

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA DE  
MINAS Y ENERGÍA

## TRABAJO FIN DE GRADO

***IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
AEROTÉRMIA PARA LA CLIMATIZACIÓN  
DE UN VIVIENDA UNIFAMILIAR***

***MEMORIA***

**Alumno/Alumna:** García, Alonso, Omayá

**Director/Directora:** Teres, Zubiaga, Jon

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** 5, Noviembre, 2018

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>Memoria descriptiva .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1</b>	<b>Introducción y antecedentes .....</b>	<b>14</b>
1.1.1	Contexto energético.....	14
1.1.1.1	En Europa.....	14
1.1.1.1.1	Objetivos Europeos de Energía .....	15
1.1.1.2	En España.....	15
1.1.1.3	En la Comunidad Autónoma Vasca .....	17
1.1.2	Consumos energéticos en la edificación.....	18
1.1.3	La aerotermia .....	18
1.1.4	Emisores de la aerotermia .....	20
1.1.4.1	Suelo radiante .....	20
1.1.4.2	Radiadores de baja temperatura .....	23
1.1.5	Bomba de calor .....	25
1.1.5.1	Tipos de bomba de calor .....	25
1.1.5.2	Funcionamiento de una bomba de calor .....	26
1.1.6	Bomba de calor aerotérmica.....	26
1.1.6.1	Componentes .....	27
1.1.6.2	Funcionamiento.....	28
1.1.7	Potencial y limitaciones de la aerotermia.....	28
<b>1.2</b>	<b>Objeto.....</b>	<b>30</b>
<b>1.3</b>	<b>Situación y emplazamiento .....</b>	<b>30</b>
1.3.1	Datos del entorno .....	32
1.3.1.1	Climatología.....	32
<b>1.4</b>	<b>Análisis de alternativas.....</b>	<b>35</b>
1.4.1	Aerotermia con suelo radiante .....	35
1.4.2	Aerotermia con radiadores de baja temperatura.....	39
1.4.3	Aerotermia con radiadores de baja temperatura apoyada con energía solar fotovoltaica .....	42
1.4.4	Elección de la instalación .....	45
<b>1.5</b>	<b>Descripción del proyecto .....</b>	<b>46</b>



1.5.1	Planta sotano.....	46
1.5.2	Planta baja.....	46
1.5.3	Primera planta.....	46
1.5.4	Exterior de la casa .....	46
1.5.5	Huecos y lucernarios .....	47
1.5.5.1	Ventanas.....	47
1.5.5.2	Puertas.....	47
1.5.6	Tecnología y características de la instalación .....	47
1.5.6.1	Unidad hidráulica o exterior.....	48
1.5.6.1.1	Ubicación del aparato .....	48
1.5.6.2	Unidad interior .....	50
1.5.6.2.1	Ubicación del aparato .....	50
1.5.6.3	Acumulador de ACS.....	51
1.5.6.4	Conexión entre la unidad exterior y la interior.....	52
1.5.6.5	Montaje de la sonda de temperatura exterior .....	53
1.5.6.6	Instalación de tuberías .....	53
1.5.6.7	Instalación de radiadores de baja temperatura.....	53
1.5.7	Plan de obra .....	54
1.5.7.1	Generalidades.....	54
1.5.7.2	Fases del proyecto.....	55
1.5.7.2.1	Fase I. Ingeniería y trámites administrativos .....	55
1.5.7.2.2	Fase II. Suministro de equipos.....	55
1.5.7.2.3	Fase III. Retirada de la instalación previa.....	55
1.5.7.2.4	Fase IV. Montaje de la instalación nueva.....	55
1.5.7.2.5	Fase V. Puesta en marcha .....	56
1.5.7.3	Cronograma .....	56
1.5.7.4	Certificación energética.....	57
1.5.7.4.1	Comparativa de la calificación energética de la vivienda .....	57
1.5.7.4.1.1	Certificación previa a la instalación de aerotermia .....	57
1.5.7.4.1.2	Calificación tras instalar el sistema de aerotermia.....	58
<b>1.6</b>	<b>Resumen del presupuesto .....</b>	<b>59</b>
<b>1.7</b>	<b>Normativa .....</b>	<b>60</b>



1.7.1	Normativa y legislación .....	60
1.7.2	Seguridad y Salud .....	60
<b>1.8</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>61</b>
<b>2</b>	<b>Memoria justificativa .....</b>	<b>68</b>
<b>2.1</b>	<b>Cálculos.....</b>	<b>68</b>
2.1.1	Cálculo de la carga térmica de calefacción .....	68
2.1.1.1	Envolvente térmica.....	68
2.1.1.1.1	Cerramientos en contacto con el aire exterior .....	68
2.1.1.1.2	Cálculo de las transmitancias térmicas .....	70
2.1.1.1.2.1	Muro exterior.....	71
2.1.1.1.2.2	Cubierta.....	71
2.1.1.1.2.3	Suelo.....	72
2.1.1.1.2.4	Ventanas .....	72
2.1.1.1.2.5	Puerta.....	73
2.1.1.2	Cálculo de las pérdidas por transmisión .....	73
2.1.1.3	Cálculo de pérdidas por ventilación .....	76
2.1.1.4	Cálculo de pérdidas por infiltraciones.....	77
2.1.1.5	Resumen de cargas totales.....	79
2.1.2	Cálculo de la demanda y potencia de agua sanitaria (ACS).....	80
2.1.2.1	Cálculo de las necesidades energéticas .....	80
2.1.2.2	Cálculo de la demanda energética .....	82
2.1.2.3	Cálculo de la potencia de ACS .....	84
2.1.3	Resumen de las potencias de calefacción y ACS.....	86
2.1.4	Dimensionamiento del sistema de aerotermia .....	86
2.1.4.1	Instalación de radiadores de baja temperatura.....	86
2.1.4.1.1	Diferencia de temperatura entre el radiador y el ambiente ( $\Delta T$ ) 86	
2.1.4.1.2	Cálculo de la potencia calorífica.....	87
2.1.4.1.2.1	Espacio a calentar .....	87
2.1.4.1.2.2	Orientación .....	88
2.1.4.1.2.3	Aislamiento .....	88
2.1.4.1.2.4	Zona climática .....	89



2.1.4.1.3	Cálculo del número de radiadores .....	90
2.1.4.2	Diseño de la instalación hidráulica .....	92
2.1.4.2.1	Selección de unidades .....	92
2.1.4.2.1.1	Bomba de calor aire-agua .....	92
2.1.4.2.1.2	Acumulador de ACS .....	93
2.1.4.2.1.3	Tubos.....	93
<b>2.2</b>	<b>Anexos .....</b>	<b>95</b>
2.2.1	Fichas técnicas.....	95
<b>2.3</b>	<b>Estudios .....</b>	<b>103</b>
2.3.1	Estudio de impacto y recuperación ambiental .....	103
2.3.1.1	Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> .....	103
2.3.1.1.1	Emisiones de CO <sub>2</sub> actuales.....	103
2.3.1.1.2	Emisiones de CO <sub>2</sub> futuras .....	104
2.3.1.1.3	Análisis comparativo .....	105
2.3.1.2	Payback o “plazo de recuperación” .....	105



## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1	Cobertura de la demanda eléctrica peninsular año 2017[4] .....	16
Fig.2	Energía utilizada por la aerotermia.[16] .....	19
Fig.3	Sistemas de aerotermia (fuente: Toshiba) [16] .....	19
Fig.4	Esquema de principio habitual de sistema de aerotermia[17] .....	20
Fig.5	Sistema de suelo radiante. [28] .....	21
Fig.6	Radiador de baja temperatura. [26] .....	24
Fig.7	Ciclo termodinámico.[18] .....	26
Fig.8	Variación del COP en función de la temperatura exterior y la impulsión del agua.[22] .....	29
Fig.9	Situación del municipio de Elburgo. ....	31
Fig.10	Situación del pueblo de Arbulo.....	31
Fig.11	Situación de la vivienda unifamiliar. ....	32
Fig.12	Climograma de Arbulo[24].....	33
Fig.13	Diagrama de temperatura de Arbulo[24] .....	34
Fig.14	Termografía de un suelo radiante en funcionamiento. [30] .....	36
Fig.15	Banda perimetral. [32] .....	37
Fig.16	Salto térmico en un radiador convencional. [32] .....	40
Fig.17	Curva rendimiento caldera-temperatura del agua. [32] .....	40
Fig.18	Panel solar monocristalino[40].....	43
Fig.19	Panel solar policristalino[40] .....	44
Fig.20	Panel solar de capa fina [40].....	44
Fig.21	Placa de características del módulo exterior [54] .....	48
Fig.22	Placa de características del módulo interior [54] .....	48
Fig.23	Instalación del módulo exterior [54] .....	49
Fig.24	Bloque de hormigón gris.....	50



Fig.25	Vista de la planta de la unidad exterior colocada sobre los bloques de hormigón. ....	50
Fig.26	Colocación del módulo interior [54] .....	51
Fig.27	Alzado de la colocación del módulo interior en el garaje. ....	51
Fig.28	Dimensiones del acumulador [55] .....	52
Fig.29	Alzado de la colocación del depósito de ACS en el garaje.....	52
Fig.30	Sonda de temperatura exterior[54].....	53
Fig.31	Dimensiones del radiador Ferroli VARESE LP 1000 HE [56].....	54
Fig.32	Interpretación etiqueta de eficiencia energética[58].....	57
Fig.33	Certificación previa a las mejoras de la instalación .....	58
Fig.34	Certificación tras las mejoras de la instalación.....	58
Fig.35	Mapa de zonificación por temperaturas mínimas medias de enero. [44] ...	70
Fig.36	Muros de fachada. Valores U [W/m <sup>2</sup> K] y masa/superficie [kg/m <sup>2</sup> ] por defecto. [45] .....	71
Fig.37	Cubierta en contacto con el aire. Valores U [W/m <sup>2</sup> K] y masa/superficie [kg/m <sup>2</sup> ] por defecto. [45].....	71
Fig.38	Suelos en contacto con el aire. Valores [W/m <sup>2</sup> K] y masa/superficie [kg/m <sup>2</sup> ] estimados.[45] .....	72
Fig.39	Gráfica de las cargas totales .....	80
Fig.40	Gráfica del consumo mensual de ACS. ....	82
Fig.41	Gráfico de la demanda energética en kJ.....	84
Fig.42	Gráfico de la demanda energética en kWh. ....	84
Fig.43	Gráfico de las potencias de ACS.....	85
Fig.44	Gráfico de las potencias de calefacción y ACS.....	86
Fig.45	Temperaturas de entrada y salida según RITE [51] .....	87
Fig.46	Diferentes zonas según el clima [52] .....	89
Fig.47	Gráfico de la potencia calorífica en cada estancia de la vivienda .....	90
Fig.48	Distancias mínimas y máximas entre unidad exterior e interior [55] .....	92



Fig.49	Ficha técnica de la bomba de calor aire-agua .....	96
Fig.50	Dimensiones de la bomba de calor aire-agua .....	96
Fig.51	Cuadro de control de la bomba de calor aire-agua .....	97
Fig.52	Accesorios Platinum BC Max 27W .....	97
Fig.53	Ficha técnica bloques de hormigón .....	98
Fig.54	Ficha técnica Acumulador ACS.....	99
Fig.55	Dimensiones del acumulador de ACS .....	100
Fig.56	Ficha técnica de los radiadores de baja temperatura .....	101
Fig.57	Dimensiones de los radiadores de baja temperatura .....	102
Fig.58	Posiciones de las tomas hidráulicas de los radiadores de baja temperatura	102





## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla.1 Países y productos que importan [6].....	16
Tabla.2 Tabla climática [24].....	34
Tabla.3 Resumen de la distribución de la vivienda .....	47
Tabla.4 Dimensiones del acumulador [55].....	52
Tabla.5 Dimensiones del radiador Ferroli VARESE LP 1000 HE y del VARESE LP 500 HE [57].....	54
Tabla.6 Ingeniería y trámites administrativos .....	55
Tabla.7 Duración estimada de cada parte de la instalación .....	56
Tabla.8 Cronograma .....	56
Tabla.9 Resumen del presupuesto .....	59
Tabla.10 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en $m^2K/W$ [39] .....	69
Tabla.11 Datos de las ventanas.....	72
Tabla.12 Datos de la puerta .....	73
Tabla.13 Condiciones interiores de diseño [42].....	74
Tabla.14 Condiciones proyecto calefacción (Temperatura seca exterior mínima) [43] .....	74
Tabla.15 Carga térmica por transmisión en la planta baja .....	75
Tabla.16 Carga térmica por transmisión en la primera planta .....	75
Tabla.17 Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables. [46].....	76
Tabla.18 Carga térmica por ventilación .....	77
Tabla.19 Volumen de aire renovado por cada parte de la vivienda .....	78
Tabla.20 Carga térmica por infiltraciones .....	78
Tabla.21 Resumen de cargas totales por cada estancia de la vivienda .....	79
Tabla.22 Cargas totales .....	79



Tabla.23 Demanda de referencia a 60°C[47] .....	81
Tabla.24 Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado [47] 81	
Tabla.25 Consumos mensuales. ....	82
Tabla.26 Demanda energética de ACS. ....	83
Tabla.27 Potencia de ACS. ....	85
Tabla.28 Orientación de las estancias de la vivienda .....	88
Tabla.29 Potencia calorífica necesaria en cada estancia de la vivienda .....	90
Tabla.30 Características de los distintos modelos de radiadores de baja temperatura Ferroli[54] .....	91
Tabla.31 Número de radiadores.....	91
Tabla.32 Combinaciones de bomba de calor y acumulador ACS recomendadas [55] .....	93
Tabla.33 Datos técnicos del acumulador AS 150E [56] .....	93
Tabla.34 Emisiones de CO <sub>2</sub> con la caldera de gas natural .....	104
Tabla.35 Emisiones de CO <sub>2</sub> con la instalación de aerotermia .....	105

## Resumen:

El presente proyecto aborda la modernización del sistema de calefacción y agua caliente sanitaria de una vivienda unifamiliar situada en el Municipio Alavés de Arbulo, que actualmente cuenta con una caldera de gas natural. La propuesta finalmente escogida ha sido la instalación de un sistema de aerotermia, compuesto por una bomba de calor aire-agua que se divide en una unidad exterior y otra interior, un depósito de ACS y radiadores de baja temperatura como emisores.

El principio de funcionamiento de este sistema es la recogida de aire exterior mediante la bomba de calor, ésta recupera las calorías presentes en el aire y transforma la energía en calor que finalmente se transfiere al circuito de calefacción.

Para el dimensionamiento de la instalación se ha calculado la demanda de calefacción y de ACS siguiendo los cálculos pertinentes. Tras dichos cálculos se ha concluido la capacidad que necesita el depósito de ACS y el número de radiadores que se van a instalar en cada habitación de la vivienda. Para las conexiones de los radiadores se ha utilizado el recorrido ya existente que tenían los radiadores convencionales de la vieja instalación.

## Palabras clave:

- Aerotermia → es una tecnología sostenible que extrae la energía del aire del exterior y la transforma en agua caliente sanitaria, calor o frío.
- Bomba de calor → sistema que utiliza una fuente de energía renovable para generar un cambio de temperatura entre dos ambientes.
- ACS → Agua Caliente Sanitaria, agua destinada al consumo humano que ha sido calentada, utilizada para usos sanitarios como baños, duchas, etc.
- Radiador baja temperatura → radiadores con funcionamiento a baja temperatura que se calientan en menos tiempo que los convencionales, proporcionan un alto ahorro.
- Eficiencia → uso eficiente de la energía que busca proteger el medio ambiente mediante la reducción de la intensidad energética y habituando al usuario a a consumir lo necesario y no más.

## Summary:

The Project deals with the modernization of the heating system and SHW of a detached house located in the Alave's borough of Arbulo, that currently has a natural gas boiler. The proposal that was finally chosen is the installation of an aérothermy system. It consists of an air-water heat pump divided into outdoor and indoor unit, an SHW tank and low temperature radiators as emitters.

The operating principle of this system is the collection of outside air by the heat pump. The pump recovers the calories that are present in the air and transforms the energy into heat that is finally transferred to the heating circuit.

For the mechanical dimensioning of the installation, the demand of hot water and heating has been calculated following the relevant calculations. With these calculations, the capacity of the SHW tank and the number of radiators to be installed in each room of the home has been determined. The new connections of the radiators are going to follow the route of the connections of the conventional radiators of the old installation.

## Keywords:

- Aérothermy → it is a sustainable technology that extracts the energy of the air from the outside and transform it into sanitary hot water, heat or cold.
- Heat pump → system that uses a renewable energy source to generate a temperature change between two environments.
- SHW → Sanitary Hot Water, water intended for human consumption that has been heated, used for sanitary uses such as bathrooms, showers, etc.
- Low temperature radiator → radiators with low temperature operation that heat up in less time than conventional ones, providing high saving.
- Efficiency → efficient use of energy that seeks to protect the environment by reducing energy intensity and accustoming the user to consume what is necessary and not more.

## Laburpen:

Aurkezten dudana proiektua berokuntza sistema eta beroaren modernizazioari buruzkoa da. Familia bakarreko etxebizitza hau Arbulun (Araban) kokatuta dago eta gas naturaleko galdara bat dauka. Aukeratutako proposamena aerotermina sistemako instalazioa da, bonba baten bitartez ur eta aire beroa izatea ahalbidetzen. Bonba hau jarraian azaltzen diren zatitan banatzen da: kanpoko unitatea, barneko unitatea, ACS gordailu bat, tenpepetura baxuko erradiadoreak jaulkitzaile bezala.

Sistema honetan funtzionamendua honako hau da. Asteko, aire beroko bonbak kanpoko airea hartzen du. Ondoren, airean dauden kaloriak hartu eta energia transformatzen du berokuntza sistemara pasatzeko.

Instalazioaren dimentsioa jakiteko, beroaren demanda eta ACS-a kalkulatu behar da. Horretaz gain, ACS deposituak behar duen kapazitatea eta etxebizitzako logela bakoitzean instalatu behar diren berogailu kopurua zein den jakin behar da. Azkenik aipatzekoa da, berogailuen konekzioak egiteko, etxebizitzan zeuden berogailu zaharren ibilbidea erabili dela.

## Hitz klabeak:

- Aeroterminia → kanpoko aireko energia ur beroan, beroan edo hotzan transformatzen duen teknologia jasangarri bat da.
- Aire beroko bonba → bi giro ezberdinetan tenperatua aldaketa bat sortzeko erabiltzen den energia berriztagarriaren sistema da.
- ACS-A → ur bero sanitarioa. Gizakiok erabiliko dugun berotutako urari erreferentzia egiten dio. Kontsumituko duten ura komunetan, dutxan, ...
- Tenperatura baxuko berogailua → tenperatura baxuan funtzionatuko duten berogailuak dira. Epe motzean berotzen dira eta gehiago aurrezteko aukera ematen dute.
- Efizientzia → energiaren erabilera efizientearekin erlazionatutako kontzeptua da. Ingurumena babesteko intentsitate energetikoa jaitsi eta beharrezkoa dena soilik kontsumitzeari erreferentzia egiten diona.





# 1 Memoria descriptiva

## 1.1 Introducción y antecedentes

La inquietud por el medio ambiente, el agotamiento de los recursos fósiles y la dependencia energética están impulsando el desarrollo y la implantación de las energías renovables. Cada vez la población mundial es más consciente de todo esto, por ello se trata de encontrar soluciones para reducir los impactos medioambientales de la actividad humana.

Las energías renovables son energías que se obtienen de fuentes naturales inagotables, ya sea por la gran cantidad de energía que contienen, porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

### 1.1.1 Contexto energético

#### 1.1.1.1 En Europa

Europa se encuentra ante tres grandes retos que marcarán el desarrollo de las futuras generaciones en Europa: la crisis económica, la inseguridad de abastecimiento energético y el cambio climático provocado fundamentalmente por el aumento de las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

Existe una estrategia con un gran impacto potencial en cada uno de los tres grandes retos mencionados anteriormente. La “descarbonización” de la economía basándose en la implementación a gran escala de acciones para la mejora de la eficiencia energética de todos los procesos y actividades y en la generalización de uso de energía renovables.

Hay que hacer frente al aumento de la demanda energética, la volatilidad de los precios y las perturbaciones del suministro, y como se ha comentado anteriormente reducir el impacto medioambiental del sector de la energía.

Para hacer frente a todos estos problemas, se necesita una estrategia energética clara a nivel de la Unión Europea.

La política energética de la UE persigue tres objetivos principales:

- Seguridad de abastecimiento
- Competitividad
- Sostenibilidad

La Comisión ha puesto en marcha un plan para crear en Europa una Unión de la Energía y así garantizar que los ciudadanos y las empresas de la UE tengan un suministro energético seguro, asequible y respetuoso con el clima.

La energía circulará libremente entre las fronteras nacionales de la UE. Las nuevas tecnologías, las medidas de eficiencia energética y la renovación de las infraestructuras harán que disminuyan los precios para el consumidor, surjan nuevas cualificaciones y empleos y aumenten el crecimiento y las exportaciones. Europa se dotará de una economía



UPV EHU

Documento nº1- Memoria

sostenible, con bajas emisiones de carbono y respetuosa del medio ambiente, que lidere la producción de energías renovables y la lucha contra el calentamiento global. [1]

La Unión de la energía también facilitará que Europa hable con una sola voz sobre las cuestiones energéticas de alcance mundial.

La Unión de la Energía se basa en otras iniciativas de la actual política energética de la UE, como el marco energético y climático para 2030 y la estrategia de seguridad energética.

#### **1.1.1.1.1 Objetivos Europeos de Energía**

La UE se ha fijado objetivos de clima y energía para 2020, 2030 y 2050[1].

Objetivos para 2020:

- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero un 20%, como mínimo, respecto a los niveles de 1990.
- Obtener un 20% de la energía a partir de energías renovables.
- Mejorar la eficiencia energética en un 20%.

Objetivos para 2030:

- 40% de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Al menos 27% de energía renovables.
- 15% de interconexión eléctrica (es decir, el 15% de la electricidad generada en la UE debe poder transportarse a otros Estados miembros)

Objetivos para 2050:

- 80-95% de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero respecto a los niveles de 1990. La Hoja de Ruta de la Energía para 2050[2] muestra el camino para alcanzar esa meta.

La Unión Europea avanza para alcanzar los objetivos para el 2020. Los gases de efecto invernadero se redujeron un 18% entre 1990 y 2012, la cuota de las energías renovables pasó del 8,5% en 2005 al 14,1% en 2012. Se prevé que para 2020 la eficiencia energética experimente una mejora del 18-19%. Este porcentaje es algo inferior al 20% establecido, pero se podrá alcanzar ese objetivo si los Estados miembros aplican toda la legislación europea necesaria.

#### **1.1.1.2 En España**

La demanda energética en España depende en gran medida de las importaciones, con un peso muy relevante de los combustibles fósiles en el consumo total de la energía, con altas tasas de crecimiento del consumo en las épocas de bonanza económica y moderación a partir de 2008. [8]. La penetración del gas natural es amplia con diversificación de fuentes de abastecimiento a pesar de la ausencia de recurso propio. Las energías renovables han alcanzado un nivel relevante en la producción eléctrica. La producción nuclear se mantiene como producción eléctrica de base aportando casi la cuarta parte de la demanda eléctrica, y las plantas de generación eléctrica con combustibles fósiles (carbón autóctono y de

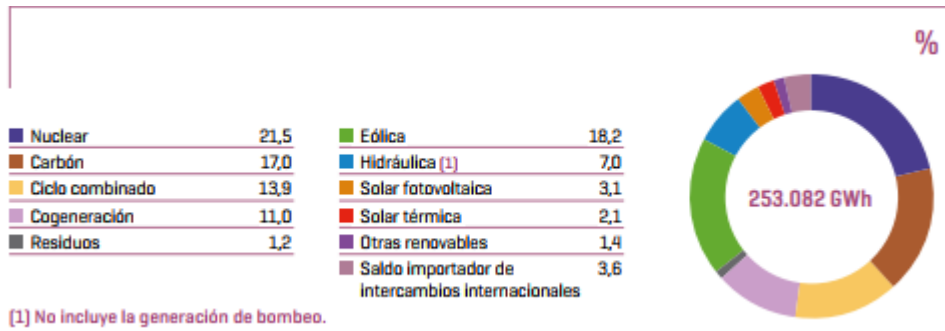




importación, gas natural) han recortado su producción como efecto de la reducción de consumo.

Las directrices derivadas de la política energética europea han determinado la estrategia española en esta área que va a pivotar sobre el cambio climático, el ahorro y la eficiencia energética, las energías renovables, la diversificación de las fuentes de aprovisionamiento de energía primaria y es desarrollo de las infraestructuras.

Las energías renovables registraron el peor dato de los últimos cinco años, reduciendo su cuota en la generación eléctrica de 2017 al 33,3% frente al 40,8% en 2016. Este notable descenso es consecuencia del impacto de la extrema sequía sobre la producción hidráulica que ha registrado una caída del 48,4% respecto al año anterior. Este descenso de la hidráulica ha venido acompañado además de una menor generación eólica (-1,6% respecto a 2016). No obstante, cabe destacar que la eólica llegó a cubrir el 60,7% de la demanda en un momento puntual. [3]



**Fig.1 Cobertura de la demanda eléctrica peninsular año 2017[4]**

Aunque como se ha visto las energías renovables redujeron su cuota en la generación, ni la energía nuclear, ni el carbón, ni las centrales de ciclo combinado que queman gas natural para generar electricidad produjeron tanta electricidad como las tecnologías renovables en el año 2017. A pesar de esto, el 17,4% de los kilovatios hora que se produjeron durante el año 2017 en el país salieron de centrales térmicas de carbón. [6]

Un tercio de la energía consumida en España durante el año 2017 es autóctona y limpia, esto quiere decir que ha salido de una fuente de energía renovable, como puede ser el viento, el agua, el aire, el sol o la biomasa. La demás energía, la generada en centrales térmicas de gas, carbón o nucleares, no se consideran energía renovable ni limpia. En la siguiente tabla se pueden ver que diferentes productos se importan de diferentes países.

PAÍS	PRODUCTO IMPORTADO
Namibia o Níger	Uranio para centrales nucleares
Catar o Argelia	Gas Natural
Libia, Nigeria u Oriente Medio	Petróleo

**Tabla.1 Países y productos que importan [6]**



Todas estas importaciones tienen un precio. España se gastó entre enero y octubre del año pasado de su corriente, en importaciones de gas, petróleo y carbón, más de 33.000 millones de euros.

### 1.1.1.3 En la Comunidad Autónoma Vasca

Los combustibles fósiles suponen actualmente un 79% de la demanda energética vasca y las importaciones eléctricas un 14%. Esto implica que la CAPV es mayoritariamente dependiente de unos recursos energéticos que no posee o que proceden de otros países. La volatilidad de los precios y los riesgos de desabastecimiento son problemas potenciales para la seguridad del suministro y la competitividad que caracterizan a los mercados de combustibles fósiles, tanto al de petróleo como al de gas natural [7].

Las políticas en el área de cambio climático, suponen una gran palanca para el avance en el área de la energía sostenible. El consumidor va evolucionando en cuanto a sus necesidades y preferencia de acuerdo con el progreso social y tecnológico. Esta evolución tiene influencia en el consumo energético, por lo que desde la política energética se debe actuar también en los comportamientos a través de formación y concienciación para lograr un consumo responsable.

El avance tecnológico que se observa en relación a las energías renovables y su cada vez mayor contribución a la producción energética a nivel global hace concebir esperanzas de poder disponer a medio plazo de energía renovable generada localmente. Sin embargo, en el horizonte de los próximos años, los combustibles fósiles permanecerán siendo la fuente energética predominante en el mundo y en Euskadi.

El Consejo de Gobierno aprobó en julio de 2016 La Estrategia Energética de Euskadi 2030 (3E2030). El Departamento de Desarrollo Económico y Competitividad lideró la elaboración de una nueva Estrategia Energética impulsado por la necesidad de revisar los objetivos que se habían fijado con el horizonte temporal del año 2020 y redefinir los mismos de cara al año 2030, con la finalidad de adaptarse a la nueva situación generada por la evolución del marco normativo, de la tecnología, de los mercados y del consumo energético de los últimos años, marcados por la crisis económica y financiera internacional.

La Estrategia Energética de Euskadi 2030 define los objetivos y las líneas básicas de actuación del Gobierno Vasco en materia de política energética para el período 2016-2030. Esta estrategia se enmarca dentro de una visión a más largo plazo para alcanzar un sistema energético cada vez más sostenible en términos de competitividad, seguridad del suministro y bajo carbono.

Los objetivos que se plantean para el año 2030 son[9]:

- Alcanzar un ahorro de energía primaria de 1.250.000 tep/año entre 2016-2030, lo que equivaldría al 17% de ahorro en 2030. Esto supondría mejorar la intensidad energética un 33% en el periodo.
- Potenciar el uso de las energías renovables un 126% para alcanzar en el año 2030 los 966.000 tep de aprovechamiento, lo que significaría alcanzar una cuota de renovables en consumo final del 21%.
- Promover un compromiso ejemplar de la administración pública vasca que permita reducir el consumo energético en sus instalaciones en un 25% en 10 años, que se



implanten instalaciones de aprovechamiento de energías renovables en el 25% de sus edificios y que además incorporen vehículos alternativos en el parque móvil y en flotas de servicio público.

- Alcanzar una cuota del 25% de energías alternativas en el transporte por carretera, incidiendo en la progresiva desvinculación del petróleo y la utilización de vehículos más sostenibles.
- Aumentar la participación de la cogeneración y las renovables para generación eléctrica de forma que pasen del 20% en el año 2015 al 40% en el 2030.
- Potenciar la competitividad de la red de empresas, centros tecnológicos y agentes científicos vascos, impulsando 9 áreas prioritarias de investigación, desarrollo tecnológico e industrial en el campo energético, en línea con la estrategia RIS3 de especialización inteligente de Euskadi.
- Contribuir la mitigación del cambio climático mediante la reducción de 3 Mt anuales de gases de efecto invernadero debido a las medidas energéticas, lo que supone la reducción de un 35% de las emisiones de gases de efecto invernadero de origen energético en relación a las del año 2005.

En el ámbito de edificios y hogares, que es lo que el presente proyecto va a tratar, es necesario avanzar en la reducción de energía del consumo de energía, incrementando además la integración de nuevas instalaciones de aprovechamiento de las renovables para autoconsumo térmico y eléctrico. Las actuaciones se deben de llevar a cabo tanto en las viviendas como en el sector de servicios mediante la reducción del consumo y el incremento del uso de renovables en edificios y el hogar mediante la promoción de mejoras energéticas en edificios y viviendas y la formación y sensibilización para la eficiencia y gestión de la energía en edificios.

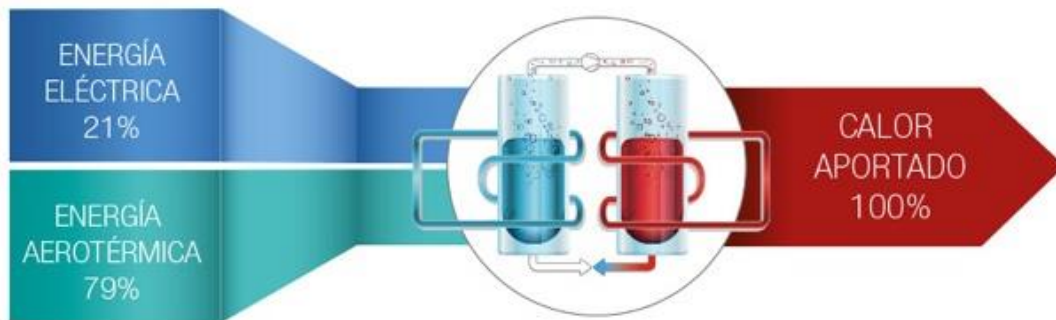
## 1.1.2 Consumos energéticos en la edificación

### 1.1.3 La aerotermia

La aerotermia supone un paso importante hacia la eficiencia y el ahorro energético, ya que utiliza como principal fuente de energía algo tan simple como el propio aire del ambiente.

Se basa en extraer energía gratuita del aire exterior mediante una bomba de calor de alta eficiencia. Una bomba de calor extrae energía de un lugar para cederla en otro. Para ello, se necesita una unidad exterior, y una o varias unidades interiores. Los costes de mantenimiento y propiedad son prácticamente nulos y no necesitan revisiones periódicas, como es el caso de las calderas de gas y gasóleo.

No quema nada para calentar, no emite humos ya que no produce combustión, reduce la dependencia de los combustibles de origen fósil y está siempre disponible. Hasta el 79% de la energía procede del aire exterior y solo un 21% es consumo eléctrico generado por la bomba de calor. A esto hay que sumarle el ahorro que supone que con un solo equipo se puedan cubrir todas las necesidades de climatización y ACS (agua caliente sanitaria) de la vivienda.



**Fig.2 Energía utilizada por la aerotermia.[16]**

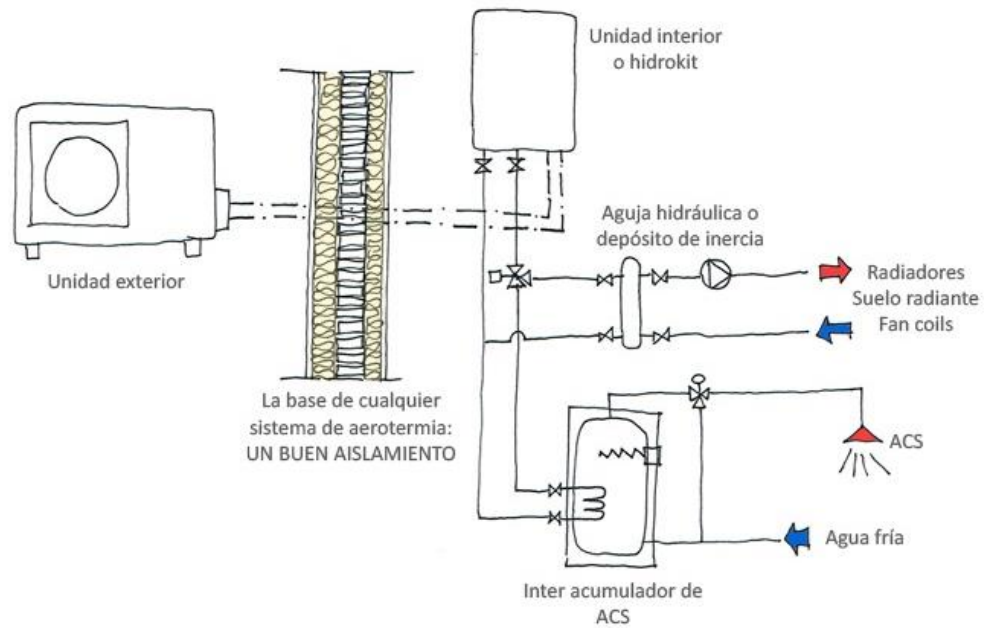
Estos sistemas están inicialmente diseñados para utilizarse en viviendas unifamiliares, así como pequeños y medianos edificios, tanto para inmuebles existentes, como para nuevas edificaciones que dispongan de emplazamiento para las unidades exteriores. En aire acondicionado o climatización convencional, la bomba de calor se utiliza para calentar o enfriar el aire de los locales a climatizar, siendo por lo general, sistemas de aire-aire o de expansión directa de un refrigerante.

En los sistemas de aerotermia, las bombas de calor son del tipo aire-agua. Se extrae el calor, o mejor dicho, la energía existente en el aire exterior, y la cede al agua que se aporta al sistema de calefacción y/o agua caliente sanitaria. Estas bombas tendrán mejor rendimiento en la medida en que la temperatura del foco frío sea más templada.

La firma Toshiba elaboró un estudio comparativo en diversas zonas geográficas del territorio nacional donde las necesidades de calefacción eran muy diversas. Se llegó a la conclusión que los sistemas de calefacción por aerotermia eran capaces de calentar hogares, como mínimo, a un coste un 25% por debajo del correspondiente a utilizar gas natural y que su precio era un 50% inferior si se comparaba con los costes de calentar las viviendas con calderas de gasóleo. [16]



**Fig.3 Sistemas de aerotermia (fuente: Toshiba) [16]**



**Fig.4 Esquema de principio habitual de sistema de aerotermia[17]**

#### 1.1.4 Emisores de la aerotermia

En este punto se van a ver los dos sistemas más comunes que se utilizan como emisores de la aerotermia, el suelo radiante y los radiadores de baja temperatura. Aunque los dos sistemas utilicen el agua caliente para calentar un espacio, la base de su funcionamiento presenta diferencias significativas.

##### 1.1.4.1 Suelo radiante

Uno de los sistemas que se compatibiliza mejor con las temperaturas a las que la aerotermia calienta el agua es el suelo radiante, ya que al tener mayor superficie de emisión térmica no necesita altas temperaturas y se puede aprovechar el buen rendimiento que consiguen los equipos de aerotermia con temperaturas del agua bajas, obteniendo así COPs mayores de 3,5 e incluso 4 [26].

La instalación de un suelo radiante consiste en una serie de circuitos cerrados de tuberías enterradas bajo el suelo, por los que circula un líquido, generalmente agua, caliente y que transmite el calor al pavimento, que lo transfiere al ambiente. El suelo radiante es uno de los mejores sistemas de calefacción en lo que a confort térmico se refiere. Con este se consigue una sensación de confort superior a la de la mayoría de sistemas de calefacción convencionales, ya que no aparecen corrientes de aire de convección y se consigue bastante uniformidad térmica. Además, el sistema evita la aparición de elementos emisores, que ocupan espacio físico y condicionan la distribución del mobiliario. Sumado a la excelente curva térmica que se consigue, cabe destacar que es un sistema que funciona a baja temperatura, la temperatura del pavimento debe sobrepasar los 29°C y su temperatura de trabajo suele estar entre los 35-45°C, frente a los 70-90°C de los radiadores de agua, con lo que se consigue un importante ahorro en el consumo de la caldera. [27]





**Fig.5 Sistema de suelo radiante. [28]**

Ventajas del suelo radiante [28]:

- Elevado rendimiento. Gracias a que los circuitos que transportan el agua son muy delgados, de entre 6 a 10 mm, el caudal a mover es mínimo. La cantidad de energía necesaria para calentarlo o enfriarlo también lo será, por eso se trata del sistema de calefacción que emplea la temperatura de agua más baja.
- Bajo consumo. Como se ha comentado, los sistemas de suelo radiante funcionan con un circuito de agua a baja temperatura (35-45°C) frente a los sistemas tradicionales que necesitan mayores temperaturas de impulsión (80-85°C). Al tratarse de un sistema de baja temperatura, se consiguen grandes ahorros combinándolo con sistemas de generación de calor eficientes como la aerotermia, la geotermia, calderas de baja temperatura o condensación, y energía solar térmica. Por ello, el uso de suelo radiante consume entre un 10% y un 20% menos en relación a otros sistemas de calefacción convencional.
- Uso de fuentes renovables. Al tratarse del sistema de calefacción que emplea la temperatura de impulsión de agua más baja es un emisor que se adecúa muy bien a las características de generación renovable, como la solar térmica. Esto lo convierte en unos de los sistemas de calefacción más respetuosos con el medio ambiente.
- Deja el espacio libre de elementos calefactores. Al estar instalado el sistema bajo suelo o tras paredes y techos, no es necesario colocar elementos en las paredes como radiadores o convectores. Tan sólo se deberá tener en cuenta la colocación de un armario para los colectores hidráulicos en la pared. El espacio habitable queda de esta forma totalmente libre y despejado, dejando total libertad para el diseño de interiores.



- Opción de enfriamiento. Tiene la posibilidad de usar la misma red de tuberías dentro del pavimento para calefacción y refrigeración radiante, esto hace que este sistema de climatización sea cada vez más interesante en su selección.
- Sensación de confort. La temperatura del aire cercano al suelo será ligeramente superior a la temperatura del aire a la altura de la cabeza. Además el calor se reparte de forma uniforme por toda la casa, y no se acumula en zonas puntuales como en los radiadores o en el techo en el caso de sistemas por aire. Al no producirse corrientes de aire se reduce el polvo, no produce sequedad y la baja humedad consigue evitar la aparición de ácaros.

#### Inconvenientes del suelo radiante [28]:

- Precio. La instalación de un sistema de suelo radiante suele requerir una inversión económica superior a la que requieren otros sistemas, aunque el objetivo debe ser el de amortizar dicha inversión en un plazo razonable.  
El precio medio del suelo radiante por metro cuadrado puede estar en los 50 euros/m<sup>2</sup> sin incluir el precio del mortero. En la instalación de suelo radiante en una vivienda de unos 100 metros cuadrados el precio puede quedar en torno a 6.000 y 7.000 €.
- Sistema de alta inercia. Son sistemas que presentan una elevada inercia térmica ya que se trata de calentar o enfriar la masa que se encuentra sobre la superficie, por lo que su aplicación es conveniente en aquellos espacios en los que su utilización se haga de forma continuada. Además, este sistema no se adapta bien a los cambios bruscos de temperatura exterior debido al tiempo que tarda en calentarse y/o enfriarse toda la instalación. Esta característica que puede ser una ventaja para lugares de uso continuo, supone una desventaja para lugares en los que se prevé apagar y encender la caldera todos los días.
- La instalación requiere de gran conocimiento técnico. Este tipo de instalación conlleva cierta complejidad técnica, no tanto en su instalación sino en su mantenimiento. Por tanto, la instalación y mantenimiento del suelo radiante deben ser realizados por personal muy cualificado. En enfriamiento la instalación requiere de más atención, si cabe, ya que el factor de humedad debe estar perfectamente controlado, para evitar problemas de condensación.
- Se trata de un sistema más o menos nuevo. Lo novedoso del sistema también crea cierto escepticismo hacia él. Un sistema del que no se tienen referencias cercanas y no se ha podido contrastar personalmente su funcionamiento, provoca incertidumbre a la hora de prescribirlo por el miedo a equivocarse.
- El suelo refrescante es mejor en zonas de humedad baja. En aplicaciones de suelo refrescante, una de las pegas que puede tener es la condensación. Este tipo de instalaciones son más adecuadas en zonas geográficas en las que la humedad del aire sea baja, bien por las condiciones ambientales de la situación geográfica del edificio, bien porque la carga latente de los locales sea pequeña. De esta forma se evita la condensación en aquellos momentos en que el sistema necesite alcanzar temperaturas lo suficientemente bajas como para disipar las cargas térmicas del local.



También existe la posibilidad de instalar un sistema de climatización por techo radiante, que como su propio nombre indica basa su funcionamiento en la radiación, un fenómeno natural de transmisión de calor entre dos cuerpos sólidos a diferente temperatura. Existen diferentes tipos pero el más habitual suele ser un sistema que consiste en unos paneles prefabricados conformados por varias capas, un tablero de yeso laminado en el que se encastra una tubería por la que circulará el agua, caliente o fría, según la necesidad, la propia tubería de diámetros pequeños y un panel aislante que evite las pérdidas de energía hacia la parte exterior. Estas capas se atornillan de la misma manera que si de techo con placa de yeso laminado se tratase, y su rapidez de instalación lo hacen un sistema altamente recomendable para rehabilitación.

En los casos donde no es posible instalar suelo radiante y no se quiere instalar fan-coils por falta de confort, ruidos, etc., se tiene la posibilidad de instalar los radiadores de baja temperatura, que se van a ver el siguiente punto.

#### **1.1.4.2 Radiadores de baja temperatura**

A día de hoy la aerotermia solo es capaz de calentar el agua hasta unos 55°C-60°C, lo que es incompatible con los radiadores convencionales. Es cierto que hay equipos de aerotermia de alta temperatura que pueden generar agua hasta 80°C, pero el rendimiento de estas bombas de calor no es el mejor (COP inferior a 3).

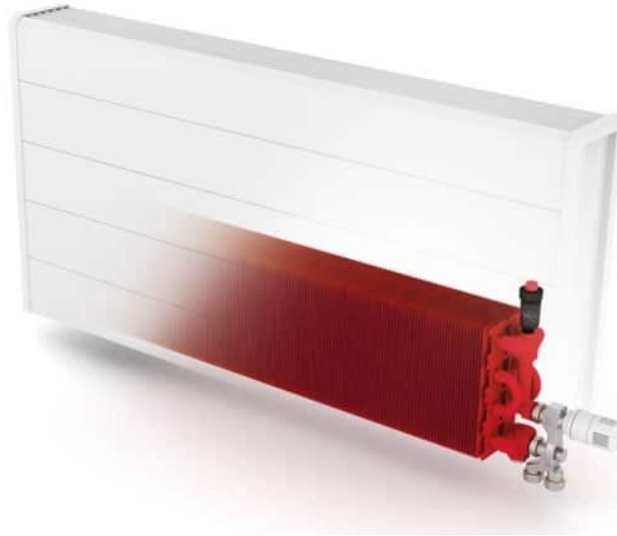
El funcionamiento de la aerotermia se optimiza en medida en que la temperatura de los focos fríos y calientes sea pequeña, es decir, climas templados y temperaturas de impulsión bajas.

Los radiadores de baja temperatura son radiadores que aprovechan los sistemas de generación de calor a baja temperatura para obtener instalaciones más eficientes que impliquen ahorros energéticos importantes.

El principio de funcionamiento no difiere mucho del de un radiador convencional, simplemente circula agua caliente por su interior y aumenta la temperatura del radiador, de esta forma emite energía térmica hacia la habitación.

Su construcción es un poco diferente, normalmente cuentan con una batería de intercambio de cobre con aletas de aluminio en su interior, y exteriormente están recubiertos con chapa plana, de esta forma consiguen calentar el aire circundante a la batería y expulsarlo por la parte superior del radiador maximizando así la convección.





**Fig.6 Radiador de baja temperatura. [26]**

En un radiador convencional con agua a 70°C, aproximadamente el 80% de la transmisión de calor es por convección y el 20% por radiación, en el caso de los radiadores de baja temperatura prácticamente la totalidad de la transmisión de calor es por convección, por lo tanto la sensación que se notará será diferente [26].

Ventajas de los radiadores a baja temperatura [29]:

- Mayor eficiencia energética. Un sistema con agua a una temperatura inferior va a tener menos pérdidas y la eficiencia de los generadores térmicos será mayor, por lo tanto menos consumo.
- Respeto al medio ambiente. La fabricación de los radiadores cumple con los estándares medioambientales y usa materiales reciclables como el acero y el aluminio.
- Fáciles de instalar. Es una de las instalaciones más sencillas, no ocasiona obras, su mantenimiento es sencillo porque al colocarse los radiadores en lugares visibles se puede acceder a ellos para comprobar su correcto funcionamiento.
- Instalación económica. Su coste es más asequible respecto a otro tipo de instalación de calefacción y el dimensionamiento para trabajar a baja temperatura hace que sean recomendables tanto para obra nueva como para instalaciones ya existentes.
- Amplia experiencia en instalaciones. La instalación de radiadores a baja temperatura es una de las instalaciones más comunes, por lo que los instaladores cuentan con una amplia experiencia y conocimiento sobre el dimensionamiento de este tipo de instalaciones que proporciona calidad y seguridad en ellas.

Desventajas de los radiadores a baja temperatura [26]:

El principal problema de este tipo de radiadores es que al tener el agua a menos temperatura que en los radiadores convencionales, se necesitará más superficie de intercambio para emitir la misma energía térmica, por lo tanto aunque el radiador de baja temperatura tenga una batería aleteada, se necesitará un radiador de mayor tamaño.



### 1.1.5 Bomba de calor

Una bomba de calor es una máquina térmica que consigue la temperatura adecuada en cualquier tipo de local o recinto, tanto en invierno, como en verano, pudiendo también producir agua caliente, de una forma fácil, económica y respetuosa con el medio ambiente. [20].

Este sistema de calefacción absorbe calor del espacio exterior y lo transporta hacia el espacio interior.

#### 1.1.5.1 Tipos de bomba de calor

- BOMBAS DE CALOR AIRE-AIRE:

Este tipo es la más tradicional del mercado formando parte de equipos como aire acondicionado. Este sistema obtiene la energía latente en el aire y la libera en el mismo produciendo climatización con un coste mínimo. Las bombas de calor aire-aire son capaces de enfriar y calentar un hogar, pero no pueden producir agua caliente sanitaria.

Disponen de una serie de elementos (líquido refrigerante, un evaporador y un condensador) que se encargan de realizar toda la tarea de producción de aire acondicionado o calefacción. El elemento negativo de este sistema es que también genera corrientes de aire que pueden resultar molestas en ocasiones, sobre todo si se emplea para calefacción. El aire acondicionado con bomba de calor es uno de los sistemas más populares del mercado desde hace tiempo pero poco a poco va quedando atrás con la popularización de la aerotermia.

- BOMBAS DE CALOR AIRE-AGUA O AEROTÉRMICAS :

Este tipo de bomba es uno de los sistemas de climatización que más está destacando en el sector de la calefacción y la refrigeración. La bomba de calor aire-agua extrae el calor o el frío latente en el aire del exterior, convirtiéndolo en energía útil que calienta el líquido refrigerante ubicado en el interior de la bomba.

- BOMBAS DE CALOR AGUA-AGUA O GEOTÉRMICAS:

Extraen el calor contenido en el subsuelo pudiendo alcanzar valores de rendimiento muy altos. El subsuelo tiene pocas fluctuaciones de temperatura a lo largo de todo el año, debido a la gran inercia térmica que tiene, permite a las bombas geotérmicas tener un rendimiento constante que no se va a ver afectado por la temperatura ambiente del exterior. De esta forma las bombas geotérmicas trabajan de forma correcta en cualquier época del año y en cualquier zona climática. Es por ello que estos sistemas son muy recomendables en sitios con inviernos severos, en zonas continentales o de montaña, donde las máquinas de aerotermia disminuyen considerablemente su rendimiento y fiabilidad.

### 1.1.5.2 Funcionamiento de una bomba de calor

El principio de funcionamiento de una bomba de calor es simple, extrae energía del aire exterior, transforma esta energía en calor y la transfiere al circuito de calefacción de la vivienda [18].

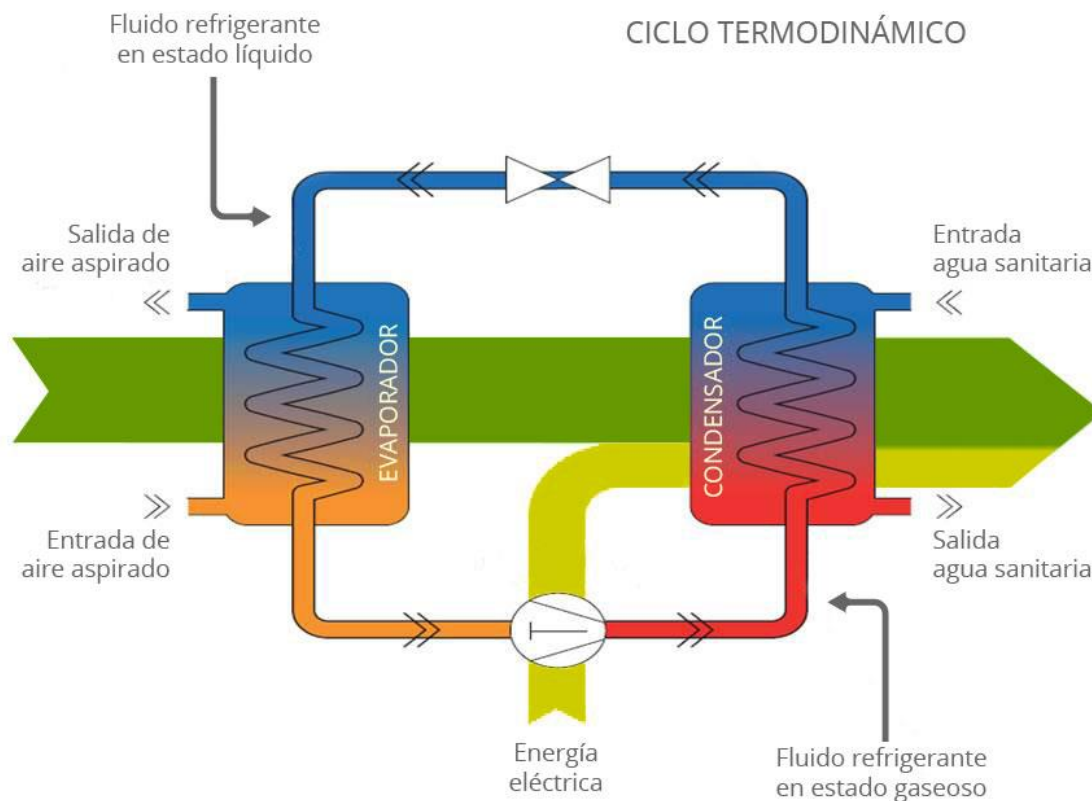


Fig.7 Ciclo termodinámico.[18]

### 1.1.6 Bomba de calor aerotérmica

Las bombas de calor aire-agua o aerotérmicas recogen la energía del aire ambiente. A través de un ciclo de compresión de un gas refrigerante, potencian la energía hasta más de 4 veces para climatizar. Este sistema es altamente eficiente incluso con el aire a temperatura tan baja como  $-20^{\circ}\text{C}$ . [23]

La alta eficiencia de estos generadores los sitúa entre los mejores, con la más alta clasificación energética posible A++. Siempre utiliza la mayor cantidad de energía renovable posible y apenas emite  $\text{CO}_2$  a la atmósfera.

Este tipo de bombas no necesitan grandes reformas o espacios interiores para su instalación, por lo que son adecuadas para la modernización de instalaciones de calefacción ya existentes, aprovechando incluso los sistemas actuales mediante la hibridación de diferentes tecnologías. Estos sistemas también se pueden ampliar fácilmente, por ejemplo, con paneles solares y calderas de condensación.



### 1.1.6.1 Componentes

La bomba de calor aire-agua consta de dos partes, el grupo bomba de calor situado en la parte superior y el depósito de acumulación en la parte inferior. La bomba de calor está basada en el aprovechamiento de la energía que producen los cambios de estado del fluido refrigerante. Este fluido circula por el interior de un circuito cerrado que consta de:

1. COMPRESOR: su trabajo permite el desarrollo del proceso y requiere de electricidad para su funcionamiento.

Un compresor es una máquina diseñada para tomar el aire del ambiente, o gas, dependiendo del uso que se le quiera dar, almacenarlo y comprimirlo dentro de un tanque llamado calderín y con ese aire, darle potencia a otras herramientas neumáticas o bien realizar múltiples tareas. Las máquinas compresoras de aire, como se ha mencionado anteriormente toman aire del ambiente, lo comprimen y luego se puede utilizar liberándolo por un tubo flexible con la presión regulada por un presostato.

La presión del fluido se eleva reduciendo el volumen específico del mismo durante su paso a través del compresor. Los compresores se clasifican generalmente como máquinas de alta presión.

Está compuesto por tres grandes piezas:

- El compresor que es la pieza fundamental en el funcionamiento de compresores de aire porque es el cilindro con pistón impulsado por un motor eléctrico, que le permite tomar el aire del ambiente y comprimirlo para sus subsiguientes usos.
- El tanque de depósito también llamado calderín, que como su nombre lo indica es un recipiente donde se almacena el aire comprimido para ser utilizado posteriormente.
- El equipo de control y suministro que es el encargado de tomar el aire comprimido por el pistón del compresor que se ha almacenado en el calderín y mediante un presostato controlar la presión con la que este saldrá a través de un tubo flexible con un manómetro en su extremo.

Los compresores se emplean para la presión de una gran variedad de gases y vapores para una gran número de aplicaciones.

2. CONDENSADOR: intercambiador de calor situado a lo largo del calderín y a través del cual el fluido refrigerante en forma de vapor cede toda su energía al agua del depósito. A medida que va cediendo la energía el agua condensa y vuelve a estado líquido.

El calor cedido por el condensador es siempre mayor que el calor absorbido durante el proceso de evaporación debido al calor de la compresión.

El condensador típico es un tubo con aletas en su exterior, las cuales disipan el calor al medio ambiente.

La transferencia se logra forzando grandes cantidades de aire fresco a través del serpentín mediante el uso de un ventilador, por lo general de tipo axial. El aire al ser forzado a través del condensador absorbe calor y eleva su temperatura.



3. **VÁLVULA DE EXPANSIÓN:** componente del circuito por el que pasa el fluido refrigerante y que por medio de su cambio de sección, supone una reducción brusca de la presión y un descenso notable de la temperatura.  
El fluido en estado líquido procedente del condensador se introduce en el evaporador a través de la válvula de expansión. Esta última inyecta de forma continua refrigerante en condiciones adecuadas para que éste se mantenga permanentemente a la presión de evaporación que corresponda a la temperatura que se desee alcanzar en el interior que se quiere climatizar.
  
4. **EVAPORADOR:** se trata de otro intercambiador de calor situado en la parte superior, que a través de su superficie ampliada por un sistema de aletas, permite el intercambio entre el fluido refrigerante y el aire ambiente. En este intercambiador el fluido refrigerante pasa a estado vapor.  
En función de la capacidad requerida, necesita una determinada superficie de intercambio. El evaporador es el elemento que proporciona finalmente la temperatura necesaria para la conversión de los productos, mediante el cambio de estado de un determinado fluido refrigerante, a una presión y temperatura dadas.

### 1.1.6.2 Funcionamiento

El principio de funcionamiento de la aerotermia es la combinación de una bomba de calor y un acumulador que utiliza el calor del aire para producir agua caliente:

1. El aire exterior es aspirado hacia el interior de la bomba de calor por un ventilador. Al pasar por la batería aleteada del evaporador el aire cede su calor, pierde alrededor de 10°C y es expulsado.
2. El fluido refrigerante pasa por el evaporador y absorbe el calor cedido por el aire. Este proceso hace que el refrigerante cambie de estado evaporizando a presión y temperatura estables. (0°C y 5 bar)
3. El gas refrigerante pasa por el compresor donde el aumento de presión implica un aumento de temperatura, elevándose a estado de vapor sobrecalentado (70°C y 20 bar)
4. En el condensador el refrigerante cede su calor al agua contenida en el acumulador. Este proceso hace que el refrigerante pase de vapor sobrecalentado a estado líquido, condensando a presión constante pero con una gran pérdida de temperatura. (70-40°C y 20 bar)
5. El líquido refrigerante pasa por la válvula de expansión, pierde temperatura y presión y vuelve a las condiciones de presión y temperatura iniciales (40°C → 0°C y 5 bar). El ciclo termodinámico puede volver a empezar para el funcionamiento de la aerotermia.

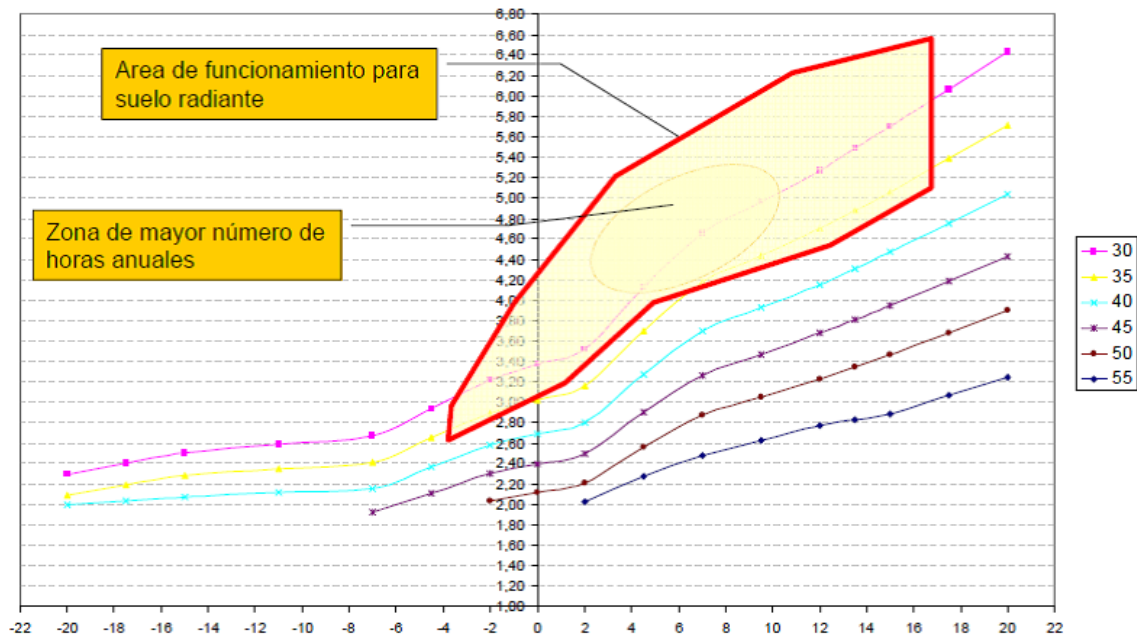
### 1.1.7 Potencial y limitaciones de la aerotermia

El COP máximo o coeficiente de funcionamiento, está en torno a 4 o 5, dependiendo del fabricante. Esto significa que por cada kWh eléctrico consumido, el equipo de aerotermia, en condiciones óptimas de funcionamiento puede producir 5 kWh térmicos.

Los sistemas están garantizados para trabajar hasta  $-20^{\circ}\text{C}$  y en el caso de que no puedan aportar la temperatura adecuada integran un equipo automático de apoyo. También se dispone en el mercado de equipos que pueden trabajar combinados con calderas, generalmente de condensación.

Como todas las bombas de calor, la aerotermia, es un sistema ideal para climas templados, ya que su rendimiento disminuye a medida que lo hace la temperatura exterior.

En el siguiente gráfico, se puede observar como varían los rendimientos del equipo en función de la temperatura exterior y la consigna de temperatura de la impulsión del agua.



**Fig.8 Variación del COP en función de la temperatura exterior y la impulsión del agua.[22]**

En el eje de abscisas se representan los valores de la temperatura exterior, y en el de ordenadas el valor del rendimiento. Como se puede observar, a menos temperatura de impulsión y, mayor temperatura exterior, el COP aumenta. Se puede ver que con temperaturas de impulsión de  $30^{\circ}\text{C}$  (correspondientes a un sistema de suelo radiante en régimen de funcionamiento), el rendimiento (COP), a una temperatura exterior de entre  $4^{\circ}\text{C}$  y  $6^{\circ}\text{C}$  puede llegar al 3,80 y 4,40 aproximadamente. De forma inversa, cuanto menos sea la temperatura exterior, el COP disminuye de manera notable, aunque se puede mantener en un valor de 2 incluso con temperaturas muy bajas.

Un sistema de aerotermia proporciona un ahorro energético considerable en comparación con sistemas convencionales de producción de calor y ACS. Pero, todo va a depender de las condiciones climáticas de la zona, como se ha visto anteriormente, y del sistema de calefacción del que se disponga.

Se pueden conseguir ahorros de hasta el 60% con calefacción por suelo radiante, y de hasta un 30% en calefacción por radiadores, considerando un sistema de caldera con gasóleo y en los casos más favorables. [22]

A continuación, para finalizar con este punto se van a listar una serie de ventajas y puntos a tener en cuenta en cuanto a la aerotermia se refiere.

**VETAJAS:**

- Alta eficiencia y menores costos de explotación.
- Instalación sencilla.
- Máximo ahorro con sistemas de calefacción a baja temperatura.
- Adaptable a instalaciones existentes.
- Se puede obtener frío en verano con la inversión del ciclo (refrigeración).
- Es una energía limpia con bajas emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Requiere poco espacio, por lo que es ideal si no se dispone de sala de calderas.
- No se necesitan chimeneas de evacuación de humos.
- Es recomendable en aquellos lugares donde no exista suministro de gas natural.
- Periodos de retorno medios-bajos.

**PUNTOS A TENER EN CUENTA:**

- Tiene un coste medio-alto en comparación con un sistema convencional.
- La ubicación de la unidad exterior (ruido, estética...)
- En zonas climáticas muy frías el rendimiento estacional se reduce mucho, por lo que es aconsejable realizar un estudio económico en profundidad.
- Lo conveniente, es disponer de un sistema de calefacción de baja temperatura, como suelo radiante o radiadores eficientes.

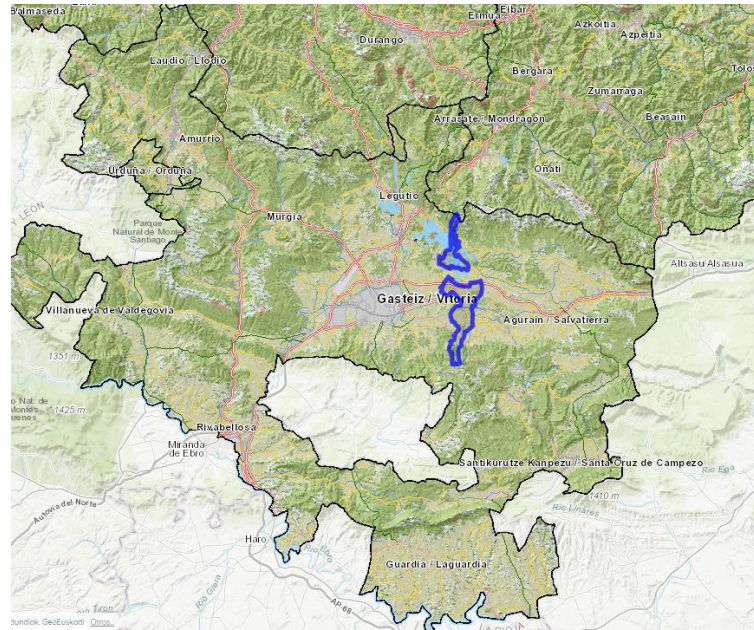
**1.2 Objeto**

El presente proyecto tiene como objeto el diseño y cálculo de una instalación de aerotermia necesarias para la climatización de una vivienda unifamiliar. Durante el desarrollo de las mismas se tendrán en cuenta las medidas adecuadas para mejorar, en la medida de lo posible, la eficiencia energética del sistema.

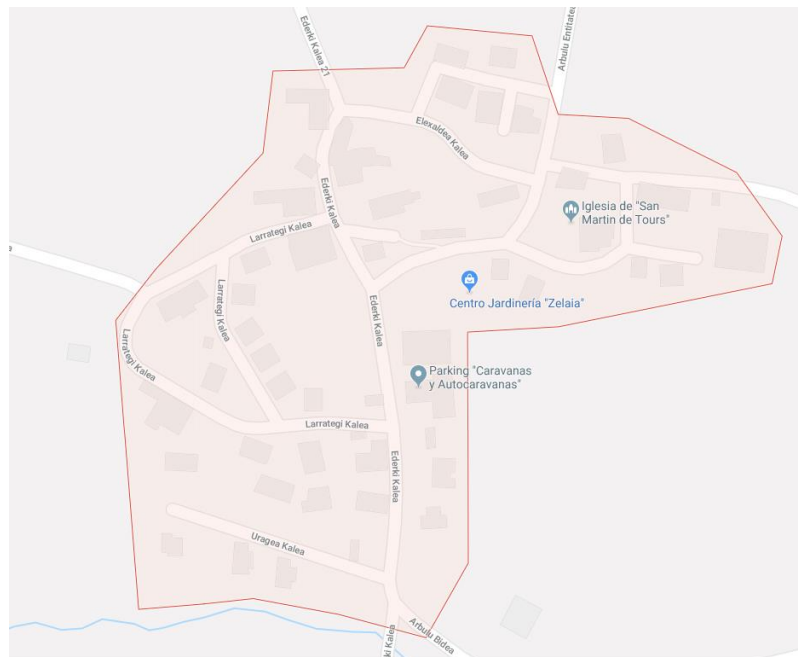
Para su diseño y posterior estudio económico se tendrá en cuenta toda la reglamentación vigente para este tipo de instalaciones.

**1.3 Situación y emplazamiento**

El presente proyecto se va a realizar en el pueblo de Arbulo perteneciente al término municipal de Elburgo en la provincia de Álava (País Vasco, España). Este pueblo está situado a tan solo 12 kilómetros de la ciudad de Vitoria-Gasteiz.



**Fig.9 Situación del municipio de Elburgo.**



**Fig.10 Situación del pueblo de Arbulo.**

Concretamente la instalación se va a llevar a cabo en la vivienda unifamiliar situada en la Calle Larrategi nº 18 de la localidad.





**Fig.11 Situación de la vivienda unifamiliar.**

Arbulo cuenta con una población de 93 habitantes (INE 2015), fue paso de del Camino de Santiago y todavía conserva las ruinas de su antiguo hospital de peregrinos. Esta localidad se encuentra a escasos metros de la carretera E-5, que une Madrid con la frontera en Irún, a la cual se accede desde la nacional N-104, en las cercanías de las localidades de Matauco y Argómaniz.

### **1.3.1 Datos del entorno**

El pueblo está situado muy cerca de Vitoria-Gasteiz, por lo que se van a tomar los datos del entorno los mismos.

#### **1.3.1.1 Climatología**

El clima de Arbulo es templado y cálido. Arbulo tiene una cantidad significativa de lluvia durante todo el año, incluso en el mes más seco. De acuerdo con la clasificación del clima de Köppen-Geiger es Cfb. La temperatura es de un promedio de 12.0°C, y las precipitaciones promedias son de 855mm. [24]

La anterior clasificación Cfb de Köppen-Geiger significa lo siguiente[25]:

C → Climas de latitudes medias. Son húmedos, con temperaturas medias del mes más frío entre -3°C y 18°C, y temperatura del mes más cálido superior a 10°C.

Cfb → marítimo de costa occidental (oceánico).

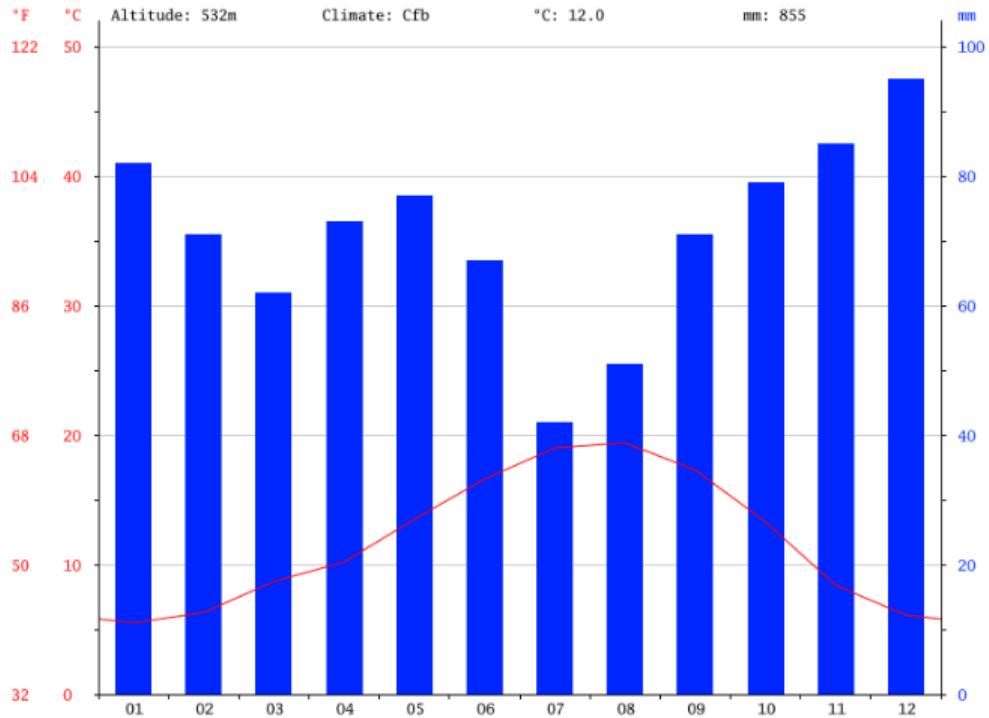
Inviernos fríos y templados, y veranos frescos. Las precipitaciones están bien distribuidas a lo largo del año. La vegetación natural son los bosques frondosos. Se da en la costa



UPV EHU

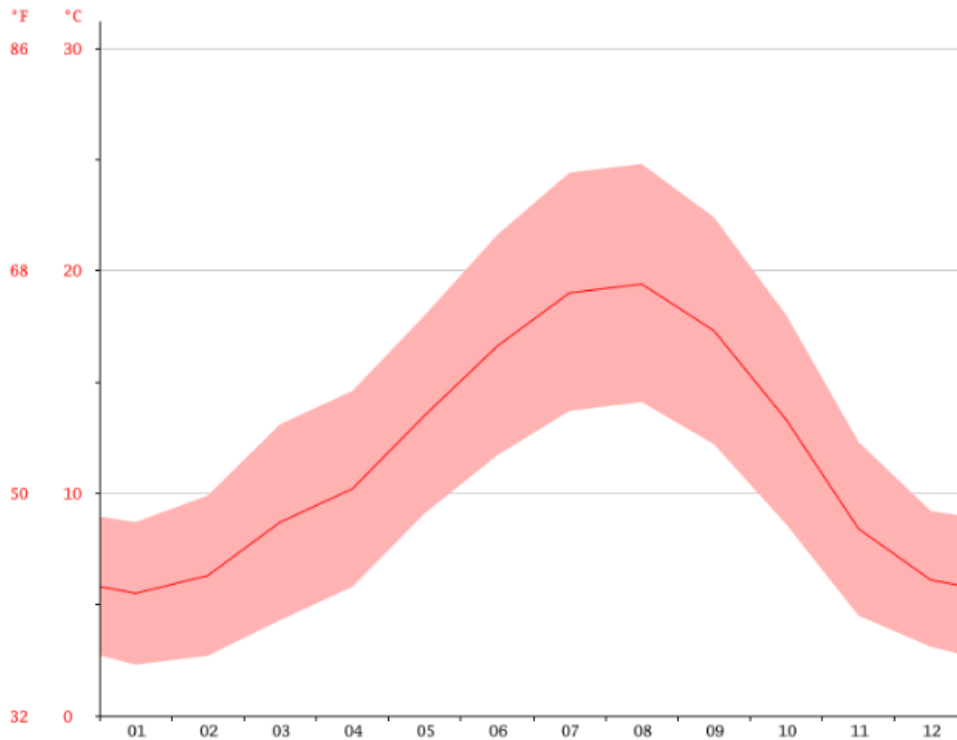
Documento nº1- Memoria

occidental de los continentes, entre los 45º y 55º de latitud, normalmente a continuación del clima mediterráneo. Es el clima de fachada atlántica europea desde el sur de Noruega hasta el norte de Portugal, de la costa noroeste de los Estados Unidos, sur de Chile, Nueva Zelanda.



**Fig.12 Climograma de Arbulo[24]**

El mes más seco es julio, hay 42mm de precipitación en éste mes. La mayor cantidad de precipitación ocurre en diciembre, con un promedio de 95mm.



**Fig.13 Diagrama de temperatura de Arbulo[24]**

Agosto es el mes más cálido de todo el año, la temperatura media en este mes es de 19,9°C. Enero es el mes con la temperatura media más baja del año.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	5.5	6.3	8.7	10.2	13.5	16.6	19	19.4	17.3	13.3	8.4	6.1
Temperatura mín. (°C)	2.3	2.7	4.3	5.8	9.1	11.7	13.7	14.1	12.2	8.6	4.5	3.1
Temperatura máx. (°C)	8.7	9.9	13.1	14.6	18	21.6	24.4	24.8	22.4	18	12.3	9.2
Temperatura media (°F)	41.9	43.3	47.7	50.4	56.3	61.9	66.2	66.9	63.1	55.9	47.1	43.0
Temperatura mín. (°F)	36.1	36.9	39.7	42.4	48.4	53.1	56.7	57.4	54.0	47.5	40.1	37.6
Temperatura máx. (°F)	47.7	49.8	55.6	58.3	64.4	70.9	75.9	76.6	72.3	64.4	54.1	48.6
Precipitación (mm)	82	71	62	73	77	67	42	51	71	79	85	95

**Tabla.2 Tabla climática [24]**

La precipitación varía 53mm entre el mes más seco y el más húmedo. La variación en las temperaturas durante todo el año es 13,9°C



## 1.4 Análisis de alternativas

A continuación se van a plantear una serie de diferentes alternativas de distintas posibles instalaciones, y una vez planteadas se estudiará y seleccionará la más adecuada para llevar a cabo en la vivienda unifamiliar que se está estudiando en el presente proyecto.

Dichas propuestas serán las siguientes:

- La instalación de un sistema de aerotermia con suelo radiante.
- La instalación de un sistema de aerotermia con radiadores de baja temperatura.
- La instalación de un sistema de aerotermia con radiadores de baja temperatura apoyada con energía solar fotovoltaica.

A continuación se explicarán con más detalle cada una de ellas.

### 1.4.1 Aerotermia con suelo radiante

En los últimos años el interés por las instalaciones de calefacción mediante suelo radiante y su consiguiente instalación ha aumentado de forma significativa. Como ya se ha visto anteriormente el suelo radiante, además de servir para calentar la vivienda, también puede servir para enfriarla. Este es el denominado suelo refrescante. Cuando se tiene una instalación con ambas posibilidades (calentar y enfriar), se habla de una instalación de suelo radiante-refrescante. Se trata de una opción cada vez más demandada debido a sus múltiples ventajas ya que va asociada, en la mayoría de los casos, a instalaciones de alta eficiencia energética.

Para empezar hay que aclarar que se va a hablar de suelo radiante por agua, ya que también existe el suelo radiante eléctrico, pero no se utiliza electricidad para calentar, salvo excepciones muy específicas, como aprovechar la electricidad excedente que de otra manera habría que disipar al ambiente por ejemplo en instalaciones fotovoltaicas, pero es mucho menos eficiente, al menos en viviendas.

El suelo radiante-refrescante es una instalación integral de climatización que sirve de alguno de los parámetros de la vivienda para radiar temperatura y así conseguir un estado de confort de los usuarios. Aunque muchos usuarios lo desconocen, el suelo radiante bien podría denominarse parámetro radiante, porque se puede instalar tanto en suelos, como en techos, como en paredes. Es cierto que desde el punto de vista práctico los mejores puntos para su instalación son el suelo y el techo, siendo la instalación en el suelo la que más se utiliza hoy en día.

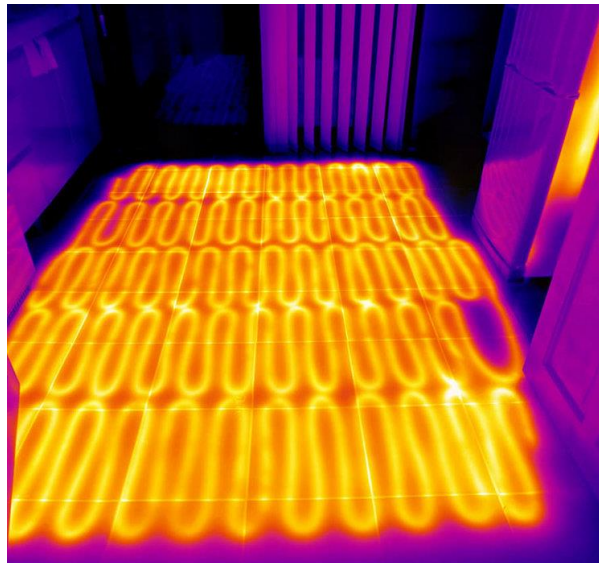
Hay que tener en cuenta que al realizar la instalación de suelo, techo o pared radiante hay que tener cuidado de no agujerearla para no dañar la instalación, esta es una de las razones principales de que su uso más extendido sea en el suelo, ya que es el parámetro con menor tendencia a ser agujerado. Por esto en la vivienda que se va a estudiar se descartan las opciones de techo o pared radiantes, únicamente se va a estudiar la opción de suelo radiante.

Una de las cuestiones relacionadas con el suelo frío es que su comportamiento no es adecuado ya que el aire caliente asciende y el frío se queda abajo con lo cual no puede funcionar bien. Sin embargo, es conveniente remarcar que, como ya se ha comentado, la



principal transferencia de calor entre el emisor y el receptor (en este caso el cuerpo humano) es la radiación, pero una pequeña parte se va a transmitir por convección al aire. El suelo radiante como se ha dicho se basa en la radiación, no en los movimientos o circulaciones del aire. Estas instalaciones consiguen radiar temperatura de manera uniforme desde el parámetro emisor al resto de la estancia, solamente en los puntos más alejados del parámetro emisor se detectará una temperatura ligeramente inferior o superior. La situación ideal para optimizar ambos flujos térmicos sería la instalación de suelo radiante para dar calor y techo frío para refrigeración.

La superficie emisora lleva en su interior un sistema de tubos por los que circula agua a una temperatura de unos 35°C para calefacción. Los tubos de suelo van recubiertos por una capa de mortero que se calienta según la temperatura del agua que recorre la instalación. De esta manera, en vez de tener elementos puntuales que calienten la vivienda (como radiadores), se dispone de toda la superficie del suelo para aclimatar el espacio. El calor total emitido es directamente proporcional a la superficie emisora, al tener mayor superficie se requiere por tanto menos flujo de calor por metro cuadrado, lo que implica menos temperatura del foco caliente. Esta es una de las razones por las que este sistema puede funcionar con temperaturas tan bajas. En el caso de calefacción por radiadores el agua circula por los mismos a una temperatura de 80°C, en el suelo radiante es suficiente con 35°C.



**Fig.14 Termografía de un suelo radiante en funcionamiento. [30]**

Al funcionar a bajas temperaturas se optimiza el proceso energético, permite usar más fuente de calor y hacerlo de forma más eficiente, y por tanto, reducir las pérdidas. Es por eso que el suelo radiante se puede configurar fácilmente como un sistema de alta eficiencia energética. Precisamente el hecho de que trabaja a bajas temperaturas lo hace ideal para combinarlo junto con la aerotermia ya que esta también trabaja a bajas temperaturas, por lo que va a ofrecer un máximo ahorro.

El suelo radiante es un sistema con una inercia térmica muy elevada. Esto quiere decir que una vez que alcanza la temperatura necesaria, la mantiene con una facilidad considerable y con aportes de energía mínimos. Se puede decir que le “cuesta” cambiar de temperatura,



lo que puede suponer una desventaja dependiendo del caso particular que se vaya a estudiar. Más adelante se analizará si es o no un problema en el caso de la vivienda objeto del proyecto.

Hay que tener en cuenta el espacio que van a ocupar todos los elementos necesarios para la instalación. Los elementos necesarios dependen de la situación concreta de cada proyecto, y de si es un edificio de nueva planta o una rehabilitación de un edificio existente. Este último es el caso del presente proyecto. En el caso de edificio existente, es preciso comprobar que se cumplan una serie de requisitos necesarios para la instalación del suelo radiante: se va a necesitar un espesor en el suelo de en torno a 10 cm para su correcta colocación. Así se debe de picar el suelo y el recrecido de todas las estancias a aclimatar para conseguir ese margen de 10 cm donde se va a meter el suelo radiante. Si esto no es posible, hay una única alternativa que es crear un escalón en algún punto de la vivienda, algo que si se hace con criterio no tiene por qué ser una mala solución.

A continuación se van a ver los distintos elementos que van a ser necesarios para la instalación:

- **Un sistema de generación:**

En este caso se va a tratar de un sistema de aerotermia. Será el encargado de suministrar el agua a la temperatura necesaria para aclimatar las diferentes estancias de la vivienda. Este sistema va a requerir un espacio más o menos grande, que más adelante se analizará.

- **La banda perimetral:**

Se trata de una cinta fabricada en un material espumoso cuya función es absorber las dilataciones del suelo, además de evitar puentes térmicos y acústicos.

Se coloca en todo el perímetro de las zonas de la vivienda dónde se vaya a instalar el suelo radiante.



**Fig.15 Banda perimetral. [30]**

- **Paneles aislantes:**

Las tuberías van colocadas encima de un material de aislamiento que desempeña un papel clave para conseguir el necesario aislamiento térmico y acústico.

Estos paneles aislantes se colocan directamente sobre el forjado y, a su vez, sobre ellos se van colocando los circuitos de tubería. Toda su superficie está cuadrículada para facilitar la correcta alineación de la tubería.

La capa principal de poliestireno expandido es de alta densidad para así poder soportar el peso del mortero y del pavimento sin sufrir aplastamiento alguno.

Existen diferentes tipos de paneles aislantes:

- Panel aislante con tetones
- Panel aislante tipo plancha
- Panel aislante en rollo

- **Tuberías:**

EsLos circuitos de tuberías de agua caliente que se instalan bajo el suelo de la vivienda el elemento fundamental de un sistema de calefacción por suelo radiante. La función de las tuberías es conducir el agua caliente generada por la caldera hacia los distintos circuitos, logrando así transmitir el calor al pavimento y éste a la superficie radiante.

La tubería de ida y de retorno en los circuitos siempre se realizará de una tirada, para prevenir pérdidas en soldaduras o enlaces, ya que solucionar una avería o pérdida después de haber instalado el suelo radiante sería muy complicado.

En primer lugar, se colocan los paneles aislantes los cuales suelen llevar incorporados unos tetones (panel aislante con tetones) para facilitar la colocación y distribución de todas las tuberías que llevan el agua, sobre estos paneles se coloca todo el entramado de tubos, por último, estos dos elementos se recubren con una capa de mortero, con un mínimo de 3 cm de espesor sobre los tubos. Esta última capa es muy importante, ya que es la que proporciona inercia al sistema mediante su contacto directo a la red de tubos.

- **Grapas de sujeción y la grapadora de montaje:**

Para la sujeción de la tubería sobre los paneles aislantes se utilizan unas grapas de sujeción especiales que fijan el tubo hasta el momento del vertido definitivo del mortero. Estas grapas se fijan sobre los paneles aislantes con la ayuda de una práctica grapadora de pie que facilita enormemente la tarea de sujetar las tuberías, respecto a los sistemas tradicionales.

- **Colectores de ida y de retorno:**

Se trata de un conjunto de accesorios cuya función es distribuir el agua caliente que se recibe de la caldera a cada uno de los circuitos de tuberías correspondientes a cada habitación de la vivienda. El sistema de colectores permite la regulación independiente de las temperaturas de cada una de las habitaciones de la vivienda en función de sus respectivas necesidades caloríficas.

El colector de ida está provisto de detectores con indicadores ópticos de pérdida de carga y el colector de retorno está provisto de válvulas termostatizables.



Estos colectores no son muy estéticos por lo que se tratan de ocultar en armarios, denominados armarios de colectores. Se trata de unos armarios de registro en cuyo interior se encuentran todas las válvulas de ida y de retorno encargadas de regular los diferentes circuitos de la instalación de suelo radiante. Hay que tener en cuenta que tienen que ser accesibles para el correcto mantenimiento de toda la instalación.

- **Aditivo fluidificante y retardante:**

Se trata de un líquido especial que se añade al mortero para aumentar su fluidez. Una mayor fluidez del mortero hace que se requiera menor cantidad de agua para el amasado y se reduzca la porosidad del mortero una vez fraguado, con lo que se optimizan las características del mortero haciéndolo más resistente a la compresión y más amable. El mortero así envolverá perfectamente el tubo sin dejar celdillas de aire que dificultarían la transmisión del calor. El resultado final es un mortero con una mayor resistencia mecánica y una mejor transmisión del calor.

Cada circuito de la instalación tiene que estar regulado independientemente, para ello hay que apoyarse en los caudalímetros, repartiendo correctamente el caudal de agua, dependiendo de la zona que se quiera calentar. Hay que revisar y verificar el correcto funcionamiento y equilibrado de los caudalímetros. Para limpiar la instalación hay que vaciar todo el contenido en agua, utilizar agua a presión para limpiar todos los circuitos y los colectores y manualmente hay que limpiar todas las válvulas. Esta sería una primera fase de limpieza, una vez finalizada se recomienda llenar la instalación con agua y un aditivo especialmente indicado para desincrustar y limpiar los tubos por dentro y mantener así la instalación funcionando durante un periodo de dos semanas. Este mantenimiento se puede dividir en dos partes fundamentalmente, que serían las siguientes:

- **Mantenimiento correctivo:** solo se deben corregir pequeños desperfectos o arreglos y cambiar elementos que no funcionen del sistema.
- **Mantenimiento preventivo:** hay que realizar inspecciones periódicas para comprobar las condiciones del sistema y evitar así males y desperfectos mayores. Por ejemplo, en las tuberías se pueden acumular sustancias que se deben quitar para evitar estancamientos y que el agua no fluya bien, por lo que podría estropearse, disminuir su eficacia o provocar males como escapes.

#### 1.4.2 Aerotermia con radiadores de baja temperatura

Con la aerotermia como método de calefacción para las viviendas, han surgidos los calefactores de baja temperatura como alternativa al suelo radiante. En este apartado se van a analizar sus diferentes características, pero primero hacer una breve mención a los radiadores convencionales para poder entender mejor los de baja temperatura.

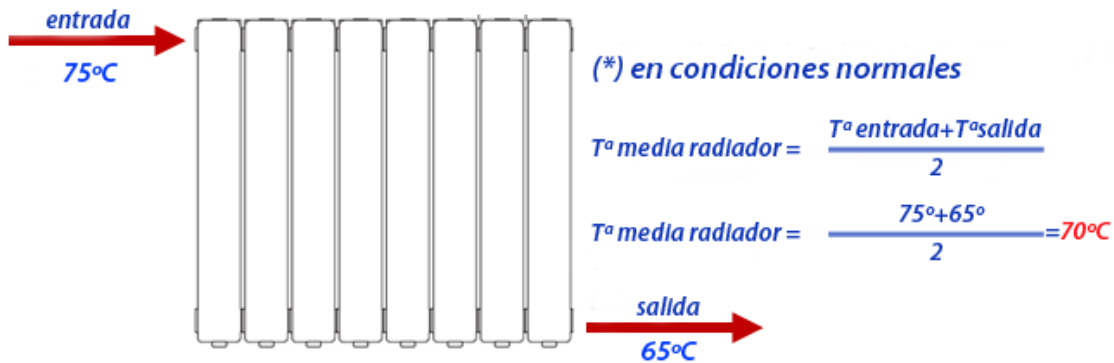
Los radiadores convencionales, ya sean de fundición, aluminio o chapa de acero, trabajan con altas temperaturas de agua, para aportar la potencia calorífica para la que han sido diseñados. Esto conlleva que si se quiere que una instalación se adapte de forma adecuada a un sistema de baja temperatura, este tipo de emisores no sean los más eficientes, por lo que el ahorro energético que se podría obtener no será el necesario. Este tipo de





radiadores trabajan con saltos térmicos elevados, es decir, que necesitan una entrada y una salida de agua a elevada temperatura.

### Temperatura media radiador (\*)



$$\Delta T = T^{\circ} \text{ media radiador} - T^{\circ} \text{ Ambiente}$$

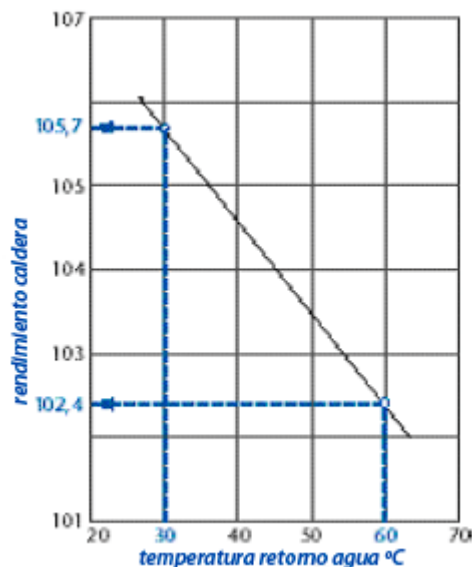
$$\Delta T = 70^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C} = 50^{\circ}\text{C}$$

**Fig.16 Salto térmico en un radiador convencional. [32]**

Generalmente, en un radiador convencional, el agua procedente del sistema de generación de calor entra a 75°C y sale a 65°C en condiciones normales.

En la actualidad, la tendencia para conseguir ahorrar energía es reducir al máximo la diferencia de temperatura entre la temperatura del agua y la del ambiente. De hecho, y según el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios, desde el 2013 se fija una temperatura media del radiador de 60°C con lo que el salto térmico sería de 40°C. [32]

Cuanto menor sea la temperatura de trabajo del agua, más se mejora la eficiencia energética de todos los sistemas, como se puede ver en la siguiente figura.



**Fig.17 Curva rendimiento caldera-temperatura del agua. [32]**



El anterior gráfico corresponde a una caldera de condensación. En él, se relacionan el rendimiento de la caldera (en %) con la temperatura de retorno de agua (en °C). Como se ve, con una temperatura de retorno muy baja (30°C) el rendimiento de la caldera se sitúa en 105,7% aprovechando de esta forma el fenómeno de la condensación.

En una instalación de radiadores convencionales de baja temperatura, el número de elementos a instalar, será elevado, con el consiguiente espacio necesario. Por ello, se están introduciendo los radiadores de baja temperatura, puesto que, para un mismo valor de emisión térmica, el tamaño será dos o tres veces inferior a uno convencional.

Cuanto menos sea la temperatura de impulsión del agua, mayor es el rendimiento de calor (COP) del equipo. Para el cálculo de los emisores de calor en una instalación con bomba de calor de aerotermia o geotermia, se partirá de una temperatura de impulsión menos de 45°C.

Las mediciones de las emisiones de calor se toman en función de la diferencia de temperatura entre el ambiente y la temperatura media del agua, percibiéndose el funcionamiento del equipo con una sobre temperatura de tan solo 7°C.

Los radiadores de baja temperatura aprovechan los sistemas de generación de calor a baja temperatura para obtener instalaciones más eficientes que impliquen ahorros energéticos importantes. Para ello, se comercializan radiadores que disponen de una gran superficie de intercambio y menos superficie de radiación, con la mínima masa y contenido de agua posibles. Casi el 100% del aporte de calor se realiza a través de convección.

Un factor que habla a favor de este sistema es que, en la gran mayoría de modelos se incluye la posibilidad de producir refrigeración a través de la aerotermia. Los equipos aertotérmicos han sido diseñados con el principio de funcionamiento de un frigorífico, incorporando una bomba de calor reversible que les permite gestionar temperaturas de entre 6°C y 20°C para producir frío. Por su parte, los radiadores de baja temperatura se desarrollan para aprovechar todas las ventajas de este tipo de sistema, incluyendo esta posibilidad.

En cuanto a su funcionamiento cabe destacar primero que una masa pequeña se calienta más rápido que una grande. Esta es la ley de la física en la que se han basado las grandes marcas de climatización para desarrollar sus equipos para bomba de calor. Los radiadores de baja temperatura contienen entre el 80% y el 90% menos de agua que los convencionales, reduciendo la cantidad de masa que tienen que calentar para producir calor. Además, este tipo de producto no posee materiales pesados que deban calentarse primero, produciéndose así una gran capacidad de transmisión térmica en los equipos. El intercambiador de calor, por lo general, suele ser de aleteado de aluminio implementando tuberías de cobre que transfieren el calor a la habitación inmediatamente. El radiador de baja temperatura reacciona entonces más rápido a una demanda de calor, proporcionando mayor confort con menor consumo de energía.

A lo largo de los años, numerosos estudios han demostrado que una instalación con radiadores de baja temperatura consume entre un 5% y un 15% menos de energía que una instalación con radiadores convencionales, variando este valor en función del método de construcción de la vivienda, el clima al que se somete y el uso que los ocupantes den a este sistema de calefacción. Dicho rango de ahorro se debe a que estos equipos alcanzan



rápida la temperatura deseada, limitando su calentamiento al llegar a este punto para no producir gastos innecesarios con la consecuencia de que se derroche más energía.[33]

Cabe destacar que la interrupción en el funcionamiento del radiador de baja temperatura también es mucho más rápida. Cuando la temperatura de la habitación se eleva demasiado, el termostato de estos equipos responde, limitando su desempeño y evitando el sobrecalentamiento de la habitación. Los radiadores seguirán emitiendo más minutos en ese punto, aumentando la temperatura hasta producir un desfase en el consumo y un ambiente incómodo. Los sistemas de baja temperatura responden de inmediato a esto debido a su baja masa y bajo contenido en agua, evitando el despilfarro de calor.

La instalación de un radiador para bomba de calor es muy similar a la de un radiador convencional, pudiéndose aprovechar el montaje del antiguo circuito de calefacción para estos, convirtiéndose éste en un punto muy positivo de cara al objetivo del presente proyecto, ya que se podrá aprovechar la instalación de radiadores que hay actualmente.

También existe una variante de los radiadores de baja temperatura, que son los radiadores de baja temperatura dinámicos o con ventilador, estos trabajan igualmente con baja temperatura de agua, pero incorporan un ventilador con nivel acústico muy reducido. Con ello, y en los momentos en los que se requiere máxima potencia, ofrecen una importante reducción del consumo, y consiguiendo la máxima eficiencia. Son radiadores inteligentes en los que, cuando se necesita la máxima potencia, trabajan con el sistema dinámico, y en el momento de mantener la temperatura, trabajan en modo estático. El mayor inconveniente de este tipo de radiadores es que, al implementar este producto, se producen ruidos ya verías y el mantenimiento del equipo se complica un poco más que en un radiador para aerotermia normal.

### **1.4.3 Aerotermia con radiadores de baja temperatura apoyada con energía solar fotovoltaica**

Esta última alternativa considera la instalación de aerotermia con radiadores de baja temperatura (igual que la opción anterior), pero además introduce el apoyo de energía solar fotovoltaica para la generación de parte de la electricidad utilizada por la bomba de calor.

Esta alternativa consiste en la hibridación de la bomba de calor, en este caso aerotérmica, con una instalación de auto producción de energía solar fotovoltaica que cubra en gran medida los consumos de climatización (calor) y de agua caliente sanitaria. Esta alternativa es una opción cada vez más competitiva.

A través de la bomba de calor se transforma la energía eléctrica producida en la instalación solar fotovoltaica en energía térmica, que se almacena en un depósito de inercia para la climatización o en un depósito de ACS, para su posterior consumo.

Primero se va a hacer una breve mención al funcionamiento de la energía solar fotovoltaica. Mediante paneles solares se recoge la radiación de los rayos de sol y se convierte en electricidad de una forma limpia y sin emisiones de CO<sub>2</sub>. Esta electricidad



producida se puede usar para abastecer los consumos de todos los electrodomésticos de una vivienda

Combinando la aerotermia con esta otra energía renovable el rendimiento pasa del 350% cuando se cumplen las condiciones de diseño, es decir, que la temperatura exterior sea mayor de 5°C en invierno y menor de 35°C en verano, por lo cual es recomendable en sitios de la costa mediterránea y del estrecho principalmente. [35]

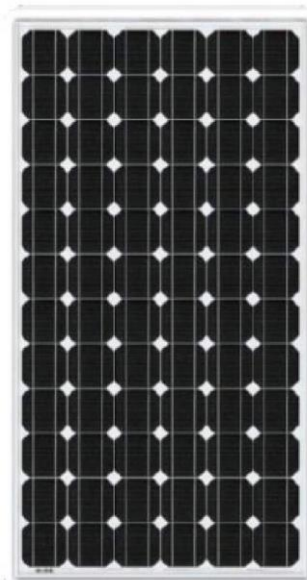
Al hibridar dos tecnologías de energía renovable como son la bomba de calor aerotérmica y la instalación de solar térmica se puede llevar a esta última a una optimización en superficies e integración arquitectónica sobre cubierta, y establecer criterios estacionales de diseño. También se garantiza la producción de agua caliente a muy bajo coste.

Aparte de los elementos necesarios para la instalación de aerotermia, aquí además van a ser necesarios una serie de elementos más, que se van a ver a continuación:

- **MÓDULOS FOTOVOLTAICOS:** Transforman la radiación solar en energía eléctrica, en forma de corriente continua, a tensión alterna. A más radiación solar, más producción de energía.

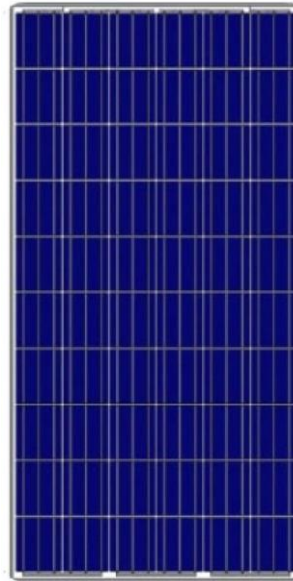
Dentro de este apartado se va hacer una breve mención a los tipos de módulos fotovoltaicos que hay hoy en día[40]:

- **PANALES SOLARES MONOCRISTALINOS DE SILICIO:** En ellos las celdas solares de silicio monocristalino son bastante fáciles de reconocer por su coloración y aspecto uniforme, que indica una alta pureza en silicio. En este tipo de paneles fotovoltaicos las celdas monocristalinas se fabrican con bloques de silicio o ingots, que son de forma cilíndrica, las celdas no tienen esquinas redondeadas y son perfectamente rectangulares. Las células monocristalinas están formadas por un único tipo de cristal de silicio.



*Fig.18 Panel solar monocristalino[40]*

- **PANELES FOTOVOLTAICOS POLICRISTALINOS DE SILICIO:** En este tipo de panel solar el silicio en bruto se funde y se vierte en un molde cuadrado. A continuación se enfría y se corta en láminas perfectamente cuadradas.



**Fig.19 Panel solar policristalino[40]**

- PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS DE CAPA FINA: El funcionamiento de estos paneles es depositar varias capas de material fotovoltaico en una base. Dependiendo de cuál sea el material empleado se puede encontrar paneles de capa fina de silicio amorfo, de telururo de cadmio, de cobre, indio, galio o células fotovoltaicas orgánicas. Dependiendo del tipo, un módulo de capa fina presenta una eficiencia del 7-13%, debido a que tienen un gran potencial para uso doméstico.



**Fig.20 Panel solar de capa fina [40]**

- PANALES SOLARES HÍBRIDOS: Este tipo de paneles permiten obtener energía eléctrica y energía solar térmica para agua caliente sanitaria y calefacción en un mismo panel solar. En este tipo de integra la tecnología fotovoltaica y la de la energía térmica solar. La energía solar fotovoltaica absorbe la radiación solar, mientras que la parte que no es capaz de

acumular, el calor térmico, se recupera mediante un intercambiador de calor que aumenta la producción de electricidad, también dispersa la energía del panel fotovoltaico en sí.

- **REGULADOR:** Recoge la energía producida por los módulos y estabiliza la tensión a un nivel predeterminado por el sistema de baterías. Se encarga de de la carga y descarga de las baterías y las protege.
- **BATERÍAS:** Almacenen la energía para cuando no existe radiación solar. Es el componente más frágil de la instalación y el que más coste específico tiene, por ello hay que prestar especial atención a su calidad.
- **INVERSORES:** Transforma la corriente continua con la que trabaja la batería en corriente alterna con la que trabajan las cargas domésticas.

En cuanto a la normativa aplicable en esta alternativa mencionar que sería la aplicable a instalaciones de fotovoltaica para autoconsumo, el real decreto de autoconsumo 900/2015, en el que se regula como legalizar las instalaciones de energía solar fotovoltaica de autoproducción de energía eléctrica. Además de otros decretos que se ampliaran en caso de que esta fuese la alternativa elegida para la instalación en la vivienda.

#### **1.4.4 Elección de la instalación**

En este apartado se van a analizar todas las opciones de posibles instalaciones de los puntos anteriores y se va a elegir la más adecuada para la vivienda que se está estudiando.

La primera opción es la de una instalación de aerotermia con suelo radiante. Esta alternativa presenta una serie de ventajas como que es una instalación que no deja elementos a la vista, ya que va a ir bajo el suelo, proporciona una alta sensación de confort, tiene una alta inercia térmica y un bajo consumo energético, tampoco va a generar corrientes de aire ni estratificación del mismo. Por otro lado, entre los principales inconvenientes destaca que no se trata de una vivienda de obra nueva, sino que sería necesario la rehabilitación de la misma, esto supone un inconveniente y un aumento en el coste d la instalación ya que habría que levantar todo el suelo de la casa, dinero que habría que sumarle a la inversión inicial que ya de por si va a ser elevada.

En cuanto al mantenimiento, requiere que se realice por personal muy cualificado y va a ser más complicado y costoso. Se tienen otro tipo de instalaciones más sencillas en cuanto a mantenimiento se refiere y que su mantenimiento lo puede realizar los propios inquilinos de la vivienda, por lo que se trata de otro punto en contra a la hora de elegir esta opción. Además se requiere de un sistema de decantación de lodos para evitar averías graves y costosas, lo que va a aumentar el coste de la inversión inicial.

Se ha visto anteriormente que es un sistema adecuado para sitios en donde no se vaya a encender o apagar con frecuencia, este es un punto negativo en cuando a la elección de la mejor alternativa ya que en esta vivienda lo que se quiere es poder encender y apagar la calefacción cuando sea necesario.



Finalmente y tras estudiar las diferentes ventajas e inconvenientes de cada alternativa se ha llegado a la conclusión que la más adecuada para la vivienda es la segunda, la instalación de un sistema de aerotermia con radiadores de baja temperatura. Ya que de esta forma se va a aprovechar el lugar que ocupan actualmente los radiadores convencionales que ya hay en la casa.

## **1.5 Descripción del proyecto**

La vivienda unifamiliar objeto del presente proyecto, cuenta con tres plantas diferentes, planta baja, primera planta y una planta subterránea. Se trata de una vivienda para 4 personas, es residencia habitual por lo que el empleo de la misma va a ser continuado durante los 12 meses del año. Por lo tanto, la instalación del sistema de aerotermia debe cubrir la demanda energética a lo largo de todo el año.

El año de construcción de la vivienda es 1994. Cuenta con tres plantas diferentes, una subterránea, planta baja y primera planta. La planta subterránea no se va a climatizar.

### **1.5.1 Planta sótano**

Se trata de una zona no habitable por lo que no se va a aclimatar. Es una zona que se usa de almacenaje.

### **1.5.2 Planta baja**

Consta de una cocina, un salón, un pequeño baño y la entrada. Es la parte que más se utiliza a lo largo del día, por lo que es necesario el suministro de ACS y climatización.

También se encuentra el garaje de la vivienda, que es donde se encuentra actualmente la caldera, por lo que es ahí donde se va a instalar la nueva bomba de calor. Este espacio no se va a aclimatar.

### **1.5.3 Primera planta**

Se compone de tres dormitorios, dos cuartos de baño y una librería. Toda la planta va a ser climatizada.

### **1.5.4 Exterior de la casa**

La casa cuenta con un amplio jardín y con un patio exterior, es ahí donde se va a colocar la unidad exterior del sistema de aerotermia.



## 1.5.5 Huecos y lucernarios

### 1.5.5.1 Ventanas

Todas las ventanas de la vivienda están compuestas por los mismos materiales, se trata de vidrio aislante doble (4-6-4) y los marcos son de madera, tienen una transmitancia térmica de 3,025 W/m<sup>2</sup>K.

### 1.5.5.2 Puertas

La puerta principal de la vivienda, la que da a la calle, tiene 2,1 metros de alto por 1,78 metros de ancho, la puerta del salón cuenta con 2 metros de alto y 1,36 metros de ancho, todas las puertas de las habitaciones y de la librería tienen 2 metros de alto y 0,86 metros de ancho y por último las de los baños 2 metros de alto y 0,76 metros de ancho.

También se encuentra la puerta del garaje que como esta en la zona que no se va a aclimatar no va a ser objeto de estudio.

En la tabla Tabla.3 se muestra un resumen de la distribución de la vivienda.

	<b>Tipo de habitación</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	
<b>PLANTA SOTANO</b>	Zona almacenaje	70	No habitable
<b>PLANTA BAJA</b>	Cocina	18,3	Habitable
	Salón	22	Habitable
	Aseo	2,05	Habitable
	Entrada	12,15	Habitable
	Garaje	38,7	No habitable
<b>PRIMERA PLANTA</b>	Habitación 1	14,9	Habitable
	Habitación 2	12,7	Habitable
	Habitación 3	14,10	Habitable
	Cuarto de baño 1	4,70	Habitable
	Cuarto de baño 2	4,20	Habitable
	Librería	11,35	Habitable

*Tabla.3 Resumen de la distribución de la vivienda*

## 1.5.6 Tecnología y características de la instalación

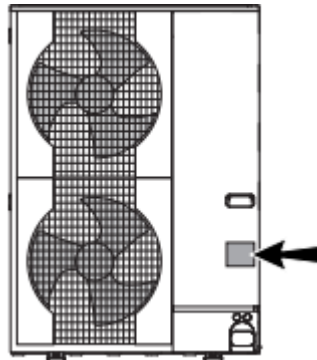
A continuación se va a presentar de forma detallada la instalación diseñada en el presente proyecto. Se van a explicar los componentes de cada unidad. La instalación se divide en tres unidades principalmente que son la unidad exterior, la interior y el acumulador. En la memoria justificativa se especificarán los modelos seleccionados con sus respectivas características.



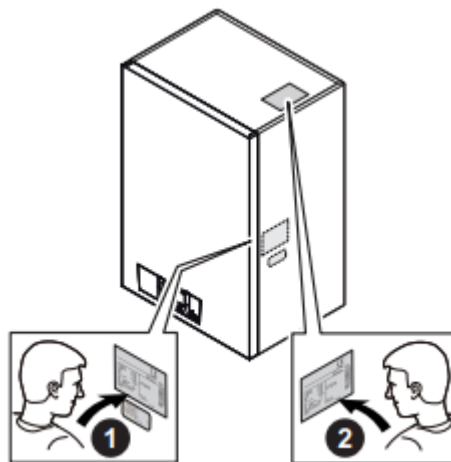


Tanto en la unidad exterior como en la unidad interior la placa de características debe estar accesible en todo momento ya que permite identificar al producto y proporciona la siguiente información:

- Tipo de aparato
- Fecha de fabricación (Año-Semana)
- Número de serie
- Tensiones de alimentación



**Fig.21** Placa de características del módulo exterior [55]



**Fig.22** Placa de características del módulo interior [55]

### 1.5.6.1 Unidad hidráulica o exterior

#### 1.5.6.1.1 Ubicación del aparato

El módulo exterior hay que instalarlo de la mejor manera posible con respecto a los vecinos, ya que va a generar ruidos. Se van a seguir las siguientes recomendaciones para escoger el lugar donde se va a instalar dentro del recinto de la vivienda:

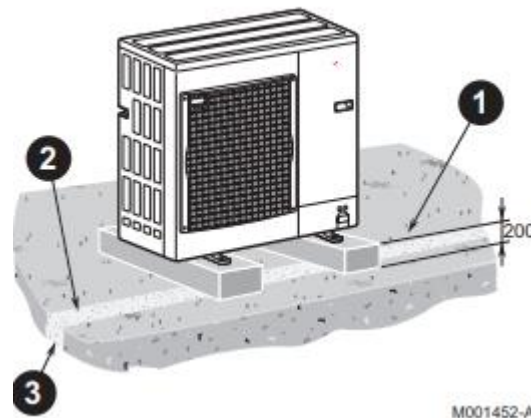
- No debe haber ningún obstáculo que impida la libre circulación del aire alrededor del módulo exterior (aspiración e inyección)



- No colocar la unidad cerca de zonas de dormir.
- No colocar la unidad frente a una pared que tenga cristales.
- Procurar que no esté cerca de una terraza.
- Escoger un emplazamiento que esté libre de los vientos predominantes.
- Alimentación eléctrica

Hay que colocar el módulo exterior sobre un soporte (zócalo de hormigón, traviesa, ladrillos de hormigón, etc.) que no tenga ninguna conexión rígida con la vivienda para evitar que se transmitan las vibraciones. Tiene que haber una elevación de tierra, de unos 100-150 mm, para mantenerlo por encima del agua.

El zócalo va a tener un armazón metálico lo suficientemente elevado como para permitir evacuar correctamente los condensados. La anchura del zócalo no va a ser mayor que la del módulo exterior. Si le entrase hielo podría romperse. También tiene que estar lo suficientemente elevado como para permitir evacuar correctamente los condensados. La evacuación de los condensados hay que limpiarla regularmente para evitar que se obstruya.



- ① Zócalo de hormigón
- ② Evacuación de condensados
- ③ Prever una zanja de evacuación con un lecho de guijarros

**Fig.23 Instalación del módulo exterior [55]**

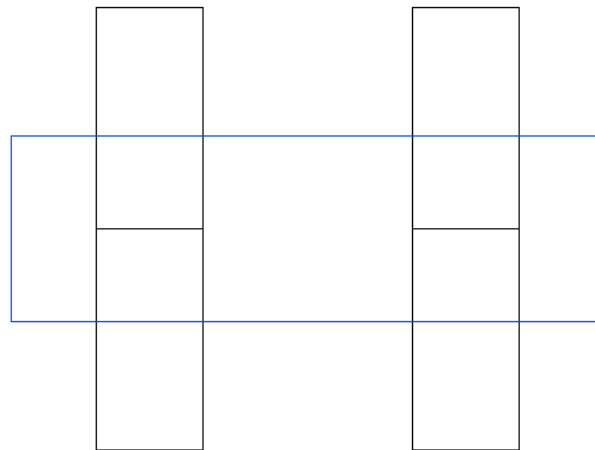
Para garantizar el buen funcionamiento de la bomba de calor, hay que respetar las longitudes mínimas y máximas de conexión entre la bomba de calor y la unidad interior, que se especifican en la memoria justificativa.

Finalmente y teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se va a instalar la unidad exterior en la parte trasera de la casa, en la zona del patio/jardín, en la fachada noreste, cerca de la puerta de salida trasera del garaje. Es una zona de suelo estable y rígido además se va a utilizar un kit de soporte para su mejor sujeción.

Dicho kit se va a tratar de 4 bloques de hormigón gris de 39 centímetros de largo cada uno, y 19 centímetros de ancho y espesor, por lo que juntando dos bloques a cada lado harán de soporte para la unidad exterior.



*Fig.24 Bloque de hormigón gris*

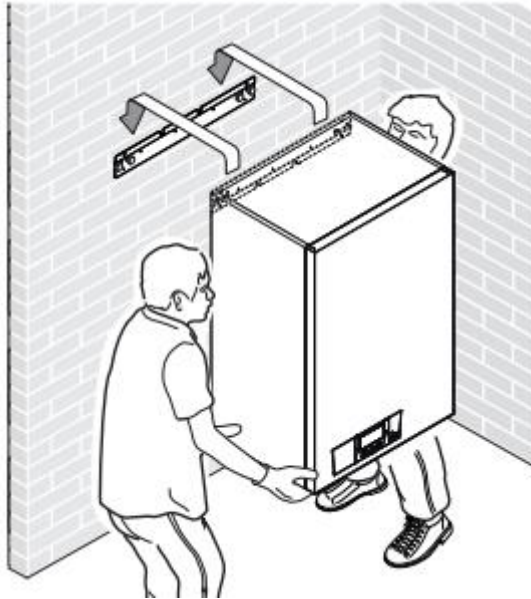


*Fig.25 Vista de la planta de la unidad exterior colocada sobre los bloques de hormigón.*

## 1.5.6.2 Unidad interior

### 1.5.6.2.1 Ubicación del aparato

Esta unidad tiene que instalarse en una zona interior de la vivienda, protegida de las heladas. Se tiene que fijar el aparato a una pared sólida, que sea capaz de soportar el peso del aparato con agua y los equipamientos. Se tiene que colocar a una altura mínima de 0,250 m del suelo, y para su sujeción se utilizará un riel de montaje, para ello se fija el riel de montaje a la pared, ajustar el nivel con un nivel de burbuja, colocar el módulo interior por encima del riel de montaje y tocando con el mismo, por último bajar con cuidado el módulo interior. Como en la pared en la que se va a instalar dentro del garaje de la vivienda cuenta con altura suficiente, la altura a la que se va a colocar es de 0,45 metros del suelo.



**Fig.26 Colocación del módulo interior [55]**

Se va a instalar dentro del garaje, en la pared que colinda con la cocina.

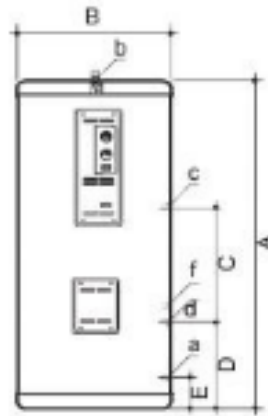


**Fig.27 Alzado de la colocación del módulo interior en el garaje.**

### 1.5.6.3 Acumulador de ACS

La función del acumulador es almacenar la energía producida, el agua, para así gestionarla de manera más eficiente. Con ello se ajusta la curva entre demanda y producción por lo que se mejora el rendimiento.

El modelo elegido, en base a los cálculos presentados en la memoria justificativa, es el Acumulador Esmaltado Baxi150E, vertical, con capacidad para 146 litros. Está fabricado de acero esmaltado según DIN 4753, incorpora un serpentín interno cónico de alto rendimiento, también de acero esmaltado, que se integra geoméricamente en el depósito y garantiza un calentamiento uniforme de toda el agua sanitaria. Dispone de una protección catódica por ánodo de magnesio y el correspondiente indicador de su estado. Tiene la posibilidad de acoplamiento de batería para cubrir grandes demandas de agua caliente sanitaria.

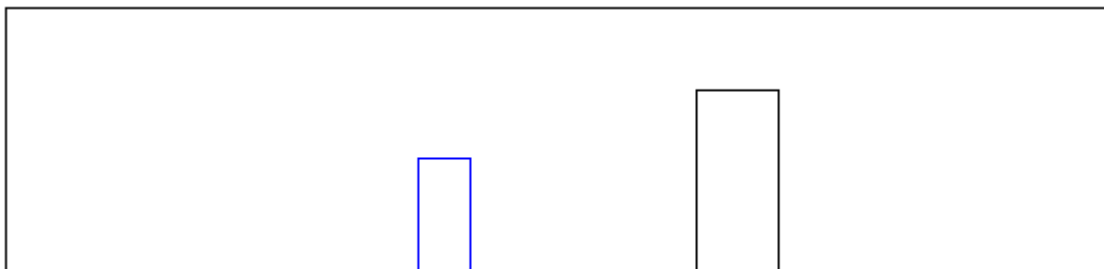


**Fig.28 Dimensiones del acumulador [56]**

Modelos	Cotas mm						Conexiones				Capacidad		Superficie de intercambio m <sup>2</sup>	Potencia de Intercambio kcal/h (3)	Producción en 10 minutos litros (4)	Peso aprox. kg
	A	B	C	D	E	G	a/e	b	c	d	litros circ. primario	litros circ. secundario				
110E (1)	1.155	480	440	330	117	-	3/4"	3/4"	1/2"	1/2"	3,80	106	0,8	20.206	216	49
150E (1)	1.260	560	480	350	117	-	3/4"	3/4"	1/2"	1/2"	4,56	146	1,0	23.321	261	61
200E (2)	1.205	620	170	300	350	274	1"	1"	1"	1"	10	200	1,4	33.502	368	85
300E (2)	1.685	620	650	625	350	274	1"	1"	1"	1"	13	300	1,8	42.468	512	111
500E (2)	1.690	770	615	750	390	304	1"	1"	1"	1"	15	500	2,0	47.440	657	160

**Tabla.4 Dimensiones del acumulador [56]**

El acumulador de ACS también se va a colocar dentro del garaje, apoyado en el suelo del mismo, en la misma pared que la unidad interior pero en vez de en la parte derecha, irá en la izquierda, como se muestra en la Fig.29.



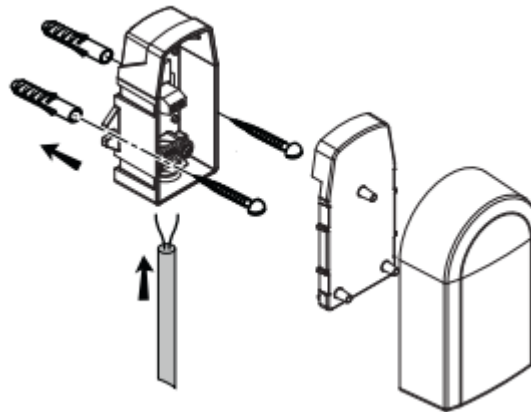
**Fig.29 Alzado de la colocación del depósito de ACS en el garaje.**

#### 1.5.6.4 Conexión entre la unidad exterior y la interior

Se va a utilizar tubo recocido de 3/4" de diámetro para el tubo gas, ya que la tubería va a ser inferior a 20 metros. Se respetarán las longitudes mínimas y máximas que se han calculado en la memoria justificativa.

### 1.5.6.5 Montaje de la sonda de temperatura exterior

Para el montaje de la sonda de temperatura se escoge un emplazamiento que permita medir las condiciones exteriores correctamente y de forma eficaz. Se va a escoger una pared de la cara norte de la vivienda, a media altura de la fachada.



*Fig.30 Sonda de temperatura exterior[55]*

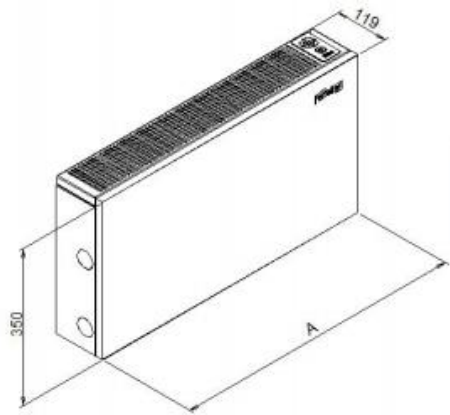
### 1.5.6.6 Instalación de tuberías

Se instalan los tubos de conexión frigorífica entre los módulos interior y exterior. Se tiene que respetar el radio de curvatura mínimo de 100 a 150 metros.

### 1.5.6.7 Instalación de radiadores de baja temperatura

Los emisores de baja temperatura elegidos son los Ferroli VARESE LP 1000 HE y loa Ferroli VARESE LP 500 HE, son radiadores de alto rendimiento, con muy bajo contenido en agua y versátiles en las instalaciones. Son aptos para instalaciones de calefacción monotubo y bitubo, en obra nueva o en sustitución de radiadores anteriormente instalados, con posibilidad de tomas a la derecha o a la izquierda. Cuentan con 6 ventiladores brushless y sondas de control de temperatura y panel táctil. Reversible, carcasa en chapa galvanizada con pintura epoxi-poliéster, intercambiador de cobre/aluminio con purgadores gemelos.

El número de radiadores que se necesitan en la vivienda es de 12 unidades para satisfacer la demanda de calefacción como se muestra en el apartado 2.1.4.1.3 Cálculo del número de radiadores.



**Fig.31 Dimensiones del radiador Ferrolí VARESE LP HE [57]**

Modelo	LP 500	LP 500 HE	LP 600	LP 600 HE	LP 800	LP 800 HE	LP 1000	LP 1000 HE
A (mm)	545	545	654	654	879	879	1094	1094
Peso (Kg)	5.0	5.8	5.8	6.8	7.5	8.8	9.0	10.6

**Tabla.5 Dimensiones del radiador Ferrolí VARESE LP 1000 HE y del VARESE LP 500 HE [57]**

La ubicación de los radiadores de baja temperatura en cada estancia de la vivienda se plantea de forma que el nivel de confort sea el más alto posible. Para la elección de la ubicación se tiene en cuenta que el aire caliente tiende a subir empujando el aire frío de la zona superior hacia abajo, se crea así una convección cíclica que reparte el calor de forma rápida y homogénea por la habitación. El objetivo es calentar el aire de la casa y evitar que se pierda por los puntos más débiles, por ello, la ubicación ideal de los emisores es bajo las ventanas, de forma que el aire frío se caliente al pasar sobre los radiadores. Si este criterio no se puede llevar a cabo, se intentará ubicar el radiador lo más cerca posible de las ventanas.

Finalmente la ubicación de los radiadores es la siguiente, se puede ver de forma más detallada en el plano nº 03 y plano nº 04, junto con las conexiones.

## 1.5.7 Plan de obra

### 1.5.7.1 Generalidades

En este apartado se va a realizar una planificación de la duración de cada una de las fases del proyecto, de esta forma se podrá prever un control relativo sobre los tiempos de ejecución de la instalación.

Una herramienta útil y sencilla para elaborar una planificación de actividades es un cronograma.



### 1.5.7.2 Fases del proyecto

La planificación de la obra va a tener una duración total de 12 días y va a estar dividida en 4 fases:

- Fase I. Ingeniería y trámites administrativos
- Fase II. Suministro de los equipos
- Fase III. Retirada de la instalación previa
- Fase IV. Montaje de la instalación nueva
- Fase V. Puesta en marcha

#### 1.5.7.2.1 Fase I. Ingeniería y trámites administrativos

En esta fase se van a procesar todos los estudios de ingeniería y tramitar todos los documentos administrativos necesarios. Se engloba la totalidad de la instalación, desde el replanteo hasta la puesta en marcha de la misma. En la Tabla.6 se muestra la cantidad de horas que van a emplear el Director e Ingeniero, a esa cantidad hay que añadir el tiempo necesario para el suministro de los equipos.

Ingeniería y trámites administrativos	Unidad	Cantidad
Director del proyecto	h	24
Ingeniero técnico	h	72
<b>TOTAL</b>		<b>96</b>

*Tabla.6 Ingeniería y trámites administrativos*

#### 1.5.7.2.2 Fase II. Suministro de equipos

En esta fase se lleva a cabo el suministro de los equipos de la instalación, principalmente se trata de la unidad exterior e interior, el acumulador de ACS y los radiadores de baja temperatura. Hasta que no finaliza esta fase no se puede comenzar con el montaje de la nueva instalación. Se prevé una duración de 4 días.

#### 1.5.7.2.3 Fase III. Retirada de la instalación previa

Aquí se pasa a retirar la caldera antigua que hay en la vivienda actualmente y los antiguos radiadores. En la retirada de estos últimos se incluye el vaciado del circuito, retirada de los mismos y montaje de las nuevas conexiones para los nuevos. Se estima una duración para esta fase de 4 días que se puede llevar a cabo junto con la fase II.

#### 1.5.7.2.4 Fase IV. Montaje de la instalación nueva

Una vez finalizadas las fases anteriores se procede al montaje de la nueva instalación. Cada actividad dentro de la misma va a tener una duración determinada que se muestra a continuación.



Descripción de la actividad	Duración [h]
Instalación de las tuberías	4
Instalación y colocación de la unidad exterior	6
Instalación y colocación de la unidad interior	6
Instalación y colocación del depósito de ACS	5
Instalación de los radiadores de baja temperatura	17
Ingeniería y trámites administrativos	96

*Tabla.7 Duración estimada de cada parte de la instalación*

### 1.5.7.2.5 Fase V. Puesta en marcha

Para finalizar la instalación, es necesario que se revisen todos los elementos y conexiones, para de esa forma asegurar un buen funcionamiento de la misma. Se va a emplear un día para la puesta en marcha.

### 1.5.7.3 Cronograma

FASE	DÍAS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Fase I. Ingeniería y trámites administrativos</b>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Fase II. Suministro de equipos</b>	■	■	■	■								
<b>Fase III. Retirada de la instalación antigua</b>	■	■	■	■								
<b>Fase IV. Montaje de la instalación nueva</b>					■	■	■	■	■	■	■	
Instalación de las tuberías					■							
Instalación y colocación de la unidad exterior						■						
Instalación y colocación de la unidad interior							■					
Instalación y colocación del depósito de ACS								■				
Instalación de los radiadores de baja temperatura									■	■	■	
<b>Fase V. Puesta en marcha</b>												■

*Tabla.8 Cronograma*

### 1.5.7.4 Certificación energética

El certificado energético es un certificado oficial que informa sobre el consumo energético y sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> de un inmueble, es redactado por un técnico competente.

La certificación energética califica energéticamente un inmueble calculando el consumo anual de energía necesario para satisfacer la demanda energética de un edificio en condiciones normales de ocupación y de funcionamiento, incluye la producción de ACS, calefacción, iluminación, refrigeración y ventilación.

El proceso de certificación energética termina con la emisión de un certificado de eficiencia energética y la asignación de una etiqueta energética. La escala de calificación energética es de siete letras y varía entre las letras A (edificio más eficiente energéticamente) y G (edificio menos eficiente energéticamente). La etiqueta energética expresa la calificación energética de un edificio otorgando una de esas letras. [58]

#### 1.5.7.4.1 Comparativa de la calificación energética de la vivienda

En este apartado se va a mostrar la comparativa de la calificación energética actual de la vivienda con la que se va a obtener tras la instalación del sistema de aerotermia.

La interpretación que se realiza es la siguiente:



Fig.32 Interpretación etiqueta de eficiencia energética[58]

##### 1.5.7.4.1.1 Certificación previa a la instalación de aerotermia

A continuación se muestra la calificación energética de la vivienda previa a la aplicación de la instalación de aerotermia. En cuanto a las emisiones globales de CO<sub>2</sub> posee una clasificación de la letra F siendo 60,6 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año.

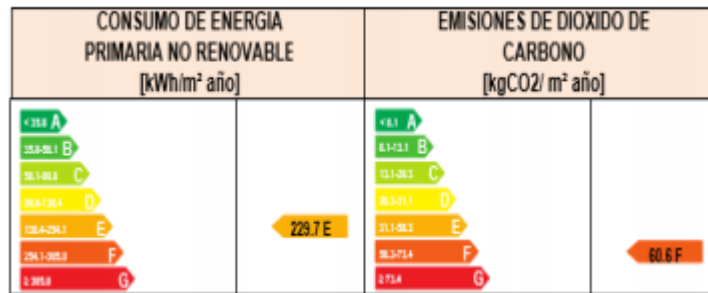


Fig.33 Certificación previa a las mejoras de la instalación

### 1.5.7.4.1.2 Calificación tras instalar el sistema de aerotermia

Tras las mejoras en la instalación se obtiene una calificación con letra A, siendo las emisiones de CO<sub>2</sub> de 2,5 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año.

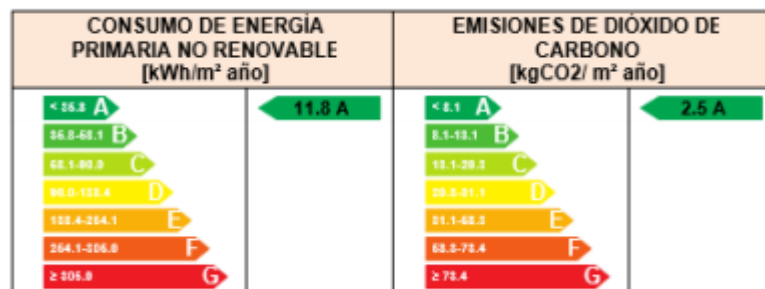


Fig.34 Certificación tras las mejoras de la instalación

## 1.6 Resumen del presupuesto

Código	Operación/elemento	Importe (€)
<b>1.3.7.1</b>	Instalación Bomba de Calor Aire-Agua Baxi Platinum BC MAX 27 TR, de tensión Trifásica, Inverter, 1x1, con una potencia de 27 Kw con depósito de inercia de 40 litros y sonda exterior	7736,07
<b>1.3.7.2</b>	Acumulador de agua caliente sanitaria Baxi 150E Vertical fabricado en acero esmaltado y una capacidad 146 litros con aislamiento térmico sin CFC	572,1
<b>1.3.7.3</b>	Valvulería y montaje hidráulico	730,5
<b>1.3.7.4</b>	Radiadores Ferroli VARESE LP 1000 HE Y Ferroli VARESE LP 500 HE	3272,38
<b>1.3.7.5</b>	Ingeniería y trámites administrativos	3792
<b>1.3.7.6</b>	Seguridad y Salud	258,99
	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>16362,04</b>
	Gastos Generales (15%)	2454,30
	Beneficio industrial (10%)	1636,20
	<b>TOTAL PRESUPUESTO SIN IVA</b>	<b>20452,54</b>
	IMPUESTO DEL VALOR AÑADIDO (21%)	4295,03
	<b>TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN</b>	<b>24747,57</b>

*Tabla.9 Resumen del presupuesto*

El importe de ejecución material del proyecto de Instalación de aerotermia para la climatización de una vivienda unifamiliar en el municipio de Arbulo (Álava) asciende a **24.747,57 €**.



## 1.7 Normativa

El diseño y cálculo de las instalaciones descritas en este proyecto se ha llevado a cabo de acuerdo con las siguientes Normas y Reglamentos:

### 1.7.1 Normativa y legislación

- **CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE) [39]**

Se trata del marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre de Ordenación de la Edificación (LOE).

- **REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS (RITE)**

En él se establecen las condiciones que deben cumplir las instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, para conseguir un uso racional de la energía.

También destacar una serie de “Documentos Básicos” en los que se recogen las exigencias que deben de cumplir los edificios:

- Documento Básico de Seguridad Estructural (DB-SE)
- Documento Básico de Seguridad frente a Incendios (DB-SI)
- Documento Básico de Seguridad en su Utilización (DB-SU)
- Edificios más saludables: Salud, higiene y protección del Medio Ambiente.
- Documento Básico de Ahorro Energético (DB-HE): es uno de los instrumentos de las nuevas políticas medioambientales del Gobierno. Establece las reglas y procedimientos que permite un cumplimiento de las exigencias básicas de ahorro de la energía. Consistiendo principalmente en el uso racional de la energía en los edificios, reduciendo a los límites sostenibles su consumo y la parte que sea posible que el consumo proceda de energías renovables. El cumplimiento de los requisitos mediante los mínimos establecidos asegura el ahorro de energía.

Este documento a su vez se divide en exigencias energéticas básicas:

- HE-1 Limitación de la Demanda Energética, donde se establecen los valores límite para los cerramientos de los edificios (fachadas, vidrios, cubiertas, etc.)
- HE-2 Rendimiento de las Instalaciones Térmicas, que se desarrolla dentro del RITE y su aplicación quedará en el proyecto del edificio.

### 1.7.2 Seguridad y Salud

- Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. (BOE Nº 269, 10 de Noviembre de 1995). Modificada por:
  - Ley 50/1998 de 30 de Diciembre (BOE 31/12/98)



- RD 5/2000 de 4 de Agosto
- Ley 54/2003 de 12 de Diciembre (BOE 14/12/2004)
- RD 171/2004 de 30 de Enero donde se desarrolla el Art. 24 de Ley 31/1995
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre de 1997, sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras. (BOE Nº 256, 25 de Octubre de 1997). Modificada por:
  - RD 21777/2001 de 12 de Noviembre en sus disposiciones finales primera y segunda.
  - RD 604/2006 de 19 de Mayo (BOE 29/05/06)
  - RD 337/2010 de 19 de Marzo.
- Real Decreto 485/1997. Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. (BOE Nº97, 23 de Abril de 1997)
- Real Decreto 486/1997, de 14 de Abril de 1997. Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de Trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de Mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. (BOE Nº 140, de 12 de Junio de 1997)
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de Julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Modificada por:
  - RD 2177/2004 de 12 de Noviembre en sus disposiciones finales primera y segunda.

## 1.8 Bibliografía

- [1] Unión Europea. Energía. [Internet]. [Consultado el 2 Abril 2018]. Disponible en: [https://europa.eu/european-union/topics/energy\\_es](https://europa.eu/european-union/topics/energy_es)
- [2] Comisión Europea. “Hoja de Ruta de la Energía para 2050”. [Bruselas, 15-12-2011] [Consultado el 2 Abril de 2018]. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0885&from=ES>
- [3] Atlas energía. “Sector energético español”. [Internet] [Consultado el 2 Abril de 2018]. Disponible en: <https://atlas-energia.com/sector-energetico.html>
- [4] REE, Red Eléctrica Española. “Avance del informe del Sistema Eléctrico Español” .[2017] [Consultado el 2 Abril de 2018] Disponible en: [http://www.ree.es/sites/default/files/downloadable/avance\\_informe\\_sistema\\_electrico\\_2017\\_v3.pdf](http://www.ree.es/sites/default/files/downloadable/avance_informe_sistema_electrico_2017_v3.pdf)
- [5] Instituto Español de Estudios Estratégicos, Comité Español del Consejo Mundial de la Energía y Club Español de la Energía. “Energía y Geoestrategia 2017” [Internet] [Consultado 3 Abril de 2018]. Disponible en: <http://www.enerclub.es/extfrontenerclub/img/File/indexed/cecme/2017/ENERG%C3%8DA%20Y%20GEOESTRATEGIA%202017.pdf>



- [6] Antonio Barrero F. “Las renovables vuelven a ser la principal fuente de electricidad en 2017 en España” [2 de Enero de 2018] [Consultado el 3 de Abril de 2018] Disponible en: <https://www.energias-renovables.com/panorama/las-renovables-vuelven-a-ser-la-principal-20180103>
- [7] Pilar Urruticoechea Uriarte, Directora General del Ente Vasco de la Energía (EVE). “Diagnóstico de la situación energética de Euskadi y estrategias de futuro”. [Internet] [Consultado el 3 Abril de 2018] Disponible en: <http://www.adimenlehiakorra.eus/documents/29934/31632/Diagn%C3%B3stico+de+la+situaci%C3%B3n+energ%C3%A9tica+de+Euskadi+y+estrategias+de+futuro/8a1283a3-4e70-426f-a7f2-0b6cb7ebed62>
- [8] Ente Vasco de la Energía, EVE, Gobierno Vasco. “Estrategia Energética de Euskadi 2030”. [Internet] [Consultado el 5 Abril de 2018] Disponible en: <http://www.eve.eus/EVE/media/EVE/pdf/3E/EVE-3E2030-castellano.pdf>
- [9] Ente Vasco de la Energía, EVE, Gobierno Vasco. “Planificación Energética e infraestructuras”. [Internet] [Consultado el 5 Abril de 2018] Disponible en: <http://www.eve.eus/Planificacion-energetica-e-infraestructuras/Estrategia-E2020.aspx?lang=es-ES>
- [10] Valeriano Ruiz Hernández. “Contexto energético actual y perspectivas de las energías renovables” [internet] [Consultado el 5 Abril de 2018]. Disponible en: <http://helionoticias.es/contexto-energetico-actual-y-perspectivas-de-las-energias-renovables/>
- [11] Wiki EQI. “Contexto Energético y normativo de la Unión Europea”. [Internet] [Consultado el 5 Abril de 2018] Disponible en: [http://www.eoi.es/wiki/index.php/Contexto\\_energ%C3%A9tico\\_y\\_normativo\\_en\\_la\\_Uni%C3%B3n\\_Europea\\_en\\_Construcci%C3%B3n\\_sostenible](http://www.eoi.es/wiki/index.php/Contexto_energ%C3%A9tico_y_normativo_en_la_Uni%C3%B3n_Europea_en_Construcci%C3%B3n_sostenible)
- [12] Ministerio de Energía, Turismo y Agenda digital. “La energía en España 2016, Libro de la Energía 2016”. [Madrid] [Consultado el 5 Abril de 2018] Disponible en: <http://www.minetad.gob.es/energia/balances/Balances/LibrosEnergia/energia-espana-2016.pdf>
- [13] Paulino Rivas, Ingeniero. “Ahorro energético con aerotermia” [Internet] [Consultado el 5 Abril de 2018] Disponible en: <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/ahorro-energetico-con-aerotermia/>
- [14] Mejores Edificios. “Energías renovables en España 2017: situación y ahorros” [6 Noviembre de 2017] [Consultado el 7 Abril de 2018] Consultado en: <http://mejoresedificios.com/energias-renovables-espana-2017-situacion-ahorros/>
- [15] Tomás Díaz, El Economista. “Aerotermia, la primera fuente renovable de España”. [27 de Noviembre de 2017] [Consultado el 9 Abril de 2018] Disponible en: <http://www.eleconomista.es/empresas-finanzas/noticias/8771986/11/17/Aerotermia-la-primer-fuente-renovable-de-Espana.html>



- [16] Sandra López Letón. “Calor más barato con aerotermia” [18 de Febrero de 2017] [Consultado el 9 Abril de 2018] Disponible en: [https://elpais.com/economia/2017/02/17/actualidad/1487346136\\_895968.html](https://elpais.com/economia/2017/02/17/actualidad/1487346136_895968.html)
- [17] Daniel Pascual arquitecto. “Aerotermia: una alternativa más para climatizar nuestras viviendas” [23 de Febrero de 2017] [Consultado el 10 Abril de 2018] Disponible en: <http://www.danielpascual.com/preguntas-frecuentes-aerotermia-i/>
- [18] Ekidom, energías renovables. “Funcionamiento de la aerotermia” [Internet] [Consultado el 15 Abril de 2018] Disponible en: <http://www.ekidom.com/funcionamiento-de-la-aerotermia>
- [19] AFEC, Asociación de Fabricantes Españoles de Climatización, (2015) “La Bomba de Calor. Fundamentos, tecnología y casos prácticos”
- [20] Calor y Frio. “Bombas de calor. Tipos y aplicaciones” [30 de Agosto de 2016] [consultado el 17 Abril de 2018] Disponible en: <https://blog.caloryfrio.com/bombas-de-calor-tipos-aplicaciones/>
- [21] Tu climatización online. “Aerotermia-todo lo que necesitas saber” [1 de Febrero de 2017] [Consultado el 20 Abril de 2018] Disponible en: <https://tuclimatizaciononline.es/blog/que-es-la-aerotermia/>
- [22] Yuba. “Ahorro energético con aerotermia” [10 de Marzo de 2015] [Consultado el 20 de Abril de 2018] Disponible en: <http://www.yubasolar.net/2015/03/ahorro-energetico-con-aerotermia.html>
- [23] Vaillant. “Bombas de calor – aerotermia” [Internet] [Consultado el 20 de Abril de 2018] Disponible en: <https://www.vaillant.es/usuarios/te-ayudamos-a-elegir/tecnologias-disponibles/bombas-de-calor/aerotermia/>
- [24] Cimale-data.org. “Clima: Vitoria” [Internet] [consultado el 30 Abril de 2018] Disponible en: <https://es.climate-data.org/location/402/>
- [25] Meteo-navarra.es. “Clasificación climática de Köppen” [Internet] [Consultado el 30 Abril de 2018] Disponible en: <http://meteo.navarra.es/definiciones/koppen.cfm>
- [26] Carlos, Nergiza. “Radiadores de baja temperatura.: ¿son una buena opción?” [13 de Abril de 2015] [Consultado el 3 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://nergiza.com/radiadores-de-baja-temperatura-son-una-buena-opcion/>
- [27] El Arquitecto de Guardia. “Sistemas de calefacción según el tipo de emisores” [Internet] [Consultado el 3 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://arquitectodeguardia.com/2017/01/11/sistemas-de-calefaccion-segun-el-tipo-de-emisores/>
- [28] Idoia Arnabat, Calor y Frio. “suelo radiante: ventajas e inconvenientes” [4 de Octubre de 2016] [Consultado del 4 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://blog.caloryfrio.com/suelo-radiante-ventajas-e-inconvenientes/>
- [29] Redactor de Calor y Frio. “Radiadores a baja temperatura, más eficiencia para mayor confort”. [9 de Enero de 2017] [Consultado el 4 de Mayo de 2018]





- Disponible en: <https://blog.caloryfrio.com/radiadores-baja-temperatura-mas-eficiencia-mayor-confort/>
- [30] Arrevol. “Climatización eficiente en tu vivienda: suelo radiante-refrescante” [27 de Noviembre de 2017] [Consultado en 9 de Enero de 2018] Disponible en: <http://www.arrevol.com/blog/climatizacion-eficiente-en-tu-vivienda-instalar-suelo-radiante-refrescante>
- [31] Paulino Rivas. “Calefacción por suelo radiante: confort y ahorro energético” [Internet 2018] [Consultado el 10 de Mayo de 2018]. Disponible en: <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/calefaccion-por-suelo-radiante-confort-ahorro-energetico/>
- [32] Paulino Rivas. “Radiadores de baja temperatura. ahorro de energía y confort” [Internet 2018] [Consultado el 10 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/radiadores-de-baja-temperatura-ahorro-de-energia/>
- [33] Tu Climatización online. “Radiadores de baja temperatura para calefacción”. [1 de Febrero de 2017] [Consultado el 15 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://tuclimatizaciononline.es/blog/radiadores-de-baja-temperatura-para-calefaccion/>
- [34] Jesús Parrilla Escobosa. “Hibridación de bomba de calor aerotermica/geotérmica con instalación solar fotovoltaica” [Internet] [Consultado el 15 de Mayo de 2018] Disponible en: <http://www.acenergia.es/ACE-ingenieria/hibridacion-de-bomba-de-calor-aerotermicageotermica-con-instalacion-solar-fotovoltaica>
- [35] Quetzal ingeniería. “Calefacción con aerotermia y luz con fotovoltaica. Ventajas de combinar energía renovables” [Internet] [Consultado el 17 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://www.quetzalingenieria.es/blog/calefaccion-con-aerotermia-y-luz-con-fotovoltaica-ventajas-de-combinar-energias-renovables/>
- [36] Jesús Parrilla Escobosa. “Hibridación Bomba de Calor Aerotermia – Solar Térmica para ACS en Comunidades de Vecinos y Rehabilitación”. [Internet] [Consultado el 17 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://albedosolar.com/hibridacion-bomba-de-calor-aerotermia-solar-termica-para-ac-s-en-comunidades-de-vecinos-y-rehabilitacion/>
- [37] Alba Horna Blanco. “Estudio comparativo entre un sistema híbrido aislado con aerotermia y un sistema conectado a red”. [Septiembre de 2015] [Consultado el 18 de Mayo de 2018] Disponible en: [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23752/TFG\\_Alba\\_Horna\\_Blanco.pdf](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23752/TFG_Alba_Horna_Blanco.pdf)
- [38] Ministerio de Fomento. “ Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía, DA-DB-HE-1” [Febrero de 2015] [Consultado el 20 de Mayo de 2018] Disponible en: [https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DA-DB-HE-1-Calculo\\_de\\_parametros\\_caracteristicos.pdf](https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DA-DB-HE-1-Calculo_de_parametros_caracteristicos.pdf)



- [39] Juan Carlos R. “Código Técnico de la Edificación” [17 de Marzo de 2016] [Consultado el 20 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/disLegislativas/RD3142006.pdf>
- [40] Energía Solar. “Tipos de paneles fotovoltaicos” [Internet] [Consultado el 20 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/panel-fotovoltaico/tipos>
- [41] Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios, RITE-2007, actualizado en 2013
- [42] Instituto para la diversificación y Ahorro de la Energía, IDEA. “Guía Técnica, Condiciones Climáticas Exteriores de Proyecto” [Madrid, Junio de 2010] [consultado el 21 de Mayo de 2018] Disponible en: [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_12\\_Guia\\_tecnica\\_condiciones\\_climaticas\\_exteriores\\_de\\_proyecto\\_e4e5b769.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_12_Guia_tecnica_condiciones_climaticas_exteriores_de_proyecto_e4e5b769.pdf)
- [43]
- [44] Universidad de Almeria. “Proyectos de ingeniería” [Internet] [Consultado el 22 de Mayo de 2018] Disponible en: [https://w3.ual.es/Depar/proyectosingenieria/descargas/Normas\\_Edificacion/NBE-CT-79.pdf](https://w3.ual.es/Depar/proyectosingenieria/descargas/Normas_Edificacion/NBE-CT-79.pdf) NBE-CT 79
- [45] Instituto para la diversificación y Ahorro de la Energía, IDEA. “Manual de Fundamentos técnicos de clasificación energética de edificios existentes CE3X” [Madrid, Julio de 2012] [Consultado el 21 de Mayo de 2018] Disponible en: [http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Documents/Manual\\_fundamentos\\_tecnicos\\_CE3X\\_05.pdf](http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Documents/Manual_fundamentos_tecnicos_CE3X_05.pdf)
- [46] Juan Carlos R. “Código Técnico de la Edificación” [17 de Marzo de 2016] [Consultado el 25 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/salubridad/DBHS.pdf> DB-HS3
- [47] Ministerio de Fomento. “Documento Básico HE Ahorro de energía” [Junio de 2017] [Consultado del 25 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DccHE.pdf>
- [48] Grupo Bioan. “Acumuladores para ACS”. [Internet] [Consultado el 25 de Mayo de 2018] Disponible en: <http://grupobiosan.com/depositos-de-inercia-acumuladores-ac/acumuladores-para-ac.html>
- [49] Carrier. “Soluciones Combinadas para Climatización y ACS”. [Internet] [Consultado el 27 de Mayo de 2018] Disponible en: <http://www.carrier.es/manuales/CalefaccionCarrier.pdf>
- [50] Gobierno de España. “Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio” [13 de Abril de 2013] [Consultado el 27 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2013-3905>



- [51] Ferroli. “Dimensionado de Instalación por Radiadores para Baja Temperatura” [Consultado del 28 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://www.ferroli.es/blog/dimensionado-de-instalacion-por-radiadores-para-baja-temperatura/>
- [52] <https://radiadoresaluminio.com/calcular-elementos-radiador/>
- [53] GasFrioCalor. “Calcular la potencia calorífica de una habitación” [25 de Enero de 2017] [Consultado del 28 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://www.gasfriocalor.com/blog/calefaccion/calculo-de-potencia-calorifica-para-tu-casa>
- [54] Catálogo Varese [Marzo 2016] Consultado el 30 de Mayo de 2018] Disponible en: [file:///C:/Users/lchavarri/Downloads/Catalogo Varese Marzo 2016-lunes.pdf](file:///C:/Users/lchavarri/Downloads/Catalogo_Varese_Marzo_2016-lunes.pdf)
- [55] Baxi. “Manual de instalación y mantenimiento, bomba de calor aire-agua”. [Internet] [Consultado el 30 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://www.baxi.es/-/media/inriver/25790-7302.pdf>
- [56] Baxi. “Acumuladores” [Internet] [consultado el 30 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://www.baxi.es/productos/energia-solar/acumuladores>
- [57] Ferroli. “Manual de instrucciones radiadores de baja temperatura” [Internet] [Consultado el 1 de Junio de 2018] Disponible en: <http://www.ferroli.com/es/products/radiadores/varese/>
- [58] Certificación de eficiencia energética <https://certificadodeeficienciaenergetica.com/que-es-certificado-eficiencia-energetica-definicion>
- [59] Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. “Aeroterminia como medida de ahorro en viviendas – comunidades” [Internet] [Consultado el 1 de Junio de 2018] Disponible en: [https://www.fenercom.com/pages/pdf/formacion/15\\_02\\_11\\_Jornada%20medidas%20ahorro%20factura%20electronica/3\\_Aeroterminia-como-medida-ahorro-en-viviendas-comunidades-DAIKIN emisiones co2](https://www.fenercom.com/pages/pdf/formacion/15_02_11_Jornada%20medidas%20ahorro%20factura%20electronica/3_Aeroterminia-como-medida-ahorro-en-viviendas-comunidades-DAIKIN emisiones co2)
- [60] Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía, IDEA. “Propuesta de documento reconocido: Factores de emisión de CO<sub>2</sub> y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector edificios en España” [3 de Marzo de 2014] [Consultado el 5 de Junio de 2018] Disponible en: [http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/propuestas/Documents/2014\\_03\\_03\\_Factores\\_de\\_emision\\_CO2\\_y\\_Factores\\_de\\_paso\\_Energia\\_Primary\\_V.pdf](http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/propuestas/Documents/2014_03_03_Factores_de_emision_CO2_y_Factores_de_paso_Energia_Primary_V.pdf)
- [61] Selectra. “¿Cuál es el precio del kWh de gas natural en España? Costes y tarifas” [Internet] [Consultado el 7 de Junio de 2018] Disponible en: <https://preciogas.com/conceptos/precio-kwh>
- [62] Selectra. “Precio del kWh” [Internet] [Consultado el 7 de Junio de 2018] Disponible en: <https://tarifaluzhora.es/precio-kwh-electrico>



## 2 Memoria justificativa

### 2.1 Cálculos

En este apartado se van a realizar los cálculos para el dimensionamiento de la instalación aerotérmica mediante radiadores de baja temperatura, para ello se requiere el conocimiento de la demanda de calefacción y de ACS.

#### 2.1.1 Cálculo de la carga térmica de calefacción

Para poder dimensionar el sistema de calefacción se necesita conocer las pérdidas de calor de la vivienda.

El sistema de calefacción tiene como objetivo compensar las pérdidas térmicas que se produzcan en el recinto a acondicionar. Por ello, en su dimensionamiento se deberán tener en cuenta las pérdidas térmicas por transmisión en los cerramientos, las pérdidas por ventilación y en su caso, las pérdidas por infiltración.

$$Q_{\text{calefacción}} = Q_{\text{pérdidas térmicas}} \quad (1)$$

$$Q_{\text{calefacción}} = Q_{\text{transmisión}} + Q_{\text{ventilación}} + Q_{\text{infiltraciones}} \quad (2)$$

##### 2.1.1.1 Envoltente térmica

Para obtener los datos de los diferentes valores de los componentes de la envoltente térmica de la vivienda se toman los valores indicados en el catálogo de elementos constructivos y materiales del CTE (Código Técnico de la Edificación)[39]

###### 2.1.1.1.1 Cerramientos en contacto con el aire exterior

El cálculo de las características térmicas de la envoltente térmica, es decir, asociados a los muros exteriores de la vivienda, se establecen en el Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE, en concreto el capítulo 2 "Cálculo de parámetros característicos de la envoltente".

Este cálculo es aplicable a toda la envoltente térmica, esto es, a toda la superficie frontera entre el volumen acondicionado y en no acondicionado, sea el no acondicionado exterior o interior.

La transmitancia térmica  $U$  [ $W/m^2 \cdot K$ ] viene dada por la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Donde,

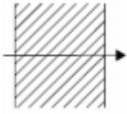
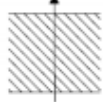
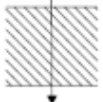
- $R_T \rightarrow$  resistencia térmica total del componente constructivo [ $m^2 \cdot K/W$ ]

La resistencia térmica total  $R_T$  de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas se calcula mediante la expresión:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad ( 4 )$$

Donde,

- $R_1, R_2, R_n \rightarrow$  resistencias térmicas de cada capa [ $m^2 \cdot K/W$ ]
- $R_{si}$  y  $R_{se} \rightarrow$  resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, se toman de la siguiente tabla de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [ $m^2 \cdot K/W$ ]

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		$R_{se}$	$R_{si}$
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo Horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo)		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo)		0,04	0,17

**Tabla.10 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en  $m^2K/W$ [38]**

La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad ( 5 )$$

Donde,

- $e \rightarrow$  espesor de la capa [m]. En caso de una capa de espesor variable se considera el espesor medio.



- $\lambda \rightarrow$  conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, que se puede calcular a partir de los valores térmicos declarados según la norma UNE-EN 10456:2012.

### 2.1.1.1.2 Cálculo de las transmitancias térmicas

A continuación se van a calcular las diferentes transmitancias térmicas, dato que va a ser necesario para el cálculo de las pérdidas por transmisión.

Puesto que no se dispone de información en detalle relativa a las características constructivas de la envolvente térmica de la vivienda se van a tomar como referencia los valores límites marcados por la normativa vigente en el año de construcción de la casa (1996), la NBE-CT 79 [43], para la zona climática correspondiente, asumiendo que se va a realizar un cálculo conservador y sobreestimando las pérdidas.

En la normativa se divide el mapa de España en distintas zonas climáticas según el mapa Fig.35, según la zona climática donde se ubique el edificio que se va a estudiar se representan unos requisitos mínimos de transmitancia térmica para los distintos elementos de la envolvente térmica (fachada, suelos, cubiertas, ventanas...). Dichos requisitos se fijan en base al establecimiento de un valor máximo de U.

Según el mapa que se muestra a continuación Arbulo se encuentra en la zona climática Y.

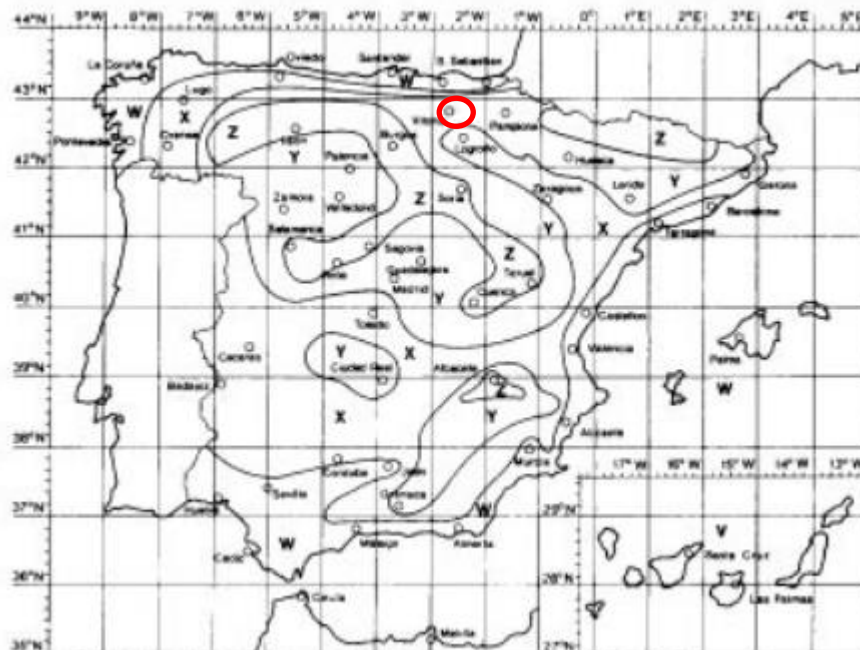


Fig.35 Mapa de zonificación por temperaturas mínimas medias de enero. [43]

### 2.1.1.1.2.1 Muro exterior

El valor de transmitancia térmica U por defecto para un muro de fachada, en aquellos casos en los que no se pueda identificar nada sobre la composición del cerramiento, será el indicado en la siguiente tabla en función de la banda cronológica en la cual se ubique la construcción del edificio. [45]

Banda cronológica	A (anterior 1981)	B (1981-2007)				C (a partir de 2008)				
Zona climática		V y W	X	Y	Z	A	B	C	D	E
U (W/m <sup>2</sup> K)	3,00	1,80	1,60	1,40	1,40	0,94	0,82	0,73	0,66	0,57
masa/m <sup>2</sup> (kg/m <sup>2</sup> )	168	200				200				

**Fig.36 Muros de fachada. Valores U [W/m<sup>2</sup>K] y masa/superficie [kg/m<sup>2</sup>] por defecto. [45]**

Como el año de construcción de la vivienda es 1996 la banda cronológica es la B y anteriormente ya se ha definido que la zona climática es la Y, por lo que el valor de la transmitancia térmica asumido es:

$$U_{\text{muro exterior}} = 1,40 \text{ W/m}^2 \cdot K$$

### 2.1.1.1.2.2 Cubierta

Los valores por defecto para las cubiertas en contacto con el aire serán aquellos que se muestran en la siguiente tabla, siendo valores de las bandas cronológicas B y C aquellos máximos fijados por las normas de edificación vigentes en dicha banda cronológica. [45]

Banda cronológica	A (anterior a 1980)		B (1981-2007)				C (a partir de 2008)				
Zona climática			V y W	X	Y	Z	A	B	C	D	E
U (W/m <sup>2</sup> K)	Cubierta inclinada	Cubierta plana									
	3,80	2,50	1,40	1,20	0,90	0,70	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35
m (kg/m <sup>2</sup> )	180	344	344				344				

**Fig.37 Cubierta en contacto con el aire. Valores U [W/m<sup>2</sup>K] y masa/superficie [kg/m<sup>2</sup>] por defecto. [45]**





Según el año de construcción de la vivienda y la zona climática a la que pertenece:

$$U_{\text{cubierta}}=0,90 \text{ W/m}^2 \cdot K$$

### 2.1.1.1.2.3 Suelo

En el caso del suelo, el material de composición del suelo es forjado unidireccional con bovedillas cerámicas, por lo que el valor de la transmitancia térmica que se va a considerar según la tipología de este viene dada en la siguiente tabla. Dichos valores son conservadores y se consideran sin aislamiento térmico. [45]

Composición del suelo	Tipo de forjado	U (W/m²K)	m (kg/m²)
Forjado unidireccional	Con bovedillas cerámicas	2,17	333
	Con bovedillas de hormigón	2,86	372
Forjado reticular	Con casetones cerámicos	3,12	365
	Con casetones de hormigón	3,45	385
	Con casetones recuperables	4,76	344
Losa maciza de hormigón armado	-	3,85	750
Forjado de madera	-	2,50	34,2

Fig.38 Suelos en contacto con el aire. Valores [W/m²K] y masa/superficie [kg/m²] estimados.[45]

El valor de la transmitancia térmica para el suelo es:

$$U_{\text{suelo}}=2,17 \text{ W/m}^2 \cdot K$$

### 2.1.1.1.2.4 Ventanas

Acristalamiento	Vidrio aislante (doble) (4-6-4)
Marco	Madera
Fracción de marco (FM)	25
$U_{\text{vidrio}}[\text{W/m}^2\text{K}]$	3,3
$U_{\text{marco}}[\text{W/m}^2\text{K}]$	2,2

Tabla.11 Datos de las ventanas.

Para el cálculo de la transmitancia de la ventana se va a utilizar la siguiente ecuación:



$$U_{\text{ventana}} = U_{\text{vidrio}} \times (1 - FM) + U_{\text{marco}} \times FM$$

Donde,

- $U_{\text{ventana}}$  → transmitancia de la ventana en conjunto [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]
- $U_{\text{vidrio}}$  → transmitancia del vidrio [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]
- $U_{\text{marco}}$  → transmitancia del marco [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]
- FM → fracción de marco [%]

$$U_{\text{ventana}} = 3,3 \times (1 - 0,25) + 2,2 \times 0,25 = 3,025 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$$

#### 2.1.1.1.2.5 Puerta

<b>Material</b>	Madera dura ( $\rho=700\text{kg}/\text{m}^3$ y 60mm de espesor)
<b><math>U_{\text{puerta}}</math> [<math>\text{W}/\text{m}^2\text{K}</math>]</b>	<b>2.2</b>

Tabla.12 Datos de la puerta

#### 2.1.1.2 Cálculo de las pérdidas por transmisión

Las pérdidas térmicas por transmisión son las que se pierden a través de la envolvente térmica, se dividen en pérdidas hacia el exterior o hacia espacios no calefactados de la vivienda. Esto se debe a la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior a través de los diferentes cerramientos de la casa.

Las pérdidas por transmisión se calcularán para cada cerramiento mediante la ecuación ( 7 ):

$$\dot{Q}_{\text{trans},n} = U \cdot A \cdot \Delta T \quad (7)$$

Donde,

- $Q_n$  → pérdidas a través del cerramiento n [ $\text{W}/\text{h}$ ]
- $U$  → transmitancia del cerramiento [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]
- $A$  → superficie del cerramiento [ $\text{m}^2$ ]
- $\Delta T$  → salto térmico considerado entre el interior y el exterior [ $^{\circ}\text{C}$  o  $\text{K}$ ]

La temperatura interior se va a definir en base al rango determinado por el RITE-2007, actualizado en 2013, para las condiciones de cálculo estándar en el apartado IT 1.1.4.1.2 (Temperatura operativa y humedad relativa), donde se presenta la siguiente tabla:

<b>Tabla 1.4.1.1 Condiciones interiores de diseño</b>		
<b>Estación</b>	<b>Temperatura operativa °C</b>	<b>Humedad relativa %</b>
<b>Verano</b>	23...25	45...60
<b>Invierno</b>	21...23	40...50

**Tabla.13 Condiciones interiores de diseño [41]**

La temperatura exterior del cerramiento será la que se dé en el exterior del edificio y, por tanto, va a depender de las condiciones climáticas del lugar. Dicha temperatura será variable. Para la definición de la carga de calefacción se definen unas condiciones "extremas" de diseño, para garantizar que el sistema sea capaz de suministrar la energía necesaria en todos los momentos del año. Dichas condiciones, así como sus correspondientes temperaturas de diseño, dependerán de la zona donde esté ubicada la vivienda. Esta temperatura se obtiene de la guía de condiciones climáticas[42] que publica el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, en ella se recogen los datos de las estaciones de la Agencia Estatal de Meteorología que tiene registros para un periodo mínimo de 10 años.

Para la localidad en la que se sitúa la vivienda objeto del presente proyecto se tiene la siguiente tabla:

<b>TSMIN (°C)</b>	<b>TS<sub>99,6</sub> (°C)</b>	<b>TS<sub>99</sub> (°C)</b>	<b>OMDC (°C)</b>	<b>HUM<sub>coin</sub> (%)</b>	<b>OMA (°C)</b>
-11,5	-4,0	-2,4	11,4	96	36,4

**Tabla.14 Condiciones proyecto calefacción (Temperatura seca exterior mínima) [42]**

Donde,

- $T_{smin}$  → Temperatura exterior mínima registrada en la localidad en el periodo observado
- $T_{s99,6}$  → Temperatura de diseño para un nivel percentil de 99,6%.
- $T_{s99}$  → Temperatura de diseño para un nivel percentil de 99%, es la temperatura habitual de diseño para la mayoría de edificios de viviendas.
- OMDC → Oscilación media diaria [°C] (máxima-mínima diaria) de los días en los que alguna de sus horas están dentro del nivel percentil del 99%.
- HUM<sub>coin</sub> → Humedad relativa media coincidente [%]
- OMA → Oscilación media anual de temperatura seca [°C].

Esta tabla da valores para todas las capitales de provincia. En caso de trabajar en una zona distinta a la capital, hay que aplicar un factor de corrección a la temperatura asumida en función de la altitud de la población en relación a la referencia. Dicha corrección será de 1°C menos por cada 100 metros de cota (positiva) con respecto a la ciudad de referencia. Por lo tanto,

Cota Vitoria (Aeropuerto de Foronda) → 508 metros

Cota Arbulo → 543 metros



No hay una diferencia de 100 metros entre ambas cotas, por lo que no es necesario aplicar el factor de corrección.

Por lo que el incremento de temperatura va a ser:

$$\Delta T = 21^{\circ}\text{C} - (-2,4) = 23,4^{\circ}\text{C}$$

Se va a calcular la carga térmica en cada planta de la vivienda, en cada superficie en contacto con el aire exterior, se aplica la ecuación( 7 ) de pérdidas por transmisión y se van a obtener los resultados expuestos en las siguientes tablas.

- PLANTA BAJA

	U	Superficie	$\Delta T$	$Q_{\text{transmisión}}$
	[W/m <sup>2</sup> .K]	m <sup>2</sup> totales	[°C]	[W]
Muro exterior	1,4	56,12	23,4	1838,49
Ventanas	3,025	10,20	23,4	722,01
Puertas	2,2	3,74	23,4	192,43
Suelo	2,17	68,81	23,4	3493,78
Cubierta	0,9		23,4	0,00
<b>TOTAL</b>				<b>6246,71</b>

*Tabla.15 Carga térmica por transmisión en la planta baja*

- PRIMERA PLANTA

	U	Superficie	$\Delta T$	$Q_{\text{transmisión}}$
	[W/m <sup>2</sup> .K]	m <sup>2</sup> totales	[°C]	[W]
Muro exterior	1,4	102,96	23,4	3372,97
Ventanas	3,025	9,36	23,4	662,55
Puertas	2,2		23,4	0,00
Suelo	2,17		23,4	0,00
Cubierta	0,9	271,8	23,4	5724,11
<b>TOTAL</b>				<b>9759,63</b>

*Tabla.16 Carga térmica por transmisión en la primera planta*

Por lo que,

$$Q_{\text{total transmisión}} = 6246,71 + 9759,63 = 16006,34\text{W} = 16 \text{ kW}$$



### 2.1.1.3 Cálculo de pérdidas por ventilación

Es necesario la renovación del aire ambiente para mantener la salubridad de la vivienda y la calidad del mismo aire. Esto ocurre de forma voluntaria en las viviendas, dependiendo del tipo de estación se aplica una tasa de renovación de aire distinta.

La carga térmica por ventilación se determina mediante:

$$\dot{Q}_{vent,n} = V \cdot N \cdot C_{p,aire} \cdot \Delta T \quad (8)$$

Donde,

- $\dot{Q}_{vent,n}$  → pérdidas por ventilación [W o kcal/h]
- $V$  → volumen del recinto a calefactar [m<sup>3</sup>]
- $N$  → número de renovaciones horarias [1/h]
- $C_{p,aire}$  → calor específico del aire en base al volumen [0,29 kcal/m<sup>3</sup>K o 1,21 kJ/m<sup>3</sup>K]
- $\Delta T$  → salto térmico considerado entre el interior y el exterior [°C o K]

El caudal de ventilación dependerá de la ventilación que tenga el recinto. Como mínimo deberá utilizarse una renovación por hora, y en caso de contar con ventilación según DB-HS, el valor irá condicionado por la superficie o caudal de ventilación.

En el caso de edificación residencial, el CTE exige hacer la admisión desde los locales secos y hacer la extracción por los locales húmedos (cocinas y baños). En base a este principio, se calculan los caudales de admisión y extracción para cada uno de los locales según la Tabla.17 del DB-HS3.

Tipo de vivienda	Caudal mínimo q <sub>v</sub> en l/s				
	Locales secos <sup>(1) (2)</sup>			Locales húmedos <sup>(2)</sup>	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores <sup>(3)</sup>	Mínimo en total	Mínimo por local
0 ó 1 dormitorios	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o más dormitorios	8	4	10	33	8

(1) En los locales secos de las viviendas destinados a varios usos se considera el caudal correspondiente al uso para el que resulte un caudal mayor

(2) Cuando en un mismo local se den usos de local seco y húmedo, cada zona debe dotarse de su caudal correspondiente

(3) Otros locales pertenecientes a la vivienda con usos similares (salas de juego, despachos, etc.)

**Tabla.17 Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables. [46]**

El CTE prescribe la obligatoriedad de garantizar unos requisitos mínimos de calidad de aire interior en base a la concentración de CO<sub>2</sub> y contaminantes no relacionados con la presencia humana, que se consideran satisfechas con el establecimiento de una ventilación de caudal constante acorde a la Tabla.17.

Como se dispone del volumen de cada parte de la vivienda y también las renovaciones por hora, se puede calcular las pérdidas por ventilación que se recogen en la siguiente tabla.

Para obtener el caudal en litros por segundo se ha seguido la siguiente ecuación:

$$\text{Caudal [l/s]} = ((V [\text{m}^3] \times N [\text{ren/h}]) / 3600 \text{ s}) \times 1000\text{l}$$

	V	N	Caudal	$\rho$	$C_p$	$\Delta T$	$Q_{\text{ventilación}}$
	[m <sup>3</sup> ]	[ren/h]	[l/s]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kJ/kgK]	[°C]	[KW]
<b>Cocina</b>	54,54	1,5	22,73	1,225	1,21	23,4	0,79
<b>Salón</b>	65,56	1,1	20,03	1,225	1,21	23,4	0,69
<b>Aseo</b>	6,1	1,5	2,54	1,225	1,21	23,4	0,09
<b>Entrada</b>	10,28	1,2	3,43	1,225	1,21	23,4	0,12
<b>Hab. 1</b>	42,9	1,1	13,11	1,225	1,21	23,4	0,45
<b>Hab. 2</b>	36,58	1,1	11,18	1,225	1,21	23,4	0,39
<b>Hab. 3</b>	40,6	1,1	12,41	1,225	1,21	23,4	0,43
<b>Baño 1</b>	13,53	1,5	5,64	1,225	1,21	23,4	0,20
<b>Baño 2</b>	12,1	1,5	5,04	1,225	1,21	23,4	0,17
<b>Librería</b>	32,69	1,1	9,99	1,225	1,21	23,4	0,35
<b>TOTAL</b>			106,08				<b>3,68</b>

**Tabla.18 Carga térmica por ventilación**

#### 2.1.1.4 Cálculo de pérdidas por infiltraciones

Diferencias de presión entre el aire interior y el exterior provoca filtración o infiltración del aire a través de grietas cerca de ventanas, puertas y de la estructura del edificio (estanqueidad del aire), por lo tanto se trata de las pérdidas de calor por filtración de aire frío exterior dentro del espacio calefactado.

Se calculan como las pérdidas por ventilación pero con otro caudal de flujo volumétrico.

$$\dot{Q}_{inf,n} = V \cdot N \cdot C_{p,aire} \cdot \Delta T \quad (9)$$

Donde,

- $\dot{Q}_{infiltra,n}$  → pérdidas por infiltración [W o kcal/h]
- $V$  → volumen del recinto a calefactar [m<sup>3</sup>]
- $N$  → número de renovaciones horarias [1/h]
- $C_{p,aire}$  → calor específico del aire en base al volumen [0,29 kcal/m<sup>3</sup>K o 1,21 kJ/m<sup>3</sup>K]
- $\Delta T$  → salto térmico considerado entre el interior y el exterior [°C o K]

El cálculo de las renovaciones por hora va a estar basado en el método de cambio de aire, basado en un número supuesto de renovaciones de aire por hora, en base a experimentos dependiendo del tipo de edificio, construcción y uso.



- Casas nuevas: 0,1-0,3 ren/h
- Casas viejas: 0,5-1,5 ren/h

Puesto que el edificio con el que se está trabajando fue construido en el año 1996, se puede asumir un valor de 0,3 ren/h.

	V	N	Caudal
	[m <sup>3</sup> ]	[ren/h]	[l/s]
<b>Cocina</b>	54,54	0,3	4,55
<b>Salón</b>	65,56	0,3	5,46
<b>Aseo</b>	6,1	0,3	0,51
<b>Entrada</b>	10,28	0,3	0,86
<b>Hab. 1</b>	42,9	0,3	3,58
<b>Hab. 2</b>	36,58	0,3	3,05
<b>Hab. 3</b>	40,6	0,3	3,38
<b>Baño 1</b>	13,53	0,3	1,13
<b>Baño 2</b>	12,1	0,3	1,01
<b>Librería</b>	32,69	0,3	2,72
<b>TOTAL</b>			<b>26,24</b>

*Tabla.19 Volumen de aire renovado por cada parte de la vivienda*

	Caudal	$\rho$	$C_p$	$\Delta T$	$Q_{\text{infiltración}}$
	[l/s]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kJ/kgK]	[°C]	[KW]
<b>Cocina</b>	4,55	1,225	1,21	23,4	0,158
<b>Salón</b>	5,46	1,225	1,21	23,4	0,189
<b>Aseo</b>	0,51	1,225	1,21	23,4	0,018
<b>Entrada</b>	0,86	1,225	1,21	23,4	0,030
<b>Hab. 1</b>	3,58	1,225	1,21	23,4	0,124
<b>Hab. 2</b>	3,05	1,225	1,21	23,4	0,106
<b>Hab. 3</b>	3,38	1,225	1,21	23,4	0,117
<b>Baño 1</b>	1,13	1,225	1,21	23,4	0,039
<b>Baño 2</b>	1,01	1,225	1,21	23,4	0,035
<b>Librería</b>	2,72	1,225	1,21	23,4	0,094
<b>TOTAL</b>	<b>26,24</b>				<b>0,910</b>

*Tabla.20 Carga térmica por infiltraciones*



### 2.1.1.5 Resumen de cargas totales

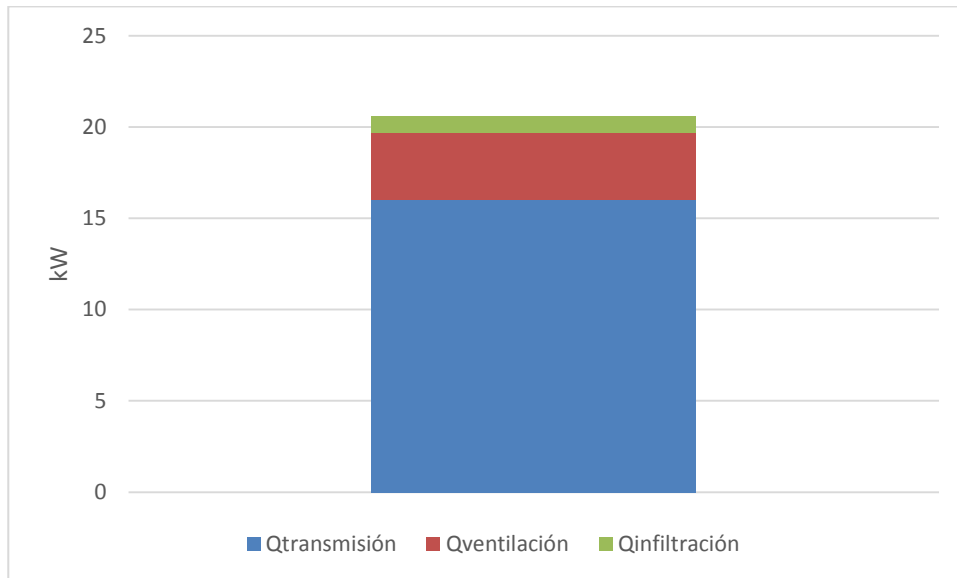
	Espacios habitables	$Q_{\text{transmisión}}$	$Q_{\text{ventilación}}$	$Q_{\text{infiltración}}$	TOTAL [KW ]
PLANTA BAJA	Cocina	6,25	0,79	0,16	8,33
	Salón		0,69	0,19	
	Aseo		0,09	0,02	
	Entrada		0,12	0,03	
PRIMERA PLANTA	Hab. 1	9,76	0,45	0,12	12,26
	Hab. 2		0,39	0,11	
	Hab. 3		0,43	0,12	
	Baño 1		0,20	0,04	
	Baño 2		0,17	0,03	
	Librería		0,35	0,09	
<b>TOTAL</b>		<b>16</b>	<b>3,68</b>	<b>0,91</b>	<b>20,60</b>

*Tabla.21 Resumen de cargas totales por cada estancia de la vivienda*

	$Q_{\text{transmisión}}$	$Q_{\text{ventilación}}$	$Q_{\text{infiltración}}$	$Q_{\text{total}}[\text{KW}]$
<b><math>Q_{\text{TOTAL}}</math></b>	<b>16</b>	<b>3,68</b>	<b>0,91</b>	<b>20,60</b>

*Tabla.22 Cargas totales*





**Fig.39 Gráfica de las cargas totales**

## 2.1.2 Cálculo de la demanda y potencia de agua sanitaria (ACS)

### 2.1.2.1 Cálculo de las necesidades energéticas

Los consumos de ACS suelen concentrarse en determinadas horas del día, en lo que se denominan “periodos punta”. En caso de edificios de viviendas, las duchas tienen un pico de consumo a primeras horas de la mañana y a última de la noche. Puede aparecer otro pico tras la hora de las comidas, por el uso de fregaderos, aunque menos pronunciado. Suelen darse variantes, pero conviene suponer 3 periodos diarios de consumo máximo.

Si el sistema tiene generación de ACS instantánea hay que tener en cuenta los mencionados periodos punta y dimensionar la potencia del sistema en base a estos periodos. En el caso de tener acumulación el cálculo se hará en base al volumen de acumulación y al tiempo del que se dispone entre llenado y llenado del depósito. Se va a suponer una acumulación del ACS equivalente al consumo diario.

Para valorar las demandas se tomarán los valores unitarios que aparecen en la tabla que se muestra a continuación del apartado 4.1 de la sección HE 4 DEL Documento Básico HE del CTE, en ella se especifica cuántos litros demanda cada una de las personas de la vivienda al día.

<b>Criterio de demanda</b>	<b>Litros/día-unidad</b>	<b>unidad</b>
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	21	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

**Tabla.23 Demanda de referencia a 60°C[47]**

El presente proyecto es una vivienda por lo que la demanda de ACS de cada una de las personas que habitan en ella es de 28 litros al día.

Para calcular el consumo de ACS, se recurre al apartado 4.1.4 de la sección HE 4 del documento Básico HE del CTE, del que se saca la siguiente tabla, en la cual conociendo el número de habitaciones de la vivienda se conoce el número de personas que residen en ella.

<b>Número de dormitorios</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>≥6</b>
<b>Número de Personas</b>	<b>1,5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>7</b>

**Tabla.24 Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado [47]**

La vivienda unifamiliar cuenta con 3 dormitorios, por lo que la instalación se dimensionará para 4 personas.

El consumo diario se va a calcular multiplicando el número de personas por los litros por persona que consume al día, para ello se aplica la siguiente ecuación:

$$D = n^{\circ} \text{ de personas} \cdot \text{litros por persona/día} \quad (10)$$

$$D = 4 \text{ personas} \cdot 28 \frac{\text{litros}}{\text{día}} = 112 \text{ litros/día}$$

Ya se puede calcular el consumo mensual, que se muestra a continuación:

MES	LITROS/PERSONA	PERSONAS	LITROS/DÍA	Nº DE DÍAS	LITROS MENSUALES
Enero	28	4	112	31	3472
Febrero	28	4	112	28	3136
Marzo	28	4	112	31	3472
Abril	28	4	112	30	3360
Mayo	28	4	112	31	3472
Junio	28	4	112	30	3360
Julio	28	4	112	31	3472
Agosto	28	4	112	31	3472
Septiembre	28	4	112	30	3360
Octubre	28	4	112	31	3472
Noviembre	28	4	112	30	3360
Diciembre	28	4	112	31	3472
<b>Anual</b>					<b>40880</b>

Tabla.25 Consumos mensuales.

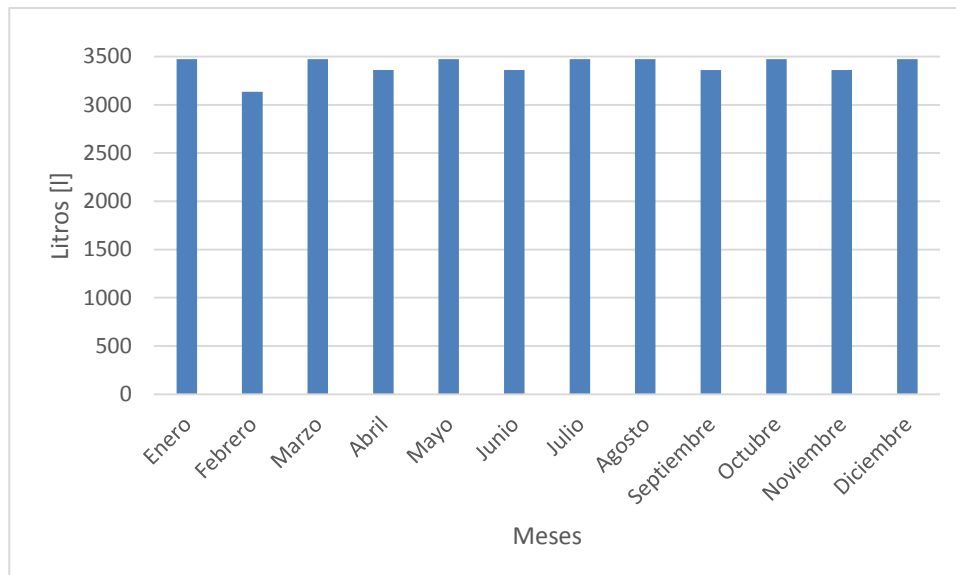


Fig.40 Gráfica del consumo mensual de ACS.

### 2.1.2.2 Cálculo de la demanda energética



Para el cálculo de la demanda energética se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q = D \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_{uso} - T_{sum}) \quad (11)$$

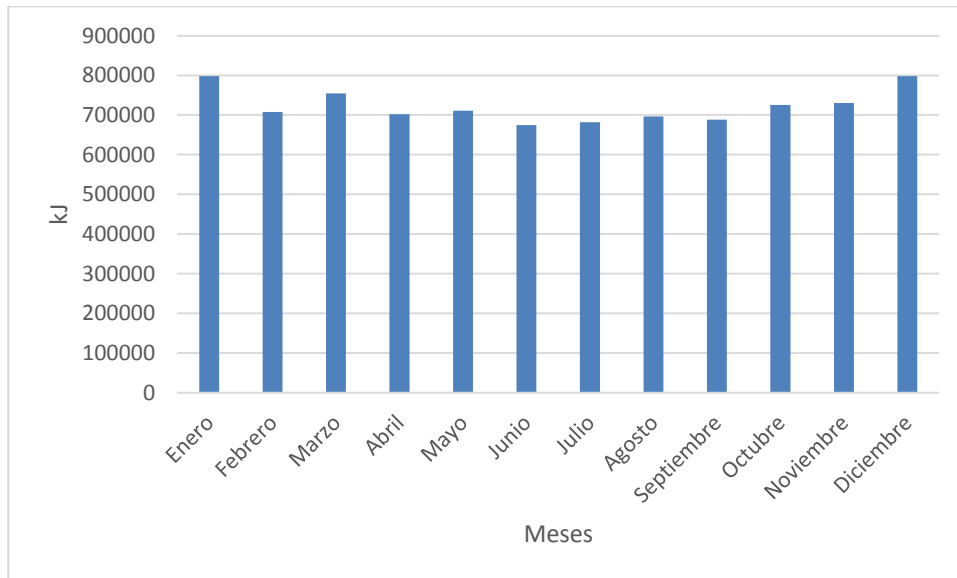
Donde,

- $D_{ACS}$  → demanda de energía térmica para ACS [kJ/día]
- $D$  → consumo de ACS en cada mes [l/día], calculado anteriormente.
- $\rho$  → densidad del agua [1kg/l]
- $C_p$  → calor específico del agua [4,18 kJ/kg°C]
- $T_{uso}$  → temperatura de consumo del agua (habitualmente a 60°C) [°C]
- $T_{sum}$  → temperatura del agua red [°C]

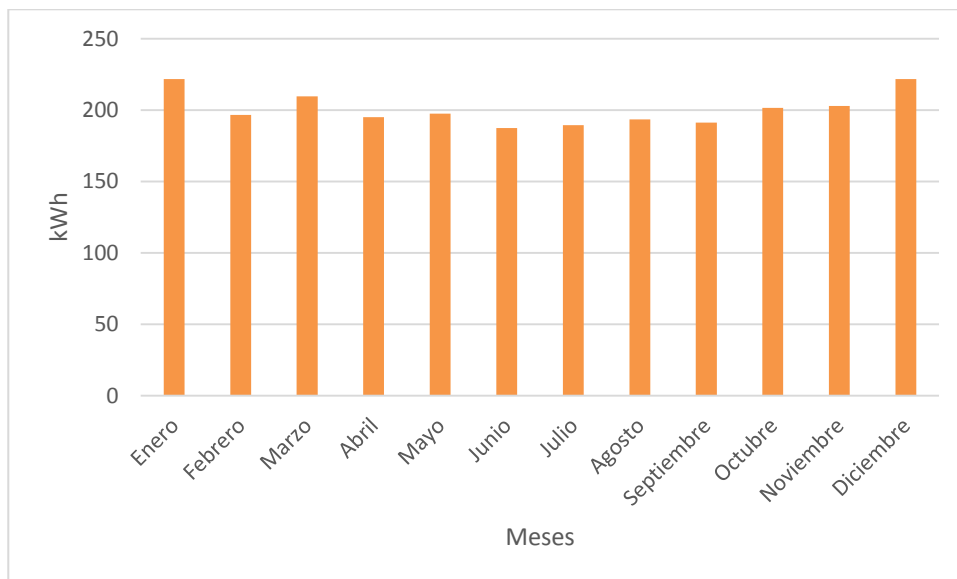
En la siguiente tabla se muestran los resultados que se obtienen.

MES	LITROS MENSUALES	$\rho$ [kg/l]	$C_p$ [kJ/kg°C]	$T_{uso}$ [°C]	$T_{sum}$ [°C]	D [kJ/mes]	D [kWh/mes]
Enero	3472	1	4,18	60	5	798212,8	221,72
Febrero	3136	1	4,18	60	6	707857,92	196,62
Marzo	3472	1	4,18	60	8	754673,92	209,63
Abril	3360	1	4,18	60	10	702240	195,06
Mayo	3472	1	4,18	60	11	711135,04	197,53
Junio	3360	1	4,18	60	12	674150,4	187,26
Julio	3472	1	4,18	60	13	682109,12	189,47
Agosto	3472	1	4,18	60	12	696622,08	193,50
Septiembre	3360	1	4,18	60	11	688195,2	191,16
Octubre	3472	1	4,18	60	10	725648	201,56
Noviembre	3360	1	4,18	60	8	730329,6	202,86
Diciembre	3472	1	4,18	60	5	798212,8	221,72

*Tabla.26 Demanda energética de ACS.*



**Fig.41 Gráfico de la demanda energética en kJ.**



**Fig.42 Gráfico de la demanda energética en kWh.**

### 2.1.2.3 Cálculo de la potencia de ACS

La potencia se va a calcular en base al depósito fijado, que va a tener una capacidad de 120 litros, qu

Se va a contar con un depósito de inercia o acumulador para el agua caliente sanitaria que tenga como mínimo una capacidad de 120 litros al día. Para el cálculo de la potencia se emplea la ecuación( 12 ).

$$P = \frac{V \times Cp \times \rho \times (Tuso - Tsum)}{t} \quad (12)$$



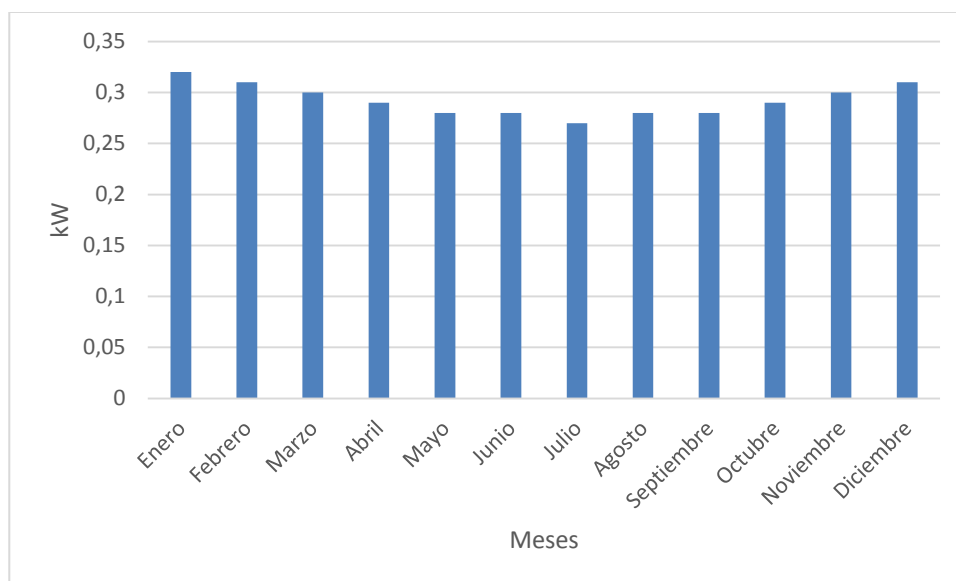
Donde,

- $V \rightarrow$  volumen de agua [ $m^3$ ]
- $C_p \rightarrow$  calor específico del agua [ $kJ/m^3$ ]
- $\rho \rightarrow$  densidad del agua [ $kg/m^3$ ]
- $T_{uso} \rightarrow$  temperatura de consumo del agua (habitualmente a  $60^\circ C$ ) [ $^\circ C$ ]
- $T_{sum} \rightarrow$  temperatura del agua red [ $^\circ C$ ]
- $t \rightarrow$  tiempo [segundos]

MES	LITROS/DÍA	$C_p$ [kJ/kg $^\circ C$ ]	$\rho$ [kg/m $^3$ ]	Tuso [ $^\circ C$ ]	Tsum [ $^\circ C$ ]	kW
Enero	120	4,18	997	60	5	0,32
Febrero	120	4,18	997	60	6	0,31
Marzo	120	4,18	997	60	8	0,30
Abril	120	4,18	997	60	10	0,29
Mayo	120	4,18	997	60	11	0,28
Junio	120	4,18	997	60	12	0,28
Julio	120	4,18	997	60	13	0,27
Agosto	120	4,18	997	60	12	0,28
Septiembre	120	4,18	997	60	11	0,28
Octubre	120	4,18	997	60	10	0,29
Noviembre	120	4,18	997	60	8	0,30
Diciembre	120	4,18	997	60	5	0,31

**Tabla.27 Potencia de ACS.**

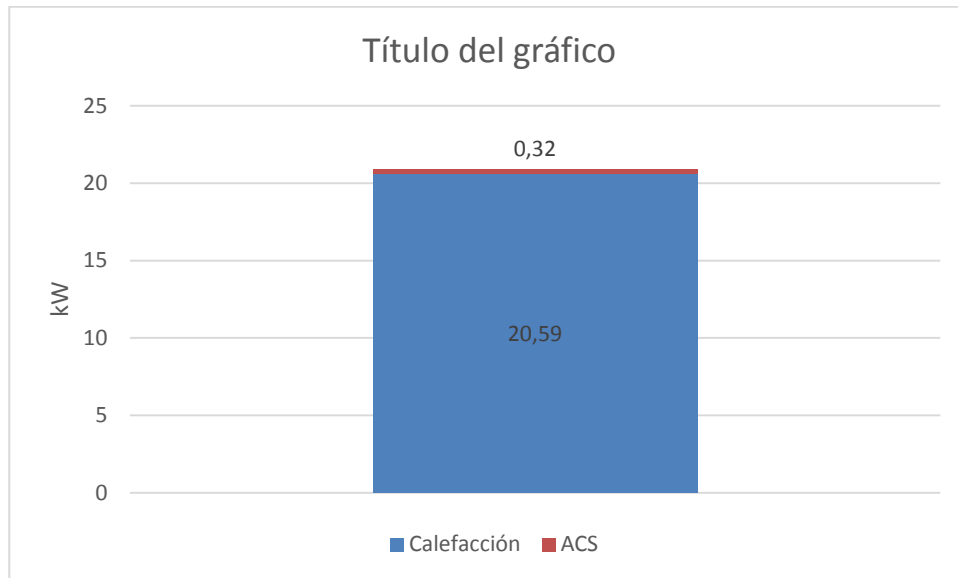
La potencia de ACS que se va a necesitar es la potencia del mes más desfavorable, en este caso, la del mes de Enero.



**Fig.43 Gráfico de las potencias de ACS.**

### 2.1.3 Resumen de las potencias de calefacción y ACS

	kW
Calefacción	<b>20,59</b>
ACS	<b>0,32</b>
<b>TOTAL</b>	<b>20,91</b>



**Fig.44 Gráfico de las potencias de calefacción y ACS.**

Una vez obtenidos todos los cálculos necesarios se llega a la conclusión de que se va a necesitar una bomba de calor que cubra una potencia de 20,91 kW, que se puede aproximar a una caldera de **25 kW**, para darle una mayor seguridad.

### 2.1.4 Dimensionamiento del sistema de aerotermia

#### 2.1.4.1 Instalación de radiadores de baja temperatura

Según la IT 1.2.4.1.2.1 Requisitos mínimos de rendimientos energéticos de los generadores de calor del RITE[41], los emisores deberán estar calculados para una temperatura media de emisor de 60°C como máximo.

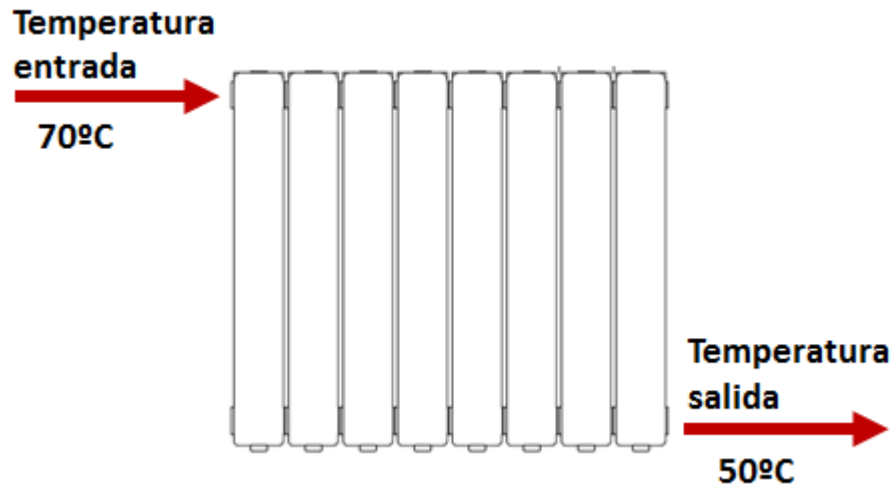
##### 2.1.4.1.1 Diferencia de temperatura entre el radiador y el ambiente ( $\Delta T$ )

Para el cálculo de esta diferencia se sigue la siguiente ecuación:

$$\Delta T = \left( \frac{T_i + T_r}{2} \right) - T_a \quad (13)$$

Donde,

- $T_i \rightarrow$  Temperatura de impulsión o entrada [ $^{\circ}\text{C}$ ]
- $T_r \rightarrow$  Temperatura de retorno o salida [ $^{\circ}\text{C}$ ]
- $T_a \rightarrow$  Temperatura ambiente [ $20^{\circ}\text{C}$ ]



*Fig.45 Temperaturas de entrada y salida según RITE [51]*

Aplicando la ecuación ( 13 ) se obtiene el incremento de temperatura de la instalación:

$$\Delta T = \left( \frac{70 + 50}{2} \right) - 20 = 40 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

#### 2.1.4.1.2 Cálculo de la potencia calorífica

En los cálculos la potencia no se tiene por estancia, por lo que se va a utilizar la siguiente metodología para su cálculo.

Se va a calcular la potencia que necesita la vivienda en calefacción mediante la siguiente ecuación:

$$P = A \times B \times C \times D \times 85 \quad ( 14 )$$

Donde,

- $A \rightarrow$  Espacio a calentar [ $\text{m}^2$ ]
- $B \rightarrow$  Orientación
- $C \rightarrow$  Aislamiento
- $D \rightarrow$  Zona climática

##### 2.1.4.1.2.1 Espacio a calentar

Se trata de los metros cuadrados de la estancia que se quiere calefactar.



	<b>Superficie</b>
	<b>[m<sup>2</sup>]</b>
<b>Cocina</b>	18,30
<b>Salón</b>	22
<b>Aseo</b>	2,05
<b>Entrada</b>	12,15
<b>Hab. 1</b>	14,90
<b>Hab. 2</b>	12,70
<b>Hab. 3</b>	14,10
<b>Baño 1</b>	4,70
<b>Baño 2</b>	4,20
<b>Librería</b>	11,35

#### 2.1.4.1.2.2 Orientación

La orientación de una cada dependerá en mayor medida de donde proviene la mayor cantidad de luz solar. Los valores según la orientación son los siguientes:

NORTE: 1,12

SUR: 0,92

ESTE: 1

OESTE: 1

	<b>Orientación</b>	<b>Valor</b>
<b>Cocina</b>	Oeste	1
<b>Salón</b>	Sur	0,92
<b>Aseo</b>	Sur	0,92
<b>Entrada</b>	Sur	0,92
<b>Hab. 1</b>	Norte	1,12
<b>Hab. 2</b>	Norte	1,12
<b>Hab. 3</b>	Sur	0,92
<b>Baño 1</b>	Norte	1,12
<b>Baño 2</b>	Norte	1,12
<b>Librería</b>	Sur	0,92

*Tabla.28 Orientación de las estancias de la vivienda*

#### 2.1.4.1.2.3 Aislamiento



El aislamiento de la vivienda es un aspecto básico que hay que tener en cuenta para determinar una mejor o peor eficiencia energética de un edificio. Una casa que tenga un bajo aislamiento térmico es más fácil que tenga pérdidas por calefacción, lo que se traduce en pérdidas de energía. Es decir, se necesitará mayor potencia calorífica. En cambio a mayor aislamiento térmico, menor consumo de calefacción. Dependiendo del estado del aislamiento, se debe elegir entre estas tres opciones:

BUEN AISLAMIENTO: 0,93

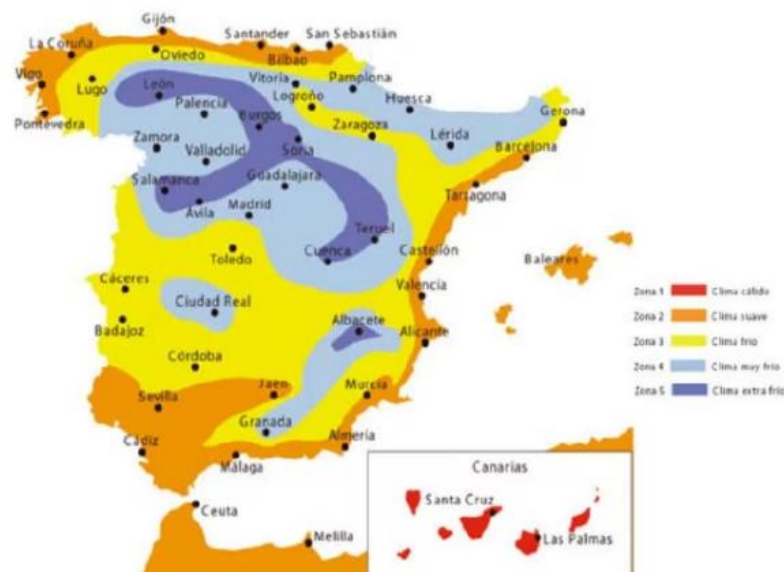
AISLAMIENTO SENCILLO: 1

SIN AISLAMIENTO: 1,10

La vivienda que se está estudiando cuenta con un buen aislamiento por lo que el valor que se va a coger es de 0,93.

#### 2.1.4.1.2.4 Zona climática

El País se divide en distintas zonas climáticas según su lugar geográfico. Esta división fue establecida por el Código Técnico de la Edificación en el DB H1 [42].



**Fig.46** Diferentes zonas según el clima [52]

Según las diferentes zonas se tiene:

ZONA 1: 0,88

ZONA 2: 0,95

ZONA 3: 1,04

ZONA 4: 1,12

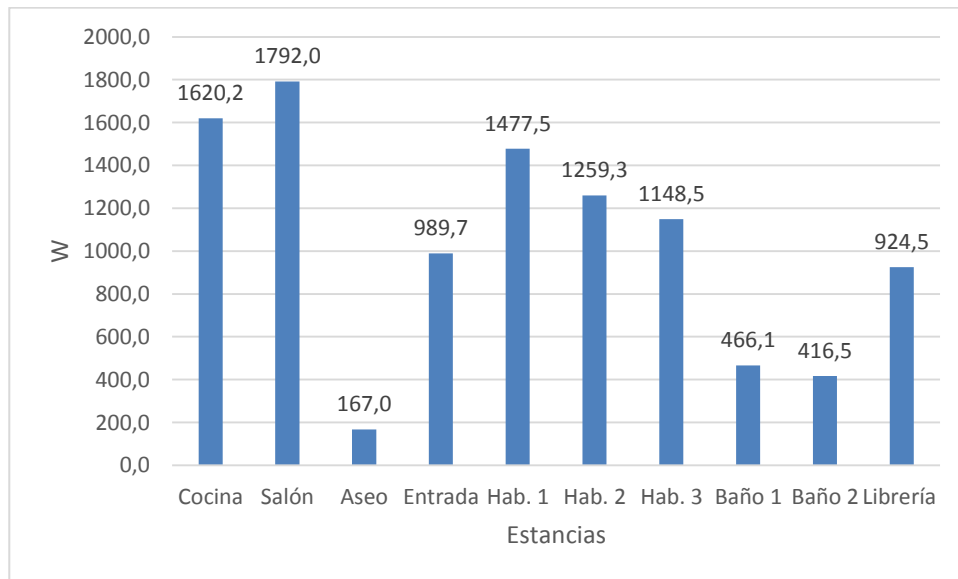
ZONA 5: 1,19

La vivienda que se está estudiando está dentro de la zona 4, por lo que se trata de un clima muy frío, el valor que corresponde es el de 1,12.

Ya se puede pasar al cálculo de la potencia calorífica mediante la ecuación ( 14 )

	Superficie	Orientación	Aislamiento	Zona climática	Potencia calorífica	Potencia calorífica2
	[m <sup>2</sup> ]				[W]	[kW]
<b>Cocina</b>	18,3	1	0,93	1,12	1620,2	1,6
<b>Salón</b>	22	0,92	0,93	1,12	1792,0	1,8
<b>Aseo</b>	2,05	0,92	0,93	1,12	167,0	0,2
<b>Entrada</b>	12,15	0,92	0,93	1,12	989,7	1,0
<b>Hab. 1</b>	14,9	1,12	0,93	1,12	1477,5	1,5
<b>Hab. 2</b>	12,7	1,12	0,93	1,12	1259,3	1,3
<b>Hab. 3</b>	14,1	0,92	0,93	1,12	1148,5	1,1
<b>Baño 1</b>	4,7	1,12	0,93	1,12	466,1	0,5
<b>Baño 2</b>	4,2	1,12	0,93	1,12	416,5	0,4
<b>Librería</b>	11,35	0,92	0,93	1,12	924,5	0,9
<b>TOTAL</b>	<b>116,45</b>				<b>10261,1</b>	<b>10,3</b>

**Tabla.29 Potencia calorífica necesaria en cada estancia de la vivienda**



**Fig.47 Gráfico de la potencia calorífica en cada estancia de la vivienda**

### 2.1.4.1.3 Cálculo del número de radiadores

Para obtener el número de radiadores necesarios en cada estancia de la vivienda se divide la potencia calorífica necesaria en la estancia por la potencia calorífica del radiador de baja temperatura que se va a instalar. En este caso se han escogido dos tipos diferentes de radiadores, ya que según la dimensión de la estancia a calefactar se va a instalar un



radiador con más o menos potencia y tamaño. Los escogidos para las estancias más grandes son los radiadores Ferroli VARESE LP 1000 HE, que cada uno cuenta con una potencia de 1050,3 W. Para las estancias más pequeñas, que en este caso, son los dos baños de la primera planta y el aseo de la planta baja se han escogido los radiadores Ferroli VARESE LP 500 HE, con una potencia de 447 W.

$$N^{\circ} \text{ de radiadores} = \frac{\text{Potencia calorífica de la estancia}}{\text{Potencia calorífica del radiador}} \quad (15)$$

MODELO	Ud.	500 HE	600 HE	800 HE	1000 HE	LP 500 HE	LP 600 HE	LP 800 HE	LP 1000 HE
Potencia Calorífica 55/45/20 °C* Modo Eco	W	447	604	879	1138	369.8	576.5	842	1050.3
Modo Confort	W	498.6	651	940	1228.6	401.1	617.5	915.6	1131.6
Modo Boost	W	569.6	767.2	1112.6	1517	484	710	1087.6	1493.3
Potencia Calorífica Max 75/65/20 °C*	W	1067.4	1402.3	1981.4	2637.2	997.7	1325.6	1855.8	2581.4
Potencia Calorífica Max 70/50/20 °C*	W	823.3	1074.4	1479.1	1995.3	753.5	1032.6	1395.3	1939.5
Contenido de agua	l	0.48	0.62	0.835	1.095	0.48	0.62	0.835	1.095
Conexiones hidráulicas	-	1/2" hembra							
Presión máxima	bar	20							
Nº ventiladores	Ud.	3	4	6	8	3	4	6	8
Tipo ventiladores	-	Brushless DC conmutado electrónicamente.							
Presión sonora (confort)**	dB	29	30.2	32	33.2	29	30.2	32	33.2
Consumo eléctrico max.	W	3.5	5	8	10.5	3.5	5	8	10.5

**Tabla.30 Características de los distintos modelos de radiadores de baja temperatura Ferroli[54]**

Aplicando la ecuación ( 15 ) se obtienen los radiadores que se necesitan. En cuanto al redondeo del número de radiadores dependerá del uso que se le dé a la estancia. Se va a redondear para arriba en todas las estancias de la vivienda.

	Potencia calorífica	Potencia calorífica del radiador	nº de radiadores
	[W]	[w]	
<b>Cocina</b>	1620,2	1050,3	2
<b>Salón</b>	1792	1050,3	2
<b>Aseo</b>	167	447	1
<b>Entrada</b>	989,7	1050,3	1
<b>Hab. 1</b>	1477,5	1050,3	1
<b>Hab. 2</b>	1259,3	1050,3	1
<b>Hab. 3</b>	1148,5	1050,3	1
<b>Baño 1</b>	466,1	447	1
<b>Baño 2</b>	416,5	447	1
<b>Librería</b>	924,5	1050,3	1
<b>TOTAL</b>			<b>12</b>

**Tabla.31 Número de radiadores.**



El número total de radiadores totales de baja temperatura que se van a necesitar en la nueva instalación es de 12 unidades, de los cuales 9 unidades son del modelo Ferroli VARESE LP 1000 HE y 3 unidades del Ferroli VARESE LP 500 HE.

## 2.1.4.2 Diseño de la instalación hidráulica

Un vez conocidas las cargas térmicas de cada estancia y los emisores que se van a utilizar, se ha de realizar un correcto dimensionamiento del sistema de distribución del agua de calefacción.

### 2.1.4.2.1 Selección de unidades

#### 2.1.4.2.1.1 Bomba de calor aire-agua

La bomba de calor aire-agua seleccionada se trata de la Platinum BC Max de 27W. Cuenta con una unidad exterior y una unidad interior. Entre ambas unidades hay que establecer unas longitudes mínimas y máximas de conexión para su correcto funcionamiento. Estas distancias vienen dadas por el fabricante de la bomba de calor.

Longitud mínima = 2m

Longitud máxima = 20m

Diferencia máxima de altura = 30m

Número máximo de codos = 30m

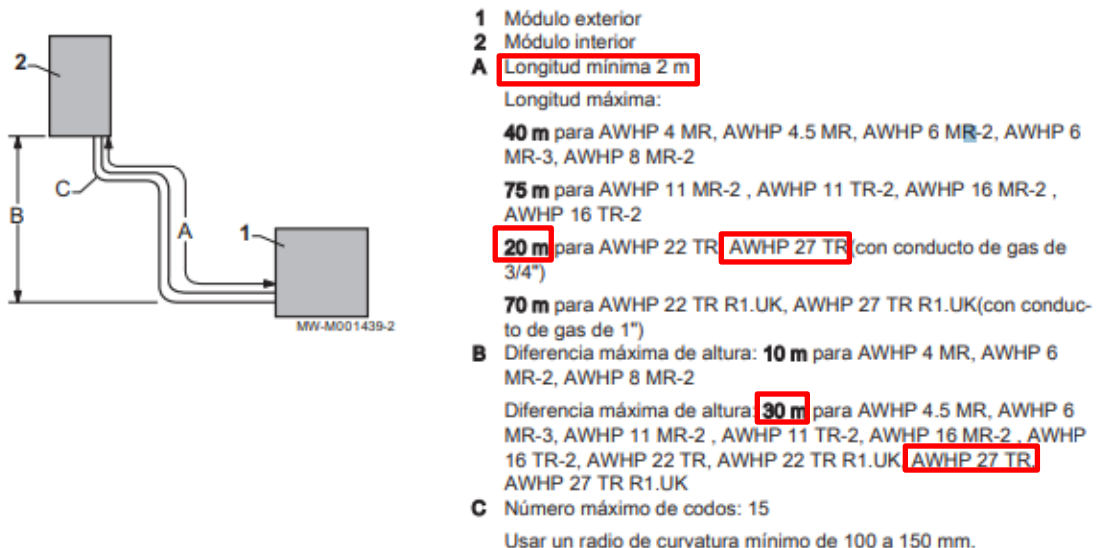


Fig.48 Distancias mínimas y máximas entre unidad exterior e interior [55]

**2.1.4.2.1.1.1 Unidad exterior**

El objetivo de esta unidad es captar el aire del entorno y mediante un sistema de presión, alimentado por una fuente de corriente eléctrica, calentar el aire para después calentar el agua del circuito. Produce calor y lo transmite al circuito de calefacción por medio del fluido frigorífico en el intercambiador de placas. El fluido refrigerante que va a circular por el sistema es R410A. Es capaz de funcionar con una temperatura exterior de hasta -15°C.

**2.1.4.2.1.1.2 Unidad interna**

Incorpora una regulación especial que permite ajustar la temperatura del agua de calefacción en función de las necesidades de la vivienda.

**2.1.4.2.1.2 Acumulador de ACS**

El acumulador de agua caliente sanitaria como mínimo tiene que ser de 120 litros. Para optimizar la producción de ACS, las combinaciones según la bomba de calor seleccionada y el acumulador de ACS recomendadas se muestran a continuación:

	AWHP 4 MR	AWHP 4.5 MR	AWHP 6 MR-2 AWHP 6 MR-3	AWHP 8 MR-2	AWHP 11 MR-2 AWHP 11 TR-2	AWHP 16 MR-2 AWHP 16 TR-2	AWHP 22 TR	AWHP 27 TR
150	X	X	X	X	X			
200			X	X	X	X		
300					X	X	X	X

**Tabla.32 Combinaciones de bomba de calor y acumulador ACS recomendadas [55]**

La mejor opción de instalación es la de un acumulador de 300 litros, que es más del doble de la capacidad que la vivienda necesita, por lo que se decide instalar un acumulador de 150 litros. El modelo elegido es el Acumulador Esmaltado Baxi 150E.

	<b>AS 150E</b>
Volumen ACS [l]	149
Presión máx. primario [bar]	25
Temp. Máx. primario [°C]	200
Presión máx. secundario [bar]	8
Temp. Máx. secundario [°C]	90

**Tabla.33 Datos técnicos del acumulador AS 150E [56]**

**2.1.4.2.1.3 Tubos**

Para el cálculo de las tuberías hay que tener en cuenta que se trata de un sistema bitubo, es decir, la bomba de calor está dividida en dos partes, una unidad exterior que es la



UPV EHU

Documento nº1- Memoria

encargada de absorber el calor de aire, y otra unidad interior que se encarga de transmitir el calor del aire a los distintos usos que se vayan a utilizar como el ACS o la calefacción.

El sistema bitubo utiliza tuberías frigoríficas que unen las dos unidades, la exterior y la interior. Este sistema es más complicado pero a la vez tiene un mayor rendimiento. La selección de la tubería frigorífica viene determinada por el propio fabricante de la unidad exterior, es este caso Baxi, que serían de 3/4" para el gas frigorífico y de 1/2" para el fluido frigorífico.



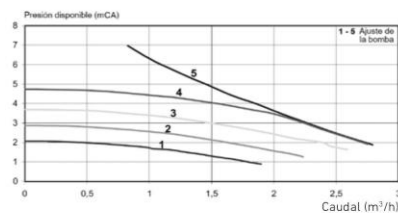
## 2.2 Anexos

### 2.2.1 Fichas técnicas

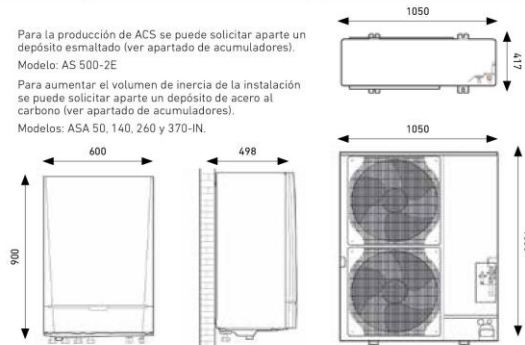
- Bomba de calor aire-agua Platinum BC Max de 27W (Compuesta por una unidad exterior y una unidad interior)**

Bombas de calor		Bombas de calor Bibloc																																																																																														
																																																																																																
		<h3>Platinum BC Max</h3>																																																																																														
		<p><b>Inverter:</b> ajusta la potencia a las necesidades de cada momento.</p> <p><b>Temperatura máxima de ida 60°C.</b></p> <p><b>Depósito de inercia:</b> dispone de un depósito de inercia de 40 L.</p> <p><b>Funcionamiento en cascada:</b> su avanzada electrónica permite el control de hasta 10 bombas de calor en cascada, en modo calor y en modo frío.</p>	<p><b>Cuadro de control:</b> la avanzada electrónica que incorpora, permite el control sobre 2 circuitos de calefacción a diferentes temperaturas, uno directo y otro con válvula mezcladora. Además los accesorios de regulación permiten modificar a distancia cualquier parámetro del sistema.</p> <p><b>Resistencias eléctricas de apoyo integradas:</b> 4, 8 y 12 kW con alimentación trifásica.</p>																																																																																													
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>22 TR</th> <th>27 TR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Potencia en Calefacción (1)</td> <td>kW 19,40</td> <td>24,40</td> </tr> <tr> <td>COP (1)</td> <td>3,94</td> <td>3,90</td> </tr> <tr> <td>Potencia eléctrica (1)</td> <td>kWe 4,90</td> <td>6,30</td> </tr> <tr> <td>Intensidad nominal (1)</td> <td>A 12,30</td> <td>15,60</td> </tr> <tr> <td>Potencia en frío (2)</td> <td>kW 17,65</td> <td>22,20</td> </tr> <tr> <td>EER (2)</td> <td>3,80</td> <td>3,80</td> </tr> <tr> <td>Potencia eléctrica (2)</td> <td>kWe 4,65</td> <td>5,84</td> </tr> <tr> <td>Intensidad nominal (2)</td> <td>A 14,53</td> <td>18,25</td> </tr> <tr> <td>Tensión de alimentación</td> <td>V 400 ~ 3</td> <td>400 ~ 3</td> </tr> <tr> <td>Clase de Eficiencia en Calefacción a 35°C</td> <td>A++</td> <td>A++</td> </tr> <tr> <td>Clase de Eficiencia en Calefacción a 55°C</td> <td>A++</td> <td>A++</td> </tr> <tr> <td>Conexión frigorífica (Líquido-Gas)</td> <td>3/8" ~ 3/4" ó 3/8" ~ 1"</td> <td>1/2" ~ 3/4" ó 1/2" ~ 1"</td> </tr> <tr> <td>Peso unidad exterior</td> <td>kg 135</td> <td>141</td> </tr> <tr> <td>Peso unidad interior</td> <td>kg 58</td> <td>58</td> </tr> <tr> <td>Conjunto</td> <td>Referencia</td> <td>Referencia</td> </tr> <tr> <td></td> <td>PVP (3)</td> <td>PVP (3)</td> </tr> <tr> <td>Unidad interior</td> <td>Referencia</td> <td>Referencia</td> </tr> <tr> <td></td> <td>PVP (3)</td> <td>PVP (3)</td> </tr> <tr> <td>Unidad exterior</td> <td>Referencia</td> <td>Referencia</td> </tr> <tr> <td></td> <td>PVP (3)</td> <td>PVP (3)</td> </tr> </tbody> </table>		22 TR	27 TR	Potencia en Calefacción (1)	kW 19,40	24,40	COP (1)	3,94	3,90	Potencia eléctrica (1)	kWe 4,90	6,30	Intensidad nominal (1)	A 12,30	15,60	Potencia en frío (2)	kW 17,65	22,20	EER (2)	3,80	3,80	Potencia eléctrica (2)	kWe 4,65	5,84	Intensidad nominal (2)	A 14,53	18,25	Tensión de alimentación	V 400 ~ 3	400 ~ 3	Clase de Eficiencia en Calefacción a 35°C	A++	A++	Clase de Eficiencia en Calefacción a 55°C	A++	A++	Conexión frigorífica (Líquido-Gas)	3/8" ~ 3/4" ó 3/8" ~ 1"	1/2" ~ 3/4" ó 1/2" ~ 1"	Peso unidad exterior	kg 135	141	Peso unidad interior	kg 58	58	Conjunto	Referencia	Referencia		PVP (3)	PVP (3)	Unidad interior	Referencia	Referencia		PVP (3)	PVP (3)	Unidad exterior	Referencia	Referencia		PVP (3)	PVP (3)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Accesorios</th> <th>Kit válvula mezclador + sonda</th> <th>Kit aislamiento unidad interior (para modo de enfriamiento)</th> <th>Kit aislamiento válv. Mezcladora</th> <th>Kit V3V calefacción/ACS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Referencia</td> <td><b>7502759</b></td> <td><b>7502760</b></td> <td><b>7502761</b></td> <td><b>7502762</b></td> </tr> <tr> <td>PVP</td> <td><b>568 €</b></td> <td><b>223 €</b></td> <td><b>117 €</b></td> <td><b>164 €</b></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Sonda ACS</td> <td>Sonda ida válvula mezcladora</td> <td>Mando a distancia con sonda de ambiente</td> <td>Mando a distancia CDI D.iSystem</td> </tr> <tr> <td>Referencia</td> <td><b>7502763</b></td> <td><b>7502764</b></td> <td><b>7502765</b></td> <td><b>7502766</b></td> </tr> <tr> <td>PVP</td> <td><b>38,60 €</b></td> <td><b>62 €</b></td> <td><b>77 €</b></td> <td><b>140 €</b></td> </tr> </tbody> </table>	Accesorios	Kit válvula mezclador + sonda	Kit aislamiento unidad interior (para modo de enfriamiento)	Kit aislamiento válv. Mezcladora	Kit V3V calefacción/ACS	Referencia	<b>7502759</b>	<b>7502760</b>	<b>7502761</b>	<b>7502762</b>	PVP	<b>568 €</b>	<b>223 €</b>	<b>117 €</b>	<b>164 €</b>		Sonda ACS	Sonda ida válvula mezcladora	Mando a distancia con sonda de ambiente	Mando a distancia CDI D.iSystem	Referencia	<b>7502763</b>	<b>7502764</b>	<b>7502765</b>	<b>7502766</b>	PVP	<b>38,60 €</b>	<b>62 €</b>	<b>77 €</b>	<b>140 €</b>
	22 TR	27 TR																																																																																														
Potencia en Calefacción (1)	kW 19,40	24,40																																																																																														
COP (1)	3,94	3,90																																																																																														
Potencia eléctrica (1)	kWe 4,90	6,30																																																																																														
Intensidad nominal (1)	A 12,30	15,60																																																																																														
Potencia en frío (2)	kW 17,65	22,20																																																																																														
EER (2)	3,80	3,80																																																																																														
Potencia eléctrica (2)	kWe 4,65	5,84																																																																																														
Intensidad nominal (2)	A 14,53	18,25																																																																																														
Tensión de alimentación	V 400 ~ 3	400 ~ 3																																																																																														
Clase de Eficiencia en Calefacción a 35°C	A++	A++																																																																																														
Clase de Eficiencia en Calefacción a 55°C	A++	A++																																																																																														
Conexión frigorífica (Líquido-Gas)	3/8" ~ 3/4" ó 3/8" ~ 1"	1/2" ~ 3/4" ó 1/2" ~ 1"																																																																																														
Peso unidad exterior	kg 135	141																																																																																														
Peso unidad interior	kg 58	58																																																																																														
Conjunto	Referencia	Referencia																																																																																														
	PVP (3)	PVP (3)																																																																																														
Unidad interior	Referencia	Referencia																																																																																														
	PVP (3)	PVP (3)																																																																																														
Unidad exterior	Referencia	Referencia																																																																																														
	PVP (3)	PVP (3)																																																																																														
Accesorios	Kit válvula mezclador + sonda	Kit aislamiento unidad interior (para modo de enfriamiento)	Kit aislamiento válv. Mezcladora	Kit V3V calefacción/ACS																																																																																												
Referencia	<b>7502759</b>	<b>7502760</b>	<b>7502761</b>	<b>7502762</b>																																																																																												
PVP	<b>568 €</b>	<b>223 €</b>	<b>117 €</b>	<b>164 €</b>																																																																																												
	Sonda ACS	Sonda ida válvula mezcladora	Mando a distancia con sonda de ambiente	Mando a distancia CDI D.iSystem																																																																																												
Referencia	<b>7502763</b>	<b>7502764</b>	<b>7502765</b>	<b>7502766</b>																																																																																												
PVP	<b>38,60 €</b>	<b>62 €</b>	<b>77 €</b>	<b>140 €</b>																																																																																												

(1) Modo de calefacción: Temperatura del aire exterior +7°C, Temp. del agua de salida +35°C. Prestaciones según EN 14511-2  
 (2) Modo de enfriamiento: Temperatura del aire exterior +35°C, Temp. del agua de salida +18°C. Prestaciones según EN 14511-2  
 (3) Tasa de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos incluido en PVP del producto según Directiva EU nº 2012/19.



Para la producción de ACS se puede solicitar aparte un depósito esmaltado (ver apartado de acumuladores). Modelo: AS 500-2E  
 Para aumentar el volumen de inercia de la instalación se puede solicitar aparte un depósito de acero al carbono (ver apartado de acumuladores). Modelos: ASA 50, 140, 260 y 370-IN.



BAXI ofrece una verificación gratuita de la Puesta en Marcha de las bombas de calor, realizada, a petición del usuario, por el Servicio Oficial de Asistencia Técnica BAXI.

62 | Precios de Venta al Público Sugeridos • Abril 2017 • Toda factura tendrá el recargo del IVA. • El presente Catálogo-Tarifa anula los anteriores • Medidas en mm.



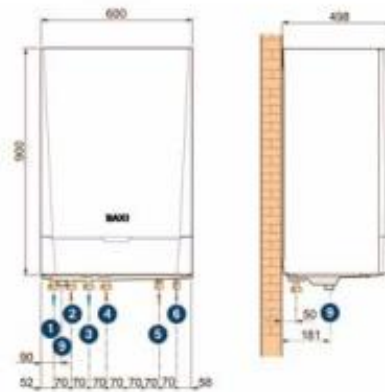
Fig.49 Ficha técnica de la bomba de calor aire-agua

**BAXI**

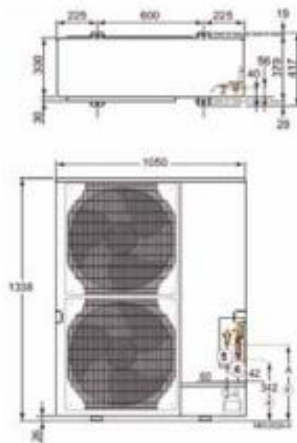
● Dimensiones y conexiones

Unidad interior

- 1 Ida y retorno circuito válvula mezcladora 1"
- 2 Ida y retorno circuito válvula mezcladora 1"
- 3 Ida y retorno circuito directo 1"
- 4 Ida y retorno circuito directo 1"
- 5 Conexión frigorífica 3/4"  
[utilizar el adaptador de 1" para soldar]
- 6 Conexión frigorífica 1/2"



Unidad exterior



- A AWHP 22 : 450  
AWHP 27 : 424
- B Conexión flare 3/8" fluido frigorífico (AWHP 22)  
Conexión flare 1/2" fluido frigorífico (AWHP 27)
- C Conexión flare 3/4" gas frigorífico + Adaptador 1"  
(por soldar)

Fig.50 Dimensiones de la bomba de calor aire-agua

● Cuadro de control

- Control de un circuito directo y otro con válvula mezcladora tanto en frío como en calor.
- Control de la producción de ACS.
- Protección antilegionela.
- Programación horaria.
- Gestión de la resistencia de apoyo.
- Medida de caudal
- Visualización en display por códigos y pictogramas



- 1 Tecla de acceso al menú rápido
- 2 Botón de ajuste giratorio:
  - Girar del botón giratorio para ir pasando los distintos menús o modificar un valor.
  - Pulsar el botón giratorio para acceder al menú seleccionado o validar la modificación de un valor.
- 3 Tecla de acceso al menú principal

**Fig.51 Cuadro de control de la bomba de calor aire-agua**

- **Accesorios Platinum BC Max de 27W**



**Fig.52 Accesorios Platinum BC Max 27W**

- **Bloques de hormigón 39x19x19 cm para soporte de la unidad exterior**

**FICHA TÉCNICA: BLOQUE 39x19x19**

**Uso previsto**

Bloque cara-vista  
 F. Estructural / expuesto  
 Bloque a revestir  
 Cerramiento / no expuesto

**Tipo**

Bloque de áridos densos, categoría II, R6 / R4, Liso o split, P: bloque perforado

**Modelos**

Liso con y sin hidrófugo / Split con y sin hidrófugo

**Dimensiones nominales (mm)**

Serie A: 400x200x200

**Conservación**

Su conservación solo requiere precaución para no dañar el tono del bloque, cuando este no sea gris.

**Precauciones de manipulación**

Se aconseja la utilización de guantes de protección y zapatos de seguridad.

**Presentación**

El bloque liso se presenta en palet de 1000x1200 flejado y/o plastificado según color.

El bloque split se presenta en palet de 1000x1200 flejado y plastificado.

**Colores**

Blanco, crema, gris, tostado

**Unidades / Palet**

Liso 90 / Split 75

**M<sup>2</sup> / palet**

Liso 7.2 / Split 6

**Unidades / m<sup>2</sup>**

12.5

**Peso de palet**

Liso 1425 / Split 1250

**Peso aprox. (Kg / m<sup>2</sup>)**

Liso 198 / Split 208

**Datos técnicos**

Características	B. cara-vista	B. a revestir	Norma aplicable
	F. Estructural / Expuesto	Cerramiento / No expuesto	
Tolerancias dimensionales	Categoría: D2	Categoría: D1	UNE-EN 771-3/A1
Configuración	P: B. Perforado	P: B. Perforado	UNE ENV 1996-1-1:97 (Tabla 3.1)
Resistencia a compresión	R6 N/mm <sup>2</sup>	R4 N/mm <sup>2</sup>	UNE-EN 771-3/A1
Estabilidad dimensional	PND	-	UNE-EN 771-3/A1
R. Adherencia a cortante	0.15 N/mm <sup>2</sup>	0.15 N/mm <sup>2</sup>	UNE-EN 771-3/A1
Reacción fuego	Euroclase A1	Euroclase A1	UNE-EN 771-3/A1
Resistencia al fuego	EI 120 / E 180 (Gris H)	EI 120 / E 180 (Gris B)	UNE-EN 13501-2
Absorción por capilaridad	X <sub>s</sub> ≤ 4.2 gr/cm <sup>2</sup> X <sub>w</sub> ≤ 3 gr/cm <sup>2</sup>	-	UNE-EN 771-3/A1
Permeabilidad vapor de agua	μ = 30/100 (C. difusión vapor de agua)	μ = 30/100 (C. difusión vapor de agua)	UNE-EN 1745
Aislamiento acústico	1100 Kg/m <sup>3</sup> (Densidad Aparente)	1100 Kg/m <sup>3</sup> (Densidad Aparente)	UNE-EN 771-3/A1
Conductividad Térmica	λ = 1.24 W/mK	λ = 1.24 W/mK	UNE-EN 1745

Fig.53 Ficha técnica bloques de hormigón

• Acumulador ACS Baxi 150E



**Esmaltados con cuadro de control**

Fabricados en acero esmaltado. Circuito primario de serpentín cónico de alto rendimiento.



Aislamiento del depósito mediante espuma rígida de poliuretano inyectado, libre de CFC.

Cuadro de control completo que incluye termómetro, termostato de regulación e interruptor invierno/verano.

Se incluye el grupo flexbrane en los modelos hasta 150 E.

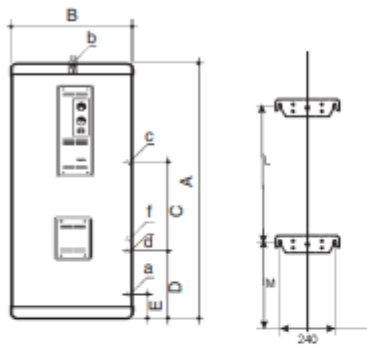
Incorpora la protección por ánodo de sacrificio de magnesio e indicador de su estado.

Garantía 5 años (ver condiciones en la tarjeta que se adjunta con el producto).

	110E	150E	200E	300E	500E
Volumen ACS	107	149	197	292	490
Tipo de intercambiador	Serpentín	Serpentín	Serpentín	Serpentín	Serpentín
Volumen primario	4	5	10	13	15
Instalación	Vertical y mural	Vertical y mural	Vertical	Vertical	Vertical
Presión máx. primario	25	25	25	25	25
Temp. máx. primario	200	200	200	200	200
Presión máx. secundario	8	8	8	8	8
Temp. máx. secundario	90	90	90	90	90
Clase de eficiencia energética	B	B	B	B	C
Peso en vacío	47	59	85	111	160
Referencia	<b>148112306</b>	<b>148112307</b>	<b>148112308</b>	<b>148112309</b>	<b>148112310</b>
PVP	<b>732 €</b>	<b>792 €</b>	<b>1.074 €</b>	<b>1.479 €</b>	<b>2.005 €</b>
Grupo seguridad Flexbrane	3/4" apto hasta modelo 200 E			1" apto hasta modelo 500 E	
Referencia	<b>195230008</b>			<b>195230007</b>	
PVP	<b>26,15 €</b>			<b>75 €</b>	
Resistencia eléctrica	1,5 kW (para modelo 110E y 150E)		2,4 kW (para modelo 200E, 300E y 500E)		
Referencia	<b>148016074</b>		<b>148016075</b>		
PVP	<b>132 €</b>		<b>229 €</b>		
Soporte mural	para 110E y 150E				
Referencia	<b>148004000</b>				
PVP	<b>17 €</b>				

**Fig.54 Ficha técnica Acumulador ACS**

110 E - 150 E



Modelo / Model / Modelos	Cotas mm / Dimensions mm / Cotas mm									Conexiones / Connections / Ligações			
	A	B	C	D	E	M	L	G	a/e	b	c	d	
110 E (1)	1155	480	440	325	115	363	585	-	3/4"	3/4"	1/2"	1/2"	
150 E (1)	1266	560	480	348	115	386	635	-	3/4"	3/4"	1/2"	1/2"	

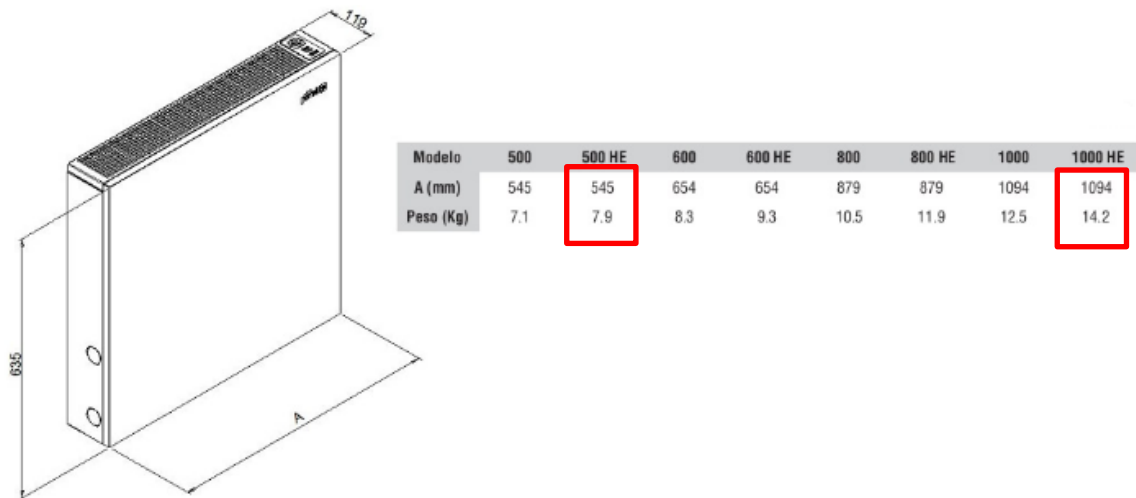
Fig.55 Dimensiones del acumulador de ACS

- Radiador Ferroli VARESE LP 1000 HE y radiador Ferroli VARESE LP 500 HE

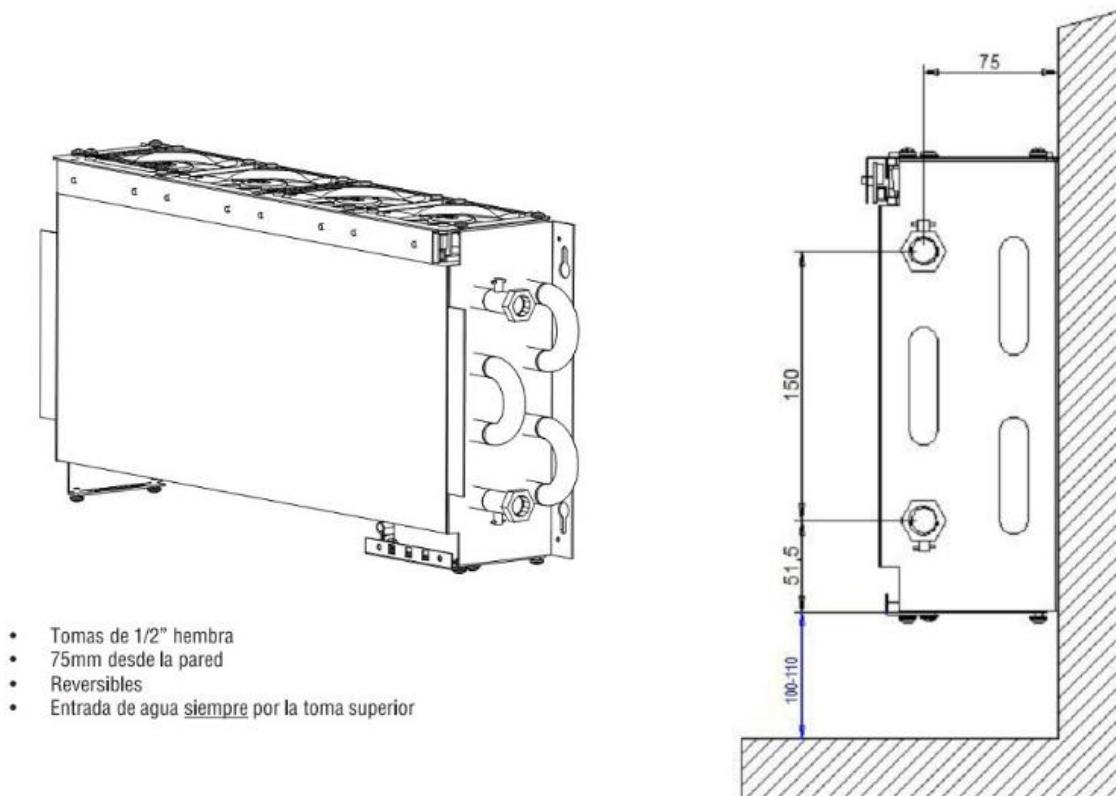


MODELO	Ud.	500 HE	600 HE	800 HE	1000 HE	LP 500 HE	LP 600 HE	LP 800 HE	LP 1000 HE	
Potencia Calorífica 55/45/20 °C*	Modo Eco	W	447	604	879	1138	369.8	576.5	842	1050.3
	Modo Confort	W	498.6	651	940	1228.6	401.1	617.5	915.6	1131.6
	Modo Boost	W	569.6	767.2	1112.6	1517	484	710	1087.6	1493.3
Potencia Calorífica Max 75/65/20 °C*	W	1067.4	1402.3	1981.4	2637.2	997.7	1325.6	1855.8	2581.4	
Potencia Calorífica Max 70/50/20 °C*	W	823.3	1074.4	1479.1	1995.3	753.5	1032.6	1395.3	1939.5	
Contenido de agua	l	0.48	0.62	0.835	1.095	0.48	0.62	0.835	1.095	
Conexiones hidráulicas	-	1/2" hembra								
Presión máxima	bar	20								
Nº ventiladores	Ud.	3	4	6	8	3	4	6	8	
Tipo ventiladores	-	Brushless DC conmutado electrónicamente.								
Presión sonora (confort)**	dB	29	30.2	32	33.2	29	30.2	32	33.2	
Consumo eléctrico max.	W	3.5	5	8	10.5	3.5	5	8	10.5	

Fig.56 Ficha técnica de los radiadores de baja temperatura



**Fig.57 Dimensiones de los radiadores de baja temperatura**



**Fig.58 Posiciones de las tomas hidráulicas de los radiadores de baja temperatura**

## **2.3 Estudios**

### **2.3.1 Estudio de impacto y recuperación ambiental**

Las energías renovables representan una fórmula energética radicalmente más respetuosa con el medio ambiente que las energías convencionales, debido a que se dispone de recursos inagotables para cubrir las necesidades energéticas. Es por ello, que se puede decir que tienen un impacto medioambiental que es prácticamente nulo. Con el uso de estas energías es posible reducir la emisión de contaminantes, tanto los que provocan gases de efecto invernadero, como los que provocan la destrucción de la capa de ozono.

En España desde hace tiempo se mantiene un notorio crecimiento del consumo de energía y de la intensidad energética. La creciente y excesiva dependencia energética exterior y la necesidad de preservar el medio ambiente y asegurar un desarrollo sostenible, obligan al fomento de un uso eficiente de la energía y la utilización de fuentes limpias.

Por lo tanto, el crecimiento de las fuentes renovables, junto a una importante mejora de la eficiencia energética, responde a motivos de estrategia económica, social y medioambiental, además de ser básico para el cumplimiento de los compromisos internacionales en materia de medioambiente.

#### **2.3.1.1 Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>**

A continuación se procede a la realización de la comparativa de las emisiones de CO<sub>2</sub> antes y después de la instalación de aerotermia.

El Gas Natural tiene una emisión de CO<sub>2</sub> de 0,252 kg CO<sub>2</sub>/KWh[60]

##### **2.3.1.1.1 Emisiones de CO<sub>2</sub> actuales**



MES	Qacs [kWh]	Qcalef [kWh]	Qtol [kWh]	Factor de emisión del gas natural [kg CO <sub>2</sub> /kWh]	Emisiones de CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ]
Enero	221,72	15318,96	15540,68	0,203	3154,7
Febrero	196,62	13836,48	14033,1	0,203	2848,7
Marzo	209,63	15318,96	15528,59	0,203	3152,3
Abril	195,06	14824,8	15019,86	0,203	3049,03
Mayo	197,53	15318,96	15516,49	0,203	3149,8
Junio	187,26	0	187,26	0,203	38,0
Julio	189,47	0	189,47	0,203	38,5
Agosto	193,5	0	193,5	0,203	39,3
Septiembre	191,16	0	191,16	0,203	38,8
Octubre	201,56	15318,96	15520,52	0,203	3150,6
Noviembre	202,86	14824,8	15027,66	0,203	3050,6
Diciembre	221,72	15318,96	15540,68	0,203	3154,7
<b>TOTAL</b>			<b>122488.97</b>		<b>24865,3</b>

*Tabla.34 Emisiones de CO<sub>2</sub> con la caldera de gas natural*

Las emisiones de CO<sub>2</sub> al año con la caldera de gas natural que hay actualmente en la vivienda son de 24.865,3 kg CO<sub>2</sub>/año.

### 2.3.1.1.2 Emisiones de CO<sub>2</sub> futuras

Para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> con el sistema de aerotermia ya instalado se calcula el consumo de electricidad, ya que es la fuente energética que se va a utilizar. Una vez calculado el consumo se multiplica por el factor de emisión de la electricidad, en este caso es de 0,399 kg de CO<sub>2</sub>/kWh[60]

El COP de la bomba de calor escogida (Bomba de calor aire-agua Platinum BC Max de 27W) viene dado por el fabricante y es de 3,9.

MESES	Demanda térmica [kWh]	COP	Consumo de electricidad [kWh]	Factor de emisión [kg CO <sub>2</sub> /kWh]	Emisiones de CO <sub>2</sub> [kg de CO <sub>2</sub> ]
Enero	15540,68	3,9	3984,79	0,399	1589,9
Febrero	14033,1	3,9	3598,23	0,399	1435,7
Marzo	15528,59	3,9	3981,69	0,399	1588,7
Abril	15019,86	3,9	3851,25	0,399	1536,6
Mayo	15516,49	3,9	3978,59	0,399	1587,5
Junio	187,26	3,9	48,02	0,399	19,2
Julio	189,47	3,9	48,58	0,399	19,4
Agosto	193,5	3,9	49,62	0,399	19,8
Septiembre	191,16	3,9	49,02	0,399	19,6
Octubre	15520,52	3,9	3979,62	0,399	1587,9
Noviembre	15027,66	3,9	3853,25	0,399	1537,4
Diciembre	15540,59	3,9	3984,77	0,399	1589,9
<b>TOTAL</b>	<b>122488,88</b>		<b>31407,41</b>		<b>12531,6</b>

*Tabla.35 Emisiones de CO<sub>2</sub> con la instalación de aerotermia*

Las emisiones anuales con la instalación aerotérmica son de 12.531,6 kg de CO<sub>2</sub>.

### 2.3.1.1.3 Análisis comparativo

Con la utilización del sistema de aerotermia, las emisiones de CO<sub>2</sub> enviadas a la atmósfera se reducen considerablemente, casi a la mitad, por lo que se van a evitar 12.333,7 kg de CO<sub>2</sub> anuales.

### 2.3.1.2 Payback o “plazo de recuperación”

Determinar si la instalación a ser viable o no desde el punto de vista económico va a consistir en determinar si es posible recuperar la inversión inicial antes de que finalice la vida útil de la instalación.

El precio del kWh del gas natural es de 0,054 €/kWh [61] y el de la electricidad es de 0,13 €/kWh [62]. Multiplicando la potencia antes y después de la instalación entre el precio de cada energía utilizada se obtiene el precio anual de cada instalación.

- Caldera de gas natural :  $122488,97 \text{ kWh} \times 0,054 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 6614,4\text{€}$
- Instalación de aerotermia:  $31407,41 \text{ kWh} \times 0,12 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 4082,9 \text{€}$

Por lo tanto se obtiene un ahorro anual de  $6614,4 - 4082,9 = 2531,5 \text{€}$

Teniendo la inversión de la nueva instalación, que es de 24.747,57 y el ahorro anual de 2531,5 € se obtiene que la instalación de aerotermia se va a amortizar en 10 años.

$$\frac{\text{inversión (24.747,57)}}{\text{ahorro (2531,5)}} = 9,7\text{años}$$

