienta se simplifica el dimensionamiento del número de colectores necesarios a partir de la demanda energética mensual.

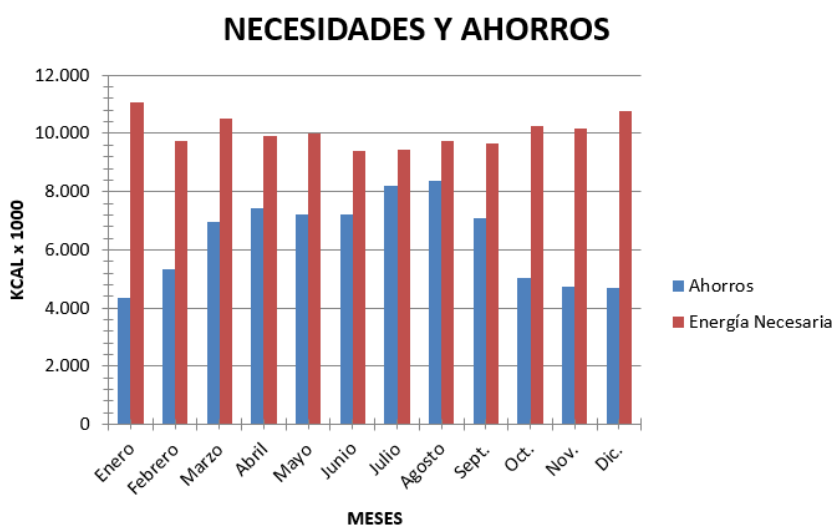


Figura 1. Necesidades y ahorros de la instalación térmica

Instalación fotovoltaica:

Se ha calculado los consumos de los usos comunes a través de las facturas mensuales del bloque de viviendas. La instalación debe cubrir al menos el 75% de los consumos mensuales.

Para el dimensionamiento de esta instalación también se ha utilizado el programa Excel para seleccionar el módulo y el inversor que cumplan todos los requisitos y que lleguen a producir el 75% de la demanda.

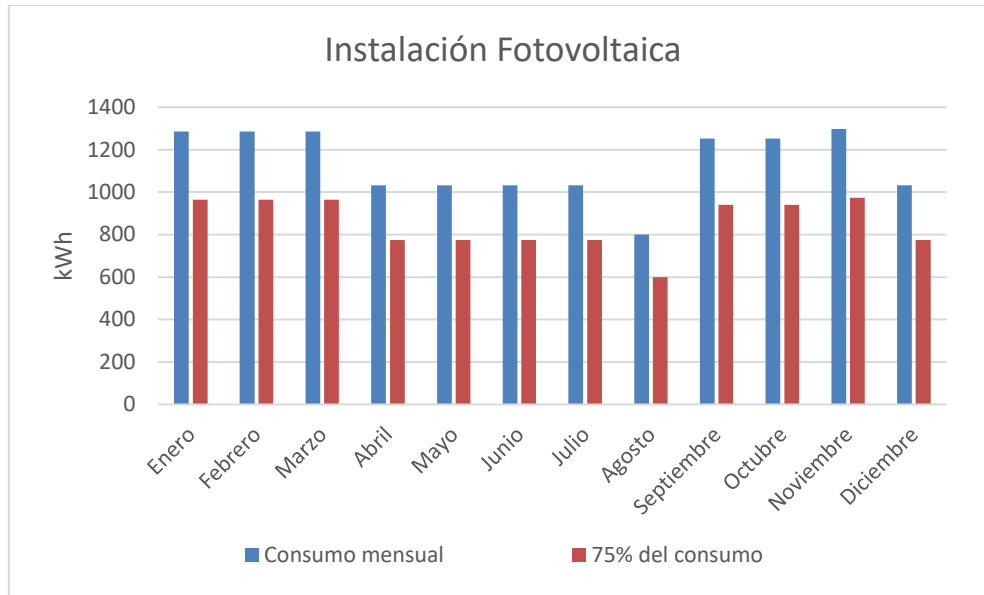


Figura 2. Consumos de la instalación fotovoltaica

En ambas instalaciones, a partir de los cálculos necesarios, se elegirán los diferentes elementos de la instalación.

Por último, se realiza un estudio de viabilidad económica para ver su rentabilidad y si se cumplen los objetivos del proyecto.

4. Descripción del sistema

Después del dimensionado del sistema de la **instalación térmica**, se establece que, para cubrir el mínimo de demanda establecido, es necesario instalar 50 colectores, es decir tener una superficie de captación de 118,5 m². Para la disposición de los colectores se debe tener en cuenta la orientación y la inclinación, además de las sombras. La disposición de nuestros colectores será 2 baterías de 5 en serie, es decir, un total de 10 colectores. Y esta disposición se repetirá 5 veces hasta formar un total de 50 captadores. El sistema térmico requiere la instalación de un depósito de acumulación además de, la instalación de dos bombas en paralelo. La conexión entre los colectores y el depósito se realiza a través de unas tuberías de cobre de distintos diámetros y con un aislamiento para mejorar el rendimiento del sistema.

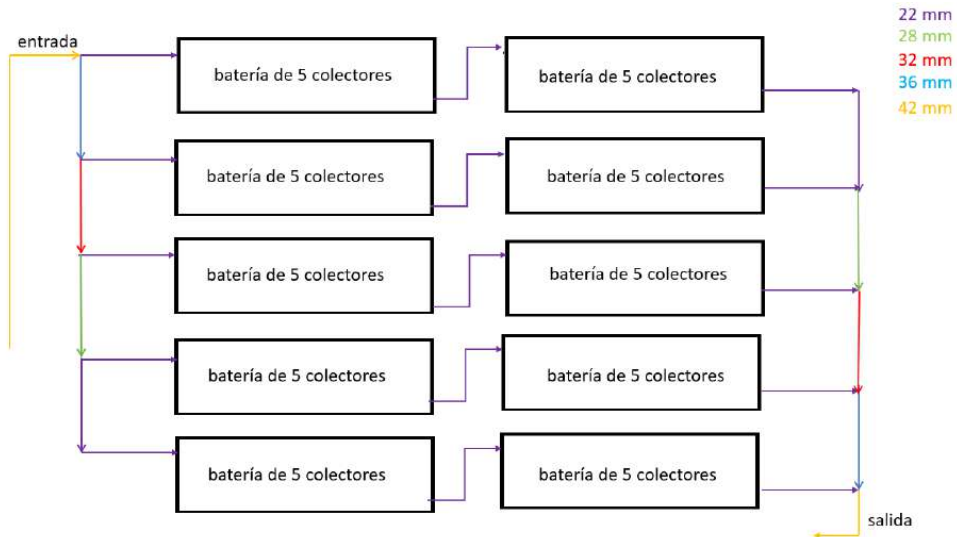


Figura 3. Disposición colectores térmicos

Después del dimensionado del sistema de la **instalación fotovoltaica**, se requiere un total de 36 módulos. La disposición de los módulos fotovoltaicos será instalar 12 módulos en serie y 3 en paralelo. Igual que en la instalación térmica se debe tener en cuenta la distancia mínima entre ellos para no producir sombra unos a otros. El sistema también cuenta con la instalación de un inversor cargador capaz de cumplir los mínimos estipulados de la configuración eléctrica. Además, para esta instalación se elige el cable necesario para la conexión.

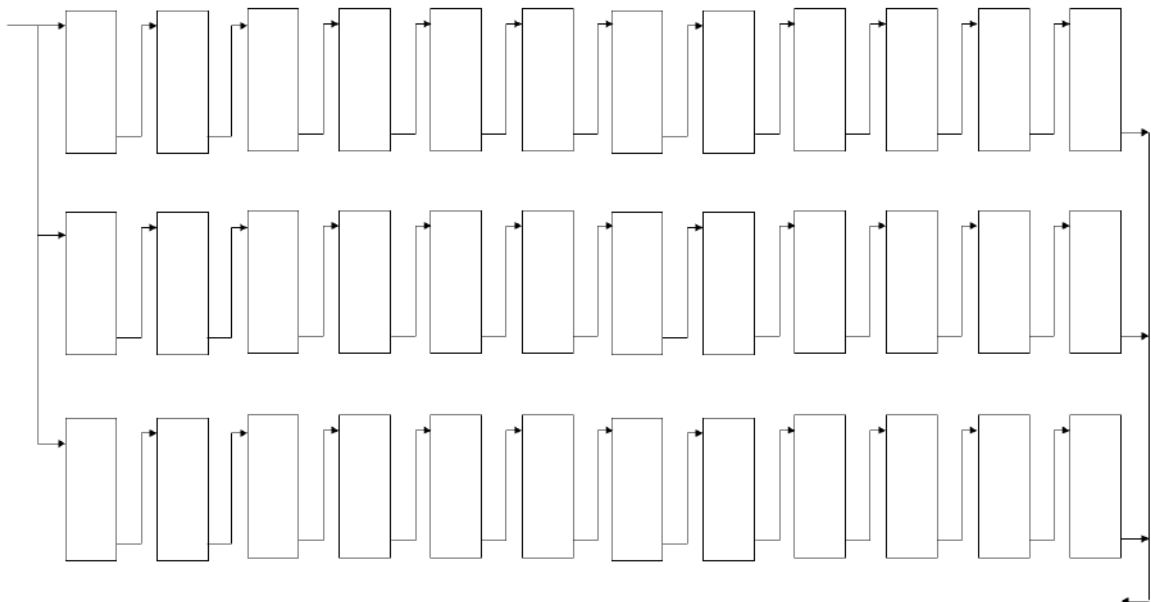


Figura 4. Disposición módulos fotovoltaicos

5. Resultados y Conclusiones

En la siguiente tabla y los distintos gráficos se muestran la energía necesaria y los ahorros mensuales y anuales de la instalación térmica. También se representa en un gráfico la producción mensual de la instalación solar fotovoltaica.

Todos los ahorros y contribuciones de ambas instalaciones cumplen los requisitos del Código Técnico de la Edificación (CTE) y el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE.

Instalación térmica:

Meses	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Energía Necesaria [kcal * 1000]	11048	9740	10518	9922	9988	9409	9457	9723	9666	10523	10179	10783	120686
Ahorros [kcal * 1000]	4353	5315	6966	7446	7208	7234	8185	8392	7088	5027	4715	4685	76615
Ahorros [%]	39,4	54,6	66,2	75,0	72,2	76,9	86,5	86,3	73,3	49,0	46,3	43,4	63,5

Tabla 1. Ahorros de la instalación térmica

Instalación fotovoltaica:

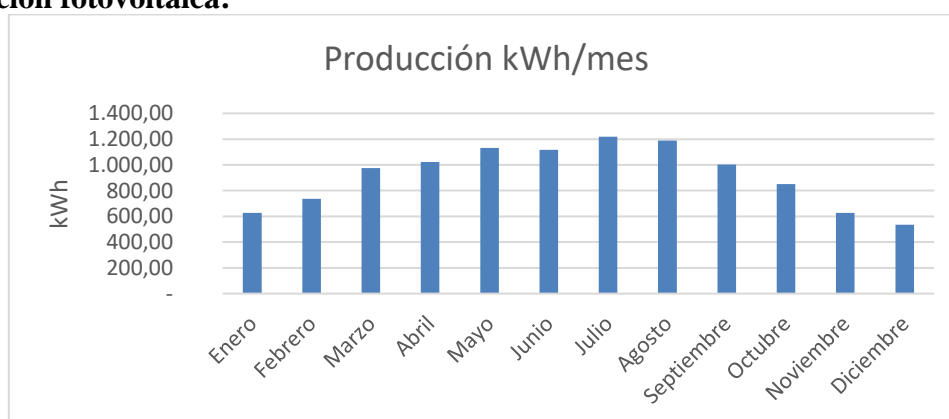


Figura 5. Producción de la instalación fotovoltaica

Por último, se muestra el estudio económico llevado a cabo para comprobar la rentabilidad de este proyecto.

Estudio Económico Instalación Térmica	
Inversión Inicial	58.912,91€
Ahorro Anual	14.662,72€
Vida Útil	15 años
Retorno de la Inversión	6 años
Valor Actual Neto (VAN)	52.612,91€

Tabla 2. Estudio viabilidad económica de la instalación térmica

Estudio Económico Instalación Fotovoltaica	
Inversión Inicial	9.786,90€
Ahorro Anual	2.529,98€
Vida Útil	15 años
Retorno de la Inversión	6 años
Valor Actual Neto (VAN)	9.456,33€

Tabla 3. Estudio viabilidad económica de la instalación fotovoltaica

Se puede concluir que la instalación de este proyecto supone un beneficio tanto económico como medioambiental. Esta instalación es económicamente rentable y genera grandes ahorros en el consumo de energía.

6. Referencias

- [1] Global Factor. Disponible en: <https://www.globalfactor.com/el-suministro-y-consumo-de-energia-produce-el-79-de-las-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-de-la-ue/>

ENERGY EFFICIENCY OF A RESIDENTIAL BUILDING AND SAVINGS WITH RENEWABLE ENERGIES

Author: Castillo Arróspide, Clara

Supervisor: Mata García, Luis Javier

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

The project consists of the study of a thermal and photovoltaic installation to save sanitary hot water and energy consumption of the building. The objective is to improve energy efficiency through renewable energies.

Keywords: solar thermal energy, photovoltaic solar energy, SHW, energy demand, energy efficiency.

1. Introduction

Nowadays, we live in a society in which we are becoming more and more conscious of the need to take care of the environment and the obligation to look for new alternatives.

According to the European Court of Auditors, energy supply and consumption produces 79% of the EU's greenhouse gas emissions. [1]

In response to this situation, this project has been developed. The project aims to improve a residential building in Madrid through the implementation of solar thermal and photovoltaic energy as an alternative to supply part of the thermal and energy needs of the building. A thermal installation will be designed to supply 60% of SHW (sanitary hot water) and a photovoltaic installation will contribute to 70% of the common uses through solar energy.

2. Objectives of the project

The main objectives of this project are:

- Produce energy savings related to Sanitary Hot Water with the thermal system.
- Produce energy savings related to the consumption of the common uses of the building with the photovoltaic installation.

As a consequence of these two objectives related to energy savings, two objectives are pursued:

1. Environmental benefit. By minimizing the use of fossil fuels, we contribute to slowing down climate change by reducing emissions of polluting gases and the greenhouse effect.
2. Economic benefit. The objective is that this system can be profitable in the long term, after a significant initial investment and subsequent maintenance costs. To demonstrate that this investment will be profitable over time, an economic viability study will be carried out.

3. Methodology

For the development of this project, the solar thermal installation and the photovoltaic installation have been worked in parallel. First of all, we started by analyzing the different existing systems and the components of each of them, both photovoltaic and thermal installations.

Thermal installation:

It has been necessary to carry out a study of the SHW energy demand, considering the location, the climatic zone, the number of houses and the requirements imposed by the IDAE. According to the minimum requirements, it was necessary to cover at least 60% of the SHW energy demand.

Further on, the calculations of the installation have been made using the Excel program and the f-Chart calculation tool. This tool simplifies the sizing of the number of collectors required based on the monthly energy demand.

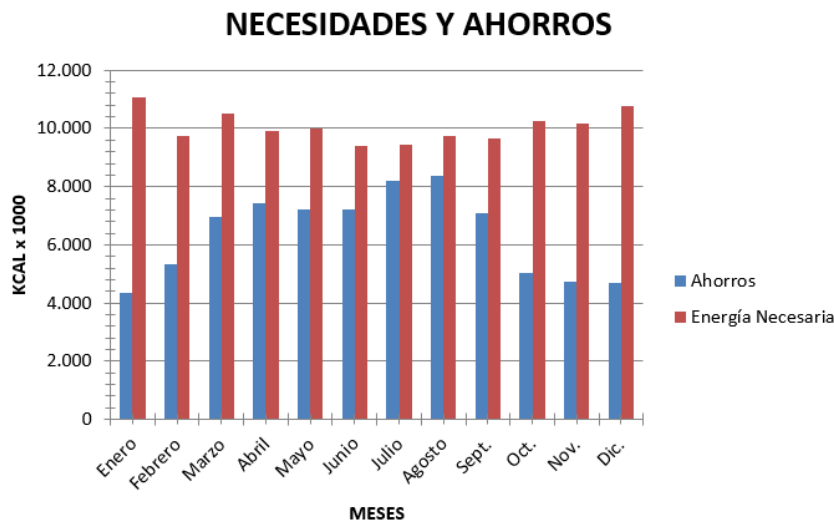


Figura 6. Necesidades y ahorros de la instalación térmica

Photovoltaic installation:

The consumption of common uses has been calculated through the monthly bills of the block of apartments. The installation must cover at least 75% of the monthly consumption.

For the sizing of this installation, the Excel program has also been used to select the module and the electrical inverter that meet all the requirements and produce 75% of the demand.

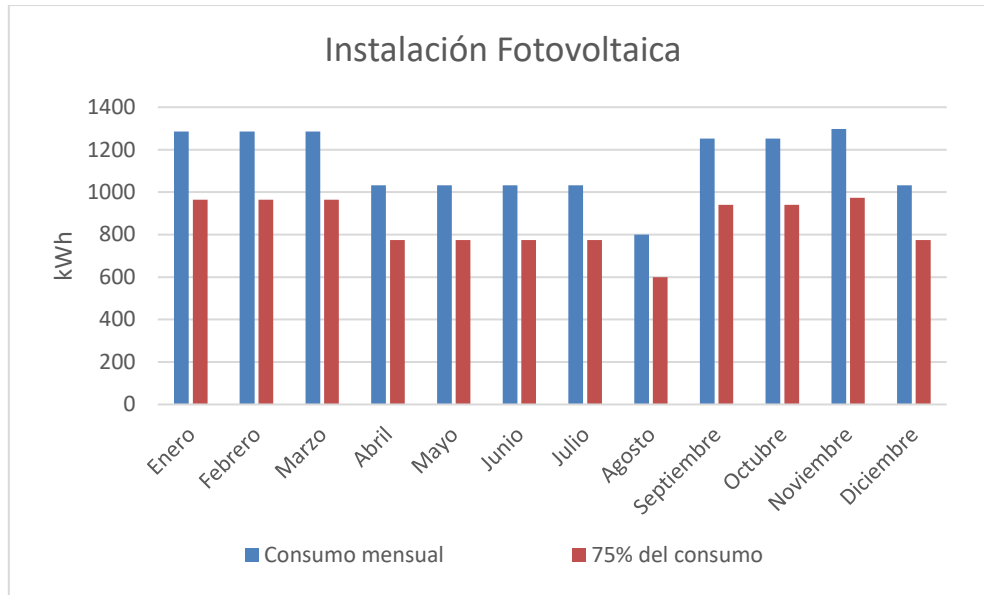


Figura 7. Consumos de la instalación fotovoltaica

In both installations, based on the necessary calculations, the different elements of the installation will be chosen.

Finally, an economic viability study is carried out to see its profitability and if the objectives of the project are met.

4. System description

After sizing the **thermal installation** system, it is established that, in order to cover the minimum demand required, it is necessary to install 50 collectors, that is to say, to have a collector surface of 118.5 m². For the distribution of the collectors, the orientation and inclination must be taken into account, as well as the shadows. The disposition of our collectors will be 2 batteries of 5 in series, that is to say, a total of 10 collectors. And this arrangement will be repeated 5 times to form a total of 50 collectors. The thermal system requires the installation of a storage tank in addition to the installation of two pumps in parallel. The connection between the collectors and the storage tank is made through copper pipes of different diameters and with isolation to improve the performance of the system.

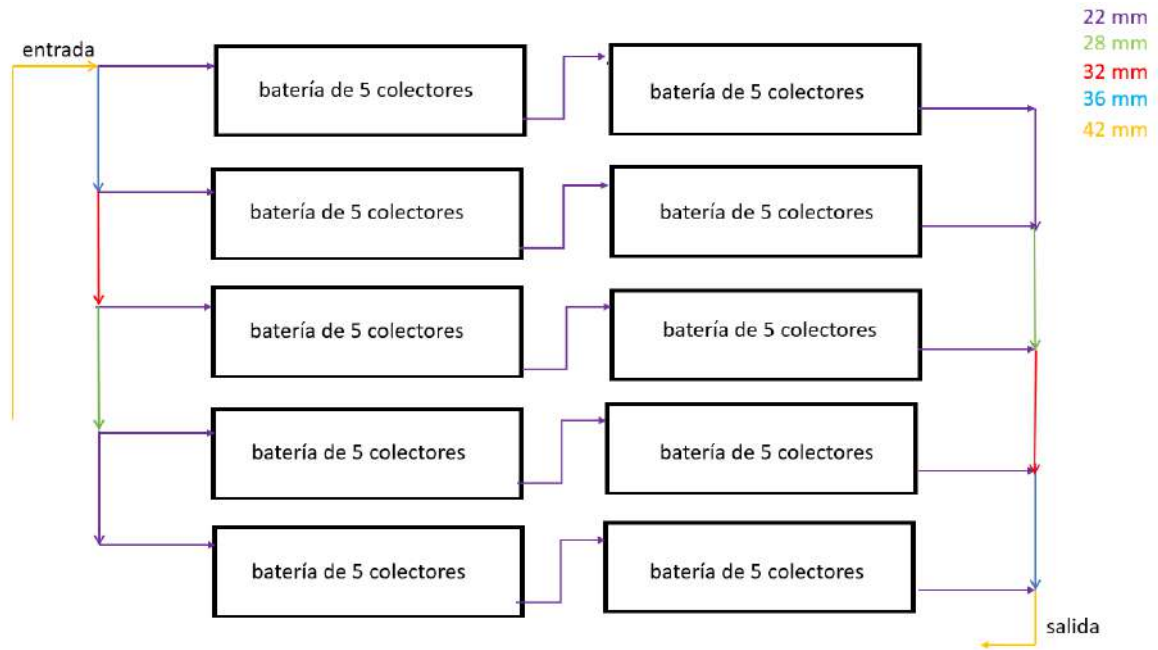


Figura 8. Disposición colectores térmicos

After sizing the **photovoltaic installation** system, a total of 36 modules are required. The arrangement of the photovoltaic modules will be to install 12 modules in series and 3 in parallel. As in the thermal installation, the minimum distance between them must be taken into account in order to avoid shading each other. The system also includes the installation of an inverter charger capable of meeting the minimum stipulated electrical configuration. In addition, for this installation the necessary cable is chosen for the connection.

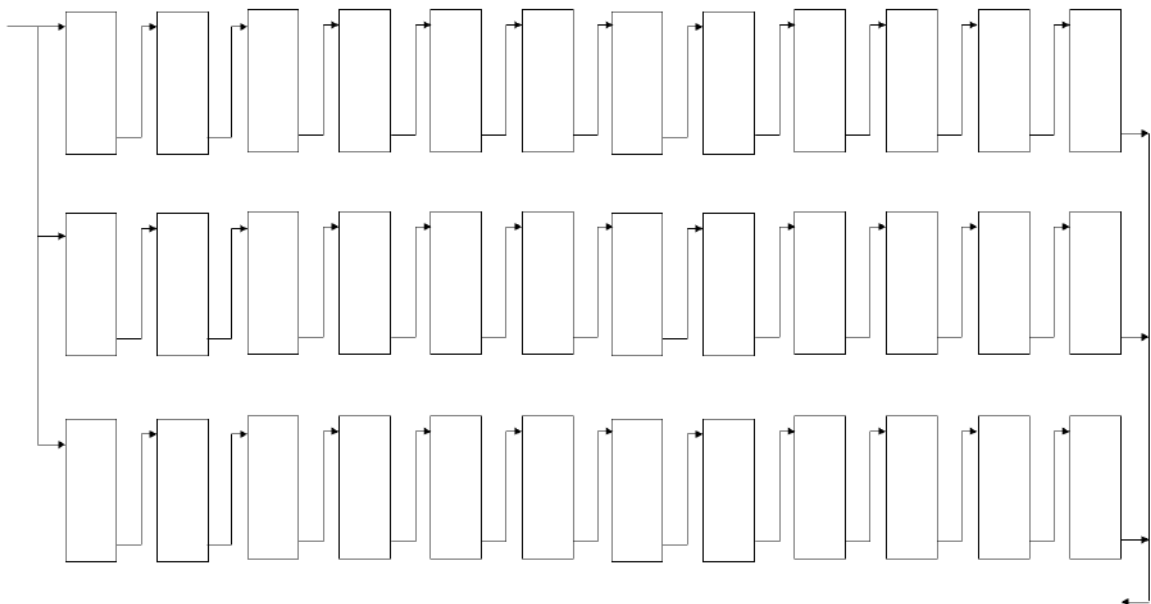


Figura 9. Disposición módulos fotovoltaicos

5. Results and Conclusions

The following table and charts show the energy required and the monthly and annual savings of the thermal installation. The monthly production of the solar photovoltaic installation is also represented in a chart.

All savings and contributions of both installations meet the requirements of the CTE and the IDAE Technical Specifications.

Thermal installation:

Month	Jan.	Feb.	March	April	May	June	July	August	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Required Energy [kcal * 1000]	11048	9740	10518	9922	9988	9409	9457	9723	9666	10523	10179	10783	120686
Savings [kcal * 1000]	4353	5315	6966	7446	7208	7234	8185	8392	7088	5027	4715	4685	76615
Savings [%]	39,4	54,6	66,2	75,0	72,2	76,9	86,5	86,3	73,3	49,0	46,3	43,4	63,5

Tabla 4. Ahorros de la instalación térmica

Photovoltaic installation:

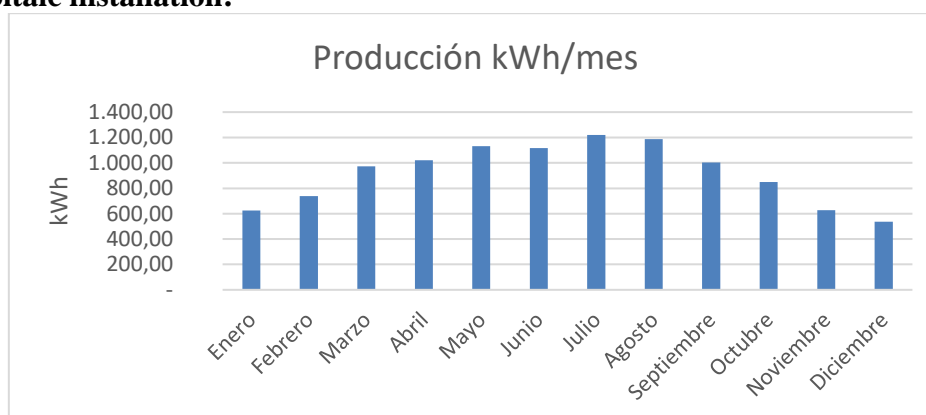


Figura 10. Producción de la instalación fotovoltaica

Finally, the economic study carried out to verify the profitability of this project is shown.

Economic Study Photovoltaic Installation	
Initial Investment	58.912,91€
Annual Savings	14.662,72€
Project Lifetime	15 years
Payback Period	6 years
Net Present Value (NPV)	52.612,91€

Tabla 5. Estudio viabilidad económica de la instalación térmica

Economic Study Photovoltaic Installation	
Initial Investment	9.786,90€
Annual Savings	2.529,98€
Project Lifetime	15 years
Payback Period	6 years
Net Present Value (NPV)	9.456,33€

Tabla 6. Estudio viabilidad económica de la instalación fotovoltaica

It can be concluded that the installation of this project is both economically and environmentally beneficial. This installation is economically profitable and generates large savings in energy consumption.

6. References

- [1] Global Factor. Disponible en: <https://www.globalfactor.com/el-suministro-y-consumo-de-energia-produce-el-79-de-las-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-de-la-ue/>

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción y antecedentes	8
1.1 Motivación	9
Capítulo 2. Objetivos del proyecto.....	11
2.1 Alineación con los ODS	11
2.2 Energía solar.....	12
2.3 Eficiencia energética	13
Capítulo 3. Alternativas existentes.....	14
3.1 Climatización.....	16
3.1.1 Sistemas de climatización.....	17
Capítulo 4. Descripción del proyecto	24
4.1 Emplazamiento.....	24
4.1.1 Especificaciones climatológicas.....	26
4.2 Principio de funcionamiento	28
4.2.1 Tecnologías de la energía solar	28
4.3 Componentes.....	29
4.3.1 Componentes instalación solar térmica	29
4.3.2 Instalación fotovoltaica.....	39
4.4 Cálculos	44
4.4.1 Cálculos instalación solar térmica.....	44
4.4.2 Cálculos instalación solar fotovoltaica.....	55
4.4.3 Cálculo pérdidas por orientación e inclinación.....	57
Capítulo 5. Instalaciones.....	60
5.1 Descripción instalación solar térmica.....	60
5.1.1 Estructura para soporte y anclaje.....	63
5.1.2 Elección depósito de acumulación.....	65
5.1.3 Fluido caloportador	66
5.1.4 Tuberías.....	67
5.1.5 Aislamiento.....	69
5.1.6 Bombas	70

5.2	Descripción instalación solar fotovoltaica.....	71
5.2.1	<i>Componentes de la instalación fotovoltaica.....</i>	72
5.2.2	<i>Disposición de los módulos fotovoltaicos</i>	73
5.2.3	<i>Inversor</i>	75
5.2.4	<i>Configuración eléctrica.....</i>	75
5.2.5	<i>Batería.....</i>	77
Capítulo 6. Estudio de viabilidad económica		79
6.1	Análisis presupuestario de la instalación térmica.....	79
6.1.1	<i>Colector solar.....</i>	79
6.1.2	<i>Acumulación.....</i>	79
6.1.3	<i>Bomba.....</i>	79
6.1.4	<i>Circuito Hidráulico</i>	80
6.1.5	<i>Sistema de aislamiento</i>	80
6.1.6	<i>Presupuesto general de la instalación térmica</i>	80
6.2	Análisis de viabilidad de la instalación solar térmica.....	81
6.2.1	<i>Diagrama de los Flujos de Caja.....</i>	82
6.2.2	<i>Método VAN</i>	84
6.3	Análisis presupuestario de la instalación solar fotovoltaica.....	86
6.3.1	<i>panel solar.....</i>	86
6.3.2	<i>Inversor</i>	86
6.3.3	<i>Batería.....</i>	86
6.3.4	<i>cableado</i>	86
6.3.5	<i>cuadro de protección y caja general de protección</i>	86
6.3.6	<i>Presupuesto general de la instalación fotovoltaica.....</i>	87
6.4	Análisis de viabilidad de la instalación solar fotovoltaica	88
6.4.1	<i>Diagrama de los Flujos de Caja.....</i>	89
6.4.2	<i>Método VAN</i>	90
Capítulo 7. Conclusiones.....		93
Capítulo 8. Bibliografía.....		95
Capítulo 9. Anexos.....		97
9.1	Hojas de cálculo de Excel	97

9.1.1 Cálculo de la demanda y ahorro energético para acs	97
9.1.2 Cálculo de la configuración instalación fotovoltaica	99
9.2 PLANOS	101

Índice de figuras

Figura 1. Necesidades y ahorros de la instalación térmica.....	6
Figura 2. Consumos de la instalación fotovoltaica.....	7
Figura 3. Disposición colectores térmicos.....	8
Figura 4. Disposición módulos fotovoltaicos	8
Figura 5. Producción de la instalación fotovoltaica	9
Figura 6. Necesidades y ahorros de la instalación térmica.....	12
Figura 7. Consumos de la instalación fotovoltaica.....	13
Figura 8. Disposición colectores térmicos.....	14
Figura 9. Disposición módulos fotovoltaicos	14
Figura 10. Producción de la instalación fotovoltaica	15
Figura 11. Potencia solar fotovoltaica instalada en España [1].....	9
Figura 12. Porcentaje de energía renovable y no renovable generada en España [4]	16
Figura 13. Sistema de climatización aire-aire [5].....	18
Figura 14. Sistema de climatización aire-agua [5]	18
Figura 15. Funcionamiento de un fancoil [6]	19
Figura 16. Funcionamiento de caldera atmosférica y estanca [7]	21
Figura 17. Funcionamiento de caldera de bajo NOx y de condensación [7].....	22
Figura 18. Funcionamiento caldera de biomasa [8]	23
Figura 19. Vista aérea del emplazamiento.....	24
Figura 20. Vista lateral de los portales A y B.....	25
Figura 21. Temperatura máxima y mínima promedio en Madrid [9].....	27
Figura 22. Esquema solar fotovoltaico y térmico [11]	29
Figura 23. Componentes de un colector solar [13].....	32
Figura 24. Esquema de conexión en paralelo con cuatro ramas [15]	33
Figura 25. Esquema de conexión en serie con tres colectores [15].....	33
Figura 26. Esquema de conexión mixta [15].....	34
Figura 27. Esquema instalación de circuito cerrado [16]	35
Figura 28. Esquema circulación natural [16]	36

Figura 29. Esquema componentes de un módulo fotovoltaico.....	40
Figura 30. Consumo diario medio de ACS	46
Figura 31. Número de personas en función del número de dormitorios.	47
Figura 32. División de la península en zonas climáticas.....	52
Figura 33. Ejemplo de los ángulos	58
Figura 34. Esquema para calcular los límites de inclinación	59
Figura 35. Especificaciones técnicas del captador escogido	61
Figura 36. Curva de pérdida de carga del captador escogido	61
Figura 37. Gráfica de las necesidades frente al ahorro.....	62
Figura 38. Esquema de batería de 5 captadores.....	63
Figura 39. Dimensiones generales estructura de soporte	64
Figura 40. Esquema disposición de tuberías	67
Figura 41. Especificaciones de la bomba	71
Figura 42. Gráfica de la producción de la instalación	72
Figura 43. Ejemplo de las magnitudes d y h	73
Figura 44. Diagrama de Flujos de Caja	83
Figura 45. Diagrama de Flujos de Caja	89

Índice de tablas

Tabla 1. Ahorros de la instalación térmica	9
Tabla 2. Estudio viabilidad económica de la instalación térmica.....	9
Tabla 3. Estudio viabilidad económica de la instalación fotovoltaica	10
Tabla 4. Ahorros de la instalación térmica	15
Tabla 5. Estudio viabilidad económica de la instalación térmica.....	15
Tabla 6. Estudio viabilidad económica de la instalación fotovoltaica	16
Tabla 7. Datos del emplazamiento	24
Tabla 8. Datos climatológicos y geográficos del emplazamiento	26
Tabla 9. Horas de Sol y Radiación en Madrid [10]	27
Tabla 10. Datos climatológicos Madrid	27
Tabla 11. Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios.....	39
Tabla 12. Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios	39
Tabla 13. Porcentaje de ocupación	47
Tabla 14. Datos de partida.....	47
Tabla 15. Temperatura del agua de la red del IDAE.....	48
Tabla 16. Cálculo demanda energética de ACS	48
Tabla 17. Valor de los parámetros D1 y D2	50
Tabla 18. Valor del parámetro f	50
Tabla 19. Contribución solar mínima en función de la demanda de ACS	52
Tabla 20. Consumo mensual del edificio	55
Tabla 21. Producción mínima de la instalación.....	56
Tabla 22. Previsión ahorro energético	56
Tabla 23. Límites impuestos por el IDAE para las pérdidas	57
Tabla 24. Valores típicos del ángulo de azimut.....	57
Tabla 25. Comparativa de los distintos colectores	60
Tabla 26. Resultados de los ahorros esperados	62

Tabla 27. Coeficiente de separación entre filas de colectores	65
Tabla 28. Características generales del acumulador escogido	66
Tabla 29. Propiedades principales de la bomba escogida	71
Tabla 30. Propiedades eléctricas del módulo	72
Tabla 31. Propiedades físicas del módulo	73
Tabla 32. Propiedades eléctricas del inversor	75
Tabla 33. Cálculo de la producción mensual de los paneles fotovoltaicos	77
Tabla 34. Coste de las tuberías	80
Tabla 35. Coste del aislamiento.....	80
Tabla 36. Presupuesto total de la instalación térmica.....	81
Tabla 37. Ahorros de la instalación térmica	82
Tabla 38. Flujos de Caja	83
Tabla 39. Método VAN del proyecto	85
Tabla 40. Presupuesto total de la instalación fotovoltaica	87
Tabla 41. Ahorros mensuales de la instalación fotovoltaica	88
Tabla 42. Flujos de Caja.....	90
Tabla 43. Método VAN del proyecto	92

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Como ya sabemos, hoy en día todo el mundo está más volcado en cuidar el medio ambiente y, sobre todo, cada vez es más necesario cuidarlo y es aquí cuando aparece la obligación de maximizar la eficiencia energética. Este proyecto tiene como objetivo analizar la eficiencia energética de un edificio y conseguir un ahorro de esta energía a través de placas solares y de arriesgar por el uso de energías renovables.

Para poder maximizar esta eficiencia, y así, conseguir el ahorro de energía, es necesario recurrir a energías renovables. En este proyecto nos vamos a centrar en la energía renovable con placas solares. Estas energías se obtienen a partir de fuentes naturales e inagotables ya que se regeneran por medios naturales y no utilizan combustibles fósiles. Estas energías son una fuente de energía no contaminante y por tanto mucho menos perjudicial para el medio ambiente.

Además, la energía es el factor que contribuye principalmente al cambio climático y representa alrededor del 60% de todas las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. En nuestra vida diaria consumimos energía para satisfacer muchas necesidades, como pueden ser necesidades de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria entre muchas ellas. La suma de todos esos consumos representa en España el 20% del consumo de energía final. Un porcentaje bastante elevado y que además tiende a incrementarse.

A pesar de que, en los últimos años, en España se hayan casi triplicado el número de instalaciones, España todavía tiene mucho trabajo por delante. Es uno de los países que más horas solares tiene de todo Europa, en cambio Alemania duplica la producción de España y Francia juntas. Esto es algo que se debe cambiar para poder aprovechar mejor todas las posibilidades de este tipo de energía.

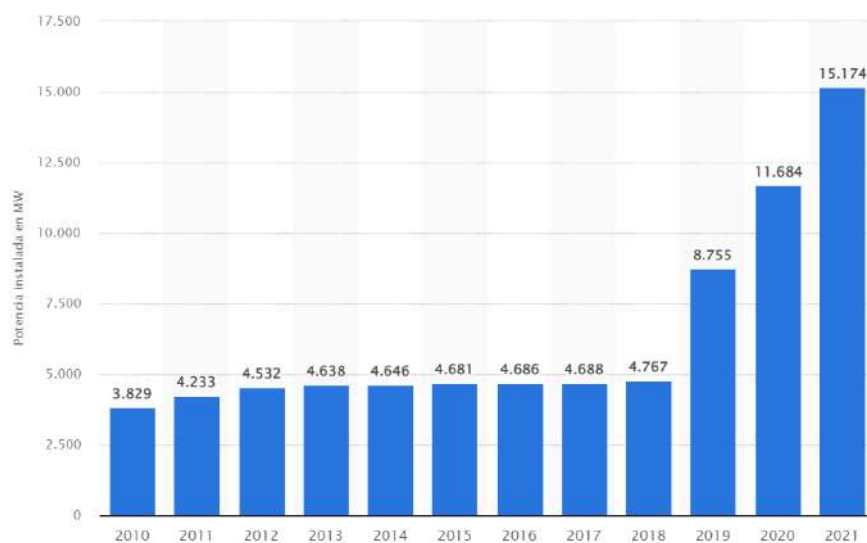


Figura 11. Potencia solar fotovoltaica instalada en España [1]

1.1 MOTIVACIÓN

Actualmente, uno de los problemas más importantes de nuestra sociedad es el cambio climático. Como ya he mencionado previamente, la generación de electricidad y calor mediante la quema de combustibles fósiles provoca la gran parte de las emisiones mundiales, y hoy en día, la gran parte de la electricidad se sigue construyendo con esos combustibles fósiles en vez de recurrir a las energías renovables como la energía solar.

Asimismo, el uso de energía mediante la quema de combustibles fósiles no solo afecta a la contaminación, sino que también es bastante perjudicial para los seres humanos y puede causar muchos problemas en la salud como por ejemplo problemas respiratorios.

La motivación principal para realizar este proyecto es el deber que tenemos de cuidar el planeta en el que vivimos, y comprometernos con el medio ambiente a través de la instalación de placas solares en un edificio de Madrid para ahorrar energía y así, mejorar la eficiencia energética. Desarrollando nuevas alternativas de energía renovables como las placas solares, seremos capaces de disminuir una de las principales causas del cambio climático y la contaminación.

Además, de la principal motivación de este proyecto que es el ahorro energético, también se quiere conseguir un ahorro económico debido al menor uso de la red eléctrica.

Capítulo 2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo principal de este proyecto es analizar la eficiencia energética de un bloque de viviendas en Madrid en la avenida de Valladolid 47, además de analizar las posibles mejoras de esta eficiencia energética a través de energías renovables con placas solares.

Este proyecto tiene como objetivos principales la instalación eficiente de paneles solares, el ahorro energético y el ahorro económico.

Para que este proyecto sea eficiente y realista, se debe hacer un estudio de las demandas energéticas que debe cubrir. Más tarde se realizará el diseño de la instalación solar y sus componentes, y así se podrá estudiar si este proyecto implica un ahorro energético y económico.

Otro objetivo fundamental de este proyecto es el estudio de la viabilidad económica. Como consecuencia de conseguir un ahorro energético, esto deriva en que habrá una disminución del uso de la red eléctrica lo que supondrá un ahorro económico. Pero debemos tener en cuenta que este ahorro no será inmediato y que el proyecto conlleva una gran inversión inicial.

2.1 ALINEACIÓN CON LOS ODS

El desarrollo de este proyecto pretende cumplir con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de Naciones Unidas:

Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna.

Como se ha mencionado anteriormente, la energía renovable, en concreto la energía solar tiene una gran variedad de ventajas. Es una energía limpia y por tanto bastante segura, además al provenir de fuentes naturales e inagotables supone una energía mucho más sostenible para el mundo y sobre todo mucho más asequible y moderna. En este proyecto se busca el uso de una energía limpia y comprometida con el medio ambiente.

Objetivo 12: Producción y consumos responsables.

Uno de los principales objetivos de la eficiencia energética de este proyecto es intentar tener un ahorro del consumo de los combustibles fósiles, fomentando un consumo responsable de estos gracias a la utilización de energías renovables con placas solares.

Objetivo 13: Acción por el clima.

Según los Objetivos de Desarrollo Sostenible, las emisiones mundiales de dióxido de carbono han aumentado casi un 50% desde 1990. Es por ello por lo que, con este proyecto, se busca la reducción en el consumo de combustibles fósiles y por tanto se busca favorecer al clima

Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles.

Las ciudades del mundo tan solo ocupan el 3% de la tierra, sin embargo, representan entre el 60% y 80% del consumo de energía y el 75% de las emisiones según los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Es por este motivo, que es necesario crear ciudades y comunidades sostenibles a través de la aplicación de placas solares en edificios.

2.2 ENERGÍA SOLAR

La energía solar es aquella que se obtiene a través del Sol y de la radiación solar que llega a la Tierra. Es un tipo de energía limpia y renovable además de ser una de las fuentes de energía con más potencial.

Para conseguir energía eléctrica a través de la energía solar es necesario que la radiación electromagnética proveniente del Sol sea recolectada. La energía se puede recolectar a través de distintos medios como puede ser los colectores térmicos o las células fotovoltaicas.

Además, se puede aprovechar esta energía de varias maneras, mediante la conversión térmica o la conversión fotovoltaica. La conversión térmica se basa en transformar la energía solar en energía térmica, en cambio, en la conversión fotovoltaica se utilizan paneles solares para almacenar la energía luminosa y transformarla en energía eléctrica.

Cada año, el Sol aporta sobre la Tierra mucha más energía de la que se consume. Además, en nuestro caso, España tiene una gran ventaja respecto a muchos países debido a su privilegiada climatología y localización.

La radiación solar sobre la superficie horizontal en España oscila entre los 3,2 kWh/m²día de la zona más septentrional del país hasta los 5,3 kWh/m²día de la zona más meridional, en concreto de la isla de Tenerife. [2]

La aplicación más común de los sistemas solares es la generación de A.C.S ya sea en viviendas, como en hoteles, hospitales y otro tipo de residencias.

2.3 EFICIENCIA ENERGÉTICA

La eficiencia energética se define como la capacidad para obtener mejores resultados empleando la menor cantidad posible de recursos energéticos. Buscar la eficiencia energética presenta muchos beneficios.

La principal ventaja de la eficiencia energética es el ahorro de energía y costes ya que al utilizar menos recursos se ahorra energía y a su vez se genera un menor coste. Aunque si es cierto que requiere una inversión inicial mayor para poder adaptarse. Además, como he mencionado anteriormente, la eficiencia energética también ayuda al medioambiente, puesto que se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero. Por último, también reduce la dependencia de fuentes energéticas externas y nos permite optimizar el uso de recursos. De esta manera fomenta el consumo responsable.

Capítulo 3. ALTERNATIVAS EXISTENTES

Como alternativa frente a los efectos contaminantes y más importante el agotamiento de los combustibles fósiles podemos encontrar las energías renovables. Estas energías son la alternativa más limpia y pueden contribuir a cuidar el medio ambiente. Como ya sabemos, las energías renovables se obtienen a partir de fuentes naturales e inagotables ya que se generan por medios naturales y no utilizan combustibles fósiles.

Gracias a que estas nuevas energías se obtienen de fuentes prácticamente inagotables, contribuyen a disminuir la dependencia energética. Todo esto ayuda a reducir impactos ambientales (combatiendo los efectos del calentamiento global y del cambio climático) además de generar puestos de trabajo y reducir costes en gastos de energía.

Existen diferentes tipos de energías renovables. A continuación, se explican brevemente los distintos tipos de energía renovables que podemos encontrar en la naturaleza, sin contar con la energía solar ya que se profundizará más adelante:

- Energía eólica: en este caso, la generación de electricidad se lleva a cabo con la fuerza del viento. Esta energía del viento se aprovecha mediante aerogeneradores que convierten la energía cinética del viento en energía mecánica a través de una hélice. Esta hélice, a través de un sistema de transmisión mecánico hace girar un generador convirtiendo así la energía mecánica rotacional en energía eléctrica.
- Energía hidráulica: esta energía utiliza la fuerza del agua en su curso para poder generar energía eléctrica. Se aprovecha la energía cinética del río a través de una turbina hidráulica, la cual transmite energía a un alternador y este la convierte en energía eléctrica.

- Biomasa: consiste en la combustión de residuos orgánicos de origen animal o vegetal y puede ser obtenida de manera natural o proceder de transformaciones artificiales. Los principales combustibles son leñas y astillas. Esta alternativa es una de las más económicas y ecológicas capaz de generar energía eléctrica. Además, destaca el uso de calderas ya que son equipos diseñados para calentar agua, tanto para la calefacción como ACS.
- Energía mareomotriz y undimotriz: la energía mareomotriz es la energía que aprovecha el movimiento de las mareas y la energía undimotriz genera energía a través de la fuerza de las olas. Esta energía se genera gracias a la instalación de generadores que aprovecha el movimiento del agua del mar.
- Energía geotérmica: esta energía aprovecha las altas temperaturas de yacimientos bajo la superficie terrestre (normalmente volcánicos) para la producción de energía a través del calor. Se clasifican según la temperatura del agua:
 - Alta temperatura: existe en las zonas activas de la corteza y su temperatura esta entre 150°C y 400°C
 - Temperaturas medias (entre 70°C y 150°C)
 - Baja temperatura: es debida al gradiente geotérmico y los fluidos están a temperaturas entre 50°C y 70°C
 - Muy baja temperatura: esta energía se utiliza para necesidades domesticas como por ejemplo la climatización. Su temperatura esta entre los 20°C y 50°C. son muy apropiadas para sistemas de calefacción.

El uso de las energías renovables es cada vez mucho mayor y su crecimiento es imparable. Según la Agencia Internacional de la Energía (AIE), la participación de las renovables en el suministro eléctrico global pasará del 26% en 2018 al 44% en 2040, y proporcionarán 2/3 del incremento de demanda eléctrica registrado en ese periodo, principalmente a través de las tecnologías eólica y fotovoltaica. [3]

A continuación, se muestra la evolución a lo largo de los últimos años del uso de energía renovable frente al uso de energía no renovable:

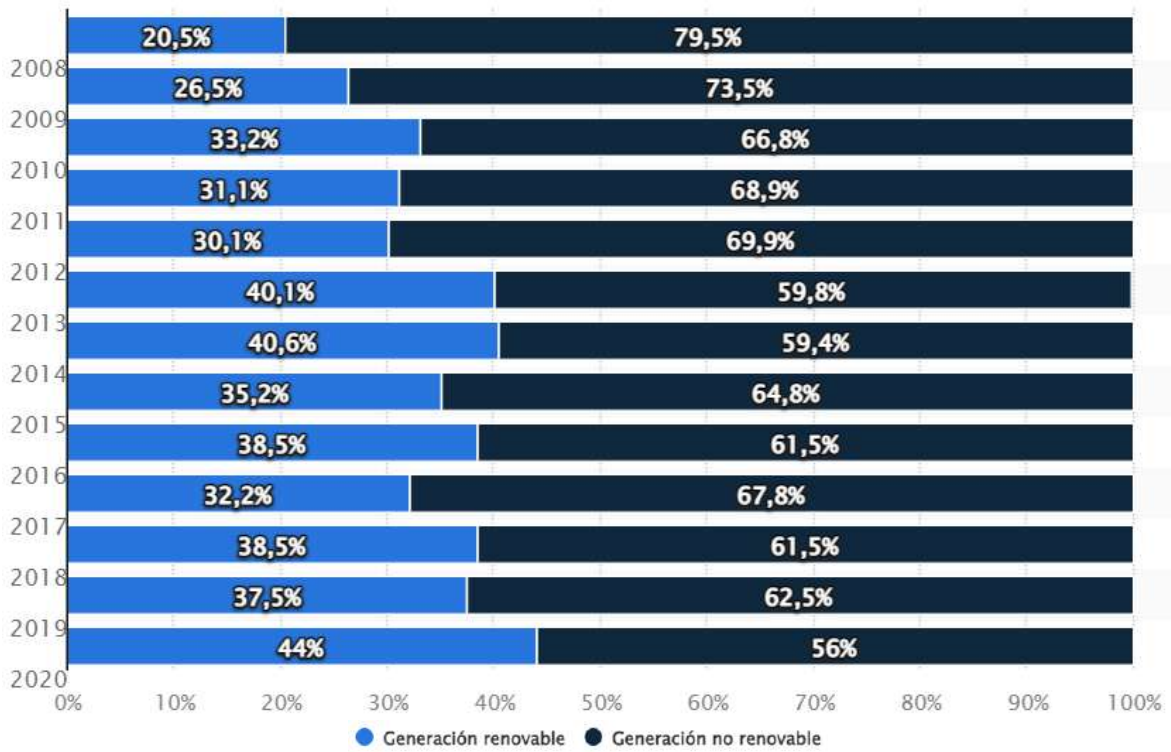


Figura 12. Porcentaje de energía renovable y no renovable generada en España [4]

3.1 CLIMATIZACIÓN

La normativa española define climatización como: dar a un espacio cerrado las condiciones de temperatura, humedad relativa, calidad del aire y, a veces, también de presión, necesarias para el bienestar de las personas y/o la conservación de las cosas. Este bienestar se consigue mediante la calefacción, refrigeración y ventilación para adecuar la temperatura.

Como condición natural de los seres humanos, siempre hemos buscado el bienestar de la temperatura, protegerse tanto del frío como del calor. A lo largo de la historia, la climatización ha ido cambiando constantemente como respuesta a la necesidad del bienestar del hombre. En la prehistoria utilizaban el fuego como medida de sistema de climatización para calentarse, o las cuevas para combatir el frío. Más adelante, apareció un sistema de climatización que consistía en la quema de paja, pero esto evolucionó al cambio de paja por leña, apareciendo así las primeras estufas de leña y creando los primeros sistemas de calefacción cerrados. El siguiente avance en la calefacción llegó con la Revolución Industrial

a finales del siglo XVIII con la aparición de la máquina de vapor. Gracias a este invento, más adelante se crearon distintos tipos de calderas y más tarde en la primera mitad del siglo XX se instalaron las calderas de carbón. Además, el combustible utilizado también fue evolucionando y llegaron a las calderas de gas.

Actualmente, el objetivo es seguir apostando por la eficiencia energética, y así poder conseguir un ahorro económico y que a su vez sea menos perjudicial para el medio ambiente.

3.1.1 SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN

Existen distintos tipos de clasificación de los sistemas de climatización. En este proyecto vamos a analizar los sistemas de climatización según su tipo, es decir, según su tecnología y según la fuente de energía que utiliza.

3.1.1.1 Según su tecnología

Según su tecnología dividimos los sistemas de climatización en 4 grupos:

- **Sistemas de climatización aire-aire:**

Estos sistemas también son conocidos como sistemas de expansión directa y consiste en extraer la energía calorífica del aire de un lugar para dársela al aire de otra ubicación. Este sistema consta de 4 elementos principales que son el compresor, el condensador, el evaporador y la válvula de expansión.

El fluido refrigerante en estado líquido pasa al evaporador donde absorbe calor y cambia de estado líquido a gas. Después este gas entra en el compresor donde se comprimirá, calentará y transferirá el gas a todo el sistema y pasará al condensador. En el condensador se enfría el fluido y se libera calor. Por último, el fluido entra en la válvula de expansión donde pierde presión y temperatura y así vuelva pueda volver a empezar el ciclo.

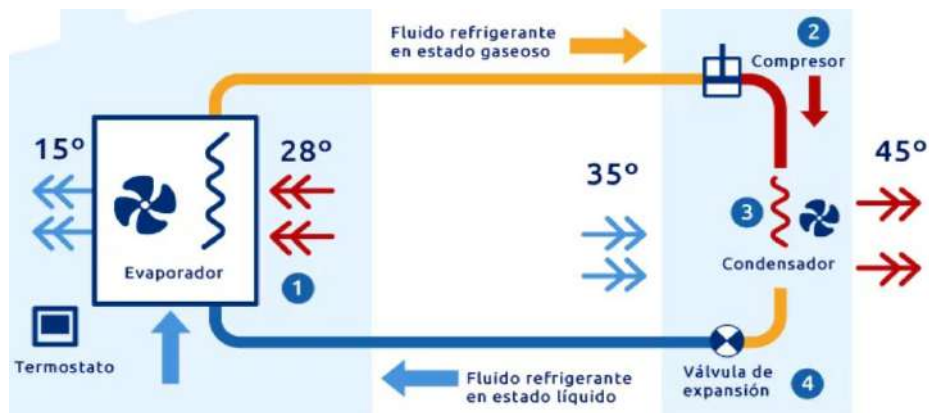


Figura 13. Sistema de climatización aire-aire [5]

- **Sistemas de climatización aire-agua:**

Estos sistemas permiten extraer la energía calorífica del aire mediante un fluido refrigerante y cederla a un circuito de agua. La principal diferencia con el sistema de climatización aire-aire y una de las principales ventajas de estos sistemas es que el agua puede usarse tanto para climatizar el ambiente como para el agua caliente sanitaria (A.C.S). El sistema más conocido es la aerotermia, una instalación que permite obtener energía mediante una bomba de calor.

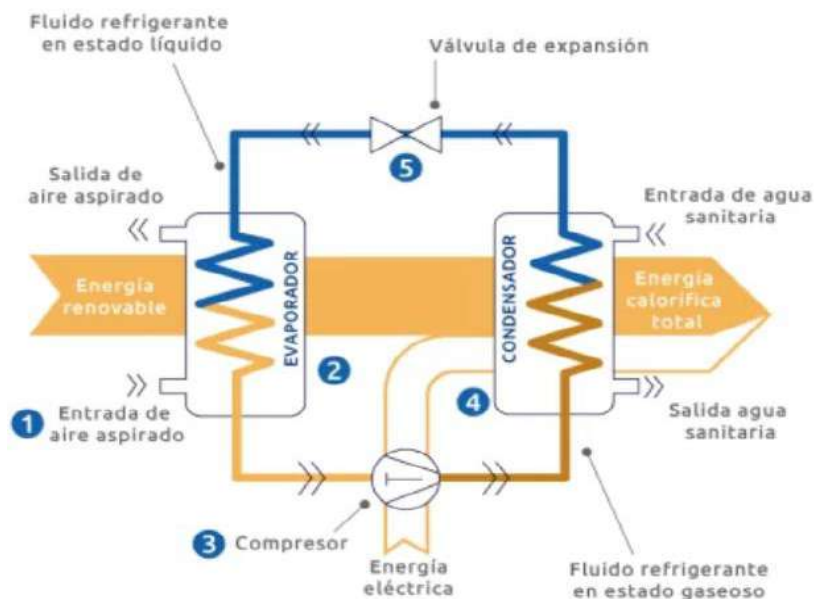


Figura 14. Sistema de climatización aire-agua [5]

- Sistemas de climatización agua-agua

Estos sistemas funcionan utilizando el agua como portador de calor o frío y aprovechan esa temperatura para acondicionar otra área, así como también para el uso de A.C.S. La diferencia de este sistema con el anterior es que este usa el agua para calentar un espacio en vez del aire. En estos sistemas de climatización son necesarios elementos como bombas de calor o enfriadores de agua. Un ejemplo de climatización agua-agua es el de la geotermia por captación abierta, donde se recoge agua caliente de los acuíferos subterráneos y se utiliza para poder calentar la vivienda.

- Sistemas de climatización agua-aire:

Estos sistemas usan fluidos o agua como portador de energía caliente o fría ante unos emisores que contienen unas baterías que funcionan como intercambiar de calor y un ventilador. A estos emisores le llega agua a la batería, ya sea caliente o fría. El aire atraviesa la batería, absorbe la energía y es expulsado aportando calor o frío. Este tipo de emisor es conocido como fancoil.

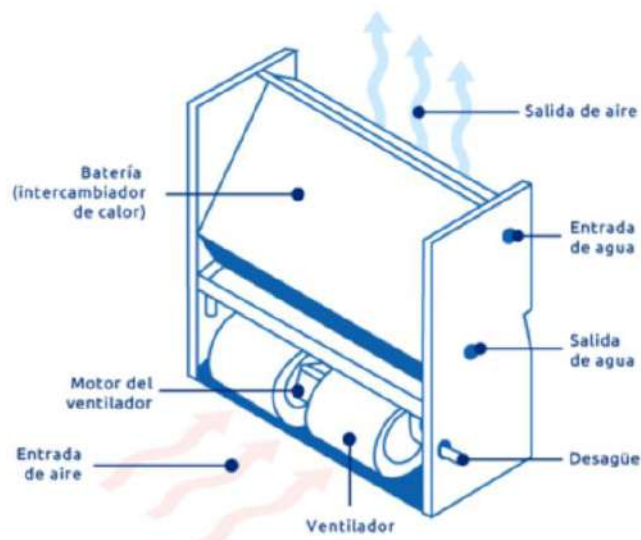


Figura 15. Funcionamiento de un fancoil [6]

3.1.1.2 Según su fuente de energía

Por otro lado, también se pueden clasificar según su fuente de energía. Esta clasificación es muy importante ya que determina el principio de funcionamiento dependiendo de la fuente de energía utilizada.

- Calderas de Gas:

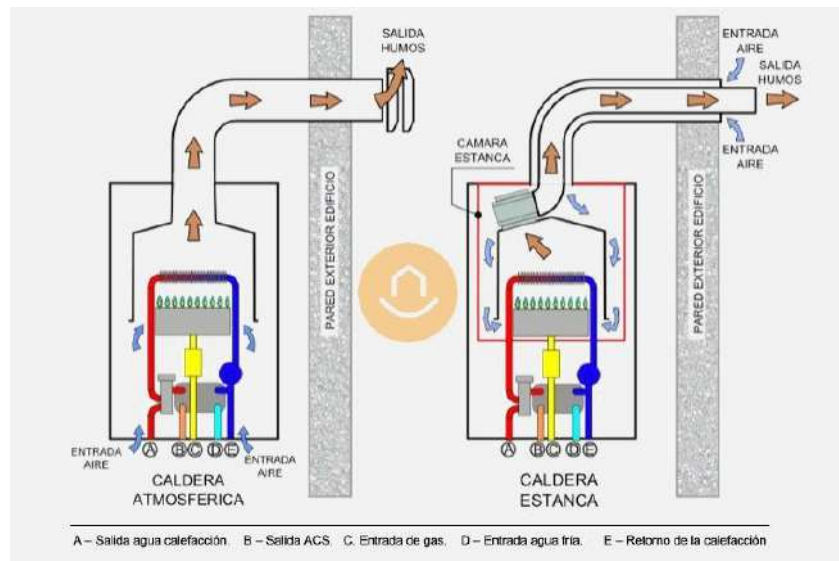
Estas calderas se pueden clasificar por distintos grupos. Si se clasifican por el gas que utilizan, encontramos calderas que utilizan gas natural, propano, butano o gas GLP para su funcionamiento. Otro criterio para clasificar las calderas de gas es por su funcionamiento, en el que destacan:

- Calderas de gas atmosféricas:

Estas calderas se alimentan del aire que necesitan para su combustión directamente del local en que se encuentran emplazadas. Por motivos de seguridad y por la necesidad de reducir las emisiones contaminantes, las normativas españolas y europeas han prohibido la fabricación de estas calderas.

- Calderas de gas estanca:

Para el funcionamiento de este tipo de calderas, se necesitan dos chimeneas para poder coger el aire que necesita del exterior. Esto genera que tengan una eficiencia mayor y que sean más seguras que las atmosféricas. Aunque estas calderas no estén prohibidas, solo se pueden utilizar en viviendas unifamiliares aisladas o en bloques de pisos si la extracción de humos se hace en el tejado.



○ Calderas de gas de bajo NO_x:

Estas calderas de gas ayudan a reducir el impacto ambiental de los gases emitidos ya que disminuyen las emisiones de óxidos de nitrógeno. Al incorporar mejoras en las salidas de humo, hace que sean unas calderas más eficientes.

○ Calderas de condensación:

Estas son las calderas más actuales, modernas y eficientes. Consiguen ahorrar hasta un 30% del gas y así aprovechar la energía calorífica que tienen los humos de la combustión. Estas calderas han sustituido a las calderas anteriores debido a que su rendimiento es mucho mayor.

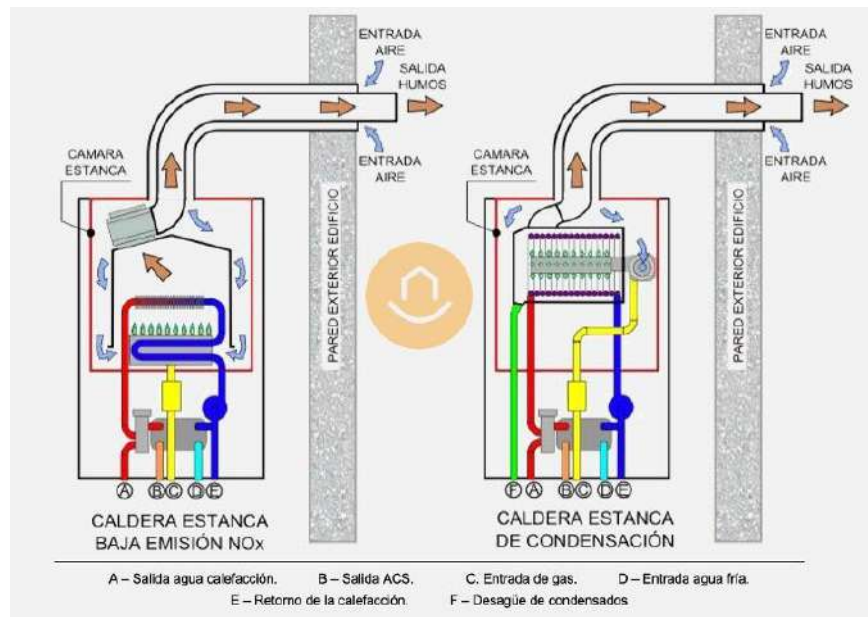


Figura 17. Funcionamiento de caldera de bajo NOx y de condensación [7]

- Calderas Eléctricas:

Este sistema utiliza la electricidad como forma de abastecimiento y para generar calor. Estas calderas no utilizan combustible para generar calor y no emite gases de ningún tipo. Además, de tener un mejor rendimiento que una caldera de gas, es respetuosa con el medio ambiente y no puede tener pérdidas de sustancias tóxicas. Su principal desventaja es su alto consumo eléctrico y que requieren de una potencia elevada.

- Calderas de Gasoil:

Estas calderas son muy similares a las mencionadas anteriormente, pero su principal diferencia es que utilizan gasoil. Otra diferencia de estas calderas es que su suministro no viene por una red de distribución, sino que requieren un depósito externo para almacenar el combustible. Este tanque o depósito externo se conecta al calentador por medio de conductos. Una ventaja de las calderas de gasoil frente a las calderas de gas es que como el combustible de las calderas de gasoil se almacena en un tanque, proporciona una mayor independencia en el suministro. Son habituales en viviendas unifamiliares que no tienen acceso a gas canalizado.

- **Calderas de Biomasa:**

Estas calderas abastecen de energía limpia ya que no utilizan combustibles fósiles, sino que funcionan gracias a la biomasa (un residuo orgánico dentro de los combustibles renovables). Sus principales combustibles son la leña y pellet, aunque también se puede llegar a utilizar los huesos de aceitunas. Las principales ventajas que tienen las calderas de biomasa son que se abastecen de una energía inagotable y de fácil regeneración además de que son respetuosas con el medio ambiente. A pesar de ser una alternativa respetuosa con el medio ambiente, tiene algunos inconvenientes. El inconveniente principal es que presenta un rendimiento menor que las calderas que utilizan combustibles fósiles

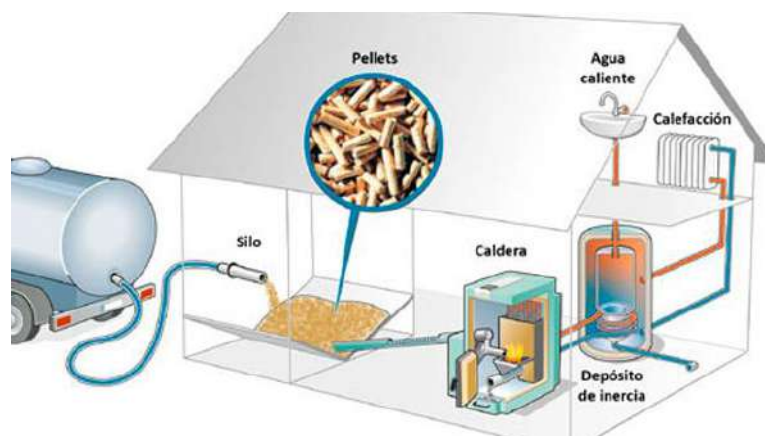


Figura 18. Funcionamiento caldera de biomasa [8]

Capítulo 4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

4.1 EMPLAZAMIENTO

Para el análisis y el desarrollo de este proyecto se escoge como ubicación la provincia de Madrid. La ciudad de Madrid está situada en el centro de la meseta y a escasos kilómetros del centro de la Península Ibérica. Esta ciudad se localiza en una zona relativamente llana. A continuación, se muestra una tabla con los principales datos del emplazamiento escogido y una vista aérea del mismo:

Provincia	Madrid
Barrio	Moncloa – Aravaca
Calle	Avenida de Valladolid 47
Código postal	28008
Latitud	40°429' N
Longitud	3°730' O

Tabla 7. Datos del emplazamiento



Figura 19. Vista aérea del emplazamiento

El emplazamiento escogido para realizar el proyecto es un bloque de viviendas construido en 1980. Este edificio cuenta con nueve plantas y tiene distintas zonas comunes como jardín, piscina, garaje o trasteros. Nos vamos a centrar solo en los portales A y B.

Portal A:

- 6 plantas habitables
- 4 vecinos por planta
- Total de 24 viviendas
- 5 comercios
- 1 oficina

Portal B:

- 4 vecinos por planta
- 30 viviendas

En concreto en el tejado de Avenida de Valladolid 47 hay 54 viviendas y 855 m² disponibles para poder instalar paneles solares y cuenta aproximadamente con 3588 horas de luz de sol al año.



Figura 20. Vista lateral de los portales A y B

4.1.1 ESPECIFICACIONES CLIMATOLÓGICAS

A continuación, se muestran los principales datos climatológicos de esta provincia:

Provincia:	Madrid
Latitud [°/min]:	40,25
Latitud de cálculo:	40,42
Altitud [m]:	667
Humedad relativa media [%]:	42
Velocidad media del viento [km/h]:	10
Precipitación [mm]:	400
Temperatura máxima en verano [°C]	34
Temperatura mínima en invierno [°C]	-3
Variación diurna:	15

Tabla 8. Datos climatológicos y geográficos del emplazamiento

En cuanto a la temperatura de Madrid, dividimos el año en temporada calurosa y en temporada fresca para poder observar los cambios de temperatura.

La temporada calurosa es del 15 de junio al 10 de septiembre, es decir casi 3 meses. En esta temporada la temperatura máxima promedio diaria es de más de 29°C. El mes más cálido del año es julio en el que se llega a alcanzar una temperatura máxima promedio de 33°C y mínima de 17°C.

En cuanto a temporada fresca, dura 3,7 meses y es del 14 de noviembre al 5 de marzo. Su temperatura máxima promedio es de menos de 15°C. El mes más fresco del año es enero en el que se llega a alcanzar una temperatura máxima promedio de 10°C, mínima de 1°C y temperatura media alrededor de los 6°C.

La amplitud térmica diaria es superior en la periferia de la ciudad, superando los 13°C. En cambio, en el centro de la ciudad es mucho menor, llegando a un valor inferior de 10°C.

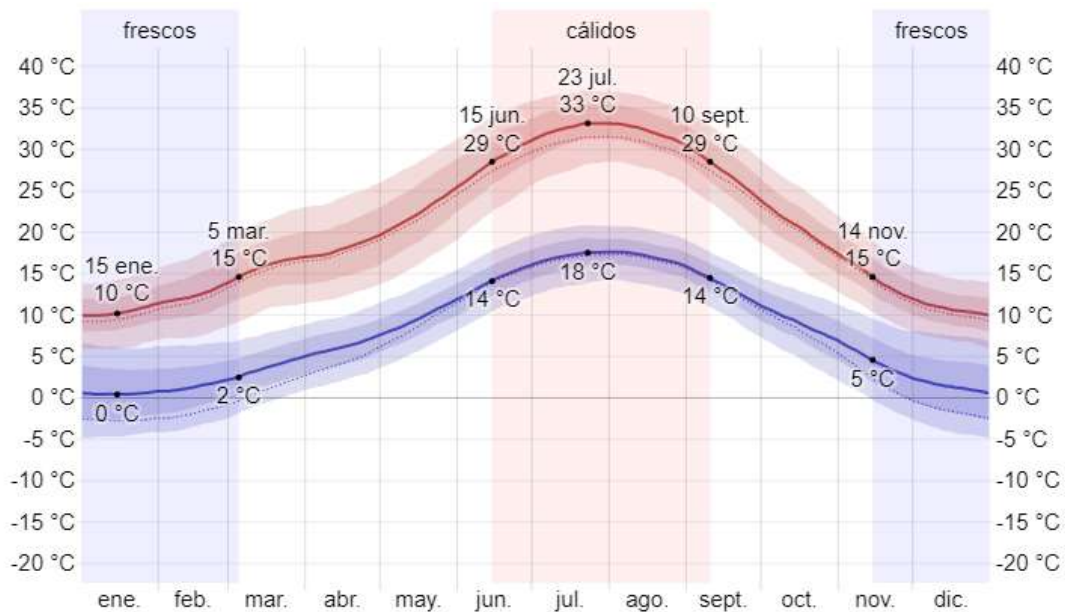


Figura 21. Temperatura máxima y mínima promedio en Madrid [9]

A pesar de que los datos de la temperatura de Madrid sean muy importantes para el desarrollo de este proyecto, es aún más importante conocer las horas de sol y la radiación solar.

Ciudad	Horas de sol (año)	Irradiación solar
Madrid	2691	5,7 kWh/m ² día

Tabla 9. Horas de Sol y Radiación en Madrid [10]

Meses	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
T ^a media ambiente [°C]	4,9	6,5	10	13	15,7	20,6	24,2	23,6	19,8	14	8,9	5,6	13,9
T ^a media agua red [°C]	10	11,2	12,4	13,6	14,8	16	17,2	16	14,8	13,6	12,4	11,2	13,6
Rad. horiz. [kJ/m ² día]	6362	9798	14150	19552	21184	23530	25874	22986	16118	10762	7326	6263	15325
Rad. inclin. [kJ/m ² día]	11283	14874	17629	19781	18473	19159	21547	21754	18371	12693	12532	12161	16688

Tabla 10. Datos climatológicos Madrid

4.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

4.2.1 TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA SOLAR

Dentro de la energía solar existen distintas tecnologías. Aunque estas tecnologías dependan del Sol, trabajan y funcionan de manera diferente. Hay que diferenciar principalmente dos tecnologías:

- **Energía solar térmica:** esta energía absorbe la energía solar para transformarla en calor. Aprovecha el calor que genera el sol gracias a paneles solares térmicos o colectores y almacena el calor en depósitos de agua. En la energía térmica se calientan fluidos caloportadores que más tarde sirven para usos domésticos como puede ser la producción de agua caliente sanitaria o climatización de edificios.
- **Energía solar fotovoltaica:** en este caso esta energía se aprovecha de la luz y la radiación solar para transformarlo en electricidad. Los rayos captados se almacenan en baterías. El principal uso de esta energía es para el autoconsumo eléctrico.

En este proyecto, se utilizarán ambas energías. Por una parte, se va a realizar un ahorro aproximado del 75% de la electricidad de usos comunes a través de la energía solar fotovoltaica con la instalación de paneles fotovoltaicos. Además, a través de energía solar térmica, se conseguirá un ahorro del agua caliente sanitaria de usos comunes de un 60%.

A continuación, se muestra un esquema de las diferencias entre la energía solar fotovoltaica y la energía solar térmica.

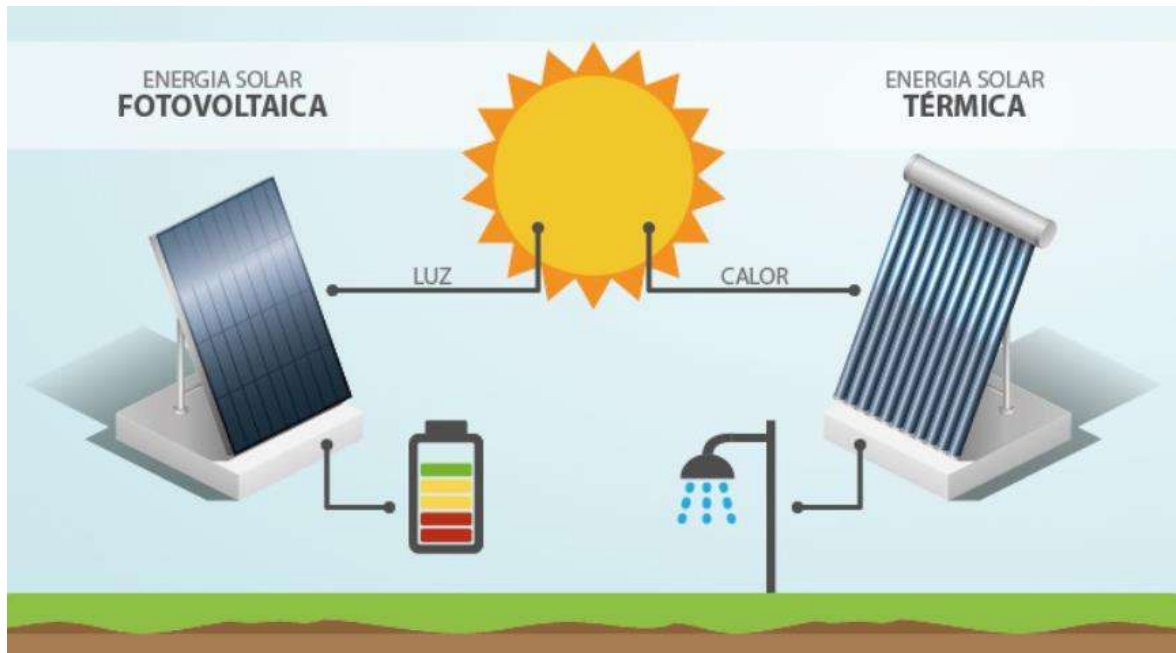


Figura 22. Esquema solar fotovoltaico y térmico [11]

4.3 COMPONENTES

4.3.1 COMPONENTES INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

Como se ha mencionado anteriormente, en este proyecto hacemos uso de la energía solar térmica para la producción de agua caliente sanitaria para usos comunes. Se define agua caliente sanitaria como el tipo de agua que es destinada para el consumo humano (agua potable) y que ha sido calentada. El agua caliente sanitaria se emplea en muchas ocasiones para la limpieza (como por ejemplo para la lavadora, el fregadero, etc.) o para uso sanitario (baños o duchas). [12]

4.3.1.1 Captadores o colectores

Los colectores solares son el principal elemento de una instalación solar térmica. Los colectores son los encargados de captar la energía solar y aumentar la temperatura de un fluido para poder generar calor.

Estos dispositivos se pueden dividir en dos grupos, los captadores de baja temperatura que son los que se utilizan habitualmente en calefacción, ACS y climatización de piscinas, es decir, son habituales para usos domésticos. El otro grupo son los captadores de alta temperatura, que están formados por espejos o lentes y son usados para producir energía eléctrica a través de una turbina. Como he mencionado, los de baja temperatura son los utilizados habitualmente para usos domésticos por lo que para nuestro proyecto nos vamos a centrar en estos. Estos captadores de baja temperatura se agrupan a su vez en otros dos tipos:

- **Colector solar plano:** es el tipo de colector solar más habitual y aprovecha el efecto invernadero para transportar energía térmica. El sol incide sobre el colector, y este deja pasar la energía. Gracias a esto, la placa colectora se calienta por encima de la temperatura exterior y, a través de unos conductos, se transporta el fluido caloportador y así se transporta la energía térmica.
- **Colector de tubos de vacío:** la principal diferencia con respecto a los colectores anteriores es el aislamiento. Estos colectores están aislados al vacío y por tanto reducen las pérdidas. Existen tres tipos:
 - o Flujo directo: estos sistemas son los más eficientes de captación solar y actúan de modo idéntico a los colectores planos.
 - o Flujo indirecto con heat pipe: estos sistemas intentan eliminar el problema del sobrecalentamiento utilizando un fluido que se evapora al calentarse. El fluido evaporado asciende hasta un intercambiador donde se enfría y vuelve a condensarse, y de esta manera, transmite el calor al fluido principal.
 - o Flujo indirecto sin heat pipe: estos sistemas disminuyen los costes tanto de fabricación como de mantenimiento ya que solo utilizan el cristal. Además, también son más eficientes.

Los componentes principales de un colector son:

- **Cubierta:** es transparente y el material más utilizado de las cubiertas es el vidrio, ya que este material mejora el rendimiento y disminuye las pérdidas. Las cubiertas deben provocar el efecto invernadero además de disminuir las pérdidas por convección y asegurar la estanqueidad.
- **Canal de aire:** es un espacio normalmente vacío y es la separación entre la cubierta y el absorbedor. En cuanto al espesor del canal de aire, se realiza un ajuste del grosor para equilibrar las pérdidas asociadas a la convección y a las altas temperaturas que se pueden experimentar si el espesor es demasiado estrecho.
- **Absorbedor:** es el componente más básico. Dentro de un colector solar, el absorbedor es el que se encarga de transmitir calor al fluido caloportador de dos maneras. Cuando el absorbedor recibe la radiación solar, una parte la convierte en energía térmica y otra se queda atrapada en la cubierta aumentando la temperatura. Se utilizan materiales compuestos ya que deben ser materiales que tengan un alto grado de absorción y de transmisión de calor y un bajo grado de pérdida de calor por radiación. Para favorecer un buen comportamiento térmico, se realizan tratamientos electrolíticos y galvánicos ya que facilitan la absorción y disminuyen las pérdidas de radiación y convección.
- **Tubos o conductos:** Por los tubos circula el fluido caloportador hasta llegar al tanque de acumulación. Normalmente, se sueldan o se colocan muy cerca de la placa de absorción para conseguir el máximo intercambio de energía, y suelen ser de colores oscuros para conseguir el máximo aumento de temperatura.
- **Aislante:** la función de la capa aislante es intentar minimizar las pérdidas y para ello se recubre el sistema. Para conseguir el mejor aislamiento posible se debe tener en cuenta que los materiales que se utilicen deben tener un alto coeficiente de aislamiento y una baja conductividad térmica. De esta forma, con la baja conductividad se consigue que la transferencia de calor sea lo más pequeña posible. Los materiales para la capa aislante más comunes son lana de vidrio y espumas de poliuretano.

- **Carcasa:** su función principal es soportar los elementos mencionados del colector solar, además de darle rigidez y mantener la estanqueidad. La carcasa debe tener ciertas propiedades como resistencia térmica, mecánica y también resistencia a la corrosión.

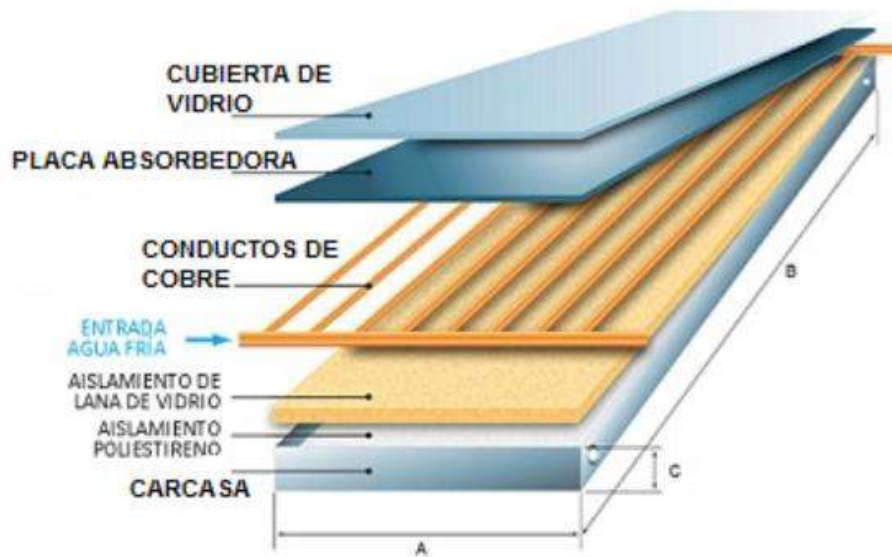


Figura 23. Componentes de un colector solar [13]

Además, un factor muy importante de los colectores es su **eficiencia**. Esta eficiencia es la relación que existe entre la radiación recibida y el aprovechamiento efectivo transmitido al absorbedor. [14]

Para calcular el rendimiento del colector, es necesario tener en cuenta las pérdidas que pueden ser por radiación, convección o conducción.

Finalmente, la curva de rendimiento queda definida:

$$\eta = \eta_0 - k_1 * \frac{T_e - T_a}{It}$$

Siendo:

η_0 : factor de eficiencia del colector o también conocido como rendimiento óptico.

k_1 : coeficiente global de pérdidas medido en $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

T_e : temperatura de entrada del fluido al colector

T_a : temperatura media ambiente

I_t : radiación incidente sobre el colector en $\frac{W}{m^2}$

También debemos conocer las distintas configuraciones posibles para la **conexión de las placas** entre sí. Distinguimos tres configuraciones:

- Conexión en paralelo: el flujo se divide entre las distintas ramas que formen el paralelo. De esta manera, el incremento de temperatura es similar en cada rama y proporciona un mayor rendimiento.

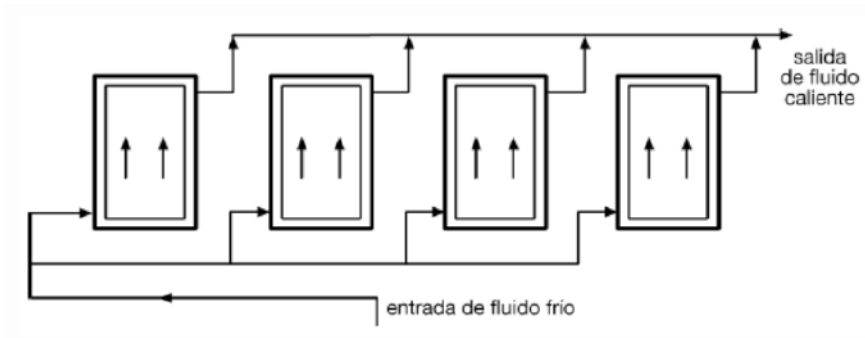


Figura 24. Esquema de conexión en paralelo con cuatro ramas [15]

- Conexión en serie: en este caso, la salida caliente del fluido caloportador del colector anterior se conecta con la entrada fría de fluido del siguiente. Con esta conexión se consiguen caudales más pequeños y tuberías más cortas con lo que se reduce el coste, pero también se reduce el rendimiento.

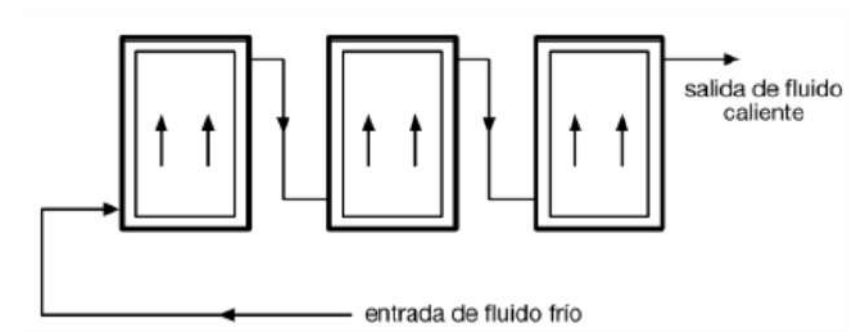


Figura 25. Esquema de conexión en serie con tres colectores [15]

- Conexión mixta: esta conexión se realiza en instalaciones con superficies de captación grandes y el caudal total se calcula como la suma de los caudales de las ramas en paralelo.

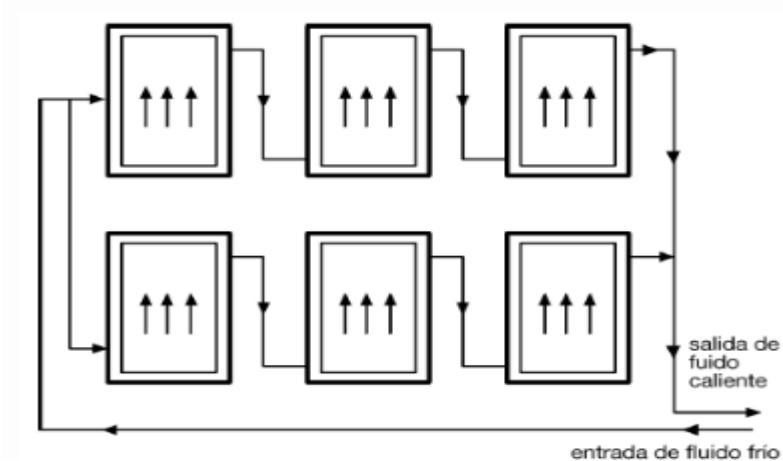


Figura 26. Esquema de conexión mixta [15]

4.3.1.2 Sistemas de distribución

Durante el funcionamiento de la instalación, la radiación solar es absorbida por un sistema de colectores solares para calentar un fluido térmico. Este fluido caloportador, transfiere la energía térmica a un sistema de almacenamiento que permitirá suministrarla cuando se necesite. Es decir, es un sistema que consiste en la utilización de la energía solar térmica.

Estos sistemas se pueden dividir principalmente en dos grupos:

- Instalaciones de circuito abierto: en este sistema, el agua de consumo pasa directamente por los colectores, es decir, el agua que es utilizada para el consumo es el mismo fluido que pasa a través de los captadores solares.

Energéticamente hablando, estos sistemas son más eficientes y reducen costes, pero tienen muchos inconvenientes. Algunos de estos inconvenientes son los problemas en caso de heladas o la complejidad de emplear materiales que no contaminen el agua.

- Instalaciones de circuito cerrado: estas instalaciones están formadas por dos circuitos independientes entre ellos, el primario y secundario. En estos sistemas, al tener dos circuitos independientes, el agua de consumo no pasa directamente por los colectores solares. Por el circuito primario, circula un líquido que pasa por el interior del colector y a través del intercambiador, transmite calor al agua del tanque de almacenamiento. De esta manera, con el doble circuito, se evita que el agua del depósito se pueda mezclar con el líquido del captador y gracias a esto se pueda incorporar anticongelante. Este es el tipo de instalación que vamos a utilizar en el proyecto.

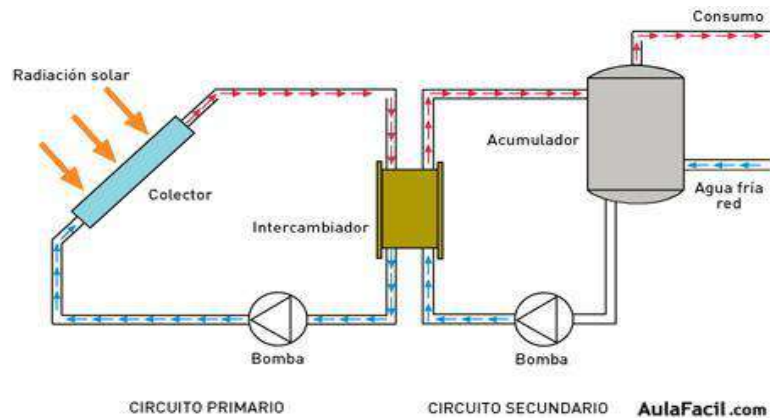


Figura 27. Esquema instalación de circuito cerrado [16]

Además, estos sistemas también se pueden diferenciar según el tipo de circulación del fluido, es decir, como se consigue esta circulación. Puede ser:

- Circulación natural por termofisión: en este caso es fundamental que el acumulador este situado por encima de los colectores. De este modo se consigue la convección por diferencia de temperatura. El agua del colector se almacena arriba debido a que es menos densa y es la que se utiliza para el consumo.

Como ventajas de este tipo de sistemas, encontramos que su instalación es muy sencilla y que tienen un precio bajo. Como estos sistemas funcionan sin bombas, no consumen energía eléctrica y, además, hace que sean equipos autónomos.

Los principales inconvenientes son de carácter estético y otro problema importante es que reduce el rendimiento.

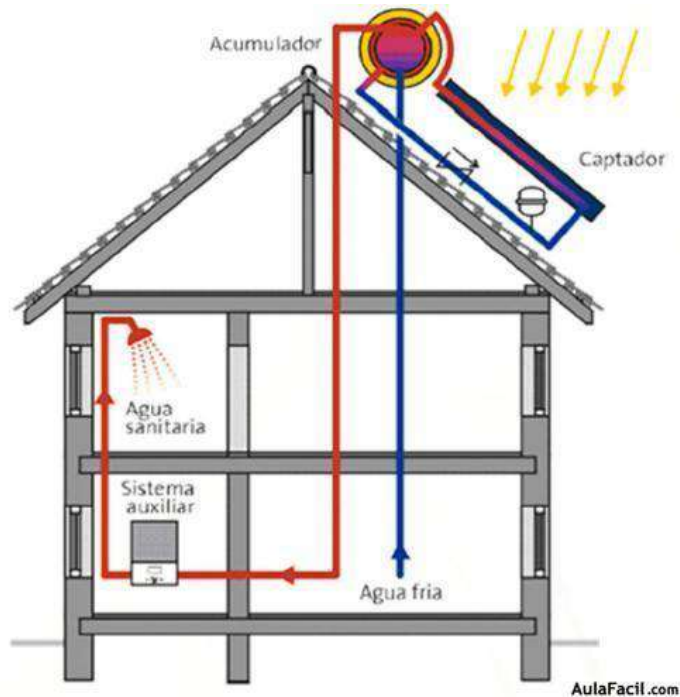


Figura 28. Esquema circulación natural [16]

- Circulación aguas forzadas: este sistema se realiza mediante una bomba eléctrica. Esta bomba está situada en el sistema de captación y su finalidad es transferir el líquido circulante rápidamente y cuando el agua que circula de los captadores ya no está caliente, interrumpir su paso.

El principal problema de este tipo de instalaciones es que requieren el uso de energía eléctrica, además del control de regulación y de la circulación. Otro factor importante es de carácter económico, la inversión inicial es mucho mayor en circulación de aguas forzadas que en circulación natural.

En cuanto a sus ventajas, estos sistemas ofrecen mayor rendimiento que los de circulación natural puesto que el fluido circula más rápido.

A pesar de que este tipo de instalación sea menos económica, es el sistema elegido para nuestro proyecto ya que el rendimiento es mayor y va a tener una mayor producción de agua caliente.

Se pueden encontrar muchos tipos de sistemas de agua caliente sanitaria, dependiendo ya sea de la distribución o de la energía empleada. Actualmente, encontramos en un sistema central dos formas principales de producción de ACS:

- **Sistemas instantáneos:** Estos sistemas se identifican por calentar el agua en el momento que se demanda y por no tener ningún tipo de depósito o reserva de ACS. Este sistema debe tener una potencia necesaria para calentar toda el agua que se necesita. El caudal del agua caliente de este sistema va variando en función de su consumo. En los sistemas instantáneos, el agua circula por un serpentín calentado por la llama del intercambiador por el que circula agua calentada. El diseño de estos intercambiadores debe estar pensado para el momento de máxima demanda de la instalación. Estos sistemas además de ser normalmente más económicos que los sistemas de acumulación, también requieren menos espacio ya que no necesitan un depósito. Una de las principales desventajas de estos sistemas es que, si no tiene una gran potencia, solo puede alimentar un punto de consumo o un caudal pequeño.

- **Sistemas por acumulación:** Estos sistemas funcionan gracias a un depósito en el que se mantiene el agua caliente hasta que sea necesaria utilizarla. Al no ser sistemas instantáneos, se reduce la potencia necesaria que debe tener además de obtener un comportamiento más homogéneo. Se reduce la potencia ya que, al tener agua acumulada, en los momentos de máxima demanda no necesitara su máxima potencia. Dentro de estos sistemas, diferenciamos dos tipos según el volumen de acumulación:
 - **Acumulación:** el volumen de acumulación de este sistema está pensado para poder cubrir toda la demanda diaria, es decir, para cubrir la demanda máxima con el agua acumulada. El principal problema de este sistema es que necesita mucho espacio debido al tamaño de los depósitos.
 - **Semi-acumulación:** estos sistemas necesitan ayuda para poder cubrir toda la demanda de agua caliente ya que son sistemas que solo pueden hacer frente

a una parte de la demanda. Al no tener depósitos tan grandes, pueden disminuir el espacio necesario.

4.3.1.3 Depósitos

Como se ha mencionado anteriormente, los depósitos sirven para almacenar el agua y poder gestionar esta energía hasta el momento que sea demandada. En la parte superior del depósito, donde se encuentra el agua caliente debido a que tiene menor densidad, se sitúa la salida hacia el consumo.

Se pueden encontrar distintos tipos de depósitos dependiendo de si incluyen o no al intercambiador. En los depósitos acumuladores el agua almacenada proviene de un intercambiador externo. En cambio, los depósitos interacumulador, tiene ya integrados en su interior el intercambiador.

Los depósitos, según el IDAE en la Guía técnica de Agua Caliente Sanitaria [17] pueden ser de los siguientes materiales:

- Acero inoxidable
- Acero con tratamientos especiales (resinas epoxi)
- Acero con esmalte vitrificado

Además, es necesario tener en cuenta que la temperatura no puede ser inferior a 60°C y es recomendable que la presión de trabajo sea de 8 bar. Por último, se recomienda que solo se utilice un único depósito situado de forma vertical y en el interior. Es por ello, que en el momento de la elección del depósito debemos tener en cuenta el volumen que tenga.

4.3.1.4 Tuberías

Son las encargadas de conectar los diferentes componentes del circuito de la instalación. El material más utilizado es el cobre ya que esto previene futuros problemas de corrosión. En cambio, es recomendable evitar materiales plásticos ya que son más débiles frente a altas temperaturas.

Además, es necesario considerar un aislamiento térmico para conseguir una disminución de las pérdidas de calor y evitar el deterioro del rendimiento de nuestra instalación. En las siguientes tablas se pueden ver los espesores mínimos en el interior y exterior de edificios que están regulados por el RITE [18]:

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	$40 \leq T^a \leq 60$	$60 < T^a \leq 100$	$1000 < T^a \leq 180$
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

Tabla 11. Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	$40 \leq T^a \leq 60$	$60 < T^a \leq 100$	$1000 < T^a \leq 180$
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60
$140 < D$	45	50	60

Tabla 12. Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios

4.3.2 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Un sistema solar fotovoltaico es una instalación que produce electricidad gracias a la radiación solar. Estas instalaciones están compuestas por módulos fotovoltaicos, regulador de carga, inversor y baterías.

4.3.2.1 Módulo fotovoltaico

Un módulo fotovoltaico es el elemento más destacado de la instalación, ya que es el encargado de convertir la energía solar en energía eléctrica y por tanto es capaz de suministrar potencia. La corriente eléctrica se genera gracias al movimiento de los electrones debido a que cuando la luz incide sobre la celda solar, los fotones inciden sobre los electrones y genera su movimiento.

Los módulos fotovoltaicos necesitan distintos componentes para proteger las células solares y para dar rigidez. Estos componentes son los siguientes:

- Marco: permite el montaje del panel fotovoltaico sobre el soporte.
- Cubierta exterior de vidrio: sirve para favorecer la transmisión de luz y además aporta resistencia frente a cambios bruscos de temperatura.
- Encapsulado: es un material que facilita una buena transmisión y protege al módulo de posibles vibraciones
- Cubierta posterior: su función es hacer que vuelva a reflejarse la luz sobre las celdas y está formada por varias capas opacas.
- Caja de conexión: se encuentra en la parte trasera y dentro están los cables de conexión.



Figura 29. Esquema componentes de un módulo fotovoltaico

Estos paneles fotovoltaicos están formados por varios grupos de células fotovoltaicas que están conectadas entre sí. En función del tipo de conexión, existe:

- Conexión en paralelo: esta conexión sirve para aumentar la intensidad de corriente eléctrica.
- Conexión en serie: con esta conexión, se consigue aumentar el voltaje de salida.

Los parámetros fundamentales de la célula solar son:

- Potencia máxima, P_{MPP} : es la máxima potencia que puede entregar la célula solar. Este valor debe ser superior al consumo máximo.
- Tensión de circuito abierto, V_{OC} : es el voltaje máximo de la célula solar y se da cuando la corriente es cero, es decir, cuando no está conectada a ninguna carga.
- Tensión en el punto de máxima potencia, V_{PMP}
- Corriente de cortocircuito, I_{CC} : es la corriente cuando el voltaje entre sus terminales es cero. Para una célula ideal, esta corriente de cortocircuito es la misma que la generada por la luz, esto quiere decir, que la corriente de cortocircuito es la mayor corriente que puede haber en la célula.
- Intensidad en el punto de máxima potencia, I_{PMP}
- Factor de forma o llenado, FF: es el cociente de potencia máxima entre el producto de la corriente de cortocircuito y la tensión de circuito abierto.

$$FF = \frac{P_{MPP}}{I_{CC} * V_{OC}}$$

- Temperatura de operación nominal, TONC: es la temperatura a la que llegan las células cuando se someten a una irradiancia de 8000 W/m², distribución espectral de la radiación AM1.5, con temperatura ambiente de 20°C y una velocidad del viento de 1 m/s.

4.3.2.2 Regulador de carga

La función principal de este elemento es administrar la energía de las baterías de la manera más eficaz posible. Esto quiere decir que los reguladores de carga se ocupan de que el

sistema no se sobrecargue o por el contrario se sobredescargue. De esta manera, los reguladores de carga también consiguen que la vida útil de las baterías sea mayor.

El regulador se encarga de dos zonas. En los casos de descarga, se ocupa de asegurar el suministro suficiente y evitar la descarga excesiva de la batería. Por el contrario, en los casos de carga, se responsabiliza de garantizar una carga suficiente al acumulador, evitando así situaciones de sobrecarga.

Existen dos tipos de reguladores según su tecnología:

- Reguladores PWM (pulse-width modulation): estos reguladores se encargan de que las placas solares funcionen a la misma tensión que la de las baterías solares. Este tipo de regulador es sencillo y económico, pero menos eficiente que los MPPT.
- Reguladores MPPT (maximum power point tracking): este tipo de regulador maximiza la potencia puesto que adaptan la captación de energía solar a la tensión de las baterías. De esta manera obtienen la máxima eficiencia de producción en cada momento. Son un 30% más eficaces que los PWM.

4.3.2.3 Batería

Las baterías se encargan de almacenar la electricidad para que, cuando sea necesario, esta energía se pueda utilizar. Es un componente imprescindible ya que es capaz de proporcionar energía al sistema aun cuando ya no hay luz solar, ya sea porque ya es de noche o por las condiciones climatológicas.

Las principales funciones de las baterías son:

- Almacenar energía durante un determinado número de días.
- Proporcionar una potencia instantánea elevada
- Fijar la tensión de trabajo de la instalación

Algunos parámetros importantes que considerar en la elección de la batería son la capacidad de la batería y la eficiencia de carga. En cuanto a la capacidad es la cantidad de energía que puede almacenar. Se mide en amperios hora (Ah) y se puede calcular como el producto de la intensidad de descarga (en amperios) durante el tiempo de actuación (en horas). La eficiencia de carga es la relación que existe entre la energía empleada para cargar la batería

y la realmente almacenada. Es decir, un valor del 100% supondría que toda la energía empleada para la carga podría ser remplazada para la descarga posterior.

Actualmente, hay se pueden encontrar distintos tipos de baterías para las instalaciones fotovoltaicas:

- Baterías monoblock: están formadas por 6 o 6 celdas internas de 2V cada una, que si son conectadas en serie forman un único bloque de 6V o 12V. estas baterías están diseñadas para instalaciones pequeñas y de bajo consumo y su vida útil es de unos 4-5 años.
- Baterías estacionarias (OPZS, TOPZS y OPZV): estas baterías también son de 2V, pero se pueden unir formando sistemas de 12V, 24V o 48V. Son recomendadas para instalaciones aisladas y consumos medio-altos.
 - o OPZS: estas baterías son recomendadas en instalaciones de gran tamaño. Requieren un mantenimiento cada 6 meses y tiene una vida útil de unos 15 años.
 - o TOPZS: son similares a las OPZS, pero estas son más baratas debido a que están diseñadas con un material traslucido.
 - o OPZV: son baterías selladas y no requieren mantenimiento ni intervención durante su vida útil (aproximadamente 20 años). Llevan integrada una válvula de control que permite la descarga repetida y duradera de las celdas. Como no requieren mantenimiento son recomendadas para instalaciones de difícil acceso.

4.3.2.4 Inversor

Este elemento es el encargado de convertir la corriente continua que llega de las baterías en corriente alterna. Esta corriente debe ser la misma que emplea la red eléctrica, es decir, una frecuencia de 50 Hz y 220 V.

Un inversor debe presentar las siguientes características:

- Alta eficiencia, de esta forma, permite funcionar en un amplio rango de potencias.

- Bajo consumo cuando no hay cargas conectadas.
- Alta fiabilidad, es decir, resistencia a los picos de arranque.
- Seguridad y protección contra cortocircuitos.
- Buena regulación de la tensión y frecuencia de salida y es fundamental que debe ser compatible con la red eléctrica.

A la hora de elegir el inversor debemos tener en cuenta que la potencia nominal de los sistemas fotovoltaicos no puede ser superior a la potencia que el inversor puede convertir. Actualmente, casi todos los modelos presentan un rendimiento del 90% y en algunos casos los inversores pueden funcionar como regulador de carga por lo que no haría falta incluir el regulador en la instalación.

El cableado de los inversores tiene unos colores estándares para las conexiones.

- Parte continua:
 - o Color rojo: conectado al polo positivo.
 - o Color negro: conectado al polo negativo.
- Parte alterna:
 - o Color amarillo-verde: conectado a tierra.
 - o Color azul: para el neutro.
 - o Color marrón: para la fase.

Es necesario que el inversor presente algunas protecciones como puede ser un interruptor automático, limitador de la tensión y frecuencia máxima y mínima y protecciones contra contactos directos, sobrecarga y cortocircuito.

4.4 CÁLCULOS

4.4.1 CÁLCULOS INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

Para el cálculo de la instalación solar térmica se utilizará el método f-chart. Este método utiliza los datos mensuales medios meteorológicos.

El método sigue la siguiente ecuación:

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

Para realizar este método es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Valoración de las cargas caloríficas para el calentamiento de agua destinada a la producción de ACS.
2. Valoración de la radiación solar incidente en la superficie inclinada de los captadores.
3. Cálculo del parámetro D_1
4. Cálculo del parámetro D_2
5. Determinación de la grafica f
6. Valoración de la cobertura solar mensual, anual y formación de tablas.

PASO 1: Valoración de las cargas caloríficas

Primero se realiza el cálculo de la energía necesaria para ACS. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E = C * \Delta T$$

Donde:

C: consumo total de agua [m^3]

$\Delta T = T - T_i$ [$^{\circ}C$]: diferencia entre la temperatura de utilización y la temperatura media del agua de la red.

Consumo total de agua: para calcular el consumo total de agua es necesario multiplicar el consumo de agua a máxima ocupación por el número de días del mes y por el porcentaje de ocupación de ese mes.

El consumo diario de ACS para una referencia de 60°C según el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura, se muestra a continuación [19]:

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

Figura 30. Consumo diario medio de ACS

Además, para el consumo total de agua es necesario tener en cuenta el número de personas por cada vivienda:

Nº de dormitorios	Nº de personas
1	1,5
2	3
3	4
4	6
5	7
6	8
7	9
8	9
Más de 8	Igual que el número de dormitorios

Figura 31. Número de personas en función del número de dormitorios.

El número de ocupantes es el resultado de multiplicar 54 viviendas que tiene el edificio por 6 personas que hay por cada vivienda.

Para el porcentaje de ocupación se considera:

Meses	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Ocupación [%]	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 13. Porcentaje de ocupación

Teniendo en cuenta todo lo mencionado anteriormente, los datos de partida según lo indicado son:

Numero de ocupantes:	324
Consumo por ocupante [L/día]:	22
Consumo de agua a máxima ocupación [L/día]:	7128
Temperatura de utilización [°C]:	60

Tabla 14. Datos de partida

Diferencia de temperatura: se calcula como la diferencia de temperatura de utilización y la temperatura media del agua de la red. Según el CTE, la temperatura de utilización es de 60°. La temperatura media del agua de la red se obtiene a partir de los datos del IDAE [17] que se muestran en la guía técnica de ACS.

	Temperatura del agua de la red (°C)												Media
	5	6	7	9	11	13	15	2	14	11	7	6	
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

Tabla 15. Temperatura del agua de la red del IDAE

Meses	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Consumo de agua [m^3]	221	199,6	221	213,8	221	213,8	221	221	213,8	221	213,8	221	2601,72
Incremento T^a [°C]	50	48,8	47,6	46,4	45,2	44	42,8	44	45,2	46,4	47,6	48,8	
Energía Necesaria [$kcal * 1000$]	11048	9740	10518	9922	9988	9409	9457	9723	9666	10253	10179	10783	120686

Tabla 16. Cálculo demanda energética de ACS

PASO 2: Valoración de la radiación solar incidente en la superficie de los captadores

En este paso se calcula la energía absorbida por el captador de la siguiente manera:

$$E_a = S_C * F_r'(\tau\alpha) * R_1 * N$$

Donde:

S_C : superficie del captador en m^2

R_1 : radiación diaria mensual incidente sobre la superficie de captación por unidad de área [kJ/m^2]

N : número de días del mes

$F_r'(\tau\alpha)$: factor adimensional que viene dado por la siguiente expresión:

$$F_r'(\tau\alpha) = F_r(\tau\alpha)_n * \left[\frac{\tau\alpha}{(\tau\alpha)_n} \right] * \left(\frac{F_r'}{F_r} \right)$$

Donde:

$F_r(\tau\alpha)_n$: factor de eficiencia óptica del captador (ordenada en el origen de la curva característica del captador)

$\frac{\tau\alpha}{(\tau\alpha)_n}$: modificador del ángulo de incidencia (valor de 0,96 para superficie

transparente sencilla o 0,94 para superficie transparente doble)

$\frac{F_r'}{F_r}$: factor de corrección del conjunto captador-intercambiador (normalmente toma el valor de 0,95)

PASO 3: Cálculo del parámetro D_1

El parámetro D_1 es la relación entre la energía absorbida por el captador y la carga calorífica.

$$D_1 = \frac{\text{Energía absorbida por el captador}}{\text{Carga calorífica mensual}} = \frac{E_a}{Q_a}$$

PASO 4: Cálculo del parámetro D_2

El parámetro D_2 es la relación entre las pérdidas de energía en el captador (para una determinada temperatura) y la carga calorífica durante un mes.

$$D_2 = \frac{\text{Energía pérdida en el captador}}{\text{Carga Calorífica mensual}} = \frac{E_p}{Q_a}$$

Donde la energía perdida en el captador es:

$$E_p = S_c * F_r' U_L * (100 - t_a) * \Delta t * K_1 * K_2$$

S_c : superficie del captador en m^2

$F_r' U_L = F_r U_L \left(\frac{F_r'}{F_r} \right)$, donde $F_r U_L$ es la pendiente de la curva característica del captador, es decir, el coeficiente global de pérdidas

t_a : temperatura media mensual del ambiente durante las horas diurnas

Δt : periodo de tiempo en segundos

K_1 : factor de corrección por almacenamiento

$$K_1 = \left[\frac{V \text{ (kg acumulación)}}{75 \cdot S_c} \right]^{-0,25} \quad 50 < \frac{V}{S_c} < 300 \text{ (según el CTE)}$$

K_2 : factor de corrección para ACS, donde relaciona a temperatura mínima ACS, la del agua de red y la media mensual ambiente

$$K_2 = \frac{11,6 + 1,18 \cdot t_{ac} + 3,86 \cdot t_r - 2,32 \cdot t_a}{100 - t_a}$$

t_{ac} : temperatura mínima ACS

t_r : temperatura del agua de red

t_a : temperatura media mensual ambiente durante horas diurnas

Meses	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
D1	0,64	0,87	1,06	1,22	1,17	1,24	1,44	1,41	1,16	0,78	0,75	0,71
D2	2,88	2,98	2,96	2,97	3,00	2,88	2,85	2,67	2,72	2,90	3,03	3,04

Tabla 17. Valor de los parámetros D1 y D2

PASO 5: Determinación de la gráfica f

A partir de los valores de los parámetros D1 y D2 se calcula la fracción de la carga calorífica mensual aportada por el sistema a la demanda de ACS

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

Meses	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
f	0,394	0,546	0,662	0,750	0,722	0,769	0,865	0,863	0,733	0,490	0,463	0,434

Tabla 18. Valor del parámetro f

PASO 6: Valoración de la cobertura solar mensual

La energía útil captada cada mes será:

$$Q_u = f Q_a$$

La cobertura solar anual es la relación entre la suma de las coberturas mensuales y la suma de las cargas caloríficas.

$$\text{Cobertura solar anual} = \frac{\sum_{u=1}^{u=12} Q_u}{\sum_{a=1}^{a=12} Q_a}$$

4.4.1.1 Cálculo de la limitación de demanda

El documento básico (DB) de ahorro de energía tiene como objetivo establecer una serie de normas para que se pueda cumplir el requisito de ahorro de energía. Todas estas reglas se establecen en el artículo 15 de la Parte I del CTE [20].

El artículo 15: Exigencias básicas de ahorro de energía (HE) consiste en conseguir un uso racional de la energía y esto se consigue gracias a que se cumplan las siguientes exigencias básicas:

- Exigencia básica HE0: Limitación del consumo energético
- Exigencia básica HE1: Condiciones para el control de la demanda energética
- Exigencia básica HE2: Condiciones de las instalaciones térmicas
- Exigencia básica HE3: Condiciones de las instalaciones de iluminación
- Exigencia básica HE4: Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria
- Exigencia básica HE5: Generación mínima de energía eléctrica procedente de fuentes renovables
- Exigencia básica HE6: Dotaciones mínimas para la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos

En este apartado nos vamos a centrar en Exigencia básica HE4: Contribución solar mínima para ACS. Este apartado se debe aplicar en edificios que tengan una demanda de agua caliente sanitaria (ACS) superior a 100 l/día.

La contribución solar mínima se establece en función de la zona climática en que se encuentra en el edificio. Para determinar la zona climática se puede observar en la siguiente ilustración:

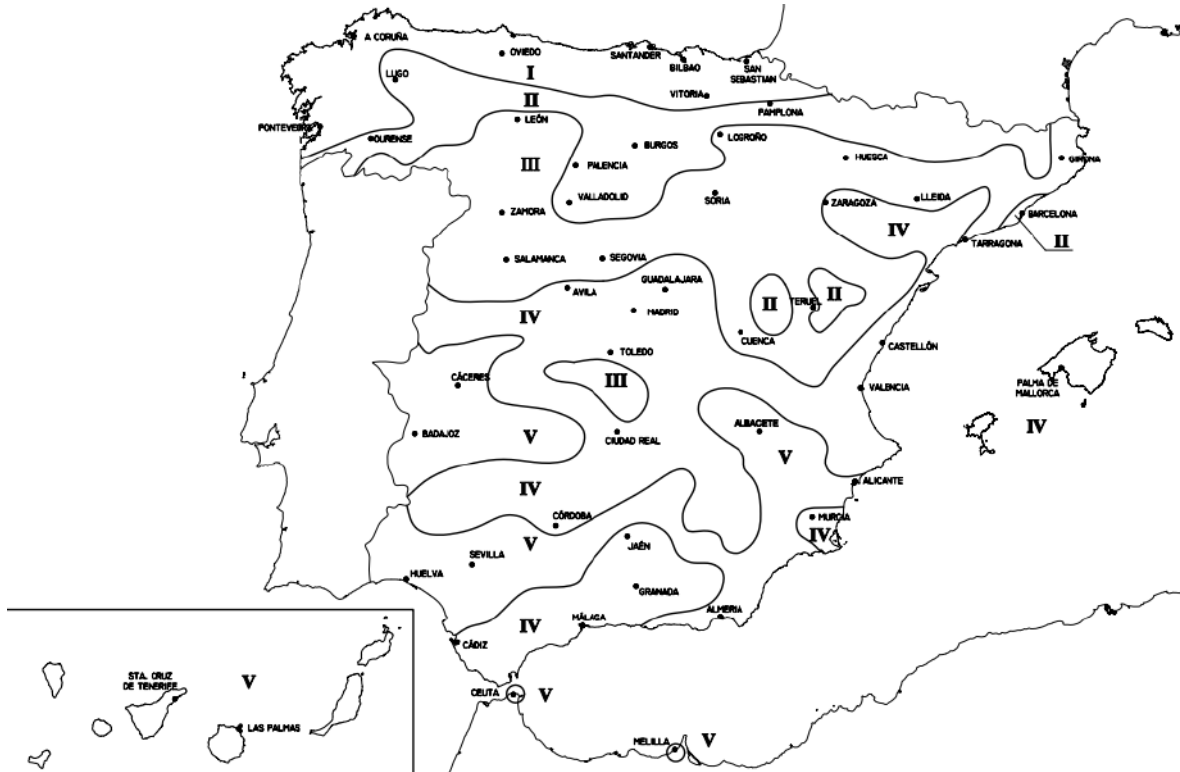


Figura 32. División de la península en zonas climáticas

En nuestro proyecto, el edificio de estudio se encuentra en Madrid, esto quiere decir que pertenece a zona climática IV.

Para determinar la contribución solar mínima para ACS, se necesita conocer la demanda total de ACS del edificio (en nuestro caso, la demanda era de 7128 litros/día). En la siguiente tabla se presentan los valores de contribución mínima solar exigida en % en función de la demanda y la zona climática.

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

Tabla 19. Contribución solar mínima en función de la demanda de ACS

Conociendo que la demanda es de unos 7000 litros y que Madrid pertenece a la zona climática IV, se establece que la contribución mínima solar de ACS debe ser del 60%. Además, se debe tener en cuenta que, en ningún mes, la contribución solar de la instalación puede ser superior al 110%.

4.4.1.2 Cálculo pérdidas de calor

En el sistema de captación, en los colectores se producen pérdidas y estas son consideradas pérdidas por calor. Las pérdidas en los colectores vienen determinadas por $F_r U_L$ que es la pendiente de la curva característica del captador, es decir, el coeficiente global de pérdidas. Este coeficiente es proporcionado en las especificaciones técnicas del captador por el fabricante. El coeficiente global de pérdidas también puede ser calculado a partir de otros factores que debe dar el fabricante, donde $F_r U_L = A_1 + 40 * A_2$

Siendo:

A_1 : factor de pérdidas lineal

A_2 : factor de pérdidas cuadrático

Otras pérdidas térmicas quedan reflejadas en el factor de corrección de intercambiador (FIC). Este factor de corrección es muy recomendado utilizarlo en instalaciones que tengan un circuito primario y secundario, ya que en el cálculo de este factor se tiene en cuenta tanto las pérdidas térmicas producidas en el intercambiador como en los elementos de su entorno.

$$FIC = \frac{F'_r}{F_r} = \left(1 + \frac{F_R * U_L}{m_p * C_{pp}} * \left(\frac{m_p * C_{pp}}{\varepsilon * C_{min}} \right) \right)^{-1}$$

Donde:

$F_R * U_L$: coeficiente global de pérdidas del colector $\left(\frac{J}{m^2 * s * C} \right)$

ε : eficiencia del intercambiador

C_{pp} : calor específico en el circuito primario $\left(\frac{J}{kg * K} \right)$

C_{min} : capacidad térmica mínima calculada como $C_{min} = (m * C_p)_{min}$

m_p : caudal masico en el circuito primario $\left(\frac{kg}{m^2 \cdot s}\right)$

En este proyecto, todas estas pérdidas han sido estudiadas con el método f-chart.

Por último, los colectores también pueden presentar pérdidas debido a la inclinación, orientación o a las sombras que se producen. Este tipo de pérdidas tiene unos porcentajes máximos admisibles (especificados en el CTE) y se calcularan en el siguiente capítulo.

4.4.1.3 Cálculo pérdidas de carga en los conductos

Para transportar el fluido caloportador hasta los distintos puntos de consumo, este fluido debe pasar por las tuberías donde se producen pérdidas. Las perdidas en los tramos rectos de la tubería son perdidas de carga por fricción y pueden ser calculadas fácilmente con la ecuación de dinámica de fluidos de Darcy-Weisbach. En nuestro caso, nos permite calcular las perdidas en función de factores como las dimensiones de la tubería o por la velocidad del fluido. Las pérdidas de carga por fricción siguen la siguiente ecuación:

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

f : coeficiente de fricción de Darcy

L : longitud de la tubería (m)

D : diámetro de la tubería (m)

v : velocidad media del fluido (m/s)

g : gravedad (m/s^2)

El coeficiente de fricción de Darcy varía dependiendo si la tubería es lisa o rugosa. En tuberías lisas sigue la ley de Blasius y en tuberías rugosas la ecuación de White-Colebrook.

Ley de Blasius: $f = 0,3164 * Re^{-0,25}$,

Ecuación de White-Colebrook: $f = \left(-2 \log\left(\frac{\varepsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}}\right)\right)^{-2}$

Siendo:

$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$, el número de Reynolds

ρ : densidad del fluido (kg/m^3)

μ : viscosidad dinámica del fluido ($N * s/m^2$)

4.4.2 CÁLCULOS INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

Para el cálculo de la instalación solar fotovoltaica primero es necesario saber cuál es el consumo mensual de los usos comunes del bloque de viviendas. En la siguiente tabla se muestra el consumo mensual y el total del edificio:

Mes	Consumo (kWh)
Enero	1285
Febrero	1285
Marzo	1285
Abril	1032
Mayo	1032
Junio	1032
Julio	1032
Agosto	800
Septiembre	1253
Octubre	1253
Noviembre	1298
Diciembre	1032
Total	13619

Tabla 20. Consumo mensual del edificio

Para realizar el cálculo de la instalación solar fotovoltaica, debemos tener en cuenta que esta debe ser capaz de cubrir aproximadamente el 75% del consumo total.

Mes	Consumo total (kWh)	Producción de la instalación (kWh)
Enero	1285	963,75
Febrero	1285	963,75
Marzo	1285	963,75
Abril	1032	774
Mayo	1032	774
Junio	1032	774
Julio	1032	774
Agosto	800	600
Septiembre	1253	939,75
Octubre	1253	939,75
Noviembre	1298	973,5
Diciembre	1032	774
Total	13619	10214,25

Tabla 21. Producción mínima de la instalación.

Como podemos ver, como mínimo la instalación debe producir 10215 kWh al año que supone un 75% del consumo total de los usos comunes. Optimizando los módulos e inversores escogidos y la disposición de los paneles fotovoltaicos se consigue una producción de 11031 kWh, es decir, que cubre un poco más del 75%. En la siguiente tabla se muestra la previsión del ahorro energético que se va a producir:

Mes	Nº días	kWh/m ² día	Producción kWh/mes
Enero	31	3,09	625,88
Febrero	28	4,07	737,54
Marzo	31	5,13	973,84
Abril	30	5,55	1.021,48
Mayo	31	6,00	1.130,61
Junio	30	6,41	1.117,68
Julio	31	6,91	1.219,51
Agosto	31	6,69	1.188,19
Septiembre	30	5,74	1.002,96
Octubre	31	4,44	850,31
Noviembre	30	3,26	627,02
Diciembre	31	2,65	536,16
Promedio	365	5,00	11.031

Tabla 22. Previsión ahorro energético

4.4.3 CÁLCULO PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN

Según el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura desarrollado por el IDAE [19], se establecen unos límites en las pérdidas de orientación, inclinación y sombras estipulados respecto a los valores óptimos. Estos límites son los que se muestran en la siguiente tabla:

	<i>Orientación e inclinación (OI)</i>	<i>Sombras (S)</i>	<i>Total (OI+S)</i>
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

Tabla 23. Límites impuestos por el IDAE para las pérdidas

Además, se establece como dirección óptima la orientada al Sur y la mejor inclinación será según la latitud geográfica.

En cuanto a las pérdidas por orientación e inclinación se establecen unos límites que son las pérdidas máximas permisibles. Para poder calcularlas, primero es necesario definir varios ángulos:

- Ángulo de incidencia, β : es el ángulo que se forma entre la superficie de los captadores con el plano horizontal.
- Ángulo de azimut, α : es el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del captador y el meridiano del lugar.

Captadores orientados al Sur	0°
Captadores orientados al Este	-90°
Captadores orientados al Oeste	+90°

Tabla 24. Valores típicos del ángulo de azimut

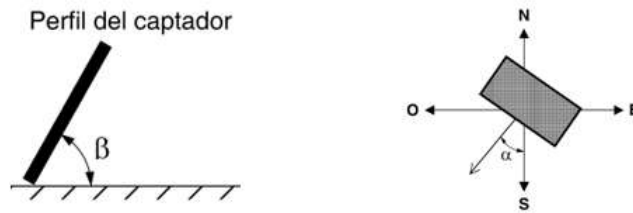


Figura 33. Ejemplo de los ángulos

El siguiente cálculo consiste en corregir los límites de inclinación en función de la diferencia entre la latitud que se toma como referencia (41°) y la latitud del lugar del estudio. Para ello, se siguen las siguientes fórmulas:

$$\text{Inclinación máxima} = \text{Inclinación } (\phi = 41^\circ) - (41^\circ - \text{latitud})$$

$$\text{Inclinación mínima} = \text{Inclinación } (\phi = 41^\circ) - (41^\circ - \text{latitud})$$

En situaciones cerca del límite y como forma de verificación, se empleará la siguiente fórmula:

- Para $15^\circ < \beta < 90^\circ$

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 * \left(1,2 * 10^{-4} * (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 * 10^{-5} * \alpha^2 \right)$$

- Para $\beta \leq 15^\circ$

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 * \left(1,2 * 10^{-4} * (\beta - \beta_{opt})^2 \right)$$

Los límites para la inclinación se obtienen de la intersección del límite de pérdidas del 10% (es decir, la región de 90-95%) con la recta de azimut.

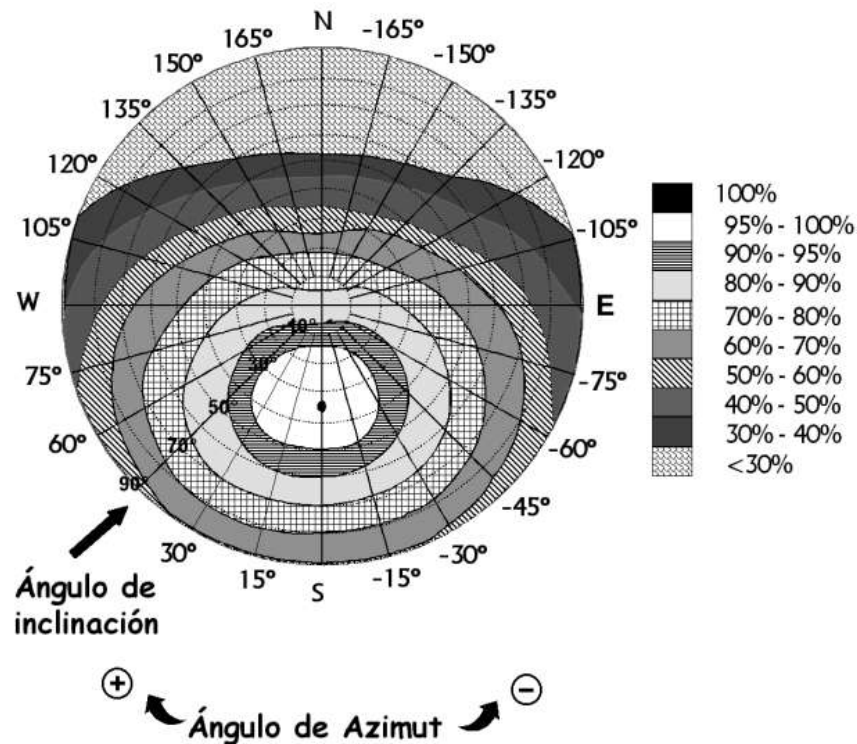


Figura 34. Esquema para calcular los límites de inclinación

En nuestro caso, como se considera orientación Sur el ángulo de azimut será 0°, por tanto:

- Inclinación máxima será 60°
- Inclinación mínima será 10°

Como hemos determinado antes, ahora se realiza la corrección por latitud:

$$\text{Inclinación máxima} = 60^\circ - (41^\circ - 40^\circ) = 59^\circ$$

$$\text{Inclinación mínima} = 10^\circ - (41^\circ - 40^\circ) = 9^\circ$$

De esta manera, se verifica que se cumple los requisitos de pérdidas por orientación e inclinación.

Capítulo 5. INSTALACIONES

5.1 DESCRIPCIÓN INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

Como he descrito en el capítulo anterior, para calcular el modelo de la instalación solar y el número de colectores necesarios, se ha utilizado el método f-chart para poder calcular la fracción de carga calorífica que aporta el sistema. En concreto, se ha usado una hoja de cálculo Excel desarrollada por el director de este proyecto, Luis Javier Mata García. Como requisito tenemos que en la producción de ACS se ahorre un 60%, y teniendo en cuenta este factor, se ha analizado diferentes modelos de colectores.

A continuación, se encuentra una tabla comparativa de ellos:

Modelo	Área	Rendimiento	K1	Nº colectores	Precio unitario	Precio total	Área total	Ahorro %
Junkers fkt 2W	2,23	0,802	3,833	50	660	33000	111	63,8
Cidersol cidsol - std	1,94	0,811	3,519	60	425	25500	117	67
Vitosol 200fm	2,32	0,816	4,383	50	696	34800	116	64,1
Promasol promosun blue 2.6	2,37	0,76	3,67	50	492	24600	118,5	63,5

Tabla 25. Comparativa de los distintos colectores

Como se puede ver en la tabla anterior, el modelo de colectores que genera menos coste es **Promasol Promosun blue 2.6**. con este modelo se necesita 50 unidades para poder cubrir un 60% de la demanda de ACS.

A continuación, se muestran las especificaciones técnicas de este captador, recogidas directamente de la ficha técnica del fabricante:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GENERALES	Verticales			Horizontales	
	PROMASUN 1.5 BLUE	PROMASUN 2.0 BLUE	PROMASUN 2.6 BLUE	PROMASUN 2.0 BLUE	PROMASUN 2.6 BLUE
Largo(mm.)	1.530	2.030	2.030	1.030	1.030
Ancho(mm.)	1.030	1.030	1.280	2.030	2.280
Fondo(mm.)	80	80	80	80	80
Área total(m ²)	1,58	2,09	2,6	2,09	2,6
Área apertura(m ²)	1,4	1,88	2,37	1,88	2,37
Peso en vacío(Kg.)	28	36,5	45	36	44,5
Capacidad (Litros)	1,12	1,28	1,64	1,28	1,64
Curva de Rendimiento					
η_0	0,76	0,73	0,76	0,73	0,76
k_1	3,67	3,75	3,67	3,75	3,67
k_2	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015

Figura 35. Especificaciones técnicas del captador escogido

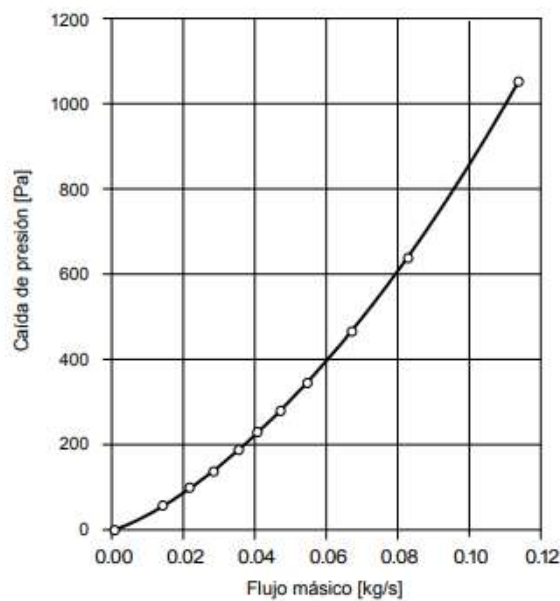


Figura 36. Curva de pérdida de carga del captador escogido

Finalmente, con el uso de este colector, se muestran los resultados obtenidos:

Meses	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Energía Necesaria [kcal * 1000]	11048	9740	10518	9922	9988	9409	9457	9723	9666	10523	10179	10783	120686
Ahorros [kcal * 1000]	4353	5315	6966	7446	7208	7234	8185	8392	7088	5027	4715	4685	76615
Ahorros [%]	39,4	54,6	66,2	75,0	72,2	76,9	86,5	86,3	73,3	49,0	46,3	43,4	63,5

Tabla 26. Resultados de los ahorros esperados

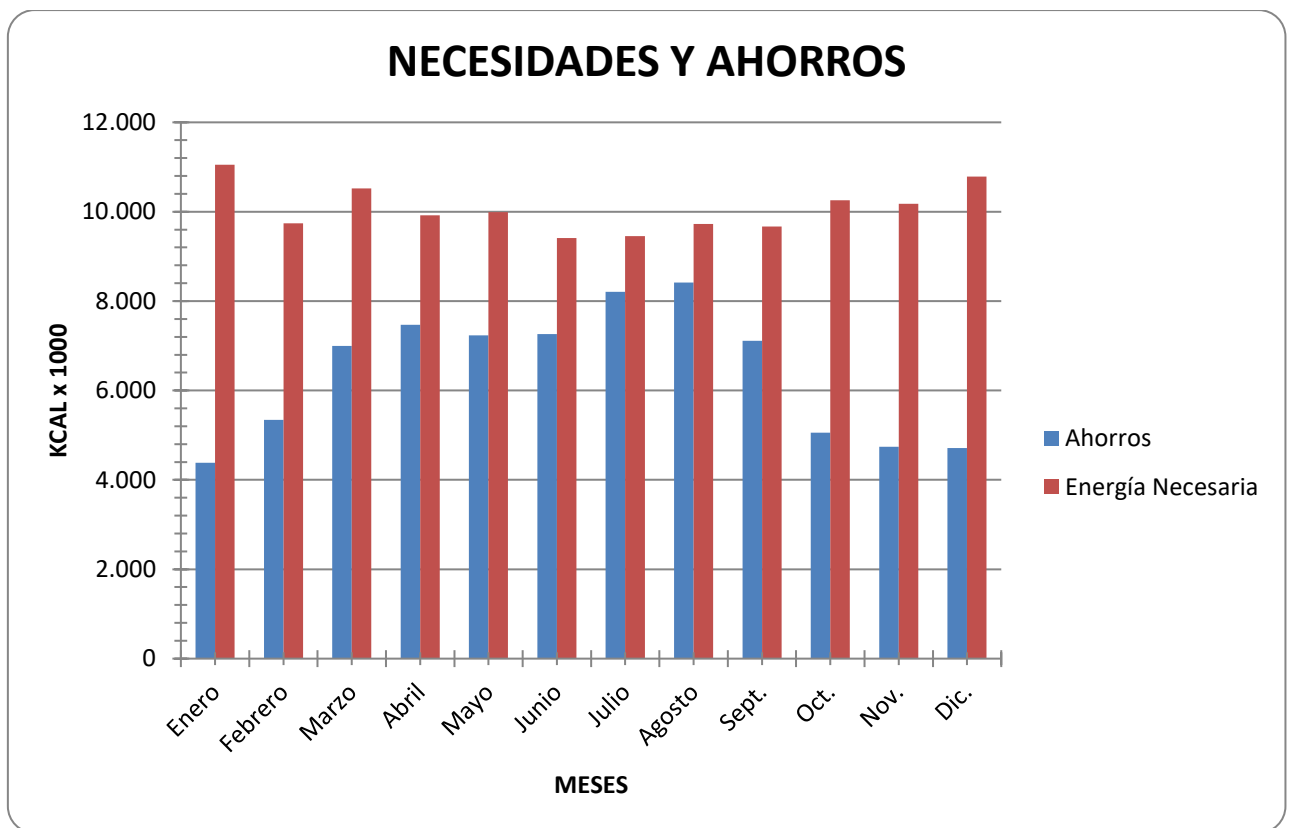


Figura 37. Gráfica de las necesidades frente al ahorro

Como se puede comprobar en la tabla, con esta instalación de 50 colectores se consigue cumplir la condición impuesta por el CTE de cobertura mínima solar de un 60%, consiguiendo así un 63,5%

5.1.1 ESTRUCTURA PARA SOPORTE Y ANCLAJE

Para seleccionar la estructura de soporte y anclaje, es necesario saber la disposición de los colectores. El sistema de soporte y anclaje será el que recomienda la marca.

Disposición de los colectores

En nuestro caso vamos a contar con baterías de captadores. Una batería es un conjunto de colectores que tienen una estructura común de soporte y funciona como un colector de gran tamaño.

En nuestro caso, necesitamos colocar un total de 50 captadores para la instalación térmica. Las baterías están compuestas por 5 captadores, por tanto, la disposición de nuestros colectores será 2 baterías de 5 en serie, es decir, un total de 10 colectores. Y esta disposición se repetirá 5 veces hasta formar un total de 50 captadores.

Sistema de soporte y anclaje

Como he mencionado en el apartado anterior, para el sistema de soporte se va a utilizar el sistema propio de la marca Promasol, perteneciente a la familia de captadores Promasun Blue. En concreto se va a emplear la estructura de soporte para batería de 5 colectores verticales con referencia 4300.45. Este sistema de soporte cuenta con 2 baterías de 2 captadores y una de 1 captador como se muestra a continuación:



Figura 38. Esquema de batería de 5 captadores

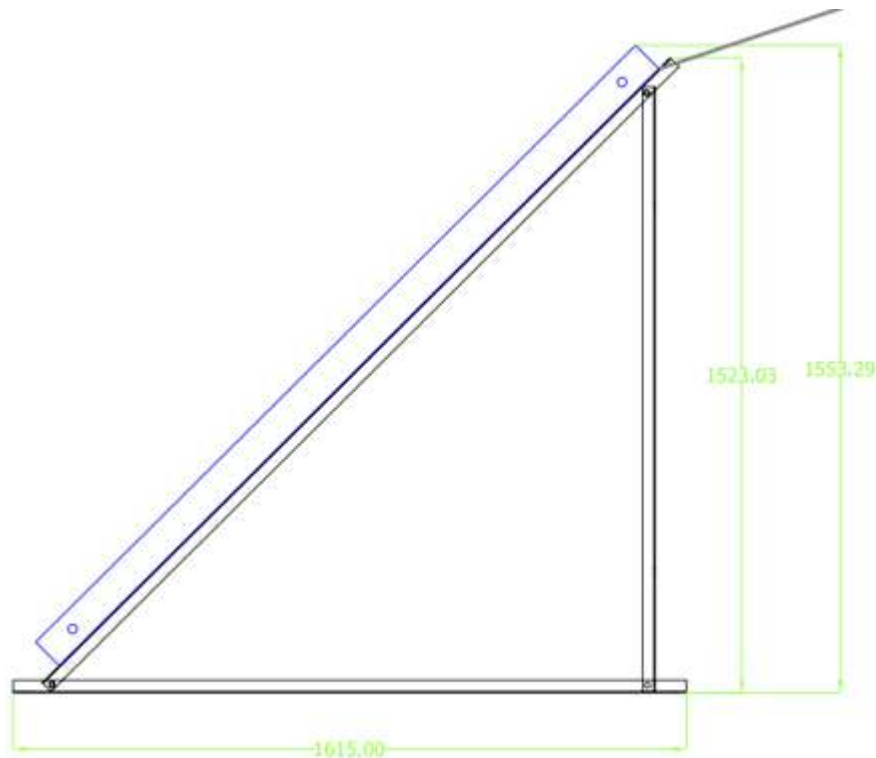


Figura 39. Dimensiones generales estructura de soporte

En cuanto a la disposición de los colectores se sigue el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios [RITE]. Se establece que los colectores deben tener el mismo número de elementos en cada fila y que las filas deben ser paralelas y estar bien alineadas. Además, los colectores se deben orientar hacia el sur y la inclinación de estos colectores se determinan en función de la latitud geográfica.

En cuanto a la separación entre filas, la distancia debe seguir la siguiente expresión:

$$d = k * h$$

Siendo:

d: separación entre filas

h: altura del colector

k: coeficiente cuyo valor se obtiene a partir de la inclinación de los colectores como se puede ver en la siguiente tabla:

Inclinación (°)	20	25	30	35	40	45	50	55
Coefficiente K	1,532	1,638	1,732	1,813	1,879	1,932	1,970	1,992

Tabla 27. Coeficiente de separación entre filas de colectores

En nuestro caso, la inclinación será de 45°. Por tanto, para nuestro emplazamiento queda lo siguiente:

$$d = 1,932 * 2,030 = 3,92 \text{ m}$$

Con estos cálculos, podemos concluir que la distancia mínima entre las filas debe ser como mínimo 3,92 m

La distancia entre la primera fila de los colectores y los obstáculos que puedan producir sombras deberá seguir la siguiente expresión:

$$d = 1,732 * a$$

Siendo a: la altura del obstáculo.

5.1.2 ELECCIÓN DEPÓSITO DE ACUMULACIÓN

Como condición principal, se debe cumplir que:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

Donde:

A: es el área total de los captadores en m^2

V: volumen del depósito de acumulación en L

Además, también es importante remarcar que el volumen del depósito de acumulación debe tener una capacidad similar al consumo diario. Como el consumo diario es aproximadamente 7100L, se busca un depósito que tenga 7000L de capacidad y, además, que el cociente de V/A sea igual a 59.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES			
Capacidad total:	Total	7000	L
Presión máxima de trabajo:		8	bar
Temperatura máxima de trabajo:		90	°C
Conexiones:	kw/e: entrada agua red / vaciado	3	" M
	ww: salida ACS	3	" M
	z: recirculación ACS	1 ½	" M
	R: conexión lateral	2	" H
	pc: conexión "lapesa correx-up"	¾	" H
	tm: conexión sensores	½	" H
Dimensiones exteriores:	D: Diámetro	1750	mm
	H: Altura (sin conexiones)	3633	mm
	Diagonal (sin conexiones)	4030	mm
Peso:	Sin embalaje	677	kg

Tabla 28. Características generales del acumulador escogido

Se utilizará el depósito acumulador con capacidad para 7000L de la marca Lapesa.

5.1.3 FLUIDO CALOPORTADOR

La recomendación principal para la elección del fluido es según el CTE, seguir las indicaciones del fabricante de los colectores solares, ya que este fluido es el que va por el circuito primario.

El CTE establece que se deberá utilizar el agua de red o agua con aditivos según las características climatológicas. Estos aditivos generalmente son anticongelantes. Además, establece algunas exigencias, la más importante es que el pH del fluido a 20°C (temperatura ambiente) debe estar comprendido entre 5 y 9.

Teniendo en cuenta todo lo mencionado, el anticongelante escogido es el propilenglicol, que es uno de los más comunes para este tipo de instalaciones.

5.1.4 TUBERÍAS

Se emplearán las tuberías de menor longitud posible, de esta manera se intentará minimizar las pérdidas de carga y se evitarán los codos siempre que sea posible. Además, como estas tuberías se encuentran en el exterior, se ha elegido que el material de las tuberías sea de cobre, ya que es un material muy utilizado en las instalaciones térmicas y además presenta una gran resistencia a la corrosión. Otra limitación que tenemos en cuanto al dimensionamiento de las tuberías es que su velocidad media debe ser inferior a 2 m/s . Este cálculo lo verificaré más adelante.

Para lograr el equilibrio del circuito, se ha decidido utilizar la conexión de retorno invertido. Esta conexión tiene como objetivo equilibrar las pérdidas de carga. Para conseguir esta distribución uniforme, las medidas de las tuberías y el recorrido deben generar pérdidas de carga equivalentes en todo el circuito.

A continuación, se muestra la disposición de las tuberías:

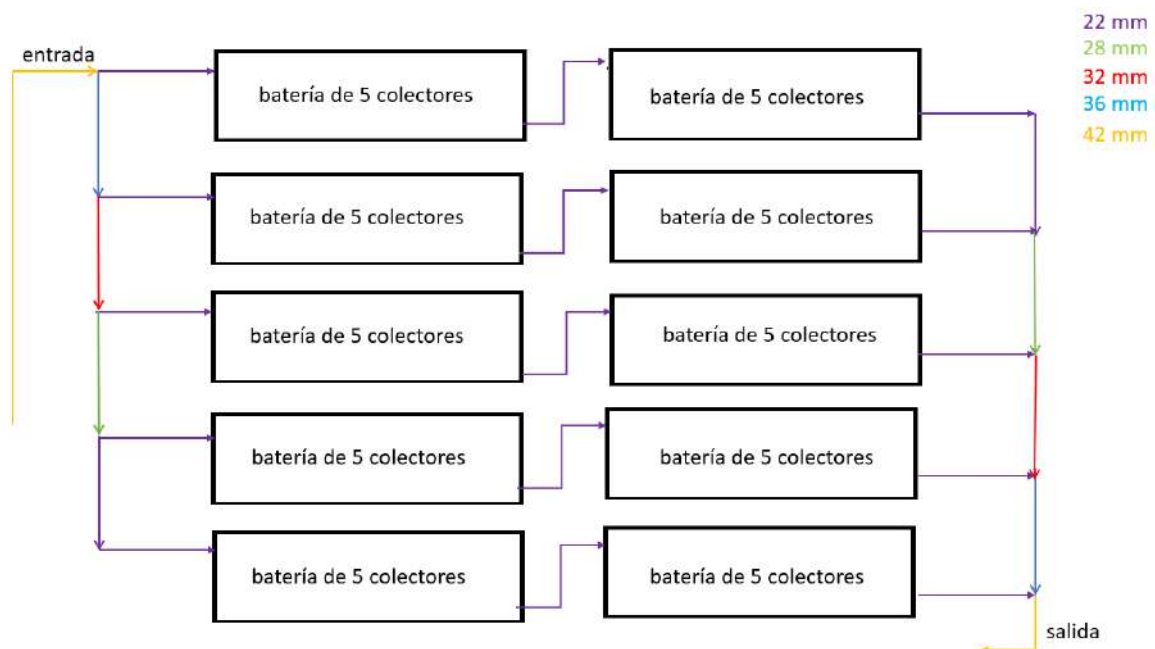


Figura 40. Esquema disposición de tuberías

Con la siguiente fórmula podemos ver cómo está relacionado el diámetro de las tuberías con el caudal que circula por ellas.

$$Q = v * S = v * \frac{\pi * D^2}{4}$$

Donde:

Q : caudal medido en l/h

v : velocidad media del fluido en el tramo medido en m/s

D : diámetro interior de la tubería medido en mm

Como podemos ver en la disposición de las tuberías, vamos a emplear distintas tuberías en función de su diámetro. A continuación, vamos a comprobar que su velocidad media sea inferior a $2 m/s$

$$v = Q * \frac{4}{\pi * D^2}$$

Para el caudal total de $5925 \frac{l}{h}$, representado en amarillo, se utilizarán tuberías de cobre de 42 mm de diámetro. Su velocidad media será:

$$v = \frac{5925 \frac{l}{h} * \frac{1h}{3600 s} * \frac{1m^3}{1000 l} * 4}{\pi * 0,042^2 m^2} = 1,1879 \frac{m}{s}$$

Las tuberías representadas en azul serán de 36 mm y su caudal será el equivalente al que pasa por 4 ramas de las 5 ramas de baterías de colectores. Con un caudal correspondiente a $4740 \frac{l}{h}$. Su velocidad media será:

$$v = \frac{4070 \frac{l}{h} * \frac{1h}{3600 s} * \frac{1m^3}{1000 l} * 4}{\pi * 0,036^2 m^2} = 1,2935 \frac{m}{s}$$

Para el caudal de 3 ramas de 5 equivalente a $3555 \frac{l}{h}$, se utilizará unas tuberías con un diámetro igual a 32 mm. Estas tuberías están representadas en rojo y su velocidad media será:

$$v = \frac{3555 \frac{l}{h} * \frac{1h}{3600 s} * \frac{1m^3}{1000 l} * 4}{\pi * 0,032^2 m^2} = 1,2278 \frac{m}{s}$$

Las tuberías representadas en verde corresponden con un caudal igual a $2370 \frac{l}{h}$, es decir, el caudal que circula por 2 de las 5 ramas. Su diámetro será igual a 28 mm y su velocidad media será:

$$v = \frac{2370 \frac{l}{h} * \frac{1h}{3600 s} * \frac{1m^3}{1000 l} * 4}{\pi * 0,028^2 m^2} = 1,070 \frac{m}{s}$$

Por último, el caudal que solo recorre 1 de las 5 ramas es igual a $1185 \frac{l}{h}$. Estas tuberías representadas en morado tienen un diámetro de 22mm y su velocidad media será:

$$v = \frac{1185 \frac{l}{h} * \frac{1h}{3600 s} * \frac{1m^3}{1000 l} * 4}{\pi * 0,022^2 m^2} = 0,866 \frac{m}{s}$$

Como podemos comprobar, todas las velocidades de las tuberías son inferiores a $2 m/s$, por lo que cumple la limitación que he mencionado anteriormente.

5.1.5 AISLAMIENTO

Como he mencionado en el capítulo anterior y como se ha detallado en la Tabla 6, el RITE requiere unos espesores mínimos de aislamiento. Podemos concluir basándonos en la selección de los diámetros de las tuberías de cada sección del circuito y en el espesor mínimo del fluido en función de la temperatura de circulación:

- Será necesario utilizar un aislamiento de 35mm en los tramos que tengan un diámetro menor de 35mm
- Será necesario emplear un aislamiento de 40mm en los tramos que su diámetro sea mayor de 35mm.

El aislamiento escogido para nuestra instalación es un aislante en forma de coquilla de la gama **SH/Armaflex**, de la marca Armacell. Es una gama de acuerdo con el Reglamento

RITE y está fabricado en espuma elastomérica, de esta manera se garantiza el aislamiento de las tuberías.

5.1.6 BOMBAS

Se dimensionará una bomba que cumpla todas las condiciones necesarias. En nuestro caso, es necesario tener en cuenta que según establece el Pliego de Condiciones Técnicas, en instalaciones que tengan una superficie de captación mayor de 50 m^2 , será necesario instalar dos bombas en paralelo. Estas dos bombas funcionarán de manera alternativa, quedando siempre una de ellas como reserva. La elección de la bomba se dimensionará gracias a la herramienta de la empresa Grundfos que facilita las bombas que cumplan nuestros requisitos en función del caudal necesario y de la altura.

En cuanto al caudal de las bombas, se calculará siguiendo la siguiente expresión:

$$Q = Q_N * S_c$$

Siendo:

Q_N : el caudal nominal recomendado medido en $\frac{L}{h * m^2}$

S_c : la superficie de captación de la instalación en m^2

Además, para la elección de la bomba, también es necesario conocer la altura manométrica, que viene definida como:

$$H_m = H_g + P_c$$

Siendo:

H_m : la altura geométrica que es el desnivel entre el nivel mínimo de aspiración y el punto más alto de impulsión

P_c : las pérdidas de carga que es la resistencia que tienen las tuberías al paso del líquido

En el circuito contamos con un caudal de $50 \frac{L}{h * m^2}$ Por tanto:

$$Q = Q_N * S * n = 50 \frac{L}{h * m^2} * 118,5 m^2 = 5925 \frac{L}{h} = 5,925 \frac{m^3}{h}$$

En cuanto a la altura, el total de la altura manométrica es de 15 metros.

Conociendo estos dos valores, gracias a la herramienta de la empresa Grundfos, se obtienen distintos modelos y seleccionamos la siguiente bomba: **CM 5-2**

A continuación, se muestran las características principales de la bomba:

Descripción	Consumo Energía	Emisiones CO2	Precio €
CM 5-2 A-R-G-E-AQQE F-A-A-N	3249 kWh/Año	861 kg/Año	776,00

Tabla 29. Propiedades principales de la bomba escogida

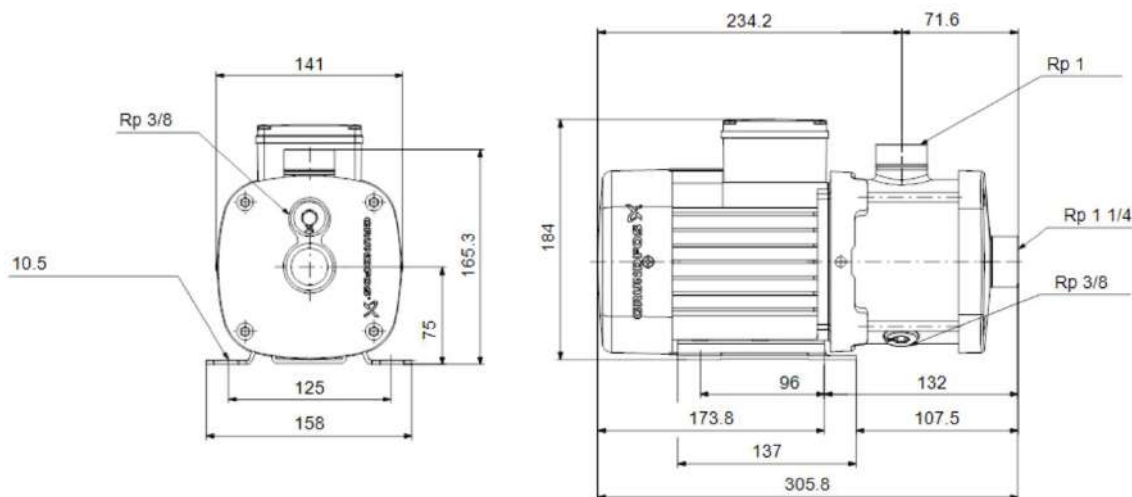


Figura 41. Especificaciones de la bomba

5.2 DESCRIPCIÓN INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

En este apartado se detallará todos los elementos de la instalación solar fotovoltaica. Esta instalación constará de un total de 36 módulos para poder hacer frente al 75% del consumo de los usos comunes del bloque de viviendas. En la siguiente gráfica se muestra la producción total de kWh de la instalación cada mes:

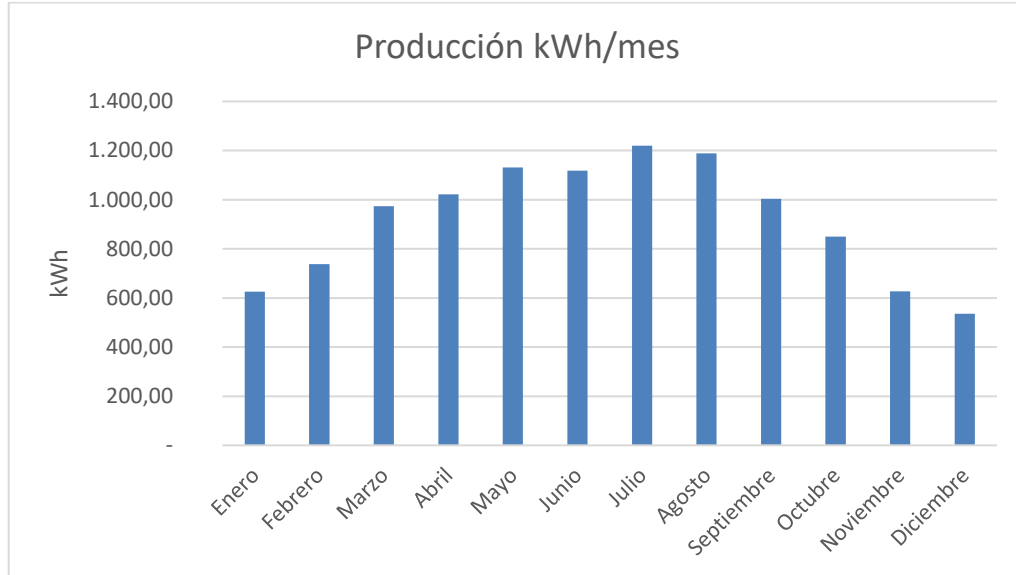


Figura 42. Gráfica de la producción de la instalación

5.2.1 COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

El modelo del módulo escogido para la instalación solar fotovoltaica es REC SCM-225. A continuación, se muestran las propiedades tanto eléctricas como físicas de este modelo:

MODELO	REC SCM-225	
Potencia Nominal	225	Wp
Icc	8,50	A
I_{mp}	7,90	A
Voc	36,70	V
V_{mp}	28,40	V
Voc (-10°C)	40,34	V
Coef T^a	104,00	mV/°C
TONC	43,00	°C
CLASE II	1000,00	V

Tabla 30. Propiedades eléctricas del módulo

MODELO	REC SCM-225	
Largo	0,991	m
Alto	1,665	m
Profundo	0,0430	m
Peso	22,00	kg
Fabricante	REC	
Célula	6" (156 x 156)	
Material	Policristalino	

Tabla 31. Propiedades físicas del módulo

5.2.2 DISPOSICIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

En este punto se calcula la distancia mínima que puede haber entre las filas de módulos o entre una fila y algún obstáculo que pueda proyectar sombra, para asegurar que durante el mediodía se reciba 4 horas de sol.

Para el cálculo de esta distancia se utiliza la siguiente ecuación:

$$d = \frac{h}{\tan(61 - \text{latitud})} = k * h$$

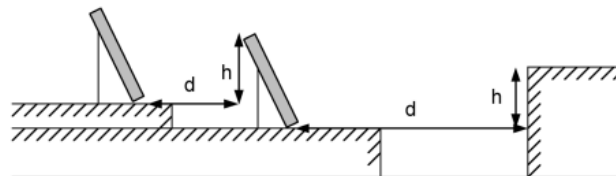


Figura 43. Ejemplo de las magnitudes d y h

En nuestro caso, la latitud de cálculo (Madrid) es de 40, 29°. Por tanto, para nuestro emplazamiento queda lo siguiente:

$$d = \frac{h}{\tan(61 - 40,29)} = \frac{h}{0,37806} = h * 2,645$$

Es decir, el valor que toma k para nuestro emplazamiento es igual a 2,645

Para los paneles solares escogidos, tienen una altura de 1,665 m y se colocaran con una inclinación de 45° con respecto a la horizontal.

$$h = 1,665 * \sin 45^\circ = 1,665 * \frac{\sqrt{2}}{2} = 1,177 \text{ m}$$

Por tanto, la distancia mínima entre filas será:

$$d = \frac{h}{\tan(61 - 40,29)} = 1,177 * 2,645 = 3,11 \text{ m}$$

Con estos cálculos, podemos concluir que la distancia mínima entre las filas debe ser como mínimo 3,11 m

Además, en nuestro proyecto para cubrir toda la demanda eléctrica necesaria, se instalarán 12 módulos en paralelo y 3 módulos en serie, formando un total de 36 módulos. Para toda esta instalación se necesita un total de 59 m², lo que no supone ningún problema de espacio ya que la superficie de nuestra instalación es de 855 m².

Según lo especificado por el fabricante y por la ficha técnica, para las conexiones se debe utilizar cables de cobre con un mínimo de 4 mm², además según lo recogido en la ICT-BT 40, se deberá dimensionar los cables con una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador. Además, la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución no excederá al 1,5%, para la intensidad nominal.

El primer circuito, de corriente continua, son los que van desde los paneles hasta los inversores y los segundos (de corriente alterna) salen de los inversores hasta el transformador.

Los cables escogidos son **RV-K 0,6/1kV**, estos cables son recomendados para el transporte y distribución de energía eléctrica de baja tensión y presentan una gran flexibilidad. A continuación, se muestran sus características técnicas:

- Conductor: cobre electrolítico flexible según UNE 60228
- Aislamiento: polietileno reticulado según UNE 21.123
- Tensión nominal: 0,6/1 kV

- Tensión de ensayo: 3500 V
- Temperatura máxima: 90°C

5.2.3 INVERSOR

Para la elección del inversor, se va a escoger un inversor cargador. El inversor escogido es del fabricante Ingeteam y el modelo es el inversor Ingecon Sun Smart 12,5TL. A continuación, se muestran sus propiedades principales:

MODELO	INGECON SUN 12,5TL
FABRICANTE	INGETEAM
Potencia Nominal	13.800 W
V _{pmp} mínima	145 V
V _{pmp} máxima	450 V
V máx admitida	550 V
Potencia PV máx	16.250 Wp
Corriente máxima	33 A
Nº entradas DC	12
MPPT	3

Tabla 32. Propiedades eléctricas del inversor

5.2.4 CONFIGURACIÓN ELÉCTRICA

Como he mencionado anteriormente, la instalación cuenta con un total de 36 módulos para que cumpla todas las restricciones relacionadas con la configuración eléctrica.

- Para el valor de potencia instalada, se debe cumplir que $P_{instalada} < P_{PV_{máx}}$

$$P_{instalada} = P_{módulo} * n^{\circ}_{módulos} = 225 * 36 = 8100 \text{ Wp}$$

$$P_{PV_{máx}} = 16250 \text{ Wp}$$

$$8100 < 16250$$

- Para el valor de corriente de cortocircuito, se debe cumplir que $I_{cc} - I_{m\acute{a}x} < 0$

$$I_{cc} = I_{cc} * n^{\circ} \text{paneles paralelos} = 8,5 * 3 = 25,5 \text{ A}$$

$$I_{m\acute{a}x} = 33 \text{ A}$$

$$25,5 - 33 < 0$$

- Para el valor del punto de máxima corriente, se debe cumplir que $I_{pmp} - I_{m\acute{a}x} < 0$

$$I_{pmp} = I_{pmp} * n^{\circ} \text{paneles paralelos} = 7,9 * 3 = 23,7 \text{ A}$$

$$23,7 - 33 < 0$$

- Para el valor de voltaje de circuito abierto, se debe cumplir dos condiciones. La primera es que $V_{oc} > V_{arranque}$ y la segunda es que $V_{oc} < V_{m\acute{a}xadm}$ es decir, juntando las dos restricciones debe cumplir que $V_{arranque} < V_{oc} < V_{m\acute{a}xadm}$

$$V_{oc} = V_{oc} * n^{\circ} \text{paneles serie} = 36,70 * 12 = 440,4 \text{ V}$$

$$V_{arranque} = 230 \text{ V}$$

$$V_{m\acute{a}xadm} = 550 \text{ V}$$

$$230 < 440,4 < 550$$

- Para el valor del punto de máxima tensión, también se deben cumplir dos condiciones: $V_{pmp\acute{m}in} < V_{pmp} < V_{pmp\acute{m}ax}$

$$V_{pmp} = V_{pmp} * n^{\circ} \text{paneles serie} = 28,40 * 12 = 340,8 \text{ V}$$

$$V_{pmp\acute{m}in} = 145 \text{ V}$$

$$V_{pmp\acute{m}ax} = 450 \text{ V}$$

$$145 < 340,8 < 450$$

- Para el valor de tensión de vacío del módulo a -10°C, se debe cumplir que:

$$V_{pmp\acute{m}in} < V_{oc-10} < V_{m\acute{a}xadm}$$

$$V_{oc-10} = V_{oc-10} * n^{\circ} \text{paneles serie} = 40,34 * 12 = 484,08 \text{ V}$$

$$V_{pmp\acute{m}in} = 145 \text{ V}$$

$$V_{m\acute{a}x_{adm}} = 550 V$$

$$145 < 484,08 < 550$$

Después de realizar todas estas comprobaciones, se puede concluir que el módulo fotovoltaico escogido y el inversor son adecuados para nuestra instalación.

5.2.5 BATERÍA

Para la elección de la batería, es necesario saber la capacidad que debe tener dicha batería. Esta capacidad viene definida como:

$$Capacidad = \frac{Consumo * Autonomía}{Tensión * Profundidad de descarga}$$

Para el consumo, es importante saber cuál es la demanda máxima. Ese dato se recoge del cálculo de la producción mensual de los paneles fotovoltaicos.

En la siguiente tabla se muestran los datos de la producción mensual:

Rad. Solar	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
<i>kWh/m²día</i>	3,09	4,07	5,13	5,55	6,00	6,41	6,91	6,69	5,74	4,44	3,26	2,65	5,00
<i>MJ/m²día</i>	11,1	14,7	18,5	20,0	21,6	23,1	24,9	24,1	20,7	16,0	11,7	9,5	215,8
<i>kWh</i>	626	738	974	1021	1131	1118	1220	1188	1003	850	627	536	11031

Tabla 33. Cálculo de la producción mensual de los paneles fotovoltaicos

Como se puede ver en la tabla anterior, la máxima demanda se produce en el mes de Julio. Se realiza una regla de tres para calcular la demanda diaria:

$$\frac{1220 kWh}{31 días} \approx \frac{39,355 kWh}{día}$$

Para la autonomía se escoge 3 días para tener en cuenta que puede hacer mal tiempo durante varios días seguidos.

La tensión se establece un valor de 48 V

Para la profundidad de descarga se escoge un valor típico de 0,7

Por tanto, la capacidad necesaria será:

$$Capacidad = \frac{39355 Wh * 3}{48 V * 0,7} = 3513,8 Ah$$

La batería escogida es **Batería Estacionaria BAE 3750Ah 48V**, con las siguientes características:

- Voltaje de la batería: 48 V
- Energía útil almacenada: 50%
- Medidas de la batería: 105 x 580 x 420. Medida por vaso estacionario.
- Posición de trabajo de la batería: bornes en la parte superior
- Amperios-Hora de la batería: 3750 Ah
- Garantía de la batería: 2 años (a partir de los 6 meses con peritaje industrial)

Esta sería la batería escogida para nuestra instalación. Debido al coste tan alto que tiene, en el estudio económico que realizare más tarde, se analizara si sale rentable instalar esta batería.

Capítulo 6. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

Como he descrito en la introducción, este proyecto surge por la necesidad de maximizar la eficiencia energética y por tanto disminuir el gasto energético y todos los efectos negativos que tiene sobre el medio ambiente.

Además, también es muy importante que el proyecto presente un beneficio económico. El proyecto presenta una gran inversión inicial, pero en este capítulo se va a analizar la rentabilidad económica.

6.1 ANÁLISIS PRESUPUESTARIO DE LA INSTALACIÓN TÉRMICA

6.1.1 COLECTOR SOLAR

El sistema de captación es el modelo Promasun Blue 2.6 de la marca Promasol. Se necesita un total de 50 colectores, lo que supone un presupuesto total de **24.600,00€**

En cuanto al soporte y anclaje, el precio total de toda la instalación asciende a **5.400,00€**

6.1.2 ACUMULACIÓN

El depósito de acumulación escogido es de la marca Lapesa, el modelo industrial inox – MXV7000RB con un precio de **20.200,00€**

6.1.3 BOMBA

La bomba escogida es CM 5-2 y como se mencionó en el apartado de la elección de la bomba, se necesitaban dos en paralelo. Por tanto, el precio total de las bombas es de **1.552,00€**

6.1.4 CIRCUITO HIDRÁULICO

Tuberías	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Diámetro 22	40,80	4,41€	179,93€
Diámetro 28	11,10	5,33€	59,16€
Diámetro 32	11,10	6,78€	75,26€
Diámetro 36	11,10	7,82€	86,80€
Diámetro 42	50,25	9,99€	502,00€

Tabla 34. Coste de las tuberías

El coste total de las tuberías asciende a **903,15€**

El coste de todas las válvulas y codos necesarios de nuestro sistema tiene un precio total de **1.488,90€**

Por tanto, el precio total del sistema hidráulico es de **2.392,05€**

6.1.5 SISTEMA DE AISLAMIENTO

Aislamiento	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Diámetro 22	40,80	10,71€	436,97€
Diámetro 28	11,10	12,56€	139,41€
Diámetro 32	11,10	13,34€	148,07€
Diámetro 36	11,10	14,15€	157,07€
Diámetro 42	50,25	21,64€	1087,41€

Tabla 35. Coste del aislamiento

El coste total del sistema de aislamiento asciende a **1.968,93€**

6.1.6 PRESUPUESTO GENERAL DE LA INSTALACIÓN TÉRMICA

A continuación, se muestra los presupuestos de cada subsistema y el presupuesto total de la compra de los distintos componentes:

Sistema	Presupuesto
Captación	24.600,00€
Soporte y Anclaje	5.400,00€
Acumulación	20.200,00€
Bomba	1.552,00€
Tuberías	903,15€
Válvulas	1.488,90€
Aislamiento	1.968,93€
TOTAL	56.112,90€

Tabla 36. Presupuesto total de la instalación térmica

El presupuesto total de la instalación es de **56.112,90€**. Es importante mencionar que en este total no se ha tenido en cuenta ningún coste adicional como puede ser gastos de mano de obra o de transporte. Para que la estimación de nuestro presupuesto sea más realista, se estima que los gastos adicionales son un 5% del presupuesto total. Esto quiere decir que se estima que estos gastos ascienden a un valor aproximado de **2.800,00€**.

Además, también es necesario tener en cuenta que la instalación tendrá más gastos anuales debidos a los gastos de mantenimiento. Se estima que estos gastos siempre serán inferiores a 1.000,00€.

Por tanto, la inversión inicial de la instalación térmica será de **58.912,90€** y los gastos anuales de **1.000,00€**.

6.2 ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

Para poder calcular los datos de ahorro mensuales, es necesario conocer cuál es el precio del kWh en España actualmente. Es necesario realizar un promedio del precio en las distintas horas del día. Actualmente, en España debido a la subida del precio, el valor se encuentra en 0,1759 €/kWh. A partir de este valor, podemos calcular los ahorros.

Meses	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Energía Necesaria [kcal * 1000]	11048	9740	10518	9922	9988	9409	9457	9723	9666	10523	10179	10783	120686
Ahorros [kcal * 1000]	4353	5315	6966	7446	7208	7234	8185	8392	7088	5027	4715	4685	76615
Ahorros [%]	39,4	54,6	66,2	75,0	72,2	76,9	86,5	86,3	73,3	49,0	46,3	43,4	63,5
Ahorros [kWh]	5058,91	6177,47	8096,22	8653,59	8377,64	8407,72	9512,91	9753,86	8237,91	5842,32	5479,65	5445,12	89043,3
Ahorros [€]	889,86	1086,62	1424,13	1522,17	1473,63	1478,92	1673,32	1715,7	1449,05	1027,66	963,87	957,80	15662,7

Tabla 37. Ahorros de la instalación térmica

En total, la instalación de este sistema supondrá un ahorro de 15,662,72€ al año menos los gastos de mantenimiento. Como hemos estimado estos gastos en 1.000,00€, el ahorro anual de la instalación será **14.662,72€**.

6.2.1 DIAGRAMA DE LOS FLUJOS DE CAJA

Para el estudio económico de este proyecto, se ha asumido los siguientes puntos:

- La vida útil de la instalación es de 15 años.
- El ahorro es el mismo cada año debido a que no se ha tenido en consideración ningún tipo de degradación en los sistemas que forman la instalación.

Por tanto, teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, el diagrama de flujos de caja teórico quedaría de la siguiente manera:



Figura 44. Diagrama de Flujos de Caja

A continuación, se muestra la tabla con los flujos de caja y el balance total al final de cada año de nuestro proyecto:

Año	Inversión	Beneficio	F.C. Neto	Balance
0	58.912,9	0	-58.912,9	-58.912,9
1	0	14.662,72	14.662,72	-44.250,18
2	0	14.662,72	14.662,72	-29.587,46
3	0	14.662,72	14.662,72	-14.924,74
4	0	14.662,72	14.662,72	-262,02
5	0	14.662,72	14.662,72	14.400,7
6	0	14.662,72	14.662,72	29.063,42
7	0	14.662,72	14.662,72	43.726,14
8	0	14.662,72	14.662,72	58.388,86
9	0	14.662,72	14.662,72	73.051,58
10	0	14.662,72	14.662,72	87.714,3
11	0	14.662,72	14.662,72	102.377,02
12	0	14.662,72	14.662,72	117.039,74
13	0	14.662,72	14.662,72	131.702,46
14	0	14.662,72	14.662,72	14.6365,18
15	0	14.662,72	14.662,72	16.1027,90

Tabla 38. Flujos de Caja

Como se puede ver en la tabla 32, si solo se tiene en cuenta los flujos de caja, a partir del quinto año el balance de la inversión ya sería positivo, es decir, sería el año de retorno de la inversión.

6.2.2 MÉTODO VAN

En este apartado se va a realizar el estudio de viabilidad económica a través del VAN (valor actual neto). Este método consiste en ir actualizando los flujos de caja de cada año del proyecto para conocer cuánto se va a ganar con nuestra instalación térmica. La principal ventaja de este método es que tiene en cuenta la variabilidad del valor del dinero con el tiempo.

Para el cálculo de este método se utilizará la siguiente fórmula:

$$VAN = \frac{FC_1}{(1+d)^1} + \frac{FC_2}{(1+d)^2} + \frac{FC_3}{(1+d)^3} \dots + \frac{FC_N}{(1+d)^N} - INV$$

Siendo:

FC: el flujo de cada año de nuestro proyecto.

INV: la inversión inicial del proyecto.

d: la tasa de descuento anual, se asume una tasa del 10% anual.

N: el número de años, los 15 años de vida útil

Por tanto, la fórmula queda de la siguiente manera:

$$VAN = \frac{14662,72}{(1+0,1)^1} + \frac{14662,72}{(1+0,1)^2} + \frac{14662,72}{(1+0,1)^3} \dots + \frac{14662,72}{(1+0,1)^{15}} - 58912,9 = 52.612,91€$$

A continuación, se muestra una tabla detallada con los valores actuales de cada año teniendo en cuenta la tasa anual y el cálculo del VAN en cada año. A través de este método, queda reflejado que la inversión es rentable a partir del sexto año ya que el VAN es positivo. Finalmente se obtiene un **VAN = +52.612,91€**

Año	Inversión	Beneficio	VA	VAN
0	58.912,9	0	-58.912,90 €	-58.912,90 €
1	0	14.662,72	13.329,75 €	-45.583,15 €
2	0	14.662,72	12.117,95 €	-33.465,20 €
3	0	14.662,72	11.016,32 €	-22.448,89 €
4	0	14.662,72	10.014,84 €	-12.434,05 €
5	0	14.662,72	9.104,40 €	-3.329,66 €
6	0	14.662,72	8.276,72 €	4.947,07 €
7	0	14.662,72	7.524,29 €	12.471,36 €
8	0	14.662,72	6.840,27 €	19.311,63 €
9	0	14.662,72	6.218,42 €	25.530,05 €
10	0	14.662,72	5.653,11 €	31.183,17 €
11	0	14.662,72	5.139,19 €	36.322,36 €
12	0	14.662,72	4.671,99 €	40.994,36 €
13	0	14.662,72	4.247,27 €	45.241,62 €
14	0	14.662,72	3.861,15 €	49.102,78 €
15	0	14.662,72	3.510,14 €	52.612,91 €

Tabla 39. Método VAN del proyecto

6.3 ANÁLISIS PRESUPUESTARIO DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

6.3.1 PANEL SOLAR

El panel solar fotovoltaico escogido es REC SCM 225 y para nuestra instalación se necesita 36 colectores. El precio unitario de cada placa es 90€, por tanto, el precio total de los paneles es **3.240,00€**

6.3.2 INVERSOR

El precio unitario del inversor elegido del fabricante Ingeteam, modelo Ingecon Sun 12,5TL es **4.730,95€**. Este inversor cuenta con el sistema de monitorización necesario para poder conocer qué ocurre en la instalación.

6.3.3 BATERÍA

La batería escogida es Batería Estacionaria BAE 3750Ah 48V, con un coste de **32.017,50€**. Como se mencionó en la elección, la instalación de la batería no es necesaria y debido a su elevado coste se decide no instalarlas en el proyecto.

6.3.4 CABLEADO

El precio del sistema total de cableado para la instalación fotovoltaica asciende a **455,50€**.

6.3.5 CUADRO DE PROTECCIÓN Y CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN

Estos sistemas cuentan con protecciones tetrapolares, analizador de redes y pequeños materiales, además de incluir bases cortacircuitos y fusibles calibrados. El precio total es **890,45€**.

6.3.6 PRESUPUESTO GENERAL DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

A continuación, se muestra los presupuestos de cada subsistema y el presupuesto total de la compra de los distintos componentes de la instalación fotovoltaica:

Sistema	Presupuesto
Paneles	3.240,00€
Inversor	4.730,95€
Batería	32.017,50€
Cableado	455,50€
Cuadro de protección	890,45€
TOTAL, CON BATERÍA	41.334,40€
TOTAL, SIN BATERÍA	9.316,90€

Tabla 40. Presupuesto total de la instalación fotovoltaica

El presupuesto total de la instalación teniendo en cuenta el gasto de la batería, es de **41.334,40€**. Como se ha mencionado anteriormente, la instalación de la batería no es necesaria y debido a su elevado coste se decide no instalarlas en el proyecto. Por tanto, el presupuesto total de la instalación es de **9.316,90€**.

Al igual que en la instalación térmica, en el presupuesto total no se ha tenido en cuenta ningún coste adicional. Con la misma estimación que en la instalación térmica, los gastos adicionales serán un 5% del total. Por tanto, los gastos adicionales ascienden aproximadamente a **470,00€**.

Además, también es necesario tener en cuenta que la instalación tendrá más gastos anuales debidos a los gastos de mantenimiento. Se estima que estos gastos siempre serán inferiores a 1.000,00€.

Por tanto, la inversión inicial de la instalación fotovoltaica será de **9.786,90€** y los gastos anuales de **1.000,00€**.

6.4 ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTVOLTAICA

En este apartado se va a realizar el mismo estudio económico que se ha realizado en el apartado anterior con la instalación térmica.

Para poder calcular los datos de ahorro mensuales, es necesario conocer cuál es el precio del kWh en España actualmente. El precio del kWh es de 0,32€ con este valor se puede calcular los ahorros.

A continuación, se muestra una tabla con los ahorros mensuales que produce la instalación fotovoltaica.

Mes	Nº días	kWh/m²día	Producción kWh/mes	Ahorros €
Enero	31	3,09	625,88	200,28
Febrero	28	4,07	737,54	236,01
Marzo	31	5,13	973,84	311,63
Abril	30	5,55	1.021,48	326,87
Mayo	31	6,00	1.130,61	361,79
Junio	30	6,41	1.117,68	357,66
Julio	31	6,91	1.219,51	390,24
Agosto	31	6,69	1.188,19	380,22
Septiembre	30	5,74	1.002,96	320,95
Octubre	31	4,44	850,31	272,10
Noviembre	30	3,26	627,02	200,65
Diciembre	31	2,65	536,16	171,57
Promedio	365	5,00	11.031	3.529,98

Tabla 41. Ahorros mensuales de la instalación fotovoltaica

En total, la instalación de este sistema supondrá un ahorro de 3.529,98€ al año menos los gastos de mantenimiento. Como hemos estimado estos gastos en 1.000,00€, el ahorro anual de la instalación será **2.529,98€**.

6.4.1 DIAGRAMA DE LOS FLUJOS DE CAJA

Para el estudio económico de este proyecto, se ha asumido los siguientes puntos:

- La vida útil de la instalación es de 15 años.
- El ahorro es el mismo cada año debido a que no se ha tenido en consideración ningún tipo de degradación en los sistemas que forman la instalación.

Por tanto, teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, el diagrama de flujos de caja teórico quedaría de la siguiente manera:



Figura 45. Diagrama de Flujos de Caja

A continuación, se muestra la tabla con los flujos de caja y el balance total al final de cada año de nuestro proyecto:

Año	Inversión	Beneficio	Flujo de Caja	Balance
0	9786,9	0	-9786,9	-9786,9
1	0	2529,98	2529,98	-7256,92
2	0	2529,98	2529,98	-4726,94
3	0	2529,98	2529,98	-2196,96
4	0	2529,98	2529,98	333,02
5	0	2529,98	2529,98	2863
6	0	2529,98	2529,98	5392,98
7	0	2529,98	2529,98	7922,96
8	0	2529,98	2529,98	10452,94
9	0	2529,98	2529,98	12982,92
10	0	2529,98	2529,98	15512,9
11	0	2529,98	2529,98	18042,88
12	0	2529,98	2529,98	20572,86
13	0	2529,98	2529,98	23102,84
14	0	2529,98	2529,98	25632,82
15	0	2529,98	2529,98	28162,8

Tabla 42. Flujos de Caja

Como se puede ver en la tabla 43, si solo se tiene en cuenta los flujos de caja, a partir del cuarto año el balance de la inversión ya sería positivo, es decir, sería el año de retorno de la inversión.

6.4.2 MÉTODO VAN

Del mismo modo que antes, se realiza el método VAN para ver la rentabilidad de la instalación fotovoltaica.

Para el cálculo de este método se utilizará la siguiente fórmula:

$$VAN = \frac{FC_1}{(1+d)^1} + \frac{FC_2}{(1+d)^2} + \frac{FC_3}{(1+d)^3} \dots + \frac{FC_N}{(1+d)^N} - INV$$

Siendo:

FC: el flujo de cada año de nuestro proyecto.

INV: la inversión inicial del proyecto.

d: la tasa de descuento anual, se asume una tasa del 10% anual.

N: el número de años, los 15 años de vida útil

Por tanto, la fórmula queda de la siguiente manera:

$$VAN = \frac{2529,98}{(1 + 0,1)^1} + \frac{2529,98}{(1 + 0,1)^2} + \frac{2529,98}{(1 + 0,1)^3} \dots + \frac{2529,98}{(1 + 0,1)^{15}} - 9786,90 = 9.456,33€$$

A continuación, se muestra una tabla detallada con los valores actuales de cada año teniendo en cuenta la tasa anual y el cálculo del VAN en cada año. A través de este método, queda reflejado que la inversión es rentable a partir del sexto año ya que el VAN es positivo. Finalmente se obtiene un ***VAN* = +9.456,33€**

Año	Inversión	Beneficio	VA	VAN
0	9786,9	0	-9.786,90 €	-9.786,90 €
1	0	2529,98	2.299,98 €	-7.486,92 €
2	0	2529,98	2.090,89 €	-5.396,03 €
3	0	2529,98	1.900,81 €	-3.495,21 €
4	0	2529,98	1.728,01 €	-1.767,20 €
5	0	2529,98	1.570,92 €	-196,29 €
6	0	2529,98	1.428,11 €	1.231,82 €
7	0	2529,98	1.298,28 €	2.530,10 €
8	0	2529,98	1.180,25 €	3.710,36 €
9	0	2529,98	1.072,96 €	4.783,32 €
10	0	2529,98	975,42 €	5.758,73 €
11	0	2529,98	886,74 €	6.645,47 €
12	0	2529,98	806,13 €	7.451,60 €
13	0	2529,98	732,85 €	8.184,45 €
14	0	2529,98	666,22 €	8.850,67 €
15	0	2529,98	605,66 €	9.456,33 €

Tabla 43. Método VAN del proyecto

Capítulo 7. CONCLUSIONES

Como conclusiones podemos confirmar que se han cumplido todos los objetivos expuestos en el Capítulo 2.

En primer lugar, se ha realizado un estudio de los componentes de cada instalación para conocer bien las necesidades del proyecto y así poder buscar la solución y los componentes que mejor se adapten al proyecto. En este proyecto se buscaba un ahorro de la demanda de ACS con una instalación térmica y un ahorro de energía de los usos comunes con la instalación fotovoltaica.

Después de realizar los cálculos necesarios del proyecto, se ha comprobado que, gracias a la instalación térmica, se ha conseguido un ahorro del 63% de la demanda energética de ACS del bloque de viviendas. Este ahorro cumple con los requisitos que establece el IDAE en el HE4 con la exigencia básica de la contribución solar mínima. Además, gracias a la instalación fotovoltaica, se ha conseguido un ahorro del 80% de la energía de los usos comunes del edificio.

Con todos estos ahorros, se ha cumplido el principal objetivo de este proyecto que era buscar nuevas maneras de conseguir energía y así mejorar la eficiencia energética del edificio. Además, gracias a la reducción del uso de combustibles fósiles, se reduce también los gases contaminantes. Este proyecto cumple con varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible como por ejemplo garantizar el acceso a una energía asequible, segura sostenible y moderna, la producción y consumos responsables y la acción por el clima.

Por otro lado, se ha comprobado que el proyecto es rentable económicamente. En ambas instalaciones, tanto la solar como la fotovoltaica, se ha demostrado que su instalación tiene una gran inversión inicial y supone un gran desembolso, pero, a partir del sexto año se recupera ese dinero y se empieza a ahorrar dinero. Se ha estudiado que, una vez se llegue al

sexto año y se recupere el dinero invertido, con la instalación térmica se ahorrará 14.662,72€ y con la fotovoltaica 2.529,98€.

Es por todo esto, que podemos concluir que la instalación de este proyecto cumpliría los objetivos y tendría unos resultados satisfactorios tanto medioambientales como económicos.

Capítulo 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Energía solar fotovoltaica: potencia instalada en España 2010-2021. Statista. Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/1004387/potencia-solar-fotovoltaica-instalada-en-espana/>
- [2] Situación de la energía solar - Enciclopedia Medioambiental. Ambientum Portal del Medioambiente. Disponible en: <https://www.ambientum.com/>
- [3] La importancia de las energías renovables | ACCIONA | BUSINESS AS UNUSUAL. Disponible en: <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/>
- [4] Electricidad: generación renovable vs renovable en España 2008-2020. Statista. Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/1004086/porcentaje-de-energia-renovable-y-no-renovable-generada-en-espana/>
- [5] Sistemas de climatización: tipos y funcionamiento. preciogas.com. Disponible en: <https://preciogas.com/instalaciones/climatizacion>
- [6] ¿Qué es un FanCoil? cómo funciona, tipos y precio. preciogas.com. Disponible en: <https://preciogas.com/instalaciones/equipamiento/fancoil>
- [7] Caldera de gas. Disponible en: <https://www.hogarsense.es/calefaccion/caldera-de-gas>
- [8] ¿Qué instalación de fontanería necesito para una caldera de biomasa? Ferretería Rinxela Vigo. 2020. Disponible en: <https://rinxela.com/blog/que-instalacion-de-fontaneria-necesito-para-una-caldera-de-biomasa/>
- [9] El clima en Madrid, el tiempo por mes, temperatura promedio (España) - Weather Spark. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/y/36848/Clima-promedio-en-Madrid-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o#Figures-Temperature>
- [10] ¿Cuántas horas de luz solar hay en cada provincia de España? Disponible en: <https://tarifasgasluz.com/autoconsumo/provincias>
- [11] Diferencias entre la energía solar térmica y la fotovoltaica. Becquel. Disponible en: <https://becquel.com/blog/es/diferencias-entre-la-energia-solar-termica-y-la-fotovoltaica/>
- [12] Agua Caliente Sanitaria: Tipos y características de las instalaciones ACS. Disponible en: <https://blog.valvularco.com/agua-caliente-sanitaria-tipos-caracteristicas-de-las-instalaciones-ac>

- [13] Colectores Solares-Generalidades - Energía Solar Térmica. Disponible en:
<https://www.aulafacil.com/cursos/medio-ambiente/energia-solar-termica/colectores-solares-generalidades-136746>
- [14] Paneles solares térmicos. Disponible en: <https://www.hogarsense.es/energia-solar/placas-solares-termicas>
- [15] Conexiones en Paralelo, Serie y Mixto. Eficiencia Energética. Disponible en:
<https://certificacionenergetica.info/conexiones-en-paralelo-serie-y-mixto/>
- [16] Cómo funciona una instalación solar térmica - Energía Solar Térmica. Disponible en:
<https://www.aulafacil.com/cursos/medio-ambiente/energia-solar-termica/como-funciona-una-instalacion-solar-termica-137649>
- [17] IDAE, Gobierno de España. “Guía Técnica de Agua Caliente Sanitaria Central.”
Disponible en:
https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_08_Guia_tecnica_agua_caliente_sanitaria_central_906c75b2.pdf
- [18] RITE. Gobierno. "Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.". Disponible en:
<https://www.boe.es/buscar/pdf/2007/BOE-A-2007-15820-consolidado.pdf>
- [19] Energía Solar. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura.
Disponible en:
https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_ST_Pliego_de_Condiciones_Tecnicas_Baja_Temperatura_09_a3c5aa42.pdf
- [20] Documento Básico HE. Ahorro de Energía. Disponible en:
<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DcmHE.pdf>

Capítulo 9. ANEXOS

9.1 HOJAS DE CÁLCULO DE EXCEL

9.1.1 CÁLCULO DE LA DEMANDA Y AHORRO ENERGÉTICO PARA ACS

PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE POR MEDIO DE ENERGÍA SOLAR

DATOS GEOGRÁFICOS Y CLIMATOLÓGICOS

Provincia:	Madrid
Latitud de cálculo:	40,42
Latitud [°/min.]:	40,25
Altitud [m]:	667,00
Humedad relativa media [%]:	42,00
Velocidad media del viento [Km/h]:	10,00
Temperatura máxima en verano [°C]:	34,00
Temperatura mínima en invierno [°C]:	-3,00
Variación diurna:	15,00
Grados-día. Temperatura base 15/15 (UNE 24046):	1260 (Periodo Noviembre/Marzo)
Grados-día. Temperatura base 15/15 (UNE 24046):	1405 (Todo el año)

Meses	Enero	Febrerc	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tª. media ambiente [°C]:	4,90	6,50	10,00	13,00	15,70	20,60	24,20	23,60	19,80	14,00	8,90	5,60	13,9
Tª. media agua red [°C]:	10,0	11,2	12,4	13,6	14,8	16,0	17,2	16,0	14,8	13,6	12,4	11,2	13,6
Rad. horiz. [kJ/m2/día]:	6.362	9.798	14.150	19.552	21.184	23.530	25.874	22.986	16.118	10.762	7.326	6.263	15.325
Rad. inclin. [kJ/m2/día]:	11.283	#####	17.629	19.781	18.473	19.159	21.547	21.754	18.371	12.693	12.532	12.161	16.688

ORIGEN DE LOS DATOS: Libro "Radiación Solar Sobre Superficies Inclinadas".
ORGANISMO: Centro de Estudios de la Energía (Ministerio de Industria y Energía).

DATOS RELATIVOS A LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS

Número de ocupantes:	324
Consumo por ocupante [L/día]:	22
Consumo de agua a máxima ocupación [L/día]:	7.128
Temperatura de utilización [°C]:	60

Meses	Enero	Febrerc	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
% de ocupación:	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

ESTOS DATOS SON LOS QUE UTILIZA EL PROGRAMA PARA OBTENER LOS RESULTADOS, CUALQUIER VARIACIÓN EN SU MAGNITUD INVALIDARÍA LOS MISMOS, POR LO QUE DEBERÁ COMUNICARSE TODA DISCONFORMIDAD CON ELLOS ANTES DE LA FIRMA DEL CONTRATO.

DATOS RELATIVOS AL SISTEMA

Curva de rendimiento del colector: $r = 0,76 - 3,67 \cdot (t_e - t_a) / I_t$

te: Temperatura de entrada del fluido al colector
ta: Temperatura media ambiente
It: Radiación en [W/m²]

Factor de eficiencia del colector:	0,76
Coefficiente global de pérdida [W/(m ² ·°C)]:	3,67
Volumen de acumulación [L/m ²]:	59
Caudal en circuito primario [(L/h)/m ²] - [(Kg/h)/m ²]:	50
Caudal en circuito secundario [(L/h)/m ²] - [(Kg/h)/m ²]:	46
Calor específico en circuito primario [Kcal/(Kg·°C)]:	0,9
Calor específico en circuito secundario [Kcal/(Kg·°C)]:	1
Eficiencia del intercambiador:	0,8

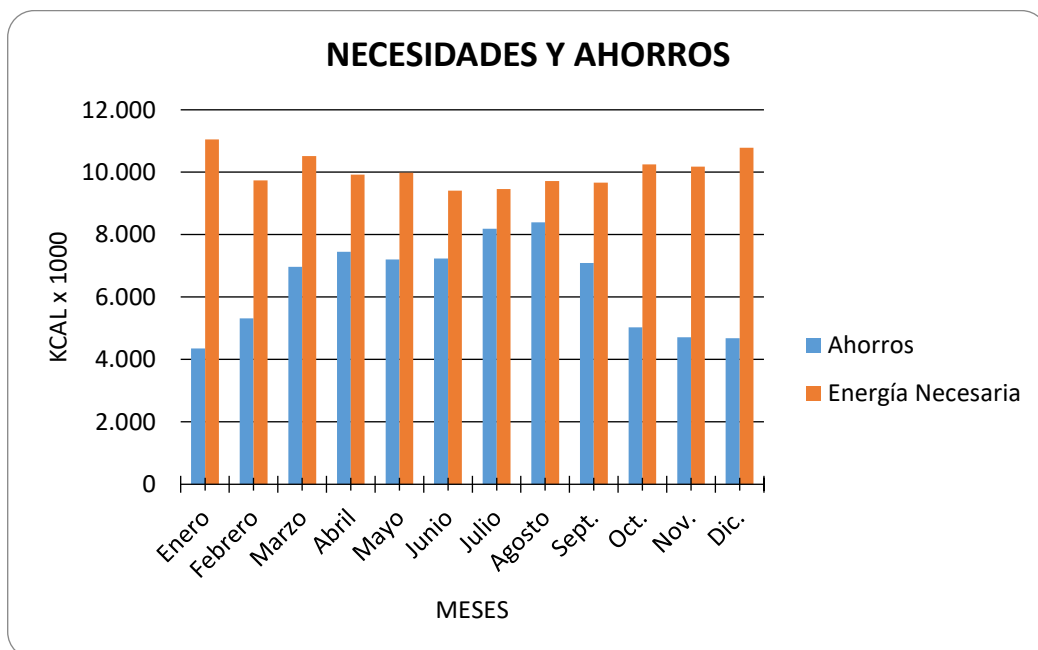
CÁLCULO ENERGÉTICO

Meses	Enero	Febrerc	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Consumo de agua [m ³]:	221,0	199,6	221,0	213,8	221,0	213,8	221,0	221,0	213,8	221,0	213,8	221,0	2601,7
Incremento Ta. [°C]:	50,0	48,8	47,6	46,4	45,2	44,0	42,8	44,0	45,2	46,4	47,6	48,8	
Ener. Nec. [Kcal·1000]:	11.048	9.740	10.518	9.922	9.988	9.409	9.457	9.723	9.666	10.253	10.179	10.783	120.686

DATOS DE SALIDA

Número de colectores: 50
 Area colectores [m²]: 118,50
 Relación entre volumen/area
 Inclinación [°]: 45
 Volumen de acumulación [L]: 7.000 59,072 entre 50 y80

Meses	Enero	Febrerc	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Ener. Nec. [Kcal·1000]:	11.048	9.740	10.518	9.922	9.988	9.409	9.457	9.723	9.666	10.253	10.179	10.783	120.686
Ahorros [Kcal·1000]:	4.353	5.315	6.966	7.446	7.208	7.234	8.185	8.392	7.088	5.027	4.715	4.685	76.615
Ahorros [%]:	39,4	54,6	66,2	75,0	72,2	76,9	86,5	86,3	73,3	49,0	46,3	43,4	63,5
		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	



9.1.2 CÁLCULO DE LA CONFIGURACIÓN INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

CONFIGURADOR DE INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS DE CONEXIÓN A RED *

MÓDULO GAMESA SOLAR

REC SCM-225

Número Series **12**

Número Paralelos **3**

PROPIEDADES ELÉCTRICAS MÓDULO

MODELO	REC SCM-225	Wp
Potencia Nominal	225	
Icc	8,50	A
Ipmp	7,90	A
Voc	36,70	V
Vpmp	28,40	V
Voc(-10 °C)	40,34	V
Coef T ^o	- 104,00	mV/°C
TONC	43,00	°C
CLASE II	1.000,00	V

PROPIEDADES FÍSICAS MÓDULO

MODELO	REC SCM-225	
Largo	0,991	m
Alto	1,665	m
Profundo	0,0430	m
Peso	22,00	kg
Fabricante	REC	
Célula	6" (156x156)	
Material	Policristalino	

MÓDELO INVERSOR

INGECON 12,5TL

Número inversores **1**

PROPIEDADES ELÉCTRICAS INVERSOR

MODELO	INGECON 12,5TL	W
Potencia Nominal	13.800	
FABRICANTE	#N/D	
Vpmp mínima	145	V
Vpmp máxima	450	V
V máx admitida	550	V
Potencia PV máx	16.250	Wp
I máx	33	A
V arranque		V
V parada		V

TIPO INSTALACIÓN **FIJA**

Emplazamiento **MADRID**

PRODUCCION ESTIMADA

CONFIGURACION ESPACIAL

CAMPO FOTOVOLTAICO

9900
Número Módulos **36** 18
4,5

CONFIGURACIÓN ELÉCTRICA

Icc	25,50	A	O.K.
Ipmp	23,70	A	O.K.
Voc	440,40	V	O.K.
Vpmp	340,80	V	O.K.
Voc (-10 °C)	484,08	V	O.K.

POTENCIA DEL CAMPO FOTOVOLTAICO

191.400
Potencia Instalada **8.100** Wp O.K.
Potencia Inversores **13.800** W

Ratio Wp/W **-41,30%** Muy bajo

T^o mínima módulo (°C) **19**
Voc módulo **37,32** V
Voc generador **447,89** V O.K.

T^o máxima módulo (°C) **70**
Voc módulo **32,02** V
Voc generador **384,24** V O.K.

Superficie módulos	59	m2
Peso total	792	kg
T ^o amb media sup	24,4	°C
T ^o amb media inf	6,2	°C
TONC (T ^o amb media sup)	53	°C

* La configuración obtenida debe interpretarse como una aproximación. En caso de duda consultar con el fabricante del inversor.

ESTIMACION PRODUCCION

Emplazamiento **MADRID**

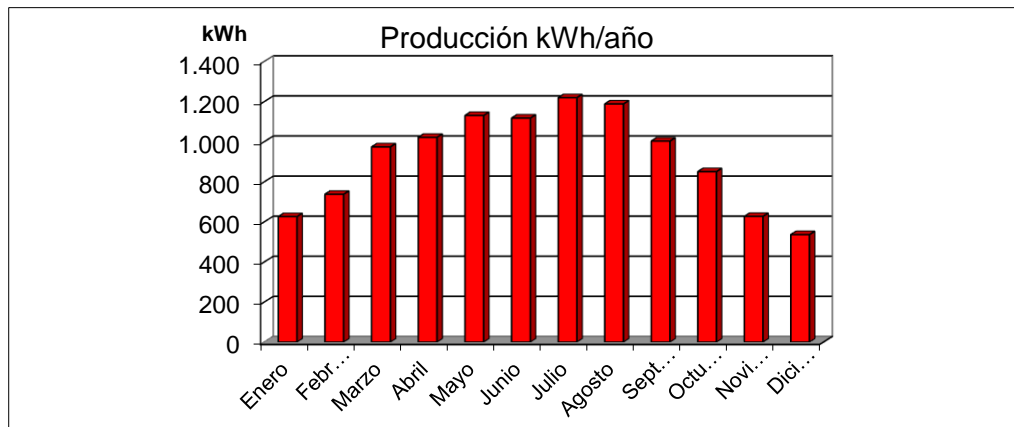
Tipo instalación **FIJA**

Mes	Nº días	kWh/m ² /día	Producción kWh/mes	€
Enero	31	3,09	625,88	200,28
Febrero	28	4,07	737,54	236,01
Marzo	31	5,13	973,84	311,63
Abril	30	5,55	1.021,48	326,87
Mayo	31	6,00	1.130,61	361,79
Junio	30	6,41	1.117,68	357,66
Julio	31	6,91	1.219,51	390,24
Agosto	31	6,69	1.188,19	380,22
Septiembre	30	5,74	1.002,96	320,95
Octubre	31	4,44	850,31	272,10
Noviembre	30	3,26	627,02	200,65
Diciembre	31	2,65	536,16	171,57
Promedio	365	5,00	11.031	3.529,98

Wp	225
nº mod	36
kWp	8,10
kW	13,80
€/kWh	0,32000 €
Ganancia	0%
Otras Perdidas	100%

BASES RADIACION *	
CENSOLAR	SI
IES-ISPRA	SI
REGIONAL	NO

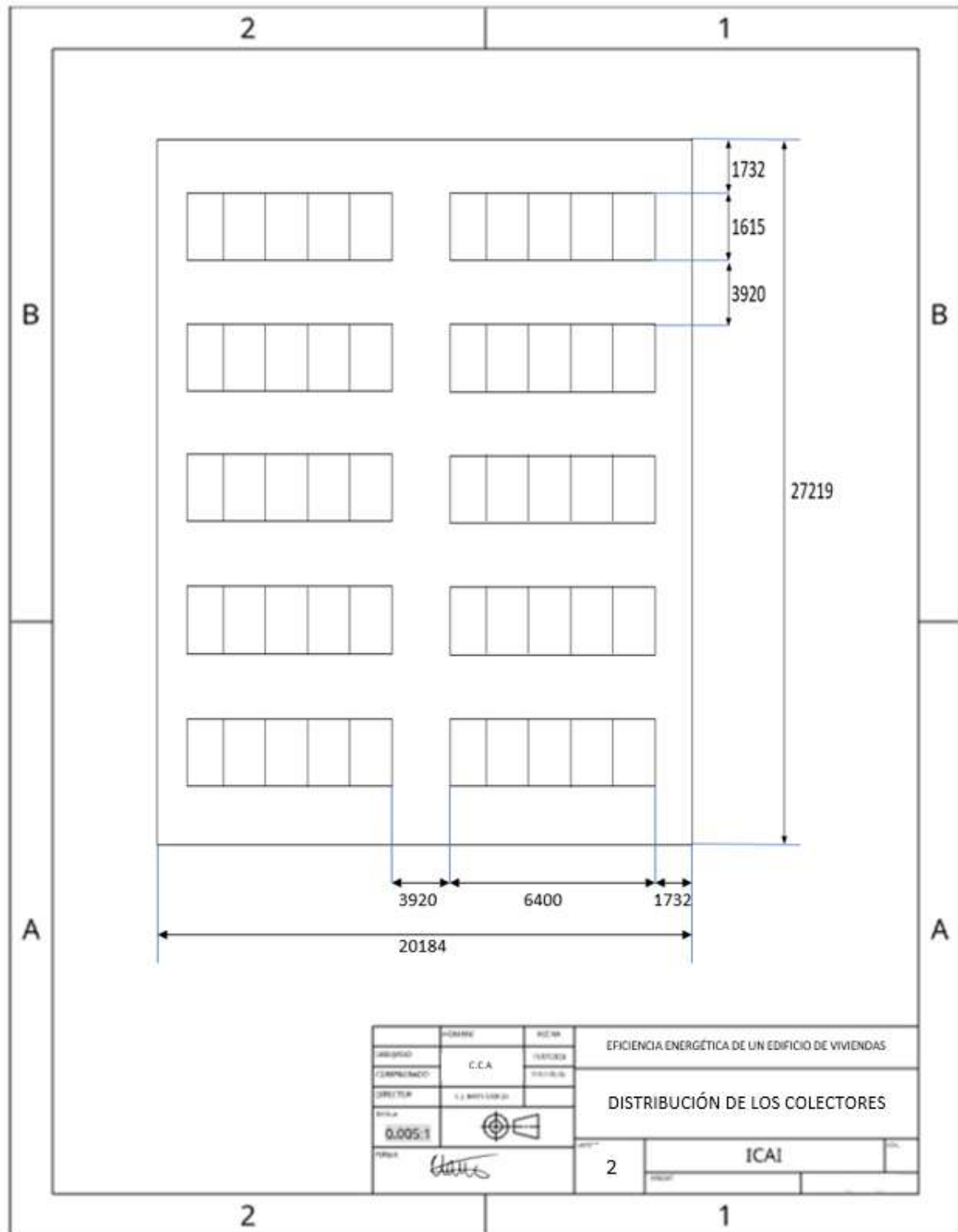
* Orientación: Sur. Inclinación 30°



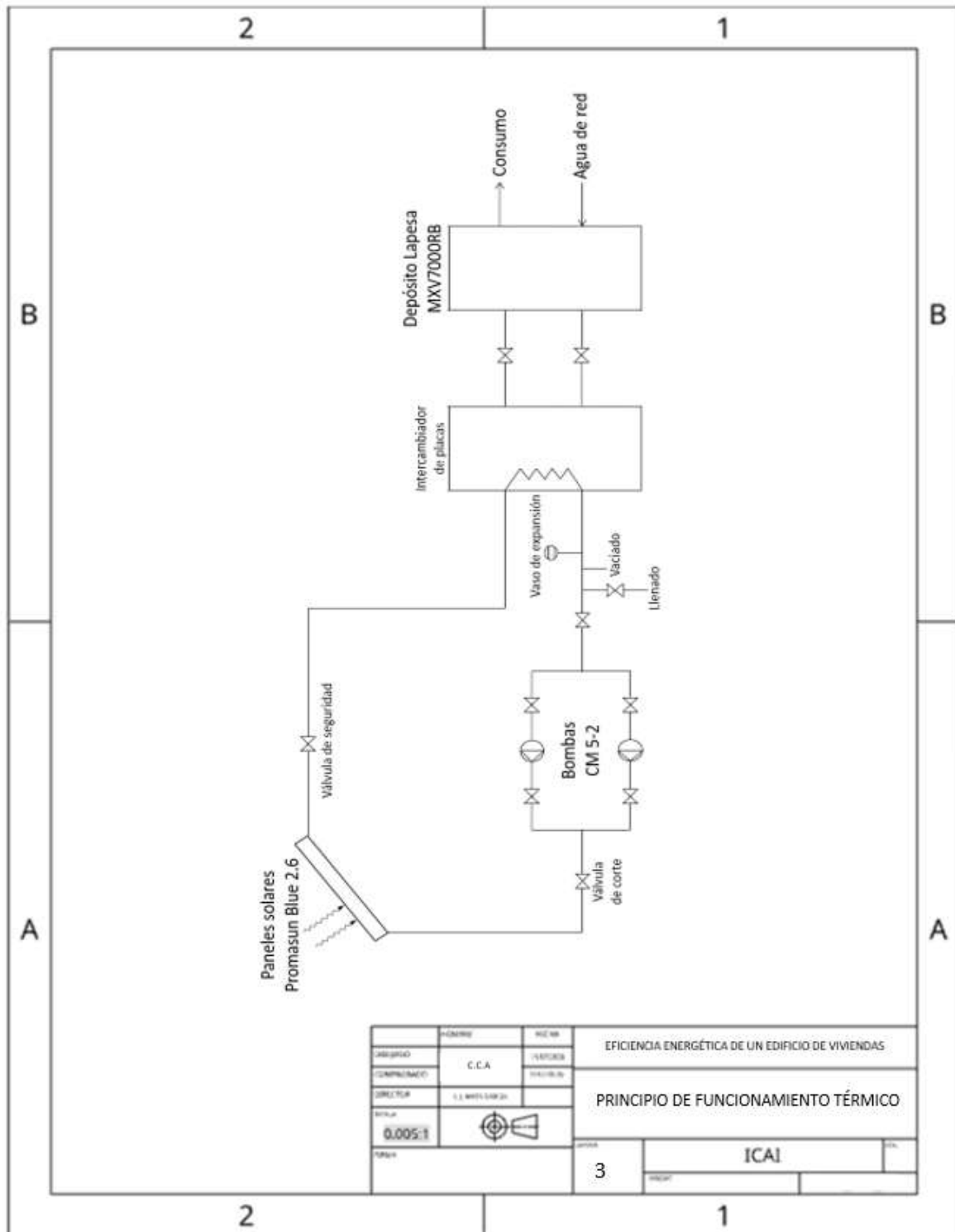
9.2 PLANOS



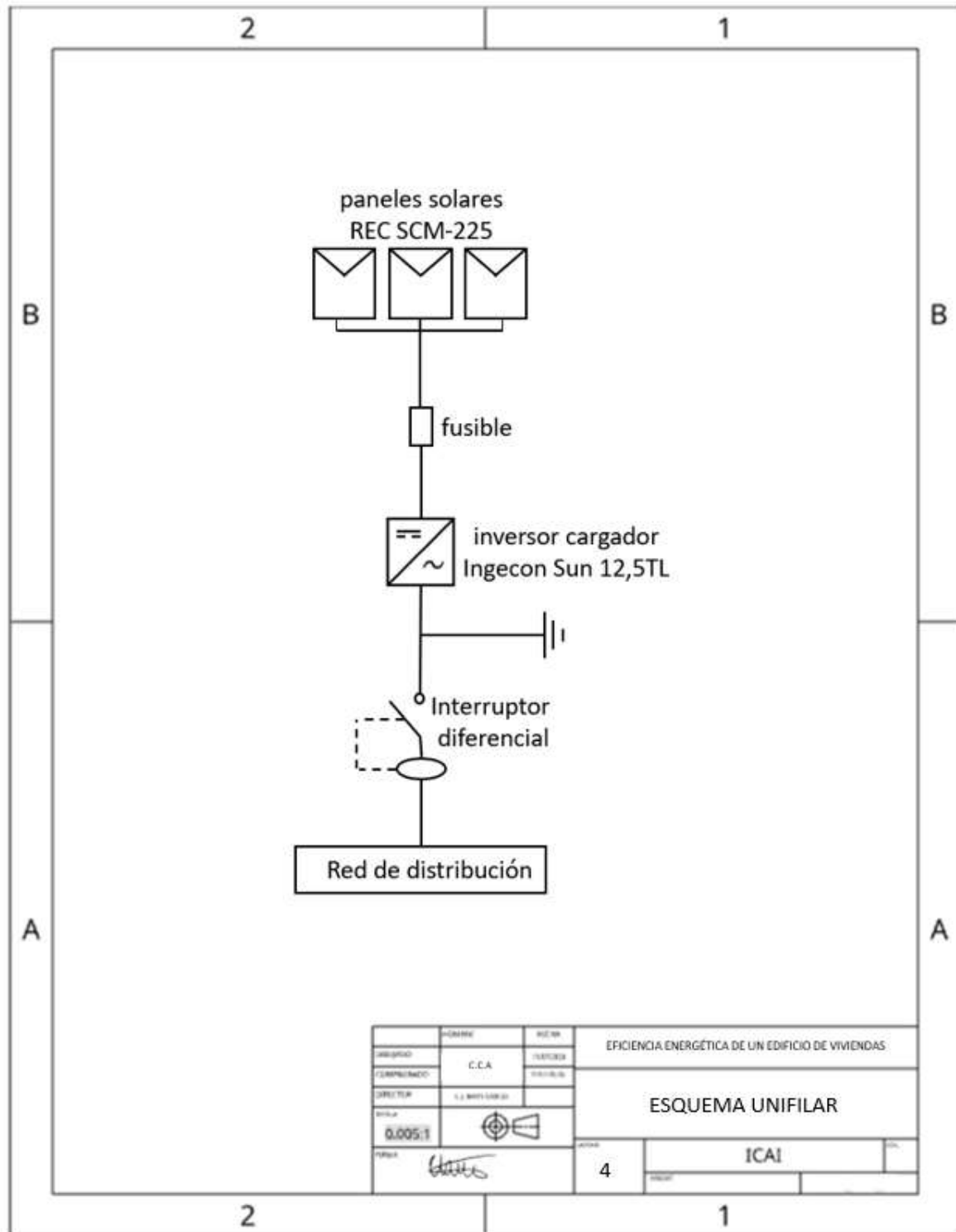
Distribución de los colectores solares térmicos en la cubierta



Esquema principio de funcionamiento de la instalación térmica



Esquema unifilar de la instalación fotovoltaica



2

1

B

B

A

A



Patinillo

Sala de máquinas

Por un patinillo bajan las tuberías y cables. En la sala de máquinas se sitúan los depósitos e inversor y cuadro eléctrico y todo esto se conecta con el cuadro general para la fotovoltaica.

	NOMBRE	PELDA	EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO DE VIVIENDAS	
CARGA				
COMPROMISO			ALZADO DE LA VIVIENDA	
DIRECTOR	D. J. MATEO GARCÍA			
ESCALA				
ESCALA	0,005:1			
FUENTE			5	ICAI

2

1