



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA
CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA
UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: Gomis García, Luis

Tutor/a: Micó Reche, Carlos

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

Resumen

En este proyecto, se realizará un diseño de un sistema de calefacción y agua caliente sanitaria para una vivienda unifamiliar, alimentado mediante energía geotérmica. Para ello, se hará un estudio de la demanda energética de dicha vivienda que incluirá el cálculo del conjunto de cargas térmicas para el dimensionado de la calefacción y el consumo de agua caliente sanitaria. Con esta información, se realizará el diseño y dimensionado tanto del sistema que permita aprovechar la energía geotérmica como de la instalación dentro de la vivienda y sus componentes. El trabajo se completará con los planos de la instalación y un presupuesto.

Palabras clave: Calefacción, Agua Caliente Sanitaria, Demanda, Geotermia.

Abstract

In this Project, a design of a heating and domestic hot water system for a single-family home will be carried out, using geothermal energy. A study of the energy demand of the house will be carried out that will include the calculation of the set of thermal loads for the dimensioning of the heating and the hot water system. With this information, the design and dimensioning of both the system that allows to take advantage of the geothermal energy and the installation inside the house and its components. The work will be completed with the installation plans and a budget.

Keywords: Heating, Hot water, Requirement, Geothermic.

Resum

En aquest projecte, es realitzara un disseny d'un sistema de calefacció y aigua calenta sanitària per un habitatge unifamiliar mitjançant energia geotèrmica. Per a aixó, es farà un estudi de la demanda energètica d'aquest habitatge que inclourà el càlcul del conjunt de càrregues tèrmiques per al dimensionament de la calefacció i consum d'aigua calenta sanitària. Amb aquesta informació, es realitzarà el disseny i dimensionament tant del sistema que permeta aprofitar l'energia geotèrmica com de la instal·lació dins de l'habitatge i els seus components. El treball es completarà amb els plans de la instal·lació i un pressupost.

Paraules clau: Calefacció, Aigua Calenta Sanitària, Demanda, Geotèrmica.

GRADO	Ingeniería Mecánica
TÍTULO	Diseño de un sistema de calefacción y agua caliente sanitaria para una vivienda unifamiliar mediante energía geotérmica
TUTOR	Carlos Micó Reche
AUTOR	Luis Gomis García
FECHA	MAYO-2023
VOLUMEN	DOCUMENTO Nº 1 INDICE GENERAL

INDICE MEMORIA

1. OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYETO.....	12
DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS.....	12
2. ANTECEDENTES.....	14
2.1 Emplazamiento de la vivienda	14
2.2 Características de la vivienda.....	14
2.3 Condiciones climáticas de la zona.....	21
3. CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS.....	25
3.1 Cargas Térmicas.....	25
3.1.1 Cargas por Transmisión.....	26
3.1.2 Cargas por Ventilación.....	26
3.1.3 Cargas por Infiltración.....	27
3.1.4 Cargas por Recuperación de calor.....	27
3.1.5 Cargas por Radiación Solar.....	28
3.1.6 Cargas por Iluminación.....	33
3.1.7 Cargas por Ocupación.....	34
3.1.8 Cargas Internas.....	35
3.1.9 Carga consumo ACS.....	35
3.2 Cálculo de la potencia.....	37
3.2.1 Potencia térmica: Cargas por transmisión.....	37
3.2.2 Potencia térmica: Cargas por ventilación.....	38
3.2.1 Potencia térmica: Cargas por infiltración.....	39
3.2.2 Potencia térmica: Cargas por producción de ACS.....	39
3.2.3 Potencia total.....	40
4. ENERGÍA GEOTÉRMICA.....	41
4.1 Geotermia de muy baja temperatura.....	41
4.2 Sistemas de captación de la energía geotérmica.....	42
4.2.1 Captadores horizontales.....	42
4.2.2 Captadores verticales.....	43
4.3 Bomba de calor geotérmica.....	45
4.3.1 Selección de la bomba de calor.....	48
5 ESQUEMA DE PRINCIPIO DE LA INSTALACIÓN.....	49
5.1 Componentes de la instalación.....	49
5.1.2 Bombas de impulsión.....	54
5.1.3 Aguja hidráulica.....	55
5.1.4 Vaso de expansión.....	55

5.1.5 Colectores.....	56
5.1.6 Suelo radiante.....	57
5.1.8 Válvulas y tuberías.....	60
5.2 CIRCUITOS HIDRÁULICOS.....	62
5.2.1 Sondas geotérmicas.....	64
5.2.2 Circuito ACS.....	65
5.2.2 Circuito suelo radiante.....	66
6 SISTEMA DE CONTROL.....	68
7 REFERENCIAS.....	68
8 PRESUPUESTO.....	69
8.1 RESUMEN DE PARTIDAS.....	69
8.2 RESUMEN DE PRESUPUESTO.....	69
9 CONCLUSIONES.....	70

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica de la vivienda.....	14
Figura2: Esquema resistencias eléctricas serie.....	16
Figura 3: Cerramiento exterior.....	17
Figura 4: Cerramiento de cubierta.....	18
Figura 5: Cerramiento en contacto con el terreno.....	19
Figura 6: Situación geográfica estación meteorológica.....	22
Figura 7: Zonas Climáticas CTE.....	24
Figura 8: Valores límite de los parámetros característicos.....	25
Figura 9: Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación.....	29
Figura 10: Altitud, latitud, longitud y temperatura mínima histórica.....	31
Figura 11: Factor de corrección para superficies inclinadas.....	32
Figura 12: Diagrama de trayectorias del Sol.....	33
Figura 13: Temperatura media del agua de la red general.....	36
Figura 14: Demanda de referencia de ACS.....	37
Figura 15: Variación de la temperatura con la profundidad.....	42
Figura 16: Disposición de captadores horizontales geotermia.....	43
Figura 17: Disposiciones de captadores verticales geotermia.....	44
Figura 18: Sección de captador vertical.....	45
Figura 19: Esquema de una bomba de calor para aplicación en geotermia.....	46

Figura 20: Esquema de una bomba de calor para preparación ACS.....	48
Figura 21: Esquema de principio de la instalación.	49
Figura 22: Detalle sondas geotérmicas en doble U.....	54
Figura 23: Bombas de circulación simple y doble	54
Figura 24: Aguja Hidráulica.....	55
Figura 25: Vaso de expansión.	56
Figura 26: Colector impulsión y retorno	57
Figura 27: Capas suelo radiante	58
Figura 28: Instalación tubos suelo radiante, serpentín simple	58
Figura 29: Válvula de esfera.	60
Figura 30: Válvula de seguridad.	60
Figura 31: Válvula de asiento.....	61
Figura 32: Válvula de tres vías.....	61
Figura 33: Válvula mezcladora.....	62
Figura 34: Válvula antiretorno.....	62

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Distribución de la vivienda por planta	15
Tabla 2: Superficie de vidrios, fachadas y cerramientos por fachada.....	15
Tabla 3: Componentes cerramiento exterior.....	16
Tabla 4: Resistencia y transmitancia térmica del cerramiento exterior	18
Tabla 5: Resistencia y transmitancia térmica de la cubierta.....	19
Tabla 6: Resistencia y transmitancia térmica del cerramiento en contacto con el terreno.....	20
Tabla 7: Transmitancia térmica y factor solar de los vidrios	20
Tabla 8: Distribución luminarias planta sótano.....	20
Tabla 9: Distribución luminarias planta baja.....	20
Tabla 10: Distribución luminarias planta primera.....	21
Tabla 11: Relación de los equipos que consumen potencia eléctrica.....	21
Tabla 12: Temperaturas extremas en Mutxamel en °C.	22
Tabla 13: Temperaturas año promedio Mutxamel en °C.	23
Tabla 14: Condiciones de diseño para temperatura interior.....	26
Tabla 15: Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables.....	27
Tabla 16: Coeficientes por orientación.....	29

Tabla 17: Coeficientes por inclinación.....	31
Tabla 18: Valor sensible y latente desprendido por una persona, en (Kcal/h).....	34
Tabla 19: Resumen de superficies y transmitancia térmica de la envolvente del inmueble.....	38
Tabla 20: Cálculo de potencia de calefacción por transmisión para cerramientos mes de enero.....	38
Tabla 21: Cálculo de la potencia de calefacción por ventilación para el mes de enero.....	39
Tabla 22: Cálculo de la potencia de calefacción por infiltración para el mes de enero.....	39
Tabla 23: Cálculo de la potencia de calefacción para producción de ACS para el mes de enero.....	39
Tabla 24: Potencia de calefacción necesaria total.	40
Tabla 25: Comparativa de características.....	45
Tabla 26: Potencia máxima calculada para calefacción.....	48
Tabla 27: Conductividad térmica y capacidad térmica volumétrica de algunas rocas y otros materiales.	50
Tabla 28: Valores de extracción de calor específica posibles para intercambiadores verticales.....	52
Tabla 29: Número y longitud de los circuitos de suelo radiante.....	59
Tabla 30: Diámetros y espesores de tuberías de polietileno.....	64
Tabla 31: Pérdidas de carga circuito primario.....	65
Tabla 32: Pérdidas de carga ACS.....	66
Tabla 33: Salto térmico suelo radiante en invierno.....	66
Tabla 34: Pérdidas de carga en circuitos más desfavorables suelo radiante.....	67
Tabla 35: Pérdidas de carga circuito secundario.....	67

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Cargas por Transmisión.....	26
Ecuación 2: Cargas por Ventilación.....	27
Ecuación 3: Cargas por Infiltración.....	27
Ecuación 4: Cargas por recuperación de calor.....	28
Ecuación 5: Cargas por radiación solar.....	28
Ecuación 6: Cargas por Iluminación.....	33
Ecuación 7: Cargas por Ocupación.....	34
Ecuación 8: Cargas Internas.....	35
Ecuación 9: Cargas por Consumo ACS.....	35

Ecuación 10: Cálculo de la profundidad del sondeo.....	53
Ecuación 11: Cálculo longitud circuitos suelo radiante.....	59
Ecuación 12: Cálculo pérdidas de carga.....	63

PLIEGO DE CONDICIONES.

1 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

TRABAJOS DE PERFORACIÓN E INSTALACIÓN DE SONDAS Y COLECTORES

1.1 OBJETO

1.2 CONDICIONES DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS

1.2.1 Prescripciones generales

1.2.1.1 Agua

1.2.1.2 Entubaciones

1.2.1.3 Maquinaria

1.3 EJECUCIÓN DE LA OBRA

1.3.1 Prescripciones generales

1.3.2 Perforación

1.3.3 Entubaciones y zonas filtrantes

1.3.4 Fluido de perforación

1.3.5 Cementaciones

1.3.6 Limpieza y acondicionamiento

1.3.7 Verticalidad y alineación

1.3.8 Cementación de la entubación definitiva

1.3.9 Cierre del sondeo

1.3.10 Acondicionamiento y limpieza del entorno del sondeo

1.3.11 Documentación

1.3.2 Características de las tuberías y accesorios

1.3.2.1 Uniones

1.3.2.1 Montaje de colectores

1.3.2.2 Tendido horizontal

1.3.2.3 Pruebas

1.3.2.4 Llenado, limpieza, purga y circulación

TRABAJOS DE INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE

1.4 OBJETO

1.4.1 Generalidades

1.4.2 Elementos del sistema

1.4.2.1 Tuberías

1.4.2.2 Paneles aislantes

- 1.4.2.3 Film de polietileno
- 1.4.2.4 Zócalo perimetral adhesivo
- 1.4.2.5 Colectores
- 1.4.2.6 Caja de colectores
- 1.5.1 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE
 - 1.5.1.1 Film de polietileno
 - 1.5.1.2 Zócalo perimetral
 - 1.5.1.3 Panel aislante
 - 1.5.1.4 Circuitos de calefacción
 - 1.5.1.5 Almacenamiento y transporte
 - 1.5.1.6 Cajas de colectores
 - 1.5.1.7 Montaje de colectores
 - 1.5.1.8 Llenado de la instalación y prueba de estanquidad
- 1.6. PUESTA EN MARCHA Y CALENTAMIENTO INICIAL

ANEXO 1 CÁLCULOS.

CÁLCULOS

1. CÁLCULOS POTENCIA TÉRMICA NECESARIA
 - 1.1 POTENCIA TÉRMICA DEBIDA A LAS CARGAS POR TRANSMISIÓN
 - 1.2 POTENCIA TÉRMICA DEBIDA A LAS CARGAS POR VENTILACIÓN
 - 1.3 POTENCIA TÉRMICA DEBIDA A LAS CARGAS POR INFILTRACIÓN
 - 1.4 POTENCIA TÉRMICA DEBIDA A LAS CARGAS POR PRODUCCIÓN DE ACS
2. CÁLCULOS SUELO RADIANTE
 - 2.1 CIRCUITOS SUELO RADIANTE
3. CÁLCULOS DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA

ANEXO 2 PLANOS Y ESQUEMAS.

1. PLANO 1: DISTRIBUCIÓN PLANTA SÓTANO
2. PLANO 2: DISTRIBUCIÓN PLANTA BAJA
3. PLANO 3: DISTRIBUCIÓN PLANTA PRIMERA
4. PLANO 4: SUELO RADIANTE PLANTA BAJA
5. PLANO 5: SUELO RADIANTE PLANTA PRIMERA
6. PLANO 6: ESQUEMA DE PRINCIPIO

ANEXO 3 PRINCIPALES COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN.

1. INTRODUCCIÓN
2. BOMBA DE CALOR
3. BOMBA RECIRCULACIÓN CIRCUITO GEOTERMIA
4. BOMBA RECIRCULACIÓN SUELO RADIANTE
5. BOMBA RECIRCULACIÓN ACS

ANEXO 4 PRESUPUESTO.

1. CAPTADORES
 - 1.1 TRABAJOS DE PERFORACIÓN
 - 1.1 PREPARACIÓN DE CAPTADORES
2. COLECTORES Y TUBERÍAS
 - 2.1 COLECTORES
 - 2.2 TUBERÍAS
3. BOMBAS DE IMPULSIÓN
4. BOMBA DE CALOR Y DEPÓSITO ACUMULADOR
5. VALVULERÍA
6. ELEMENTOS DE CONTROL
7. PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACIÓN
8. RESUMEN DE PARTIDAS
9. RESUMEN DE PRESUPUESTO
10. TIEMPO DE RETORNO

1. OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO

El objetivo del proyecto es diseñar un sistema de calefacción y suministro de agua caliente sanitaria (ACS) de una vivienda unifamiliar, mediante la utilización de energía geotérmica.

Para realizar el objetivo principal del proyecto, será necesario alcanzar los siguientes objetivos parciales:

- Cálculo de las cargas térmicas y demanda de energía de la vivienda para calefacción.
- Diseño y dimensionado de la instalación de calefacción.
- Diseño y dimensionado de la instalación de ACS.
- Dimensionado de la instalación Geotérmica para satisfacer la demanda energética de la vivienda para calefacción.

El proyecto de calefacción se fundamenta en el empleo de energía geotérmica somera o de muy baja temperatura, en la que el suelo superficial se aprovecha como almacén de frío o calor y, por consiguiente, como fuente de energía.

Se elaborará un esquema de principio de la instalación, en el que se indicaran todos los componentes necesarios para el correcto funcionamiento de la instalación, dimensionando y seleccionando estos componentes a la luz de los cálculos realizados.

Para finalizar se elaborará un presupuesto para la ejecución de la instalación.

DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS.

Para la realización del trabajo se han aplicado y consultado las siguientes normas y reglamentos:

- Real Decreto 178/22021, de 23 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 178/2021, de 23 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

Atendiendo a lo indicado en el Artículo 10 de este reglamento, "Las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse de forma que se cumplan las exigencias técnicas de bienestar e higiene, eficiencia energética y energías renovables y residuales y seguridad que establece este reglamento", es este reglamento el marco legal que debe cumplir la instalación que se pretende en este trabajo.

- Documento Básico HE Ahorro Energético del Código Técnico De La Edificación, Junio 2022.

De este documento se extraerán multitud de datos necesarios para el Cálculo de la demanda energética de la vivienda objeto de estudio:

- Zona climática.
- Valores límite transmitancia térmica.
- Altitud, longitud y temperaturas mínimas.

- Factores de corrección solar.
 - Temperatura del agua de la red general.
 - Demanda de ACS.
- Guía técnica, Diseño de sistemas de intercambio geotérmico de circuito cerrado, IDAE, 2012. Guías técnicas de ahorro y eficiencia energética en climatización nº 14

El estudio y consulta de este documento ayudará a una mejor comprensión del sistema y a la elaboración del esquema de principio de la instalación.

- Guía técnica, Diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica, IDAE, 2010.

Este documento se utilizará como consulta, con la intención de profundizar en el conocimiento del importante equipo de apoyo del sistema, así como de las características relacionadas con la extracción de energía de diferentes suelos:

- Guía Técnica de aplicación del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, BT-25, septiembre 2003. Instrucción Técnica Complementaria-BT 10.

Se ha utilizado el REBT, concretamente su ITC-BT 10, para la estimación de la potencia eléctrica instalada en la vivienda.

- Instituto Geológico y Minero de España. <http://www.igme.es>.

A través de esta entidad ha sido posible conocer las características geológicas en la ubicación de la instalación:

- Período geológico.
- Principales formaciones geológicas existentes en la zona.

- VDI 4640- Part 2. Thermal use of underground. Verein Deutscher Ingenieure Dusseldorf. 2001.

A través de esta norma alemana, se realizará el cálculo de las sondas geotérmicas tanto el número de estas, como la profundidad de las mismas.

- UNE 53381. Diámetros y espesores de tuberías Polietileno.

De esta norma se extraerán los espesores y diámetros de las tuberías de polietileno normalizados.

2. ANTECEDENTES

2.1 Emplazamiento de la vivienda

El proyecto se realiza para una vivienda unifamiliar situada en la localidad de Mutxamel, en la provincia de Alicante.

La altitud de la localidad es de 63 metros sobre el nivel del mar.



Figura 1. Ubicación geográfica de la vivienda. Fuente "Aplicación google maps". online <https://www.google.es/maps>

2.2 Características de la vivienda

La vivienda es una vivienda de nueva edificación. Se trata de una vivienda unifamiliar pareada, de aproximadamente 174,31 m² habitables, repartidos en tres plantas: Planta sótano, Planta baja, y Planta primera, como se muestra en los planos adjuntos en el Anexo 3, con una superficie útil cada una de:

- Planta sótano.
- Planta baja.
- Planta primera.

La distribución de cada una de las plantas de la casa se muestra en la tabla 1.

Planta	Dependencias	Superficie (m ²)
Sótano	Garaje	45,85
Planta Baja	Salón-comedor, cocina, aseo, habitación Planta Baja	68,81
Planta Primera	3 dormitorios, 2 baños, Terraza	59,65

Tabla 1. Distribución de la vivienda por planta. Elaboración propia

Es necesario indicar las superficies de las fachadas y de sus vidrios en función de su orientación, así como de la cubierta y del contacto con el terreno, estos datos son necesarios para la realización de los cálculos de las cargas térmicas.

Tal y como hemos comentado, la vivienda es pareada, se encuentra unida con la vivienda adyacente a través de la práctica totalidad de la fachada Oeste, únicamente. La vivienda adyacente dispone de sistema de climatización por lo que se considera esta fachada como un cerramiento adiabático en el que no existe un gradiente de temperaturas

Orientación	Vidrios (m ²)	Fachada (m ²)	Cerramiento (m ²)
Fachada Norte	11,4	38,4	27
Fachada Sur	9,14	38,52	29,38
Fachada Este	0,60	70,02	69,42
Fachada Oeste	0	9,09	9,09
Total	21,14	156,03	134,89

Tabla 2. Superficies de vidrios, fachadas y cerramientos por fachada. Elaboración propia

El resto de superficies:

- Cubiertas:
 - o Cubierta vivienda 69,23 m²
 - o **Total 69,23 m²**
- Superficies en contacto con el terreno:
 - o Solera 68,81 m²
 - o **Total 68,81 m²**

La altura media por planta es de tres metros, por lo que el volumen total de la vivienda será de 522,93 m³.

Para poder evaluar la capacidad aislante de los elementos constructivos de la envolvente de la vivienda, necesitamos conocer la resistencia térmica de los materiales, que es la capacidad que poseen de oponerse al flujo de calor (R), es más común emplear el valor de la Transmitancia Térmica (U) que mide el calor que fluye por unidad

de tiempo y superficie a través de un elemento constructivo cuando hay un gradiente térmico entre los dos ambientes que éste separa, su unidad de medida es $\frac{W}{(m^2 \cdot ^\circ C)}$ La Transmitancia Térmica es la inversa de la resistencia térmica, de modo que, cuanto menor sea el valor de U, menor será el valor de la energía que circula entre ambas caras y por tanto mayor será la capacidad aislante del elemento constructivo.

Una analogía que puede resultar útil para la comprensión del concepto de flujo de calor es la que se produce en un circuito eléctrico, donde la corriente eléctrica se comporta como lo hace el flujo de calor.

En los cerramientos de la envolvente del edificio se produce la transmisión de calor a través de varias capas, las cuales presentan resistencias diferentes y diferentes espesores, esta situación se puede representar para una mayor comprensión de fenómeno, como el paso de corriente eléctrica a través de resistencias eléctricas dispuestas en SERIE:

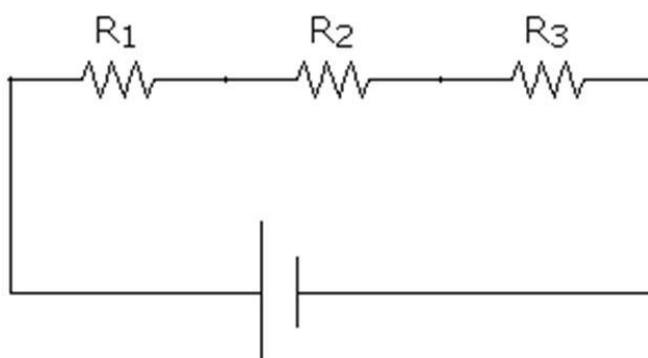


Figura 2. Esquema resistencias eléctricas dispuestas en serie. Fuente Tecnología GLA. online <https://sites.google.com/site/tecnologiadelcrack/consulta>

Para realizar el cálculo de cargas por transmisión de calor a través de los cerramientos, en primer lugar, es necesario determinar la composición de los mismos. A continuación, determinamos la composición del cerramiento exterior.

El cerramiento exterior esta compuesto de las siguientes capas desde el exterior hasta el interior:

Capas cerramiento exterior	Resistencia m ² K/W	Espesor m
1/2 pie de ladrillo métrico catalán 60mm < 80 mm	0,203	0,115
Mortero de cemento	0.011	0,02
EPS Poliestireno expandido	1.379	0,04
Tabique de LH sencillo	0,175	0,04
Yeso de alta dureza	0,036	0.02

Tabla 3. Componentes Cerramiento Exterior.

Se ha utilizado la librería del programa C3X reconocido por el Ministerio de industria, comercio y turismo para recopilar las características de los materiales que componen el cerramiento exterior.

La suma de todas las resistencias de los diferentes materiales da un valor global de la resistencia térmica este valor se utiliza para el cálculo de la transmitancia térmica del cerramiento.

$$R = 1,8 \text{ m}^2\text{K/m}$$

Si se realiza la inversa del valor de la resistencia $1/R$, y obtenemos el valor de la transmitancia del cerramiento U .

$$U = 0,555 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

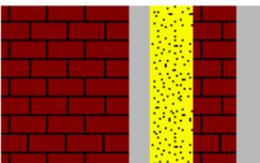
Para el resto de cerramientos que componen la envolvente del inmueble, se ha realizado el mismo cálculo. Para la realización de estos cálculos se ha utilizado el programa C3X, podemos observar el resultado obtenido en las figuras 3, 4, 5 y 6.

Nombre

Características del cerramiento

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

Material	Grupo	R (m2 K...)	Espesor...	λ (W/mK)	ρ (kg/m3)	C_p (J/kgK)
1/2 pie LP métrico o c...	Fábricas de ladrillo	0.203	0.115	0.567	1020	1000
Mortero de cemento ...	Morteros	0.011	0.02	1.8	2100	1000
EPS Poliestireno Expa...	Aislantes	1.379	0.04	0.029	30	1000
Tabique de LH sencillo...	Fábricas de ladrillo	0.175	0.04	0.228	670	1000
Yeso, de alta dureza ...	Yesos	0.036	0.02	0.56	1350	1000



$R_1 + \dots + R_n$
1.8 m2K/W

Características del material

Grupo de materiales:

Material:

Espesor: m λ : W/mK

ρ : kg/m3 Calor específico: J/kgK

Figura 3. Cerramiento exterior. Fuente programa "CE3X" versión 2.3 octubre de 2018. Ministerio para la transición ecológica y reto demográfico

Cerramientos exteriores	
R (m ² K/W)	1,80
U (W/(m ² K))	0,555

Tabla 4. Resistencia y transmitancia térmica del cerramiento exterior.

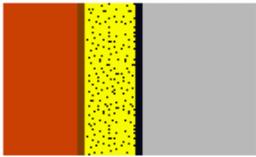
Las características de la cubierta

Nombre

Características del cerramiento

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

Material	Grupo	R (m ² K...)	Espesor...	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	Cp (J/kgK)
Arena y grava [1700 ...	Pétreos y suelos	0.05	0.1	2	1450	1050
Subcapa fieltro	Textiles	0.2	0.01	0.05	120	
EPS Poliestireno Expa...	Aislantes	2.414	0.07	0.029	30	1000
Betún fieltro o lámina	Bituminosos	0.043	0.01	0.23	1100	
Mortero de cemento ...	Morteros	0.115	0.15	1.3	1900	1000



$R_1 + \dots + R_n$
2.82 m²K/W

Características del material

Grupo de materiales: Bituminosos

Material: Betún fieltro o lámina

Espesor: m λ: W/mK

ρ: kg/m³ Calor específico: J/kgK

Figura 4. Cerramiento de cubierta. Fuente programa "CE3X" versión 2.3 octubre de 2018. Ministerio para la transición ecológica y reto demográfico.

La cubierta es de tipo plana invertida, no transitable, formada por una capa de grava caliza de 10 cm de espesor, aislante de poliestireno extruido de 7 cm de espesor, lamina bituminosa y mortero de cemento.

La suma de todas las resistencias de los diferentes materiales da un valor global de la resistencia térmica este valor se utiliza para el cálculo de la transmitancia térmica del cerramiento.

Cubierta	
R (m ² K/W)	2,82
U (W/(m ² K))	0,354

Tabla 5. Resistencia y transmitancia térmica de la cubierta.

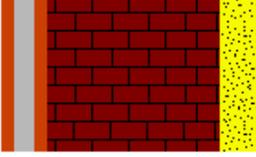
Cerramiento en contacto con el terreno.

Nombre

- Características del cerramiento

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

Material	Grupo	R (m ² K...)	Espesor...	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	Cp (J/kgK)
Plaqueta o baldosa ce...	Cerámicos	0.02	0.02	1	2000	800
Mortero de cemento ...	Morteros	0.017	0.03	1.8	2100	1000
Arena y grava [1700 ...	Pétreos y suelos	0.01	0.02	2	1450	
FU Entrevigado de ho...	Forjados unidireccion...	0.189	0.25	1.323	1330	
XPS Expandido con di...	Aislantes	1.19	0.05	0.042	37.5	1000



$R_{I+...+R_n}$
1.43 m²K/W

- Características del material

Grupo de materiales: Morteros

Material: Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido d >2000

Espesor: 0.03 m λ: 1.8 W/mK

ρ: 2100 kg/m³ Calor específico: 1000 J/kgK

Figura 5. Cerramiento en contacto con el terreno. Fuente programa "CE3X" versión 2.3 octubre de 2018. Ministerio para la transición ecológica y reto demográfico.

El cerramiento en contacto con el terreno, esta formado desde el interior de la vivienda al exterior de la misma por, una capa de hormigón armado de 25 cm, una capa de material bituminoso de 1,5 cm y finalmente por una capa de espuma de polietileno de 1,5 cm de espesor.

La suma de todas las resistencias de los diferentes materiales da un valor global de la resistencia térmica este valor se utiliza para el cálculo de la transmitancia térmica del cerramiento.

Cerramiento en contacto con el terreno	
R (m ² K/W)	1,43
U (W/(m ² K))	0.69

Tabla 6. Resistencia y transmitancia térmica del cerramiento en contacto con el terreno. Elaboración propia

Características de los vidrios.

Los vidrios están formados por un doble acristalamiento de 6 mm de espesor más cámara de aire de 16 mm más cristal de 4 mm de espesor, así mismo los cristales poseen un tratamiento de bajo emisivo. Los vidrios bajo emisivos, también llamados vidrios ATR (Aislante Térmico Reforzado) son vidrios que tienen la capacidad de reflejar la energía solar evitando que buena parte de ella entre en la vivienda.

El factor solar de un vidrio es el porcentaje de energía que se transmite al interior de la vivienda en relación con la energía solar incidente, cuanto más alto sea el factor solar, más elevado es el porcentaje de energía que se transmite al interior de la vivienda.

Vidrios	
U (W/(m ² K))	1,5
F _{solar}	0,63

Tabla 7. Transmitancia térmica y factor solar de los vidrios. Elaboración propia

Seguidamente detallamos la demanda energética de consumo eléctrico de la vivienda.

En primer lugar, detallamos la potencia eléctrica de las luminarias instaladas por planta.

Luminaria	Número	Potencia (W)
Luminaria fluorescente estanca 2X36 W	2	144

Tabla 8. Distribución luminarias planta sótano. Elaboración propia.

Luminaria	Número	Potencia (W)
Puntos de luz en techo	5	100
Luz halógena empotrada 40W	3	120
Puntos de luz en pared	2	80

Tabla 9. Distribución luminarias planta baja. Elaboración propia.

Luminaria	Número	Potencia (W)
Puntos de luz en techo	4	80
Luz halógena empotrada 40W	2	80
Puntos de luz en pared 40W	4	160

Tabla 10. Distribución luminarias planta primera. Elaboración propia

A continuación, detallamos la potencia de los equipos eléctricos instalados.

Equipos eléctricos	Número	Potencia (W)
Televisión	2	500
Ordenador	2	800
Lavadora	1	500
Secadora	1	1800
Lavavajillas	1	850
Nevera	1	750
Microondas	1	800
Cocina	1	850

Tabla 11. Relación de los equipos que consumen potencia eléctrica. Elaboración propia

2.3 Condiciones climáticas de la zona.

La vivienda dispone de una orientación Norte-Sur, en la que la fachada principal tiene orientación Norte.

Para el correcto dimensionamiento de la instalación y optimizar la climatización de la vivienda, los cálculos deben basarse en las condiciones climatológicas de la zona donde se ubica el inmueble, teniendo en cuenta las condiciones de climáticas de la zona, se podrán dimensionar los equipos de forma óptima.

La estación meteorológica más cercana, se encuentra a 6,3 Km de distancia, por lo que se considera que los datos obtenidos a través de esta estación serán asimilables.

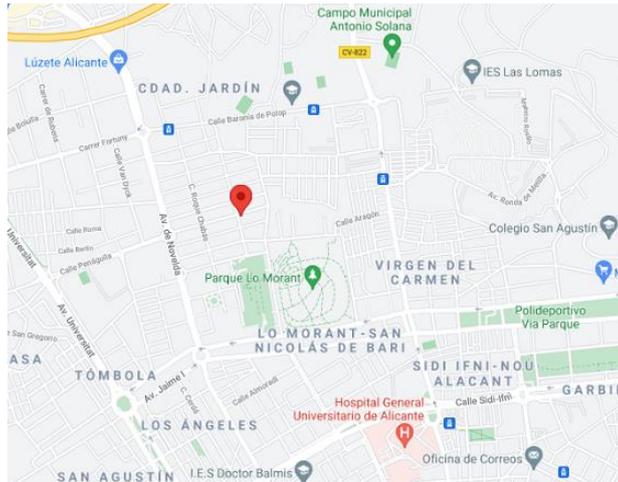


Figura 6. Situación geográfica estación meteorológica. Fuente "Aplicación google maps". online <https://www.google.es/maps>

Se realiza un estudio de las temperaturas durante un período de cinco años (2015-2020), para el cálculo de potencias de calefacción y refrigeración, que se indica más adelante, para el cálculo se han utilizado las temperaturas extremas para cada mes, para así situarnos en la peor situación posible.

Las temperaturas extremas para un año serían:

Año extremo	Máxima °C	Mínima °C	Promedio °C
Enero	13,8	6,6	10,0
Febrero	14,3	6,8	10,4
Marzo	16,6	8,8	12,7
Abril	18,8	11,0	14,9
Mayo	21,9	14,0	18,1
Junio	26,4	18,3	22,5
Julio	29,0	21,0	25,0
Agosto	29	21,5	25,2
Septiembre	25,7	18,9	22,1
Octubre	22,2	15,5	18,7
Noviembre	17,0	10,4	13,5
Diciembre	14,3	7,6	10,7

Tabla 12. Temperaturas extremas en Mutxamel en °C. Elaboración propia

Con la intención de realizar un cálculo más realista de los consumos de energía tanto para calefacción como para refrigeración, añadimos una tabla con las temperaturas promedio del mismo período de tiempo.

Año extremo	Máxima °C	Mínima °C	Promedio °C
Enero	16,0	7,0	11,5
Febrero	17,0	8,0	12,5
Marzo	20,0	10,0	15,0
Abril	22,0	12,0	17,0
Mayo	31,0	16,0	23,5
Junio	29,0	20,0	24,5
Julio	30,0	21,0	25,5
Agosto	31,0	22,0	26,5
Septiembre	25,7	18,9	22,3
Octubre	26,0	17,0	21,5
Noviembre	18,0	9,0	13,5
Diciembre	16,0	7,0	11,5

Tabla 13. Temperaturas año promedio Mutxamel en °C. Elaboración propia

Según el Código Técnico de la Edificación (CTE), mediante el Documento Básico HE de Ahorro de energía, se establece la zona climática de nuestra vivienda.

Tabla a-Anejo B. Zonas climáticas

Provincia	Altitud sobre el nivel del mar (h)																								
	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	111 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1250 m	251 - 300 m	≥ 1301 m	
Albacete	C3										D3										E1				
Alicante/Alacant	B4					C3					D3														
Almería	A4	B4			B3			C3					D3												
Araba/Álava	D1										E1														
Asturias	C1	D1										E1													
Ávila	D2										D1					E1									
Badajoz	C4					C3					D3														
Balears, Illes	B3					C3																			
Barcelona	C2					D2					D1					E1									
Bizkaia	C1										D1														
Burgos	D1										E1														
Cáceres	C4										D3										E1				
Cádiz	A3	B3					C3					C2					D2								
Cantabria	C1	D1										E1													
Castellón/Castelló	B3	C3					D3					D2					E1								
Ceuta	B3																								
Ciudad Real	C4										C3					D3									
Córdoba	B4	C4					D3																		
Coruña, A	C1					D1																			
Cuenca	D3										D2					E1									
Gipuzkoa	D1										E1														
Girona	C2	D2					C3					E1													
Granada	A4	B4					C4					C3					D3					E1			
Guadalajara	D3										D2					E1									
Huelva	A4	B4	B3			C3					D3														
Huesca	C3					D3					D2					E1									
Jaén	B4					C4					D3					E1									
León	E1																								
Lleida	C3	D3					E1																		
Lugo	D1										E1														
Madrid	C3										D3					D2					E1				
Málaga	A3	B3					C3					D3													
Melilla	A3																								
Murcia	B3	C3					D3																		
Navarra	C2	D2					D1					E1													
Ourense	C3					C2					D2					E1									
Palencia	D1										E1														
Palmas, Las	α3					A2					B2					C2									
Pontevedra	C1										D1														
Rioja, La	C2					D2					E1														
Salamanca	D2										E1														
Santa Cruz de Tenerife	α3					A2					B2					C2									
Segovia	D2										E1														
Sevilla	B4					C4																			
Soria	D2										D1					E1									
Tarragona	B3	C3					D3																		
Teruel	C3					C2					D2					E1									
Toledo	C4										D3														
Valencia/València	B3	C3					D2					E1													
Valladolid	D2										E1														
Zamora	D2										E1														
Zaragoza	C3					D3					E1														
Provincia	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	111 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1250 m	251 - 300 m	≥ 1301 m	

Figura 7. Zonas Climáticas CTE. Fuente CTE

Siendo la altitud sobre el nivel del mar (h) de Mutxamel de 63 metros, obtenemos una zona climática tipo B4.

Cada uno de los cerramientos, cubierta, fachadas, etc...tendrán una transmitancia no superior a los valores que se establecen en CTE HE y que vienen en función de la zona climática en la que se ubique el edificio.

Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica, U_{lim} [W/m²K]

Elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U_s, U_M)	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior (U_c)	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (U_T) Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica (U_{MD})	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (U_H)*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%			5,7			

Figura 8. Valores límite de los parámetros característicos. Fuente "CTE HE" versión 14 de junio de 2022. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda urbana.

Ahora podemos comprobar que los diferentes cerramientos de la vivienda que nos ocupa, cumplen con los límites establecidos en el CTE.

- Cerramiento exterior $0,555 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C}) < 0,56 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C})$.
- Cubierta $0,354 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C}) < 0,44 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C})$.
- Cerramiento contacto con el terreno $0,69 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C}) < 0,75 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C})$.
- Huecos $1,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C}) < 2,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C})$.

3. CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS

El cálculo de las cargas térmicas, permite determinar de manera precisa las necesidades de los sistemas de climatización, de un recinto.

Podemos definir la potencia térmica en un inmueble, como la cantidad de energía térmica por unidad de tiempo que se intercambia con el exterior debido a las diferencias de temperatura existentes entre el interior y el exterior del edificio.

Debido a las diferentes condiciones ambientales existentes entre el interior y el exterior de un recinto, se produce un intercambio de energía entre el exterior y el interior que atendiendo al gradiente de temperaturas existente, adoptará un sentido u otro.

3.1 Cargas Térmicas.

Existen varios tipos de cargas térmicas, se realiza un análisis de los tipos que afectan al proyecto que nos ocupa, las cargas térmicas que se tendrán en consideración son:

- Cargas por Transmisión.
- Cargas por ventilación.
- Cargas por infiltración.
- Cargas por radiación solar.
- Cargas por iluminación.

- Cargas por ocupación.
- Cargas internas.
- Cargas consumo de ACS.

3.1.1 Cargas por Transmisión.

Las cargas por transmisión son aquellas que se transmiten por conducción a través de los elementos constructivos, se transmiten a través de los cerramientos, cubiertas, ventanas y contactos con el terreno, su fórmula de cálculo es:

$$Q_{\text{trans}}(\text{W}) = U(\text{W/m}^2\text{°C}) \cdot S(\text{m}^2) \cdot \Delta T(\text{°C})$$

Ecuación 1. Cargas por transmisión

Donde:

- Q_{trans} : Carga térmica por transmisión.
- U : Transmitancia térmica del cerramiento.
- S : Superficie del cerramiento.
- ΔT : Salto térmico entre el exterior y el interior del cerramiento.

El cálculo del coeficiente global de transmisión térmica de los cerramientos, excluidos los huecos, vendrá dado por el tipo de cerramiento.

Según el RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios), para el cálculo del salto de temperatura, se tomará como temperatura interior (T_i), los siguientes valores:

Estación	Temperatura °C
Verano	23/25
Invierno	21/23

Tabla 14. Condiciones de Diseño para temperatura interior. Elaboración propia

En cuanto a la temperatura exterior (T_{ex}), se calculará con el dato de la temperatura media de cada mes en un año tipo, obtenida desde la estación meteorológica más próxima al inmueble.

3.1.2 Cargas por Ventilación.

Siendo el objeto del proyecto de estudio, una vivienda unifamiliar, las cargas provocadas por la ventilación, no se pueden calcular con precisión, ya que no se dispone de elementos de regulación para la ventilación, elementos que sí se disponen en edificios del sector terciario, sin embargo una buena aproximación es utilizar los caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables, indicados en el CTE HS 3 Calidad del aire interior, estos caudales se indican en la tabla 15.

Para el cálculo de la carga originada por ventilación, utilizamos la siguiente expresión:

$$Q_{\text{vent}}(\text{Kcal/h}) = C_{P,\text{aire}}(\text{Kcal}/(\text{Kg}/\text{m}^3)) \cdot \rho_{\text{aire}}(\text{Kg}/\text{m}^3) \cdot Q_{\text{aire}}(\text{m}^3/\text{h}) \cdot \Delta T(^{\circ}\text{C})$$

Ecuación 2. Cargas por ventilación

Donde:

- Q_{vent} : Carga por ventilación.
- $C_{P,\text{aire}}$: Calor específico del aire, tomamos el valor 0,24 Kcal/(Kg°C).
- ρ_{aire} : Densidad del aire, tomamos el valor 1,2 Kg/m³.
- Q_{aire} : Caudal de ventilación, tomamos el valor obtenido de aplicar al inmueble la tabla.
- ΔT : Salto térmico entre el exterior y el interior del local.

Caudal mínimo en l/s					
Tipo de vivienda	Locales secos			Locales húmedos	
	Dormitorio Principal	Resto de dormitorios	Sala de estar y comedores	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

Tabla 15. Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables. Fuente "CTE DBHS" versión 14 de junio de 2022. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda urbana.

3.1.3 Cargas por Infiltración.

La infiltración de aire es el paso del mismo a través de la envolvente de un edificio, por la unión de cerramientos, marcos de ventanas, etc. El cálculo de cargas por infiltración se rige por la siguiente expresión:

$$Q_{\text{infiltr}}(\text{Kcal/h}) = C_{P,\text{aire}}(\text{Kcal}/(\text{Kg}/^{\circ}\text{C})) \cdot \rho_{\text{aire}}(\text{Kg}/\text{m}^3) \cdot Q_{\text{aire}}(\text{m}^3/\text{h}) \cdot \Delta T(^{\circ}\text{C}) \cdot C_{\text{infiltr}}$$

Ecuación 3. Cargas por infiltración

Donde:

- Q_{infiltr} : Carga por infiltración.
- $C_{P,\text{aire}}$: Calor específico del aire, tomamos el valor 0,24 Kcal/(Kg°C).
- ρ_{aire} : Densidad del aire, tomamos el valor 1,2 Kg/m³.
- Q_{aire} : Para el cálculo de este caudal, se considera el volumen de la vivienda.
- ΔT : Salto térmico entre el exterior y el interior del local.
- C_{infiltr} : Coeficiente de infiltración, aproximadamente el 5% del volumen del edificio.

3.1.4 Cargas por Recuperación de calor.

Los equipos de recuperación de calor residual son intercambiadores térmicos en los que se consigue reducir el consumo energético de las instalaciones de ventilación.

Estas cargas, obedecen a la siguiente expresión:

$$Q_{rec}(Kcal/h) = C_{P,aire}(Kcal/(Kg/m^3)) \cdot \rho_{aire}(Kg/m^3) \cdot Q_{aire}(m^3/h) \cdot \Delta T(^{\circ}C) \cdot \eta_{rec}$$

Ecuación 4. Cargas por recuperación de calor

Donde:

- Q_{rec} : Carga por recuperación de calor.
- $C_{P,aire}$: Calor específico del aire, tomamos el valor 0,24 Kcal/(Kg^oC).
- ρ_{aire} : Densidad del aire, tomamos el valor 1,2 Kg/m³.
- Q_{aire} : Caudal de retorno
- ΔT : Salto térmico entre el exterior y el interior del local.
- η_{rec} : Rendimiento del recuperador de calor.

En la instalación objeto de estudio, no se instalará un sistema de ventilación forzada, por lo que las cargas por recuperación de calor no se tendrán en consideración.

3.1.5 Cargas por Radiación Solar.

Las cargas por radiación solar en una vivienda, corresponden a las cargas debidas a la radiación solar que incide en la fachada del inmueble, siendo significativamente más relevante la radiación que incide sobre los vidrios.

Estas cargas se pueden calcular a partir de la expresión:

$$Q_{solar}(W) = R_{med}(W/(m^2)) \cdot S_{vidrio}(m^2) \cdot F_{solar} \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3$$

Ecuación 5. Cargas por Radiación solar

Donde:

- Q_{solar} : Carga por ganancias solares.
- R_{med} : Radiación media, calculada mediante la expresión $\frac{Irradiación\ media}{n^{\circ}\ medio\ de\ horas\ sol}$.
- S_{vidrio} : Superficie del vidrio.
- C_1 : Coeficiente por orientación.
- C_2 : Coeficiente por inclinación.
- C_3 : Coeficiente por sombreado.

El factor solar, se define como, la relación que existe entre la energía solar que atraviesa una superficie transparente y la que incide sobre esa misma superficie, el valor del factor solar varía entre 0 y 1, siendo 1 cuando toda la radiación incidente atraviesa el vidrio. Este factor depende de las características del vidrio.

El coeficiente por orientación C_1 representa las pérdidas máximas que sufren los captadores debidas a su orientación.

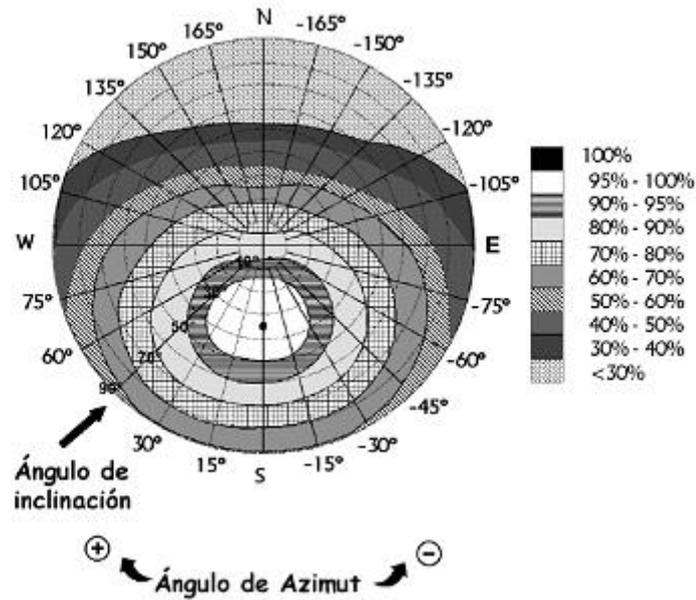


Figura 9. Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación. Fuente "CTE DBHE" versión 14 de junio de 2022. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda urbana.

Así se obtienen los valores de los coeficientes por orientación.

Fachada	C_1
Norte	0,20
Sur	0,65
Este	0,40
Oeste	0,40

Tabla 16. Coeficientes por orientación.

El coeficiente por inclinación C_2 , representa el cociente entre la energía total incidente en un día sobre una superficie orientada hacia el ecuador e inclinada un determinado ángulo, y otra horizontal.

Para conocer la latitud del emplazamiento, mediante la figura 10, y sabiendo que el edificio se encuentra en la provincia de Alicante, con una latitud de $38,4^\circ$ lo cual permite en la figura 11, estimar el coeficiente por inclinación.

Mes	C_2
Enero	1,09
Febrero	0,91

Marzo	0,64
Abril	0,47
Mayo	0,32
Junio	0,26
Julio	0,31
Agosto	0,47
Septiembre	0,72
Octubre	1,01
Noviembre	1,22
Diciembre	1,23

Tabla 17. Coeficientes por inclinación. Elaboración propia

PROVINCIA	ALTITUD (m) (de la capital)	LATITUD (°) (de la capital)	LONGITUD (°) (de la capital)	TEMP. MÍNIMA/ HISTÓRICA (°C)
1 ÁLAVA	542	42,9	2,7 W	-18
2 ALBACETE	686	39,0	1,8 W	-23
3 ALICANTE	7	38,4	0,5 W	-5
4 ALMERÍA	65	36,9	2,4 W	-1
5 ASTURIAS	232	43,4	5,8 W	-11
6 ÁVILA	1126	40,7	4,9 W	-21
7 BADAJOZ	186	38,9	7,0 W	-6
8 BALEARES	28	39,6	2,6 E	-4
9 BARCELONA	95	41,4	2,2 E	-7
10 BURGOS	929	42,3	3,7 W	-18
11 CÁCERES	459	39,5	6,4 W	-6
12 CÁDIZ	28	36,5	6,3 W	-2
13 CANTABRIA	69	43,5	3,8 W	-4
14 CASTELLÓN	27	40,0	0	-8
15 CEUTA	206	35,9	5,3 W	-1
16 CIUDAD REAL	628	39,0	3,9 W	-10
17 CÓRDOBA	128	37,9	4,8 W	-6
18 LA CORUÑA	54	43,4	8,4 W	-9
19 CUENCA	949	40,1	2,1 W	-21
20 GERONA	95	42,0	2,7 E	-11
21 GRANADA	775	37,2	3,7 W	-13
22 GUADALAJARA	685	40,6	3,2 W	-14
23 GUIPÚZCOA	181	43,3	2,0 W	-12
24 HUELVA	4	37,3	6,9 W	-6
25 HUESCA	488	42,1	0,4 W	-14
26 JAÉN	586	37,8	3,8 W	-8
27 LEÓN	908	42,6	5,6 W	-18
28 LÉRIDA	323	41,7	1,2 E	-11
29 LUGO	465	43,0	7,6 W	-8
30 MADRID	667	40,4	3,7 W	-16
31 MÁLAGA	40	36,7	4,4 W	-4
32 MELILLA	47	35,3	3,0 W	-1
33 MURCIA	42	38,0	1,1 W	-5
34 NAVARRA	449	42,8	1,6 W	-16
35 ORENSE	139	42,3	7,8 W	-8
36 PALENCIA	734	42,0	4,5 W	-14
37 LAS PALMAS	6	28,2	15,4 W	+6
38 PONTEVEDRA	19	42,4	8,6 W	-4
39 LA RIOJA	380	42,5	2,4 W	-12
40 SALAMANCA	803	41,0	5,6 W	-16
41 STA. CRUZ DE TENERIFE	37	28,5	16,2 W	+3
42 SEGOVIA	1002	41,0	4,1 W	-17
43 SEVILLA	30	37,4	6,0 W	-6
44 SORIA	1063	41,8	2,5 W	-16
45 TARRAGONA	60	41,1	1,2 E	-7
46 TERUEL	915	40,4	1,1 W	-14
47 TOLEDO	540	39,9	4,0 W	-9
48 VALENCIA	10	39,5	0,4 W	-8
49 VALLADOLID	694	41,7	4,7 W	-16
50 VIZCAYA	32	43,3	3,0 W	-8
51 ZAMORA	649	41,5	5,7 W	-14
52 ZARAGOZA	200	41,7	0,9 W	-11

Figura 10. Altitud, latitud, longitud y temperatura mínima histórica. Fuente "CTE DBHE" versión 14 de junio de 2022. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda urbana.

Latitud = 38°

Inc	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.07	1.06	1.04	1.03	1.02	1.01	1.02	1.03	1.05	1.07	1.08	1.08
10	1.13	1.11	1.08	1.05	1.02	1.02	1.03	1.05	1.09	1.14	1.16	1.16
15	1.19	1.15	1.11	1.06	1.03	1.01	1.03	1.07	1.13	1.19	1.23	1.22
20	1.24	1.19	1.13	1.07	1.02	1.01	1.02	1.07	1.15	1.24	1.3	1.29
25	1.28	1.22	1.14	1.07	1.01	.99	1.01	1.08	1.17	1.28	1.35	1.34
30	1.31	1.24	1.15	1.06	.99	.97	.99	1.07	1.18	1.31	1.4	1.38
35	1.34	1.25	1.15	1.04	.96	.94	.97	1.05	1.19	1.34	1.43	1.42
40	1.36	1.26	1.14	1.02	.93	.9	.93	1.03	1.18	1.35	1.46	1.45
45	1.37	1.26	1.13	.99	.89	.86	.89	1	1.17	1.36	1.48	1.47
50	1.37	1.25	1.1	.96	.85	.81	.85	.97	1.15	1.35	1.49	1.48
55	1.36	1.23	1.07	.91	.8	.75	.8	.92	1.12	1.34	1.49	1.48
60	1.35	1.21	1.04	.86	.74	.69	.74	.87	1.08	1.32	1.48	1.47
65	1.33	1.18	.99	.81	.68	.63	.68	.82	1.04	1.29	1.46	1.45
70	1.29	1.14	.94	.75	.61	.56	.61	.76	.98	1.25	1.43	1.42
75	1.25	1.09	.89	.69	.54	.49	.54	.69	.93	1.2	1.39	1.39
80	1.21	1.04	.83	.62	.47	.42	.47	.62	.86	1.14	1.34	1.34
85	1.15	.98	.76	.55	.4	.34	.39	.55	.79	1.08	1.29	1.29
90	1.09	.91	.69	.47	.32	.26	.31	.47	.72	1.01	1.22	1.23

Figura 11. Factor de corrección para superficies inclinadas. Fuente "CTE DBHE" versión 14 de junio de 2022. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda urbana.

El coeficiente por sombreado C_3 , estima las pérdidas de radiación solar que experimenta una superficie debido a las sombras circundantes, es necesario representar los principales obstáculos y se compararán con el diagrama de trayectorias aparentes del sol. Tras el análisis de la zona, se estima que este coeficiente alcanza un valor de 0,9, debido a la sombra que puedan originar los arboles adyacentes.

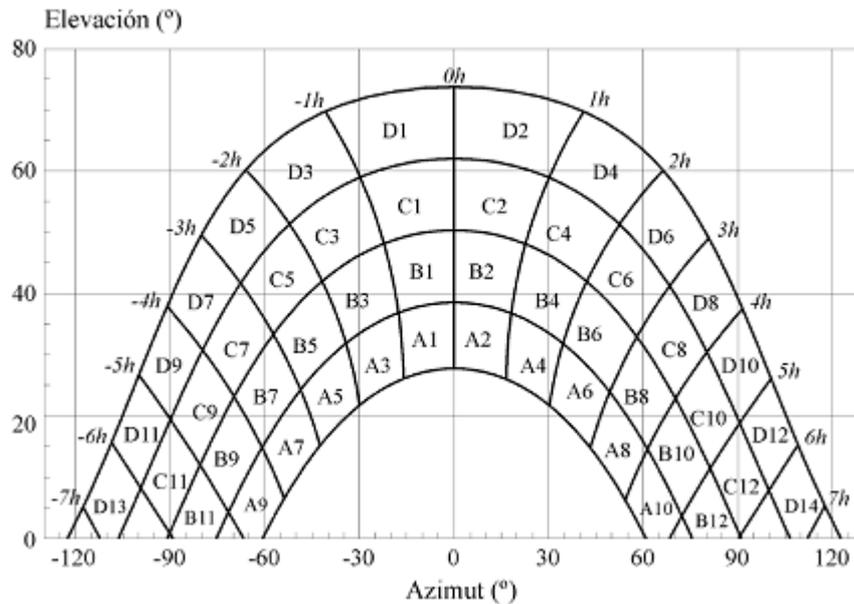


Figura 12. Diagrama de trayectorias del Sol. Fuente "CTE DBHE" versión 14 de junio de 2022. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda urbana.

3.1.6 Cargas por Iluminación.

Estas cargas son las producidas por el alumbrado instalado, el calor del alumbrado se emite mayoritariamente por radiación, el cálculo de estas cargas se realiza a través de la siguiente expresión:

$$Q_{\text{iluminación}}(\text{W}) = P_{\text{potencia}}(\text{W}/(\text{m}^2)) \cdot S_{\text{habitabile}}(\text{m}^2) \cdot C_{\text{reactancia}} \cdot C_{\text{simultaneidad}}$$

Ecuación 6. Cargas por iluminación

Donde:

- **Q_{iluminación}**: Carga por iluminación.
- **P_{potencia}**: Potencia eléctrica instalada por unidad de superficie en la vivienda
- **S_{habitabile}**: Superficie habitable.
- **C_{reactancia}**: Coeficiente de reactancia.
- **C_{simultaneidad}**: Coeficiente de simultaneidad.

Las luminarias poseen elementos reactivos (bobina y condensador) que consumen y ceden potencia reactiva, por tanto el Coeficiente de reactancia, variará en función de la reactancia de cada luminaria.

El coeficiente de simultaneidad indica el cociente entre la potencia eléctrica máxima que puede entregar una instalación y la suma de las potencias nominales de todos los receptores que puedan conectarse a ella.

3.1.7 Cargas por Ocupación.

Son las cargas producidas por los ocupantes de la vivienda, se pueden estimar a partir de la expresión:

$$Q_{\text{ocupación}}(W) = N^{\circ} \text{ personas} \cdot \text{Carga sensible/persona}(W/\text{persona}) \cdot C_{\text{simultaneidad}}$$

Ecuación 7. Cargas por ocupación

Donde:

- $Q_{\text{ocupación}}$: Carga por ocupación.
- **Nº de personas que ocupan la vivienda.**
- **Carga sensible por persona.**
- $C_{\text{simultaneidad}}$: Coeficiente de simultaneidad.

El calor sensible, podemos definirlo como aquel que recibe un cuerpo y que provoca que aumente su temperatura, si afectar a su estructura molecular y por tanto a su estado.

ACTIVIDAD REALIZADA	28 °C		27 °C		26 °C		24 °C	
	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente
Sentado en reposo. Escuela	45	45	50	40	55	35	60	30
Sentado trabajo ligero. Instituto	45	55	50	50	55	45	60	40
Oficinista. Actividad ligera	45	70	50	65	55	60	60	50
Persona de pie. Tienda	45	70	50	75	55	70	65	60
Persona que pasea. Banco	45	80	50	75	55	70	65	60
Trabajo sedentario	50	90	55	85	60	80	70	70
Trabajo ligero. Taller	50	140	55	135	60	130	75	115
Persona que camina	55	160	60	155	70	145	85	130

Persona que baila	70	185	75	175	85	170	95	155
Persona en trabajo penoso.	115	250	120	250	125	245	130	230

Tabla 18. Valor sensible y latente desprendido por una persona, en (Kcal/h). Elaboración propia

La carga sensible por persona se obtendrá en función de la temperatura del local y del tipo de actividad que realice la gente.

El coeficiente de simultaneidad indica el número promedio de personas que se encuentran al mismo tiempo en la vivienda.

3.1.8 Cargas Internas.

Las cargas internas, se deben al calor aportado por aquellos equipos eléctricos que se encuentran en el interior de la vivienda, se calculan con la misma expresión utilizada para las cargas por iluminación.

$$Q_{\text{iluminación}}(\text{W}) = P_{\text{potencia}}(\text{W}/(\text{m}^2)) \cdot S_{\text{habitabile}}(\text{m}^2) \cdot C_{\text{simultaneidad}}$$

Ecuación 8. Cargas internas

Donde:

- $Q_{\text{iluminación}}$: Carga interna total.
- P_{potencia} : Potencia eléctrica instalada por unidad de superficie en la vivienda
- $S_{\text{habitabile}}$: Superficie habitable.
- $C_{\text{simultaneidad}}$: Coeficiente de simultaneidad.

3.1.9 Carga consumo ACS.

La preparación del ACS (Agua caliente sanitaria) requiere de una energía determinada y por tanto de una carga térmica, esta carga térmica, se calcula con la expresión:

$$Q_{\text{ACS}}(\text{Kcal/h}) = C_{P,\text{agua}}(\text{Kcal}/(\text{Kg}^{\circ}\text{C})) \cdot \rho_{\text{agua}}(\text{Kg}/\text{m}^3) \cdot V(\text{m}^3) \cdot \frac{1}{t_{\text{calent}}(\text{h})} \cdot \Delta T(^{\circ}\text{C})$$

Ecuación 9. Cargas por consumo ACS

Donde:

- Q_{ACS} : Carga por consumo de ACS.
- $C_{P,\text{agua}}$: Calor específico del agua, 1 Kcal/(Kg °C)
- ρ_{agua} : Densidad del agua, 1000Kg/m³.
- V : Volumen de ACS.
- t_{calent} : Tiempo de calentamiento del ACS
- ΔT : Salto térmico.

Para el cálculo del salto térmico se calculará mediante $T_{red}-T_i$, siendo la T_{red} la temperatura media del agua de la red general, en Alicante.

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

Figura 13. Temperatura media del agua de la red general. Fuente "CTE DBHE" versión 14 de junio de 2022. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda urbana.

La normativa actual para la prevención de la legionelosis, Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis, fija en 60 °C la temperatura continua de acumulación, y exige, que al menos una vez al año, toda la instalación alcance la temperatura de 70 °C.

Para estimar el volumen total de agua caliente sanitaria y conociendo que el número de personas que habitan la casa es de 4, por medio de la figura 15, el volumen total de ACS es de 120 litros/ día a 60 °C.

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

(1) Los litros de ACS/día a 60°C de la tabla se han calculado a partir de la tabla 1 (Consumo unitario diario medio) de la norma UNE 94002:2005 "Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: cálculo de la demanda energética".

Para el cálculo se ha utilizado la ecuación (3.2) con los valores de $T_1 = 12^\circ\text{C}$ (constante) y $T = 45^\circ\text{C}$.

Figura 14. Demanda de referencia de ACS. Fuente "CTE DBHE" versión 14 de junio de 2022. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda urbana.

Se estima que la preparación del ACS, se realizará en un tiempo aproximado de 2 horas.

3.2 Cálculo de la potencia.

Para el cálculo de la potencia de calefacción que requiere la vivienda unifamiliar, consideramos la condición más desfavorable, es decir, se descartan aquellas cargas que aporten calor al interior de la vivienda:

- Cargas por radiación solar.
- Cargas por iluminación.
- Cargas por ocupación.
- Cargas internas.

Por lo que únicamente se tendrán en cuenta para el cálculo, las siguientes cargas:

- Cargas por transmisión.
- Cargas por ventilación.
- Cargas por infiltración.
- Cargas por consumo de ACS.

Los cálculos de calefacción se realizarán para los meses en los que es posible que exista demanda de esta instalación, desde enero a mayo y desde octubre a diciembre, no tendremos en cuenta para el cálculo de la calefacción, los meses de junio, julio, agosto y septiembre.

Con la intención de no incluir en la memoria, multitud de tablas repetitivas, se incluye la demanda de calefacción para el mes de enero dado que en el Anexo A "Cálculo de cargas térmicas de presente informe", se incluyen los cálculos para el resto de meses.

3.2.1 Potencia térmica: Cargas por transmisión.

Para el cálculo de potencia por transmisión se consideran los cerramientos, cubierta, vidrios y cerramientos en contacto con el terreno.

Como se ha expuesto con anterioridad, para el cálculo de las cargas por transmisión hay que considerar la transmitancia térmica de cada elemento (U en W/m² °C), la superficie de los diferentes cerramientos, el salto térmico existente entre el interior y el exterior de la vivienda, para la temperatura exterior se consideran las temperaturas indicadas en la tabla 12. Temperaturas año promedio Mutxamel y como temperatura interior de calefacción se utiliza una temperatura de 21 °C.

En la tabla 17, se muestra un resumen de las superficies de los cerramientos y de la transmitancia térmica de cada uno de ellos.

PARAMETROS	CERRAMIENTOS	CUBIERTA	VIDRIOS	CONTACTO CON TERRENO
Superficie m ²	134,89	69,23	21,14	68,81
U (W/m ² °C)	0,558	0,354	1,5	0,69

Tabla 19. Tabla resumen de superficies y transmitancia térmica de la envolvente del inmueble. Elaboración propia.

A modo de ejemplo del cálculo de cargas por transmisión a continuación se detalla el cálculo para los cerramientos en el mes de enero, de forma similar se calculan el resto de casos.

$$Q_{trans}(W) = U \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right) \cdot S(m^2) \cdot \Delta T(^{\circ}C)$$

	Enero
Temp ext min (°C)	6,60
Temp int (°C)	21,00
Qtransmisión (W)	-1253,73
Qtransmisión (Kcal/h)	-1076,96

Tabla 20. Cálculo de potencia de calefacción por transmisión para cerramientos mes de enero.

Elaboración propia.

3.2.2 Potencia térmica: Cargas por ventilación.

Para el cálculo de potencia por ventilación, en primer lugar, calculamos el caudal mínimo de aire según la tabla 14, atendiendo a la distribución de la vivienda, que dispone de 4 dormitorios uno principal y 3 cuartos húmedos y cocina, se obtiene un caudal de aire de ventilación de aproximadamente 63 l/s

$$Q_{ventilacion} \left(\frac{Kcal}{h} \right) = C_{p,aire} \left(\frac{Kcal}{Kg \cdot ^\circ C} \right) \cdot \rho_{aire} \left(\frac{Kg}{m^3} \right) \cdot \dot{V} \left(\frac{m^3}{h} \right) \cdot \Delta T(^{\circ}C)$$

	Enero
Temp ext min (°C)	6,60
Temp int (°C)	21,00
Q ventilación (Kcal/h)	-940,58
Q ventilación (W)	-1093,90

Tabla 21. Cálculo de potencia de calefacción por ventilación para el mes de enero. Elaboración propia.

3.2.1 Potencia térmica: Cargas por infiltración.

Para el cálculo de potencia por infiltración, siendo de gran complejidad la determinación con exactitud del caudal de infiltración, conociendo el volumen del inmueble y multiplicando el mismo por un coeficiente de infiltración, se obtiene el volumen de infiltración de la vivienda, si este cálculo lo realizamos en base a una hora, se obtiene el caudal de infiltración.

$$Q_{infil} \left(\frac{Kcal}{h} \right) = C_{P,aire} \left(\frac{Kcal}{Kg^{\circ}C} \right) \cdot \rho_{aire} \left(\frac{Kg}{m^3} \right) \cdot \dot{V} \left(\frac{m^3}{h} \right) \cdot C_{infil} \cdot \Delta T (^{\circ}C)$$

	Enero
Temp ext min (°C)	6,60
Temp int (°C)	21,00
Q infiltración (Kcal/h)	-108,43
Q infiltración (W)	-126,11

Tabla 22. Cálculo de potencia de calefacción por infiltración para el mes de enero. Elaboración propia.

3.2.2 Potencia térmica: Cargas por producción de ACS.

El cálculo de potencia por la producción de agua caliente sanitaria viene determinado por la temperatura de agua de la red, la cual se indica en la figura 14, la temperatura de almacenamiento, que atendiendo a legislación actual legislación sobre la prevención de la legionelosis ha de ser de 60 °C, el volumen de ACS y el tiempo necesario para calentar el volumen total de agua caliente sanitaria, que en este caso se estima en 2 horas.

$$Q_{ACS} \left(\frac{Kcal}{h} \right) = C_{P,agua} \left(\frac{Kcal}{Kg^{\circ}C} \right) \cdot \rho_{agua} \left(\frac{Kg}{m^3} \right) \cdot V(m^3) \cdot \frac{1}{t_{calent}(h)} \cdot \Delta T (^{\circ}C)$$

	Enero
Tred (°C)	11,00
Tcalent (°C)	60,00
Q ACS (Kcal/h)	-5880,00
Q ACS (W/h)	-6838,44
t calentamiento (h)	2
Q ACS (W)	-3419,22

Tabla 23. Cálculo de potencia de calefacción para producción de ACS para el mes de enero. Elaboración propia.

3.2.3 Potencia total.

La potencia total de calefacción será la suma de todas las anteriores. El signo negativo, indica que es un déficit de calefacción, es decir que necesario generar esta potencia de calefacción.

	Enero
Pot calefacción (W)	-7379,45
Pot calefacción (KW)	-7,38
Ratio (W/m ²)	-58,82

Tabla 24. Potencia de calefacción necesaria total. Elaboración propia.

Como se puede observar en el anexo de cálculos. El mes más desfavorable en cuanto a demanda de calefacción, es el mes de enero, para este mes, la potencia máxima de calefacción necesaria son 7,38 KW. Esta potencia es la que determinará la elección de la Bomba de calor.

4. ENERGÍA GEOTÉRMICA

La energía geotérmica se define como aquella energía que es almacenada en forma de calor por debajo de la superficie sólida de la tierra, esta energía engloba, el calor almacenado en rocas, suelos y aguas subterráneas, cualquiera que sea su temperatura, profundidad y procedencia.

Sin embargo, el calor contenido en las rocas no se puede extraer de forma directa, sino que precisará de un fluido conductor, generalmente agua, que permita transportar de forma concentrada, el calor hacia la superficie mediante el uso de intercambiadores, sondas geotérmicas, o colectores horizontales entre otros.

En función de la cantidad de calor disponible en el fluido, es decir su entalpia, esta se dedicará a la producción eléctrica o el calor se aprovechará directamente en sistemas de calefacción-refrigeración, agricultura, procesos industriales, balnearios, etc...

Atendiendo al rango de temperaturas que podemos obtener, se establece una clasificación de la energía geotérmica:

- **Alta temperatura, más de 150 °C.**
Su uso principal es la generación eléctrica.
- **Media temperatura, entre 90 °C y 150 °C.**
Se puede emplear en la generación de energía eléctrica mediante el uso de un fluido de intercambio, uso térmico, piscifactorías y otros procesos industriales.
- **Baja temperatura, entre 30 °C y 150 °C.**
El reducido contenido en calor, no permite la generación de energía eléctrica, sin embargo, es adecuada para la climatización de edificios, balnearios, piscifactorías, procesos industriales y su aprovechamiento energético mediante intercambiadores o bombas de calor.
- **Muy baja temperatura, menos de 30 °C.**
Es utilizada para calefacción y climatización, necesitando emplear bombas de calor.

4.1 Geotermia de muy baja temperatura..

Este proyecto se encuentra dentro del rango de los aprovechamientos geotérmicos de muy baja temperatura, que corresponden a los recursos situados a bajas profundidades y que poseen una temperatura inferior a 30 °C.

La superficie del suelo intercambia calor con la atmosfera y sufre variaciones diarias de temperatura, debidas al calor recibido por el sol, hasta una profundidad aproximada de 0,5 m.

A partir de los 10 metros de profundidad, las variaciones estacionales de temperatura dejan de ser perceptibles y el subsuelo es capaz de almacenar el calor que recibe y mantenerlo durante las distintas estaciones del año.

A partir de 15 de profundidad se considera que el terreno está a una temperatura constante durante todo el año, cuyo valor depende del clima, de la vegetación y de las propiedades del suelo, pero tiene un valor ligeramente superior a la temperatura media anual de la superficie.

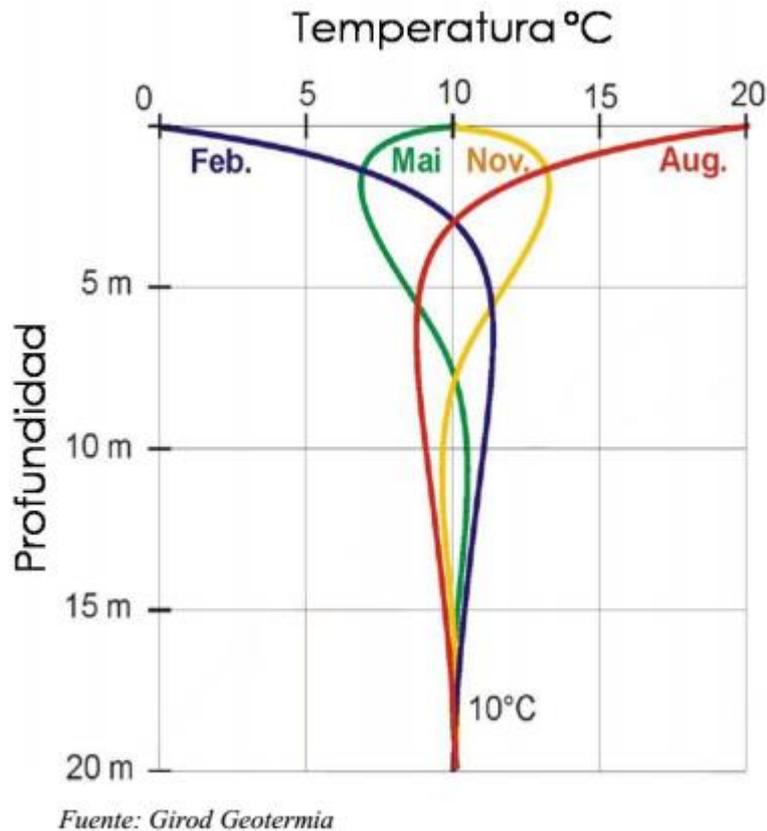


Figura 15. Variación de la temperatura con la profundidad. Fuente: "Imagen variación de la temperatura con la profundidad". Online <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com>

4.2 Sistemas de captación de la energía geotérmica.

El principal objetivo de los captadores es proporcionar el foco frío o caliente, en función de la estación del año, para las bombas de calor geotérmicas. En función de la demanda requerida, se precisaran una o varias bombas de calor.

Los métodos más extendidos para el aprovechamiento de la energía del subsuelo son:

- Captación en circuito abierto mediante el aprovechamiento de aguas subterráneas.
- Captación en circuito cerrado mediante un intercambiador enterrado para el aprovechamiento geotérmico, los intercambiadores pueden instalarse en varias disposiciones.

En función de la accesibilidad del recurso geotérmico y de la superficie disponible se distinguen principalmente dos tipos de captadores en circuito cerrado, estos son, captadores horizontales y sondas geotérmicas.

4.2.1 Captadores horizontales.

La instalación con captadores horizontales, se caracteriza por requerir una gran profundidad pero si una gran superficie, esta característica impone una serie de limitaciones a la instalación.

La principal desventaja de la utilización de este tipo de captadores es, la necesidad de la utilización de una gran superficie de terreno, que condicionara la utilización posterior del mismo, ya que no podrán desarrollarse plantas de raíces profundas y supondrá también una restricción para otros servicios que deban discurrir por el subsuelo, como redes de saneamiento, gas, redes telefónicas...

Por otro lado, esta instalación aporta varias ventajas respecto del resto de instalaciones como son, su bajo coste ya que el coste de excavación y perforación se reduce considerablemente, así mismo, es posible instalar colectores horizontales en espiral de modo que se aumenta la superficie de intercambio de calor, mejorando el rendimiento de la instalación.

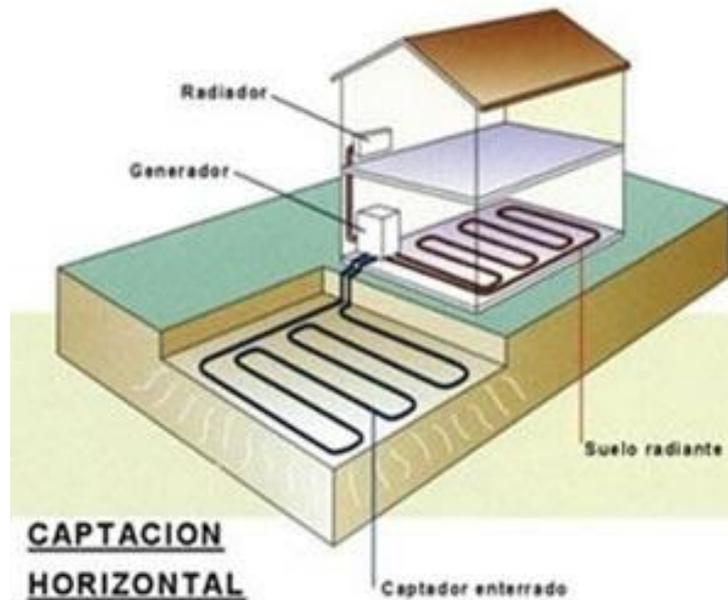


Figura 16. Disposición de captadores horizontales geotermia. Fuente "Captadores horizontales geotérmicos". Grupo visiona. online <http://www.grupovisiona.com/es/geotermia>

4.2.2 Captadores verticales.

Estos captadores, denominados comúnmente sondas geotérmicas, son aquellos captadores cuya disposición es vertical. La instalación de este equipamiento, no requiere de una gran superficie, pero sí de una gran profundidad.

La realización de los sondeos necesarios para su instalación, presenta algunos inconvenientes, la perforación del terreno hasta las profundidades necesarias, tiene un elevado coste y estas actuaciones podrían requerir permisos administrativos especiales, con la consiguiente dilación en el tiempo.

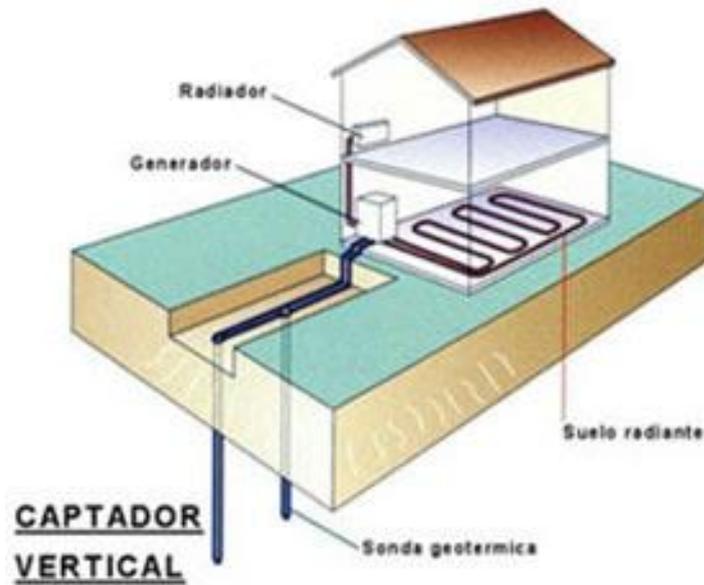


Figura 17. Disposición de captadores horizontales geotermia. Fuente "Captadores verticales geotérmicos". Grupo visiona. online <http://www.grupovisiona.com/es/geotermia>

Una máquina convencional para la realización de sondeos puede ejecutar el sondeo en un espacio reducido, habitualmente es necesario el entubado de los primeros metros del sondeo por ser la zona más alterada y evitar el desmoronamiento del mismo. La profundidad de los sondeos debe de alcanzar al menos los 15 metros, ya que según lo indicado anteriormente, a esa profundidad la temperatura permanece constante durante todo el año.

Terminada la perforación hay que introducir los tubos captadores dentro del sondeo, normalmente los tubos se introducen rellenos de agua, creándose así una presión que sea capaz de contrarrestar la presión existente en el fondo del sondeo, para la introducción de los tubos en el interior del sondeo, se utiliza un contrapeso.

Tras la introducción de los tubos en el interior del sondeo, hay que rellenar el hueco existente entre el tubo y la pared del sondeo, este relleno debe realizarse con un material que permita una fluida transmisión de calor a los tubos captadores y así mismo aislar la perforación de una posible circulación de agua que estuviera presente en el terreno, este material puede ser la bentonita. La bentonita es una arcilla de grano muy fino del tipo montmorillonita que contiene bases y hierro, este material tiene muchas aplicaciones industriales, una de ellas es su utilización como material de sellado, ya que dispone de una gran superficie específica, gran capacidad de hinchamiento y buena plasticidad.

Los tubos captadores ocupan el interior del sondeo formando pares de tubos en "U", cuyas salidas se conectan al circuito primario de la bomba de calor geotérmicas, es algunas ocasiones es posible instalar dos pares de tubos en "U" en un mismo sondeo.

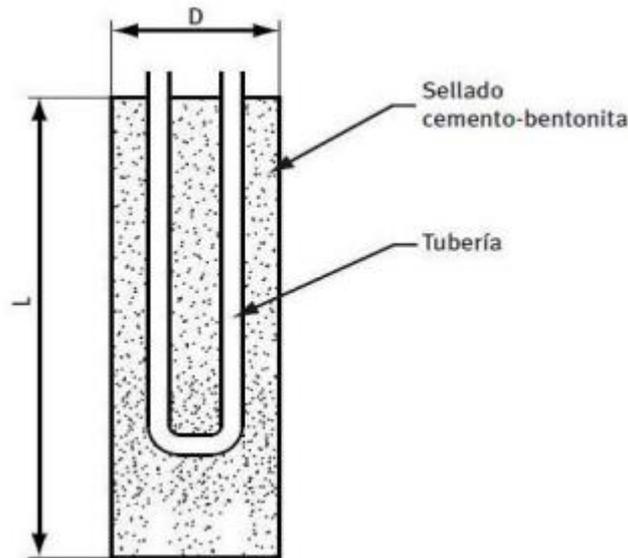


Figura 18. Sección de captador vertical, fuente C.López Ocón "Informes técnicos IDAE" Programa GEOTCASA.

Los captadores verticales, presentan mejores niveles de conductividad térmica, por lo que la longitud del tubo captador es menor que en los tubos horizontales para una misma demanda energética.

En ambas instalaciones captadores verticales y horizontales, el fluido caloportador es el agua, es necesario prever que en determinadas condiciones el agua podría llegar a congelarse, por lo que habitualmente al agua se le añade un anticongelante de tipo glicol

Se incluye una tabla comparativa con las principales características de cada instalación.

Parámetro	Captador vertical	Captador horizontal
Temperatura del suelo	Constante en el año	Varía ligeramente en el año
Requerimiento del terreno	Mínimo	Alto
Transmisión de energía	Muy buena	Buena
Costes de la instalación	Mayor	Menor (Aprox 50% menor que vertical)

Tabla 25. Tabla comparativa de características, elaboración propia.

4.3 Bomba de calor geotérmica.

La bomba de calor es una máquina térmica que, utilizando un gas refrigerante en un ciclo termodinámico cerrado, transfiere calor del entorno natural, aire, agua o tierra, invirtiendo el flujo natural del calor, de modo que fluya de una temperatura más baja a una más alta.

Las bombas de calor pueden generar calor para climatización, ACS o pueden utilizarse para aportar frío, invirtiendo el ciclo.

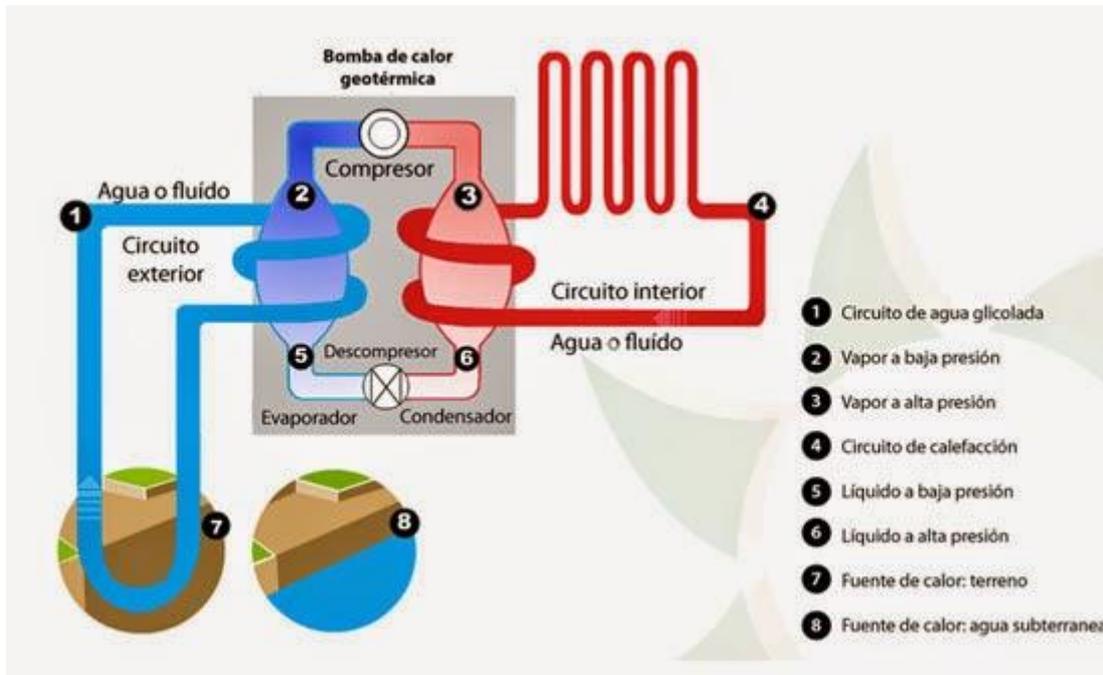


Figura 19. Esquema de una bomba de calor para aplicación en geotermia.

Los principales componentes de una bomba de calor son:

- **Compresor:** Comprime el fluido refrigerante y requiere de electricidad para su funcionamiento, este componente consume la mayor parte del consumo de energía de la bomba de calor.
- **Condensador:** Actúa como un intercambiador de calor, el fluido refrigerante cede su energía de cambio de estado. El fluido refrigerante en forma de vapor, cede toda su energía al agua del sistema de emisión, pasando de estado vapor a estado líquido.
- **Válvula de expansión:** Debido a su cambio de sección, supone una reducción de presión y un descenso de la temperatura del fluido refrigerante.
- **Evaporador:** Este componente es otro intercambiador de calor, el fluido refrigerante en estado líquido, absorbe el calor del sistema de captación, pasando así a estado vapor.

En cuanto al funcionamiento de la bomba de calor en invierno, se hace circular forzosamente mediante una bomba, la mezcla de agua con glicol procedente de las sondas geotérmicas, en las cuales, debido a la diferencia entre la temperatura del terreno y la del fluido se genera una transferencia de energía en forma de calor del terreno al fluido.

En el evaporador de la bomba de calor, la mezcla agua-glicol, cede su energía captada del terreno al refrigerante que circula por el circuito frigorífico, provocando que dicho refrigerante pase a estado vapor.

El refrigerante en forma de vapor es aspirado por el compresor que aumenta su presión y por tanto también su temperatura. El refrigerante a elevada presión y temperatura pasa al condensador, donde se enfría y condensa cediendo calor al agua del sistema de

emisión, esta agua caliente se distribuye a través de todo el sistema (suelo radiante) calentando así nuestra vivienda.

Por último, el refrigerante condensado se introduce en la válvula de expansión, que disminuye su presión y temperatura de forma que vuelve a estar en las mismas condiciones iniciales para absorber de nuevo el calor en el evaporador e iniciándose de ese modo un nuevo ciclo.

En función de la estación del año en la que nos encontremos y de las necesidades de la instalación, la bomba de calor geotérmica funciona en un sentido o en su inverso, aportando así calor o frío en función de las necesidades.

El rendimiento de la bomba de calor viene determinado por el valor del COP (Coefficient of Performance). Este parámetro es una relación entre la potencia calorífica suministrada y la potencia eléctrica consumida, principalmente por el compresor.

El valor del COP oscila entre 4 y 6 en función del tipo de bomba, las condiciones de funcionamiento y la diferencia de temperaturas entre los dos focos, siendo el valor del coeficiente más pequeño y por tanto con un menor rendimiento cuando la diferencia de temperaturas es elevada.

$$COP = \frac{KW_{TÉRMICOS}}{KW_{ELÉCTRICOS}}$$

Donde,

- $KW_{TÉRMICOS}$: Potencia calorífica aportada.
- $KW_{ELÉCTRICOS}$: Potencia eléctrica consumida.

De este parámetro podemos intuir, que la principal ventaja del empleo de bombas de calor reside en la capacidad de suministrar más energía útil de la que utiliza para su funcionamiento, llegando a producir ahorros del hasta el 70% respecto a un sistema de calentamiento tradicional.

Encontramos en el mercado, bombas de calor que cuentan con recuperación de calor para A.C.S., es decir, con bombas de calor que además pueden generar agua caliente sanitaria.

La bomba de calor dispone de los mismos elementos descritos anteriormente, incorporando una válvula de 3 vías motorizada, que regula el flujo y controlará la producción de agua caliente y un depósito donde se calienta y almacena el ACS.

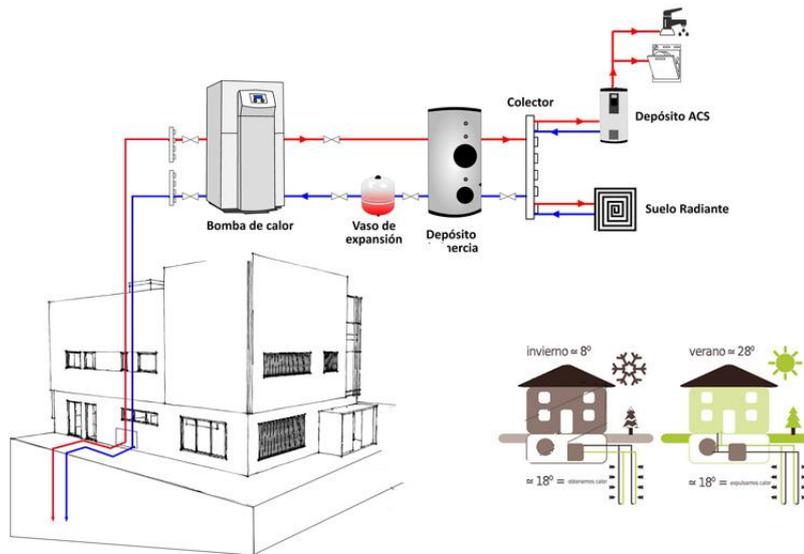


Figura 20. Esquema de una bomba de calor para preparación ACS.

La bomba de calor dispone de los mismos elementos descritos anteriormente, incorporando una válvula de 3 vías motorizada, que regula el flujo y controlará la producción de agua caliente y un depósito donde se calienta y almacena el ACS.

4.3.1 Selección de la bomba de calor.

La bomba de calor a seleccionar para la vivienda unifamiliar ha de ser aquella que cubra las necesidades requeridas para calefacción, en las condiciones más desfavorables en las que pueda encontrarse la instalación.

Una vez calculadas la potencia de calefacción, se selecciona la bomba de calor que mejor se adapte a las necesidades de la instalación.

Potencia máxima de calefacción KW (mes de enero)	
Calefacción	7,38

Tabla 26. Potencia máxima calculada para calefacción.

Se selecciona un modelo de los disponibles en el mercado por los diversos fabricantes Viessman, Ecoforest, Danfoss, Climaveneta, Ciat, Sedical y otros.

Para este proyecto, escogemos la bomba de calor ECOFOREST GEO B/C 3-12, las características de este equipo se adjuntan en el Anexo C: Catálogo de componentes de la instalación, es la que más se ajusta a nuestras necesidades ya que posee un rango de potencia variable desde 2,5 hasta 16 KW, cubriendo este espectro de potencias la totalidad de las necesidades de la instalación.

5 ESQUEMA DE PRINCIPIO DE LA INSTALACIÓN.

El esquema de principio de la instalación, muestra los componentes de la instalación y el sentido de flujo del fluido caloportador, así como las distintas etapas por la que discurre el proceso de climatización.

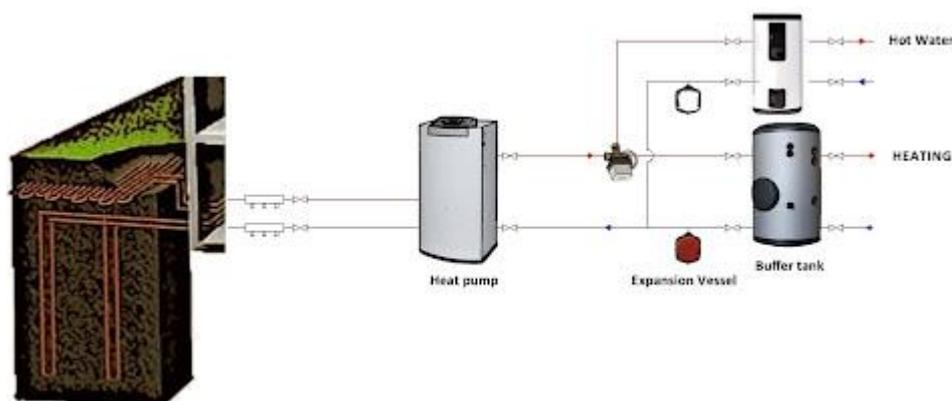


Figura 21. Esquema de principio de la instalación

En el esquema podemos distinguir los diferentes componentes que forman la instalación:

- Circuito de intercambio de calor con el terreno, sondas geotérmicas.
- Bomba de calor.
- Depósito de acumulación para ACS.
- Tuberías, vasos de expansión, depósito de inercia...

El funcionamiento de la instalación consiste en que por medio de las sondas geotérmicas, el agua que circula por el interior de ellas, aumenta su temperatura gracias a la transferencia de calor que se produce con el terreno, una vez que esta agua ha aumentado su temperatura, se introduce en la bomba de calor geotérmica, la cual produce agua a una temperatura superior, el fluido se dirige al depósito de inercia o aguja hidráulica y de este a través de unas bombas de impulsión, se envía a los colectores situados en las diferentes plantas de la vivienda y a partir de los cuales se distribuye dicha agua caliente hasta la instalación de suelo radiante, por otro lado con la bomba de calor con recuperador de calor para ACS, disponemos de otro circuito en la bomba de calor cuya función es preparar el ACS.

5.1 Componentes de la instalación.

En este apartado, describiremos los diferentes componentes que forman parte de la instalación, como son las sondas geotérmicas, bomba de calor, bombas de impulsión, aguja hidráulica, vasos de expansión, colectores, suelo radiante, válvulas y conducciones.

5.1.1 Sondas geotérmicas.

Para el diseño y selección de las sondas geotérmicas, se requiere el conocimiento previo del tipo de terreno y por tanto de la conductividad del mismo.

El terreno donde se proyecta la instalación de acuerdo con el Mapa Geológico a escala 1:50000 del instituto Geológico y Minero de España, se sitúa en las zonas externas de las Cordilleras Béticas en la provincia de Alicante.

La zona donde se realiza la instalación, pertenece al período denominado EOCENO, esta formado principalmente por limos arcillosos, conglomerados, areniscas, calizas y margas lacustres.

En la siguiente tabla, se indican valores de conductividad térmica y capacidad térmica volumétrica de algunas rocas y otros materiales.

TIPO DE ROCA	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA			CAPACIDAD TÉRMICA VOLUMETRICA
	MIN	VALOR TÍPICO	MAX.	(MJ/m ³ K)
ROCAS MAGMATICAS				
Basalto	1,3	1,7	2,3	2,3-2,6
Diorita	2,0	2,6	2,9	2,9
Gabro	1,7	1,9	2,5	2,6
Granito	2,1	3,4	4,1	2,1-3,0
Peridotita	3,8	4,0	5,3	2,7
Riolita	3,1	3,3	3,4	2,1
ROCAS METAMORFICAS				
Gneis	1,9	2,9	4,0	1,8-2,4
Mármol	1,3	2,1	3,1	2,0
Metacuarcita		Aprox 5,8		
Micasquitos	1,5	2,0	3,1	2,2
Esquistos arcillosos	1,5	2,1	2,1	2,2-2,5
ROCAS SEDIMENTARIAS				
Caliza	2,5	2,8	4,0	2,1-2,4
Marga	1,5	2,1	3,5	2,2-2,3
Cuarcita	3,6	6,0	6,6	2,1-2,2
Sal	5,3	5,4	6,4	1,2

Arenisca	1,3	2,3	5,1	1,6-2,8
Rocas arcillosas limosas	1,1	2,2	3,5	2,1-2,4
ROCAS NO CONSOLIDADAS				
Grava, seca	0,4	0,4	0,5	1,4-1,6
Grava saturada de agua		Aprox. 1,8		Aprox.2,4
Morrena	1,0	2,0	2,5	1,5-2,5
Arena, seca	0,3	0,4	0,8	1,3-1,6
Arena, saturada de agua	1,7	2,4	5,0	2,2-2,9
Arcilla/limo, seco	0,4	0,5	1,0	1,5-1,6
Arcilla/limo, saturado de agua	0,9	1,7	2,3	1,6-3,4
Turba	0,2	0,4	0,7	0,5-3,8
Otros materiales				
Bentonita	0,5	0,6	0,8	Aprox.3,9
Hormigón	0,9	1,6	2,0	Aprox. 1,8
Hielo (-10°C)		2,32		1,87
Plástico PE		0,39		---
Aire (0-20°C)		0,02		0,0012
Acero		60,0		3,12
Agua (10°C)		0,58		4,19

Tabla 27. Valores de conductividad térmica y capacidad térmica volumétrica de algunas rocas y otros materiales Fuente: Paud, D. Geothermal energy and heat storage. 2002.

El diseño de un intercambiador de calor vertical depende, generalmente, de las propiedades térmicas del terreno en el que se ubique. Los factores del terreno con mayor influencia en la longitud del sondeo que ha de alojar las sondas geotérmicas son, la conductividad térmica del terreno y la humedad.

Las propiedades térmicas del subsuelo se pueden calcular con un Ensayo de Respuesta Térmica del Terreno, ERT, que se realiza una vez perforado el terreno. El ensayo debido a su duración y alto coste, no resulta económico para pequeñas instalaciones.

La norma alemana VDI 4640 Parte 2, establece una diferenciación entre sistemas geotérmicos con intercambiadores de calor verticales para operaciones de calefacción de hasta 30 KW de potencia calorífica y otros sistemas más grandes.

Para el primer tipo de sistemas, de menos de 30 KW, puede utilizarse para, calcular la longitud del sondeo una tabla con valores de extracción de calor específico, en W/m.

En la siguiente tabla, se muestran los valores de extracción de calor específico para operaciones anuales de calefacción para instalaciones con 1800 y 2400 horas de utilización, con diferentes condiciones geológicas del terreno.

SUBSUELO	EXTRACCIÓN DE CALOR ESPECÍFICA (W/m)	
	Para 1800h	Para 2400 h
VALORES GENERALES		
Terreno malo (sedimento seco) ($\lambda < 1,5$ W/(m.K))	25	20
Terreno duro normal y sedimentos saturados de agua ($\lambda < 1,5-3,0$ W/(m.K))	60	50
Roca consolidada con conductividad térmica elevada ($\lambda > 3,0$ W/(m.K))	84	70
ROCAS INDIVIDUALES		
Grava, arena, secas	<25	<20
Grava, arena, saturadas de agua	65-80	55-65
Flujos de agua subterránea en arenas y gravas (para sistemas individuales)	80-100	60-100
Arcilla, margas, húmedas	35-50	30-40
Caliza (masiva)	55-70	45-60
Arenisca	65-80	55-65
Rocas magmáticas silíceas (p.e:granito)	65-85	55-70
Rocas magmáticas básicas (p.e:basalto)	40-65	35-65
Gneis	70-85	60-70

Tabla 28. Valores de extracción de calor específica posibles para intercambiadores verticales. Fuente VDI 4640- Part 2. Thermal use of underground. Verein Deutscher Ingenieure Dusseldorf. 2001.

Los valores de la tabla anterior pueden ser utilizados si se cumplen los siguientes condicionantes:

- Únicamente se produce extracción de calor.
- La longitud del intercambiador de calor vertical, individual, debe estar comprendida entre 40 y 100 m (profundidad de sondeo).
- La distancia mínima entre dos sondeos debe ser:
 - o Al menos de 5 metros para sondeos de 40 a 50 m de longitud.
 - o Al menos de 6 m para sondeos de 50 a 100 m de longitud.
- Tubos en forma de doble U con DN 20, 25 ó 32 mm, o tubos coaxiales con un diámetro mínimo de 60 mm.

En esta instalación, se cumplen todos los condicionantes y es posible realizar el cálculo de la profundidad de los sondeos, utilizando los datos de la tabla 24.

Para el cálculo de la profundidad del sondeo, debemos calcular el calor que tiene que aportar el terreno, para ello utilizaremos la siguiente expresión:

$$Q_{\text{Sondeo}} = Q_{\text{Calefacción}} \cdot \frac{\beta_a - 1}{\beta_a}$$

Ecuación 10. Cálculo de la profundidad del sondeo

Siendo β_a el factor de eficiencia anual o estacional de una bomba de calor eléctrica, este factor es la relación entre el calor suministrado anualmente y la cantidad de energía eléctrica consumida.

Este factor es diferente del coeficiente de operación COP. El COP de una bomba de calor eléctrica, es la relación momentánea entre la cantidad de calor emitida y la eléctrica consumida, para un determinado punto de trabajo.

Un valor medio del factor de eficiencia anual para una bomba de calor geotérmica es 3,5, de este modo podemos obtener la energía que debe aportar el terreno, que es la potencia del evaporador de la bomba.

$$Q_{\text{Sondeo}} = 7,38KW \cdot \frac{3,5 - 1}{3,5} = 5,27 KW$$

Atendiendo al tipo de terreno donde se ubica la instalación, podemos considerarlo como terreno duro normal ($\lambda < 1,5-3,0 W/(m.K)$) y la utilización de la instalación será de 1800 horas/año, con estos parámetros y utilizando la tabla 24, se obtiene que la extracción específica de calor es 60 W/m. Por lo que la profundidad del sondeo será:

$$L_{\text{Sondeo}} = \frac{5,27KW}{60 W/m} = 87,83 m$$

Para esta instalación y atendiendo a la bomba de calor elegida que permite suministrar más potencia en caso de ampliación de la instalación, bien para refrigeración de la vivienda o instalación de piscina climatizada, se realizarán 2 sondeos verticales paralelos, de 100 metros profundidad cada uno con tubos en doble U, separados ambos sondeos, 6 metros el uno del otro.

Los tubos captadores a instalar en el interior del sondeo representan una configuración en doble U, el cual consiste en dos pares de tubos unidos en su base mediante un codo de 180°, cuyas salidas se conectan al circuito primario de la bomba de calor geotérmica.

La principal ventaja de esta configuración es el bajo coste del material de los tubos, los tubos están fabricados en Polietileno, cuyo diámetro se encuentran normalmente entre 25 y 63 mm, en función del caudal que circula y de la longitud del circuito.



Figura 22. Detalle sondas geotérmicas en doble U.

5.1.2 Bombas de impulsión.

La bomba de impulsión hidráulica, es una máquina generadora que produce un aumento de la presión en el fluido, con la intención de provocar el desplazamiento de este desde un punto de menor presión hasta otro punto de mayor presión.

La instalación consta de tres grupos de bombas hidráulicas, dos de estos grupos están formados por bombas gemelas y el restante presenta únicamente una bomba individual.

Los grupos de bombas gemelas, se instalarán en el circuito primario de la bomba de calor para impulsar la energía geotérmica y en el circuito de la instalación de calefacción mediante radiadores.

Siendo la demanda de ACS menor que las demandas de calefacción, es en este circuito donde se instalara la bomba individual.

Las bombas de impulsión gemelas, permiten que la instalación funcione en modo simple o en modo paralelo, si la instalación está funcionando en modo simple, una de las bombas queda en reserva, pasando a ser redundante, con lo que aumenta la fiabilidad de la instalación.



Figura 23. Bombas de circulación simple y doble, fuente "Bombas de circuitos primario y secundarios". Grundfos. online <https://product-selection.grundfos.com/es/applications>

5.1.3 Aguja hidráulica.

La aguja hidráulica permite independizar el circuito primario proveniente de la bomba de calor, del circuito secundario de distribución de fluido, esta operación reduce los inconvenientes de la instalación cuando existen varios circuladores trabajando en serie en el mismo circuito.

La aguja hidráulica es un pequeño depósito con varias conexiones, por un lado se conectan los tubos de impulsión y de retorno de la bomba de calor y por el otro lado se conecta el tubo de impulsión y de retorno del sistema de calefacción.

Si la aguja hidráulica se encuentra bien dimensionada, es posible utilizarla como desgasificador (purga de aire) y como decantador de impurezas.

Otra ventaja que ofrece instalar una aguja hidráulica es que todos los circuladores pueden funcionar de modo independiente, es decir, si los circuladores del circuito secundario no funcionan por no tener una demanda de calor, el circuito primario tiene garantizado su flujo de calor.

Así mismo con la instalación de la aguja hidráulica se evitan desequilibrios hidráulicos entre los circuitos y la bomba de calor.



Figura 24. Aguja hidráulica, fuente "Aguja hidráulica". online
<https://www.sysclima.com/productos/sysclima/soluciones-calefaccion/item/871-aguja-hidraulica>

5.1.4 Vaso de expansión.

La principal función del vaso de expansión es absorber el aumento de volumen que se produce al expandirse, por calentamiento, el fluido que contiene el circuito.

Al calentarse el circuito primario, una parte del fluido entra en el vaso de expansión, regresando al circuito cuando se enfría, manteniendo así la presión en el circuito dentro del rango de presiones admisibles y siempre por encima de la presión atmosférica, de modo que no se permita la entrada de aire en el circuito.

El vaso de expansión es un recipiente cerrado formado por dos zonas, una llena de agua del circuito primario de calefacción, de ACS o de geotermia, en función de donde se encuentre, y una segunda zona llena de aire o gas nitrógeno. Estas zonas están

separadas por una membrana impermeable que comprime el aire cuando se requiere, logrando que las presiones en el circuito sean estables.

En la instalación proyectada, se han instalado 3 vasos, uno en el circuito de geotermia, uno para el circuito de calefacción y otro en el circuito de ACS.



Figura 25. Vaso de expansión, fuente "Vaso de expansión". Online materialesdeconstrucción.com.

5.1.5 Colectores.

El objetivo de los colectores es distribuir el agua a los diferentes radiadores situados en las diferentes plantas, distribuyendo en cada circuito el caudal de fluido necesario para un funcionamiento óptimo de la instalación.

Los colectores de distribución, se instalan de modo que la longitud de los circuitos sea la mínima posible.

El número de colectores dependerá de las necesidades y requerimientos de cada caso, se detalla la distribución por planta para la vivienda unifamiliar en estudio, se instalan dos colectores uno en planta baja y otro en planta primera.



Figura 26. Colector de impulsión y retorno, fuente “Colector de impulsión y retorno”. Online <https://www.vevor.es>

5.1.6 Suelo radiante.

En esta instalación, se opta por la instalación de un sistema de suelo radiante.

Según la norma UNE-EN 15377, las superficies radiantes son aquellos sistemas empotrados de calefacción y refrigeración, donde los tubos que transportan agua con o sin aditivos se empotran en el suelo, pared o techo.

La zona idónea para empotrar las tuberías es el suelo, ya que también se aprovecha la transferencia de calor por convección.

La sensación de confort para las personas se consigue cuando la temperatura a nivel del suelo es ligeramente superior a la temperatura al nivel de la cabeza. El sistema de suelo radiante es el sistema de calefacción que más se aproxima a la distribución ideal de temperatura.

Por otro lado, y a diferencia del resto de sistemas de calefacción, la temperatura del agua que circula por las superficies radiantes, oscila entre 30°C y 50°C, esta circunstancia permite la utilización de generadores de calor a baja temperatura, como son las bombas de calor.

El suelo radiante consta de diferentes capas superpuestas, sobre los forjados se sitúan unas láminas de aislamiento que incorporan unos conectores, llamados tetones entre los que se encaja la tubería, el aislante utilizando de forma más común es el poliestireno expandido, con este aislante, se obliga a que el flujo de calor tenga una dirección ascendente, evitando flujos de calor en otro sentido. Terminada la colocación de los tubos, se añade una capa de mortero formado por una mezcla de cemento, arena, agua y un aditivo para facilitar la transmisión de calor, esta capa de mortero suele tener aproximadamente 4 cm de espesor y protege la tubería de las cargas habituales que sufre el suelo de la vivienda. Para terminar se coloca el revestimiento final del suelo, que puede ser cualquier material de los utilizados habitualmente, teniendo en cuenta que no se debe colocar nunca tarima que deje una cámara de aire entre el mortero y el revestimiento.

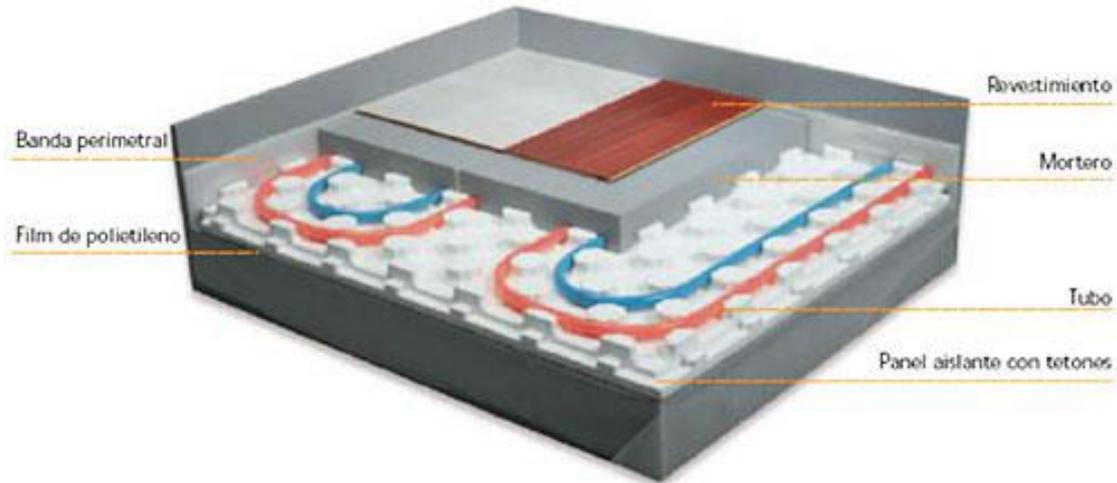


Figura 27. Capas suelo radiante. Fuente "Esquema capas suelo radiante". Online <https://www.standardhidraulica.com>

La distribución de los tubos de suelo radiante no es aleatoria, se debe instalar de modo que se produzca un reparto homogéneo del calor.

Los sistemas más habituales de distribución de tubos son en espiral o en serpentin. Ambas distribuciones, tienen en cuenta las principales recomendaciones, la distancia entre tubos debe ser constante, los circuitos no deben de cruzarse y las tuberías de impulsión y retorno deben estar colocadas una al lado de la otra, con el fin de conseguir una mejor homogenización de la temperatura.

En la instalación que nos ocupa se opta por la distribución en modo serpentin simple. De este modo el tubo se va distribuyendo a lo largo de la habitación en líneas paralelas de ida y vuelta equidistantes unas de otras.

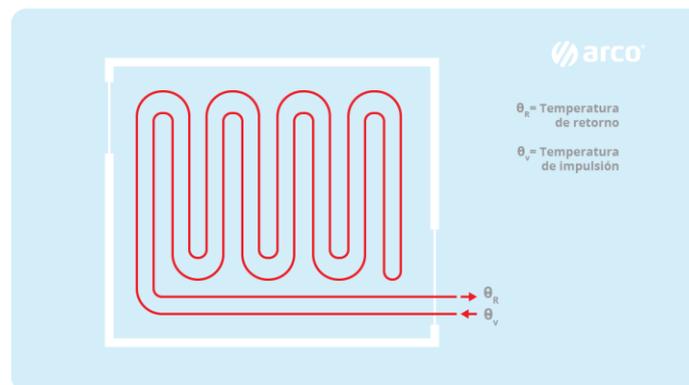


Figura 28. Instalación tubos suelo radiante, serpentin simple. Fuente "Instalación serpentin simple". Online <https://www.valvulasarco.com>

Para el cálculo de los circuitos de suelo radiante y con el fin de que la instalación funcione de forma equilibrada, es conveniente que ninguno de los circuitos que forma la instalación, supere los 120 metros de longitud, así mismo se ha considerado un paso

entre tuberías de 150 mm, esta longitud es la distancia entre tuberías, el paso elegido es el más común para las instalaciones de tipo doméstico.

Utilizando la expresión:

$$\text{longitud del circuito} = \frac{A}{p} + (2xd)$$

Ecuación 11. Cálculo de la longitud circuitos suelo radiante

Donde:

A = Superficie de la zona a climatizar.

p = Paso de las tuberías = 150mm.

d = distancia de la zona a climatizar con el colector.

De este modo y teniendo en consideración la premisa de no superar los 120 metros de longitud de cada uno de los circuitos, se obtiene la siguiente distribución de circuitos.

Circuitos suelo radiante	Superficie m ²	Paso tuberías m	Distancia a colector m	Longitud circuito m
COLECTOR PLANTA BAJA				
Circuito 1 salón-comedor	11,8	0,15	5,0	88,67
Circuito 2 salón-comedor	11,8	0,15	5,0	88,67
Circuito 3 salón-comedor	11,8	0,15	5,0	88,67
Circuito 1 cocina	7,4	0,15	5,0	59,33
Circuito 2 cocina	7,4	0,15	5,0	59,33
Circuito 1 habitación	6,6	0,15	1,0	46,0
Circuito 2 habitación	6,6	0,15	1,0	46,0
Aseo	5,4	0,15	2,0	40,0
COLECTOR PLANTA PRIMERA				
Circuito 1 dormitorio Ppal	7,3	0,15	1,0	50,67
Circuito 2 dormitorio Ppal	7,3	0,15	1,0	50,67
Circuito dormitorio 2	9,3	0,15	3,0	68,0
Circuito dormitorio 3	9,3	0,15	3,0	68,0
Aseo dormitorio Ppal	5,4	0,15	2,0	40,0
Aseo común	4,8	0,15	3,0	38,0

Tabla 29. Número y longitud de los circuitos de suelo radiante.

5.1.8 Válvulas y tuberías.

Las válvulas son mecanismos utilizados con el fin de impedir o controlar el paso del fluido por una tubería.

Las válvulas pueden construirse de un gran número de materiales, estos materiales deben ser compatibles con los materiales de las tuberías y los líquidos que conducen.

Una válvula muy común en este tipo de instalaciones, son las válvulas de esfera o de bola, en el que el elemento de cierre es una esfera con un orificio cilíndrico que cuando está orientado paralelamente al eje de la conducción, el fluido puede circular normalmente, obturando el paso cuando su posición es perpendicular. Esta tipología de válvula es empleada para el llenado y vaciado de los circuitos y para aislamiento de diferentes secciones ya que se consigue un cierre hermético.



Figura 29. Válvula de esfera, fuente "Válvula de esfera". Online <https://riegoyaccesorios.es>

Las válvulas de seguridad o sobrepresión, son dispositivos auto-accionados por el fluido que previenen la sobre presión en canalizaciones y recipientes presurizados, son diseñadas en ángulo de 90° para facilitar la evacuación del fluido del sistema. Su funcionamiento se basa en el accionamiento de un resorte a una determinada presión, por encima de la cual, actuará liberando el fluido del sistema y una vez la presión vuelva a bajar, la válvula vuelve a su posición, normalmente cerrada.



Figura 30. Válvula de seguridad, fuente "Válvula de seguridad". Online <https://www.secoin.com>

Para la regulación del fluido se emplean válvulas de asiento las cuales fuerzan al fluido a cambiar de dirección introduciendo una importante resistencia.



Figura 31. Válvula de asiento, fuente "Valvula de asiento". Online <http://www.valsum.es>

En la instalación del proyecto, también es necesario instalar válvulas de control, estas pueden ser diseñadas con paso recto, pero también siendo más comunes con tres vías de paso, de modo que pueden realizar funciones de mezcla o derivación.



Figura 32. Válvula de tres vías, fuente "Válvula de tres vías". Online <https://www.caleffi.com/spain/es/catalogue>

Las válvulas mezcladoras son aquellas que están diseñadas para actuar sobre la proporción de dos o más fluidos de entrada para producir un fluido común.



Figura 33. Válvula mezcladora, fuente "Válvula mezcladora". Online <https://www.climabit.com/317-valvulas-mezcladoras>

Por último también se dispone de válvulas de retención o antirretorno, las cuales solo permiten el flujo en una dirección. Ante el fluido invertido, la válvula se cierra por gravedad o por medio de un resorte que impulsa el disco sobre el asiento.



Figura 34. Válvula antirretorno, fuente "Válvula antirretorno". Online <https://www.vendival.com/producto/valvula-antirretorno>

5.2 CIRCUITOS HIDRÁULICOS.

La instalación dispone de tres circuitos hidráulicos, un circuito primario formado por intercambiadores verticales de la geotermia y dos circuitos secundarios uno para la instalación de calefacción mediante radiadores y otro para la preparación del ACS.

Para el dimensionamiento de las tuberías y bombas de impulsión de los diferentes circuitos que forman la instalación, es necesario conocer las pérdidas de carga que se originaran en la instalación, es necesario calcular las dimensiones de las canalizaciones, longitud, diámetro y caudal que circulará por ellos.

Los cálculos se realizan para los diferentes circuitos como son; las sondas verticales de la geotermia y sus tramos horizontales hasta la bomba de calor, el circuito para el ACS y el circuito de calefacción formado por los radiadores y las tuberías.

Las pérdidas de carga que tienen lugar en una conducción representan la pérdida de energía de un flujo hidráulico a lo largo de la misma por efecto del rozamiento y de puntos singulares de las tuberías (codos, juntas, válvulas, etc...) y que se deben a fenómenos de turbulencia. Con la suma de las pérdidas de carga localizadas más las pérdidas por rozamiento, se obtienen las pérdidas de carga totales.

Una de las fórmulas más comunes para el cálculo de las pérdidas de carga por rozamiento es la de Darcy-Weisbach.

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Ecuación 12. Ecuación Darcy-Weisbach Cálculo pérdidas de carga.

Donde:

- h_f : Pérdida de carga debida a la fricción.
- f : coeficiente de fricción.
- L : Longitud de la tubería, (m).
- D : Diámetro interno de la tubería, (m).
- V : Velocidad media del fluido, (m/s).
- g : Aceleración de la gravedad, 9,8 m/s²

Si expresamos la fórmula de Darcy-Weisbach, en función del caudal:

$$h_f = j \cdot L = f \cdot \frac{8 \cdot L \cdot Q^2}{g \cdot \pi^2 \cdot D^5}$$

Para la determinación del coeficiente de fricción es necesario el uso de métodos iterativos en la fórmula de Colebrook-White que es una fórmula exacta y además válida para todo tipo de flujos y rugosidades.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{\varepsilon_r}{3,7} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Donde:

- f : coeficiente de fricción.
- ε_r : rugosidad relativa, calculada mediante el cociente entre la rugosidad absoluta (en función del material) por el diámetro de la tubería $\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{D}$.
- Re : número de Reynolds.

El número de Reynolds es un número adimensional utilizado para caracterizar el movimiento de un fluido. Permite predecir el carácter laminar o turbulento del fluido en conductos o tuberías, si el número de Reynolds es menor de 2100 en flujo será laminar y si es mayor de 3000 el flujo será turbulento.

El número de Re viene dado por

$$R_e = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

Donde:

- Re: número de Reynolds.
- V: velocidad del fluido, (m/s).
- D: diámetro de la tubería, (m).
- ν : viscosidad cinemática del fluido, (m²/s).

Las canalizaciones de la instalación de calefacción están formadas por Polietileno PE. Según norma UNE 53381, los diámetros y espesores de las tuberías de polietileno, son los siguientes:

TUBERÍA DE POLIETILENO RETICULADO (PE-R) SEGÚN UNE 53.381						
DIÁMETRO EXTERIOR	SERIE 5.0			SERIE 3.2		
	e	DIÁMETRO INTERIOR	CONT.AGU A l/m	e	DIÁMETRO INTERIOR	CONT.AGU A l/m
10	1,8	6,4	0,03	1,8	6,4	0,03
12	1,8	8,4	0,06	1,8	8,4	0,06
16	1,8	12,4	0,12	2,2	11,6	0,11
20	1,9	16,2	0,21	2,8	14,4	0,16
25	2,3	20,4	0,33	3,5	18,0	0,25
32	2,9	26,2	0,54	4,4	23,2	0,42
40	3,7	32,6	0,83	5,5	29,0	0,66
50	4,6	40,8	1,31	6,9	36,2	1,03
63	5,8	51,4	2,07	8,6	45,8	1,65
75	6,8	61,4	2,96	10,3	54,4	2,32
90	8,2	73,6	4,25	12,3	65,4	3,36
110	10,0	90,0	6,36	15,1	79,8	5,00
125	11,4	102,2	8,20	17,1	90,8	6,48

Tabla 30. Diámetros y espesores de tuberías Polietileno, según UNE 53381.

5.2.1 Sondas geotérmicas.

La instalación está formada por 2 captadores verticales con una profundidad de 45 m cada uno, los intercambiadores están formados por dos tuberías en U.

El circuito primario, circuito de geotermia, dispone de 2 captadores verticales, con dos colectores, uno de impulsión y otro de retorno, estos colectores, se conectan a la bomba de calor, el circuito precisa además de una bomba de impulsión y un vaso de expansión.

En función del número de intercambiadores y del salto térmico que se vaya a producir en dichos intercambiadores, se tendrá un caudal determinado ya que, un cambio en el caudal producirá un cambio en el salto térmico que se da entre la entrada y salida de las sondas verticales, esta variación de temperatura viene limitada por la conductividad y características del terreno y por las limitaciones de la bomba de calor. En nuestro caso, atendiendo a las recomendaciones del fabricante de la bomba de calor seleccionada ECO GEO B/C 3-12 de la casa ECO FOREST, el caudal recomendado es de 2000 l/h.

Para el dimensionado de la bomba de circulación y de las dimensiones de las canalizaciones, tras aplicar las diferentes ecuaciones para el cálculo de las pérdidas de carga y teniendo en cuenta las características de la instalación, se obtienen los siguientes resultados:

Caudal l/s	Caudal l/h	Perdida de carga mdca
0.56	2000	8.21

Tabla 31. Perdidas de carga Circuito primario.

En los cálculos de pérdidas de carga en tuberías, consideramos unas pérdidas de carga secundarias, aproximadamente del 15% de las primarias, correspondientes a las singularidades que hay en el circuito, como pueden ser codos, estrechamientos y posibles imponderables de obra.

El cálculo pormenorizado de las perdidas de carga se puede observar en el Anexo 2 Cálculos pérdida de carga.

Para la selección de la bomba de circulación, con los valores obtenidos de pérdida de carga total 8,21 mdca y del caudal unitario 0.56 l/s, con estos datos, se selecciona la bomba de la casa Grundfos UPML GEO 25-105-180, cuyas características se adjuntan en el Anexo 3 Componentes de la instalación.

5.2.2 Circuito ACS.

De la bomba de calor salen dos circuitos, uno que va destinado a la calefacción mediante radiadores y otro para la preparación de A.C.S.

El depósito de acumulación de A.C.S se encuentra en la misma sala de máquinas que la bomba de calor (Planta Sótano), aunque el tramo de canalizaciones desde la bomba de calor al depósito de acumulación es reducido, este tramo necesita instalar una bomba de impulsión para su correcto funcionamiento.

La producción de A.C.S, esta formada por un depósito de acumulación de agua con un serpentín, por el circula el fluido que proviene de la bomba de calor, este fluido es el que aporta el calor necesario para aumentar la temperatura en el depósito de acumulación, el circuito necesita para su correcto funcionamiento una bomba de calor y un vaso de expansión.

Para este circuito, se calculan las dimensiones y las pérdidas de carga tal y como hemos visto en el apartado anterior.

Para la instalación de ACS se considera un caudal de 0.2 l/s, con este caudal se calculan las pérdidas de carga para el circuito de ACS:

Caudal l/s	Caudal l/h	Perdida de carga mdca
0.20	720	2.45

Tabla 32. Perdidas de carga ACS.

Para la selección de la bomba de impulsión, se tiene en cuenta el caudal de impulsión (0,20 l/s) y las pérdidas de carga (2,45 mdca) con estos datos, se selecciona la bomba de la casa Grundfos UPML GEO 25-85-130, cuyas características se adjuntan en el Anexo 3 Componentes de la instalación.

5.2.2 Circuito suelo radiante.

De la bomba de calor parten dos circuitos, uno cuya función es la recuperación de calor para el circuito de ACS y otro que va destinado a la calefacción mediante suelo radiante.

La vivienda consta de 2 plantas climatizadas, Planta Baja y Planta primera, en cada una de las plantas se instala un colector y de este parten las canalizaciones de impulsión y retorno de los circuitos de suelo radiante.

Se calculan las pérdidas de carga para cada uno de los circuitos de la instalación de suelo radiante.

Para este cálculo primero es necesario conocer el caudal para cada uno de los circuitos. Para este cálculo utilizamos la expresión:

$$Q \left[\frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \right] = C_{p,agua} [\text{Kcal}(\text{Kg } ^\circ\text{C})] \cdot \rho_{agua} \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right] \cdot \dot{V} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] \cdot \Delta T [^\circ\text{C}]$$

En esta ecuación las únicas incógnitas son el caudal y el salto térmico.

PARAMETROS	INVIERNO
SALTO TÉRMICO °C	5.00

Tabla 33. Salto térmico del suelo radiante en Invierno.

Para el cálculo de pérdidas de carga habrá que considerar el circuito más alejado de cada colector, siendo este el circuito más desfavorable, cuyas pérdidas de carga serán mayores y por tanto requerirá un mayor caudal.

Se han considerado los siguientes circuitos:

- Colector planta baja. Circuito 1 salón comedor.
- Colector planta primera. Circuito dormitorio 2.
-

Circuito	Caudal l/s	Caudal l/h	Perdida de carga mcda
Salón comedor PB	0.03	101.79	2.13
Dormitorio 2 Pl. 1	0.02	80.23	1,89

Tabla 34. Pérdidas de carga en circuitos más desfavorables suelo radiante.

Finalmente, para el cálculo de pérdidas, se ha considerado la parte del circuito compuesta por los tramos del lado secundario de la bomba de calor hasta la aguja hidráulica, así mismo se ha calculado la pérdida de carga del tramo de tubería hasta el colector situado en planta primera y las pérdidas que ocasionan los circuitos más desfavorables de la instalación de suelo radiante.

De forma similar a la empleada con anterioridad, se calculan las dimensiones y pérdidas de carga del tramo de tubería del circuito secundario mediante sucesivas iteraciones hasta que el valor de “f de cálculo” es igual que el de “f calculado”.

Con el valor de caudal (0.56 l/s), tabulado por las características técnicas de la bomba de calor y las pérdidas totales del tramo del circuito secundario (6.54 mca) se selecciona, la bomba más adecuada.

Equipos	Caudal l/s	Caudal l/h	Perdida de carga mcda
Circ secundario (aguja hidráulica)	0.56	2000	0.06
Circ secundario (colector planta primera)	0.28	1008	0.46
Suelo radiante	---	---	4,02
Bomba de calor	---	---	2
Total	TOTAL		6.54

Tabla 35. Pérdidas de carga Circuito secundario.

La bomba de circulación seleccionada para este circuito corresponde a la bomba de la casa Grundfos UPML GEO 25-105-180, sus características se incluyen en el anexo 3.

6 SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control tiene la finalidad de asegurar el correcto funcionamiento de la instalación al mismo tiempo que actúa como protección frente a la acción de múltiples factores como sobrecalentamientos, congelaciones, pérdidas de fluido, etc.

Mediante sondas de temperatura, el sistema de control asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales y componentes de la instalación.

Para el control de la instalación de suelo radiante, se medirá la temperatura del ambiente por medio de sondas térmicas de suelo, esto nos permitirá aumentar o disminuir la temperatura del fluido en el interior de los circuitos para que se ajuste a las necesidades requeridas en cada momento.

7 REFERENCIAS.

En este apartado se relacionan las referencias utilizadas durante la realización del trabajo:

- “Aplicación google maps”. online <https://www.google.es/maps>
- “Esquemas resistencias en serie”. Tecnología GLA. online <https://sites.google.com/site/tecnologiadelcrack/consulta>
- “CE3X” versión 2.3 octubre de 2018. Ministerio para la transición ecológica y reto demográfico.
- “CTE HE” versión 14 de junio de 2022. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda urbana.
- “Imagen variación de la temperatura con la profundidad”. Online <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com>
- “Esquemas de captadores verticales y horizontales geotérmicos”. Grupo visiona. online <http://www.grupovisiona.com/es/geotermia>
- C.López Ocón “Informes técnicos IDAE” Programa GEOTCASA.
- “Bombas de circuitos primario y secundarios”. Grundfos. online <https://product-selection.grundfos.com/es/applications>.
- “Aguja hidráulica”. online <https://www.sysclima.com/productos/sysclima/soluciones-calefaccion/item/871-aguja-hidraulica>
- “Vaso de expansión”. Online materialesdeconstruccion.com.
- “Colector de impulsión y retorno”. Online <https://www.vevor.es>
- “Esquema capas suelo radiante”. Online <https://www.standardhidraulica.com>
- “Instalación serpentín simple”. Online <https://www.valvulasarco.com>
- “Válvula de esfera”. Online <https://riegoyaccesorios.es>
- “Válvula de seguridad”. Online <https://www.secoin.com>.
- “Valvula de asiento”. Online <http://www.valsum.es>
- “Válvula de tres vías”. Online <https://www.caleffi.com/spain/es/catalogue>
- “Válvula mezcladora”. Online <https://www.climabit.com/317-valvulas-mezcladoras>
- “Válvula antiretorno”. Online <https://www.vendival.com/producto/valvula-antiretorno>

8 PRESUPUESTO.

En este capítulo se incluye un resumen del presupuesto de la instalación. En el anexo 4 del TFG, se incluye una descripción más pormenorizada de cada una de las partidas que componen el presupuesto de la instalación.

8.1 RESUMEN DE PARTIDAS

CAPTADORES	7.541,00
COLECTORES Y TUBERÍAS	7.191,73
BOMBAS DE IMPULSIÓN	3.608,08
BOMBA DE CALOR Y ACUMULADOR	9.150,30
VALVULERÍA Y RESTO DE ELEMENTOS AUXILIARES.....	897,79
ELEMENTOS DE CONTROL.....	563,09
PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACIÓN	400,00

8.2 RESUMEN DE PRESUPUESTO

TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	29.351,99
GASTOS GENERALES 13%.....	3.815,75
BENEFICIO INDUSTRIAL 6%	1761,11
TOTAL DE EJECUCIÓN POR CONTRATA.....	34.928,86
I.V.A 21%.....	7.335,06
TOTAL IVA INCLUIDO	42.263,93

El presupuesto final de la instalación de calefacción y ACS de la vivienda unifamiliar mediante el empleo de geotermia, asciende a la cantidad de **42.263,93 €** (Cuarenta y dos mil doscientos sesenta y tres euros con noventa y tres céntimos).

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

9 CONCLUSIONES

El trabajo partió de la necesidad de satisfacer la demanda de calefacción y ACS de una vivienda unifamiliar mediante la utilización de energía geotérmica y apoyo mediante un sistema de bomba de calor.

Tras la realización del trabajo podemos comprobar que se han alcanzado los objetivos que se perseguían:

- Cálculo de las cargas térmicas y demanda energética de la vivienda para calefacción. Se han realizado los cálculos de las diferentes cargas térmicas a vencer, obteniendo un valor de 7,38 KW de potencia de calefacción a satisfacer.
- Diseño y dimensionado de la instalación de calefacción. Se opta por un sistema de suelo radiante, se ha diseñado en base a los cálculos realizados de caudal y pérdidas de carga.
- Diseño y dimensionado de la instalación Geotérmica. Se ha calculado el número de sondas y profundidad que deben alcanzar estas para satisfacer la demanda perseguida y posibles ampliaciones.

A modo de conclusión, podemos observar que técnicamente es viable la satisfacción de la demanda energética con la utilización de esta abundante energía.

De la estimación realizada en el Anexo 4 se desprende que la instalación mediante energía geotérmica, quedaría amortizada antes de los 9 años si la demanda de calefacción se satisface con energía eléctrica y en menos de 12 años en caso de utilizar gas natural, teniendo en consideración que la vida útil de la instalación se considera que puede alcanzar 20 años, es posible obtener 8 años de rentabilidad de la misma.

Así mismo la instalación mediante energía geotermia no estaría sujeta a las fluctuaciones del precio de las energías convencionales que estamos experimentando sufrido de un tiempo a esta parte.

Por otro lado, es necesario destacar el hecho de la cantidad de CO₂ que no se emitiría a la atmosfera, considerando la emisión de 259 g CO₂/KWh (eléctricos), obtenemos una cantidad aproximada de 2,09 TN/año.

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE
SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE
ENERGÍA GEOTÉRMICA**

PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

ÍNDICE

1 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.....	4
TRABAJOS DE PERFORACIÓN E INSTALACIÓN DE SONDAS Y COLECTORES....	4
1.1 OBJETO	4
1.2 CONDICIONES DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS.....	4
1.2.1 Prescripciones generales	4
1.2.1.1 Agua.....	4
1.2.1.2 Entubaciones.....	4
1.2.1.3 Maquinaria.....	5
1.3 EJECUCIÓN DE LA OBRA	5
1.3.1 Prescripciones generales	5
1.3.2 Perforación.....	5
1.3.3 Entubaciones y zonas filtrantes	6
1.3.4 Fluido de perforación.....	6
1.3.5 Cementaciones	6
1.3.6 Limpieza y acondicionamiento.....	6
1.3.7 Verticalidad y alineación.....	7
1.3.8 Cementación de la entubación definitiva	7
1.3.9 Cierre del sondeo	7
1.3.10 Acondicionamiento y limpieza del entorno del sondeo.....	7
1.3.11 Documentación	8
1.3.2 Características de las tuberías y accesorios.....	8
1.3.2.1 Uniones	8
1.3.2.1 Montaje de colectores.	9
1.3.2.2 Tendido horizontal.	10
1.3.2.3 Pruebas.....	11
1.3.2.4 Llenado, limpieza, purga y circulación	11
TRABAJOS DE INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE.....	12
1.4 OBJETO	12
1.4.1 Generalidades	12
1.4.2 Elementos del sistema	12
1.4.2.1 Tuberías	12
1.4.2.2 Paneles aislantes	13

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

1.4.2.3 Film de polietileno.....	14
1.4.2.4 Zócalo perimetral adhesivo.....	14
1.4.2.5 Colectores	14
1.4.2.6 Caja de colectores.....	14
1.5.1 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE	14
1.5.1.1 Film de polietileno.....	15
1.5.1.2 Zócalo perimetral.....	15
1.5.1.3 Panel aislante.....	15
1.5.1.4 Circuitos de calefacción.....	16
1.5.1.5 Almacenamiento y transporte	16
1.5.1.6 Cajas de colectores	16
1.5.1.7 Montaje de colectores	17
1.5.1.8 Llenado de la instalación y prueba de estanquidad	17
1.6. PUESTA EN MARCHA Y CALENTAMIENTO INICIAL.....	17

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

1 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

TRABAJOS DE PERFORACIÓN E INSTALACIÓN DE SONDAS Y COLECTORES

1.1 OBJETO

El objeto de la presente especificación técnica es recoger las condiciones de los materiales, equipos y procedimientos que deberá cumplir el Contratista en la realización de sondeos por el sistema de rotoperCUSión con martillo en cabeza, para su uso como intercambiador geotérmico.

1.2 CONDICIONES DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS.

1.2.1 Prescripciones generales

Los materiales y equipos empleados, cumplirán todas las normas oficiales vigentes durante el período de ejecución y se ajustaran, en cada caso, a las Condiciones Técnicas Particulares que establezcan en cada obra. La Dirección Técnica aceptará o rechazará en obra los materiales y equipos que no se ajusten a lo establecido. El contratista estará obligado a restituirlo por otros de superiores características. No será de abono el tiempo de parada ni cualquier otro gasto que se produzca por esta causa.

1.2.1.1 Agua

El agua empleada en la perforación tendrá, como máximo, el cuádruple de las sustancias toleradas en el agua considerada potable en la legislación actual. El agua empleada para cementaciones deberá cumplir las normas oficiales vigentes sobre conglomerados hidráulicos.

1.2.1.2 Entubaciones

Para la entubación del pozo se utilizarán tuberías de Pex, acero o PE perfectamente cilíndricas con los diámetros y espesores indicadas en cada Pliego de Condiciones Técnicas Particulares. En aquellas entubaciones auxiliares de sostenimiento se utilizará tubería soldada de chapa ciega de acero.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

1.2.1.3 Maquinaria

La Dirección Técnica podrá rechazar la maquinaria que no pueda realizar las operaciones que se exigen en cada Pliego de Condiciones Técnicas particulares. El Contratista estará obligado a restituirla por otra de superiores características. No será de abono el tiempo de parada ni cualquier otro gasto que se produzca por esta causa.

1.3 EJECUCIÓN DE LA OBRA

1.3.1 Prescripciones generales

Para la ejecución de la obra, el Contratista atenderá en todo instante a las normas oficiales vigentes durante el período de realización de la misma, a las Condiciones Técnicas Particulares establecidas en cada obra y a las instrucciones recibidas de la Dirección Técnica en cada caso. El hecho de que un trabajo se encuentre insuficientemente definido en las Condiciones Técnicas Particulares, no eximirá al Contratista de la obligación de realizarlo correctamente y terminarlo totalmente con arreglo a lo sancionado por la experiencia como buena práctica la construcción.

1.3.2 Perforación

La perforación se realizará por el sistema de rotoperCUSión con martillo en fondo. El Contratista estará obligado a alcanzar la profundidad que se señale y con los diámetros definidos. La empresa responsable de la perforación se atenderá en todo momento a lo dispuesto en el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera (R.D. 863/1985 de 2 de abril) y a las Instrucciones Técnicas Complementarias que lo desarrollan.

A continuación se indican una serie de pautas que se deben seguir en toda perforación:

- No se podrán realizar perforaciones superiores a los 200m.
- La situación de las perforaciones, en caso de reformas en las que se desconozca la situación de las cimentaciones, deberán estar a una distancia mínima de 4 m de la vivienda, nave, edificio...Así mismo, se contempla una distancia mínima a otras propiedades colindantes de 10 m entre estas y la perforación más cercana.
- En terrenos poco cohesionados (suelos) se entubará la perforación en sus primeros 6 metros, colocándose los colectores ya llenos de agua con anticongelante, inmediatamente después de su finalización. Posteriormente, se llenará la perforación con el detritus procedente de la misma o con arena silíceas, con objeto de restablecer, en la medida de lo posible, las condiciones iniciales del terreno.
- En terrenos de elevada dureza, los tubos penetraran 2 m en la roca.
- Los tubos de revestimiento a emplear tendrán un espesor mínimo de 5 mm y la calidad del acero y tolerancias se ajustará a la Norma DIN 1626 o equivalente. Las soldaduras entre tubos deberán ser herméticas y resistentes a la presión de trabajo. La unión entre el tubo envolvente y la roca debe ser hermética mediante

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

el empleo de cemento. Si por alguna razón (caída de materiales, desviación, etc...) el Contratista no puede llegar a la profundidad requerida en el sondeo ya empezado, quedará obligado a realizar otro al lado de la profundidad exigida, sin que deba abonársele nada por este concepto.

1.3.3 Entubaciones y zonas filtrantes

El Contratista procederá a instalar la entubación haciéndola descender por la perforación, de modo que no sufra roturas ni desgastes. En cada caso que esto ocurra, el Contratista estará obligado a reparar o sustituir, a su costa, la entubación averiada. La entubación sobresaldrá, como mínimo, 30 centímetros del nivel del suelo.

La entubación deberá quedar en su posición exacta y si, por cualquier circunstancia, ésta no alcanzase su cota fijada, deberá retirarse la columna, resolver el problema y volver a entubar.

El contratista podrá realizar libremente cualquier revestimiento que considere necesario para el buen avance de la perforación siempre que no suponga merma en el diámetro de entubación previsto y antes de encontrar el primer nivel del acuífero. Una vez éste haya sido alcanzado, necesitará la autorización de la Dirección Técnica para realizar cualquier tipo de revestimiento.

A efectos de cobro se considerarán las operaciones de colocación de la tubería que definitivamente vaya a instalarse en el sondeo. Las tuberías de revestimiento auxiliares recuperadas posteriormente y cuya colocación haya sido autorizada por la Dirección Técnica se abonarán a los precios ofertados en el presupuesto.

No se realizarán labores de entubación sin la presencia de la Dirección Técnica o su expresa autorización.

1.3.4 Fluido de perforación

El fluido de perforación normal será aire o el agua. Se evitará el uso de cualquier tipo de espumante o lodo biodegradable.

Estos productos solo podrán emplearse previa aprobación de la Dirección Técnica.

1.3.5 Cementaciones

En las operaciones de cementado se utilizará cemento Portland normal PA-350, salvo juicio de la Dirección Técnica y/o previa propuesta del Contratista, si se considerase necesario emplear algún tipo de cemento especial. En todos los casos se dejará fraguar la cementación antes de reiniciar cualquier actuación que pueda afectarle. Este tiempo de parada no será de abono.

1.3.6 Limpieza y acondicionamiento

Una vez finalizada la perforación se realizará una limpieza obligatoria del sondeo. Esta labor correrá por cuenta del contratista.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

1.3.7 Verticalidad y alineación

La perforación, entubado y accesorios, serán de sección circular, verticales y alineados según el eje del sondeo, sin que las desviaciones sufridas puedan comprometer la entubación con los diámetros y profundidades proyectados.

El Contratista proporcionará el equipo, suministros y mano de obra necesarios para demostrar ante un representante de la Dirección Técnica que la obra realizada cumple estos requisitos, en caso de que ésta lo requiera.

En caso de no reunir el sondeo las condiciones exigidas, éste puede ser declarado abandonado por la Dirección Técnica. En caso de declararse abandonado el sondeo por estas causas, el Contratista no percibirá cantidad alguna en concepto de abono por ejecución de las obras y procederá a las operaciones siguientes:

- Sellado del sondeo, según normas que emitirá la Dirección Técnica. Esta operación será por cuenta del Contratista.
- Perforación y entubado del sondeo en un nuevo emplazamiento que determinará la Dirección Técnica. La ejecución de este segundo sondeo no eximirá al Contratista de su responsabilidad en lo referente al cumplimiento de los plazos programados.

1.3.8 Cementación de la entubación definitiva

La cementación de la entubación definitiva será la definida en las Condiciones Técnicas Particulares o las que se determinen, a la vista de los resultados de la perforación, por la Dirección Técnica.

1.3.9 Cierre del sondeo

Las tuberías instaladas serán selladas adecuadamente para impedir su posible cegado. Se acordará con la Dirección Técnica el tipo de cierre a instalar como acabado del sondeo.

1.3.10 Acondicionamiento y limpieza del entorno del sondeo

El entorno del sondeo se mantendrá en todo momento en las mejores condiciones de seguridad y limpieza posibles. Una vez terminadas las labores de perforación se procederá a retirar todos los materiales y cualquier vestigio de su actividad.

Se procederá en las zonas dañadas de césped a la preparación y siembra de este.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

1.3.11 Documentación

El contratista confeccionará diariamente un parte de la obra ejecutada que presentará periódicamente a la Dirección Técnica.

1.3.2 Características de las tuberías y accesorios

Las tuberías y accesorios a emplear serán de polietileno, de alta densidad. Los tubos estarán teñidos en profundidad preferiblemente en color negro con banda azul, serán aptos para la conducción de agua potable y cumplirán la norma UNE EN 12201. En el apartado 3 se detallan las principales propiedades de este material. Las tuberías y accesorios a emplear para la conexión de cada sondeo con la arqueta de colectores correspondiente según sector, serán de Pex. La tubería contará con marcado permanente en el que figuren estas características a un espaciado regular.

Las tuberías y accesorios a emplear para la conexión de las arquetas de cada sector hasta el cuarto mecánico serán de Pex. Las tuberías contarán con marcado permanente en el que figuren estas características a un espaciado regular.

El contratista se asegurará de que las tuberías no queden expuestas al sol durante períodos de tiempo superiores a 1 semana. En el caso de que se prevean estancias superiores, se evitará el acopio en obra o se protegerán los tubos mediante una lona o toldo adecuado. En ningún caso se admitirá la utilización de polietileno a partir de material reciclado.

1.3.2.1 Uniones

Las uniones se realizarán mediante fusión térmica, por alguno de los procedimientos aprobados por el fabricante de la tubería. En principio se establece como procedimiento idóneo la soldadura con accesorio socket para los diámetros inferiores a 50 mm y a tope o con manguitos electro soldables para los superiores.

Previa aprobación de la Dirección Técnica, se podrán utilizar accesorios electro soldables en uniones de diámetro inferior en las dificultades de acceso lo hagan preciso.

Las uniones se realizarán previa limpieza de las tuberías y accesorios. Los extremos de las tuberías deberán rasparse en la longitud superior a la profundidad de accesorio socket.

En todo momento se seguirán los procedimientos de los fabricantes de la tubería y los accesorios.

Las piezas a unir se sujetarán adecuadamente asegurando que no se muevan durante la soldadura. Se respetarán en todo momento los tiempos de calentamiento, unión y enfriamiento prescritos por el fabricante no sometiendo la unión a esfuerzo mecánico.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

alguno en este período. Del mismo modo, se cumplirá la temperatura de fusión indicada por el fabricante del accesorio.

En todo momento se asegurará la adecuada limpieza de los mandriles o de la placa de soldadura.

Se realizarán controles de la temperatura de calentamiento de los equipos empleados al menos al inicio y fin de la obra.

1.3.2.1 Montaje de colectores.

Para el montaje de los colectores en el sondeo, es necesario tener en consideración las siguientes indicaciones:

- Se coloca el colector encima del carrusel con las aspas interiores bajadas; una vez que el colector está en su sitio, se suben las aspas interiores para que el colector quede estable. Se coloca el carrusel a una distancia de unos 5 a 10 metros de la boca de la perforación con el brazo guía apuntando de tal forma que el colector corra libremente en dirección de la perforación. Esto es importante hacerlo antes de llenar el colector ya que después el peso hace prácticamente imposible mover el carrusel.
- Se llena el colector con BRINE (mezcla de agua y anticongelante), observar si hay fugas causadas por daños en el transporte.
- Cuando el colector este lleno, se tapan las puntas del colector con la tapas y cinta aislante.
- Si la perforación esta hecha en terrenos blandos puede ser aconsejable agregar un peso para enderezar la punta que de otra forma puede ir rozando las paredes y derrumbando la perforación.
- Se coloca la guía mecánica y en ella el colector y se mete el colector en la perforación. En caso de que no se disponga de esa maquina se mete el colector a mano desenrollándolo lentamente entre varias personas sin que se dañe.
- Es importante para que el colector no se caiga en la perforación causando posibles daños al mismo y a los trabajadores que están manipulando el carrusel. Es aconsejable dejar el colector al sol un corto período de tiempo para facilitar la manipulación del mismo.
- Si hay agua en el pozo y el nivel freático es estable a unos 5-20 metros y se sabe con seguridad que la perforación no se va a derrumbar (perforación en roca) no es necesario rellenar el pozo y se puede colocar un colector de diámetro estándar. Sin embargo, con poca agua y en sondeos que se van a derrumbar o se van a rellenar hay que utilizar diámetros mayores y refuerzos en las paredes.
- Si no hay agua, hay que rellenar la perforación con **arena o bentonita** para asegurarse del buen contacto entre la roca y el colector. Estos es algo que hay que analizar caso por caso en la zona de trabajo para aplicar la mejor solución dependiendo del terreno y de las características geológicas de la zona.
- Hay que asegurarse de aislar la boca de la perforación si no se va a rellenar, para eso hay que colocar tubo de acero hasta la roca y en la superficie colocar una tapa que sella herméticamente la boca del sondeo.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

1.3.2.2 Tendido horizontal.

Antes de su introducción en la zanja, el contratista deberá comprobar la ausencia de cualquier objeto en el interior de las tuberías que pueda ocasionar una obstrucción en el circuito. Las zanjas tendrán una profundidad mínima de 0,5 m. La anchura de la zanja será proporcional al número de tuberías que se prevé vaya a albergar de tal forma que permita el tendido de las mismas con el espaciado especificado en estas condiciones técnicas.

El contratista verificará las características del fondo de la zanja apartando cualquier piedra u objeto punzante que hay podido caer, desde el momento de la excavación de la zanja y pueda dañar la tubería. Se procederá a colocar la tubería evitando la posible entrada de barro, piedras o cualquier objeto extraño.

El radio de curvatura mínimo aceptable será de 30 veces el diámetro nominal de la tubería: 1200 mm para una tubería de 40 mm. Se evitarán radios inferiores mediante la sobreexcavación de la zanja y, en último término, la utilización de los accesorios adecuados.

Si existe algún accesorio en este sector, el radio de curvatura deberá ser de 120 a 125 veces el diámetro nominal de la tubería.

Es importante considerar las características de expansión y contracción térmica, de modo que cuando la instalación se realiza en verano, se deben utilizar longitudes un poco mayores de tubería y en invierno se puede hacer el tendido con la longitud real de la tubería.

Cuando el fondo de zanja, abierta por el contratista, presente rocas o elementos que puedan dañar la tubería se rellenará el fondo con una cama de arena de 5-10 cm de espesor.

Las tuberías se colocarán en dos alineaciones. En la fila inferior se colocarán las tuberías de retorno y en la superior las tuberías de impulsión de cada sondeo.

Los tubos se colocarán con espaciadores. La separación entre tuberías de la misma alineación no será inferior a 2 cm y entre alineaciones de impulsión y retorno será superior a 6 cm.

Con el fin de evitar el embolsamiento de aire, las tuberías se dispondrán con una pendiente regular de al menos 1% hacia los sondeos.

Se evitara los cruces de tubería y los puntos altos que puedan favorecer el atrapamiento de aire que puedan ocasionar una reducción en la sección de circulación.

En las superposiciones de zapatas, se aislaran y protegerán las tuberías con vainas de PE de canalización eléctrica de Θ mínimo 63 mm.

El anular entre las dos tuberías se inyectará con espuma de poliuretano asegurándose un perfecto sellado que impida la filtración de agua.

Las tuberías se dispondrán alineadas y verticales.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

Se colocarán los elementos de fijación precisos para asegurar su posición en las futuras labores de hormigonado, pulido y tabicado. La alineación de los ramales de impulsión mantendrá una separación final al paño del tabique de 10 cm medidos en su generatriz interna. Los ramales de retorno se dispondrán paralelos a los anteriores y separados 20 cm del paño del tabique.

En todo momento se mantendrán marcados los extremos de los circuitos mediante cinta aislante de colores y la numeración de los sondeos o cualquier otro sistema aprobado por la Dirección Técnica.

Una vez instaladas las tuberías y vertida la tongada de arena por el contratista de obra civil, el instalador colocará centrada con respecto al eje longitudinal de la zanja una cinta plástica indicadora de la existencia de las tuberías, situada como mínimo a 20 cm de la generatriz superior de la tubería.

De la clave del tubo hacia arriba debe quedar como mínimo 5 cm de arena adecuadamente compactada sobre la cual se dispondrá como mínimo 20 cm de relleno clasificado para rellenar hasta el nivel del terreno.

1.3.2.3 Pruebas.

Una vez que las conducciones horizontales queden soldadas y colocadas en la zanja, y siempre de forma previa al relleno de la misma, se realizará el llenado de las tuberías con agua. Para ello se dejará transcurrir un mínimo de 2 horas desde la última soldadura efectuada en el circuito.

El llenado asegurará la ausencia de aire y la correcta circulación del agua en el circuito.

Las tuberías y uniones realizadas deberán someterse a una prueba hidráulica antes del relleno de la zanja. La prueba se realizará a presión de red o, en caso de no disponer de esta, a un mínimo de 3 bar. El contratista solucionará a sus expensas cualquier posible fuga que pueda surgir durante las pruebas.

Una vez aprobadas las pruebas por la Dirección Técnica, el contratista soldará los extremos de las tuberías para evitar la entrada de cualquier cuerpo extraño en el curso de la construcción del edificio.

1.3.2.4 Llenado, limpieza, purga y circulación

Finalizado el montaje del circuito de intercambio geotérmico se realizará el llenado del circuito con agua. Se limpiará el circuito mediante la circulación de agua, sondeo a sondeo, con un caudal mínimo de 1,8 m³/h.

Se mantendrá la circulación hasta comprobar la ausencia de cualquier indicio de aire. A continuación se verificará la completa limpieza del circuito mediante la colocación de un filtro, se mantendrá el flujo hasta asegurar la ausencia de partículas en el circuito. Tras la realización de la limpieza se realizará una prueba de presión manteniendo el circuito a una presión mínima de 5 bar durante, al menos, 24 horas.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

TRABAJOS DE INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE.

1.4 OBJETO

El objeto de la presente especificación técnica es recoger las condiciones de los materiales, equipos y procedimientos que deberá cumplir el Contratista en la instalación del sistema de suelo radiante.

1.4.1 Generalidades

El sistema de suelos radiantes consta de uno o varios **colectores de alimentación** de los que arrancan distribuidores que se desarrollan en serpentines bajo los pavimentos que, después de aportar su calor al ambiente, convergen en uno o varios **colectores de retornos**. Naturalmente, la cantidad de agua circulante bajo el pavimento está relacionada con la aportación calorífica demandada y las pérdidas de carga de los diferentes circuitos subsidiarios de unos mismos colectores deben estar equilibradas.

Los trabajos de ejecución del sistema de suelo radiante, deberán de cumplir lo especificado en la norma UNE EN 1264, "Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies", y atenerse a las mejores prácticas disponibles en lo no recogido por esta norma.

Todos los componentes que constituyen el sistema de suelo radiante, estarán desarrollados para trabajar en conjunto, con el objeto de asegurar la máxima calidad de la instalación, la compatibilidad entre los componentes y su idoneidad.

1.4.2 Elementos del sistema

1.4.2.1 Tuberías

Son tuberías de polietileno reticulado de alta densidad (Pex-a) por el método Engel con barrera antidifusión de oxígeno, de color blanco.

La reticulación se define como un proceso químico por el cual las cadenas (CH) de la estructura bidimensional del polietileno se transforma en una red tridimensional debido a los enlaces químicos entre (CH) de diferentes cadenas bidimensionales.

La barrera antidifusión de oxígeno, presente en las tuberías, evita la permeabilidad del oxígeno, ya que reduce drásticamente el aporte extra de oxígeno al caudal de agua. Esta barrera consiste en una delgada película de etilvil-alcohol aplicada a la tubería base de Pex durante el proceso de fabricación.

El reticulado se define como un proceso que cambia la estructura de las cadenas de polímeros de manera que éstas se conectan unas con otras formando una red tridimensional mediante enlaces químicos.

Las tuberías serán acordes a la norma UNE-EN ISO 15875 y cumplen con las exigencias de barrera antidifusión de oxígeno que establece la norma EN 1264-4.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

Las características principales son:

- Estanquidad al oxígeno.
- Incremento de la vida de la instalación.
- Alta resistencia a la erosión.
- Permite velocidades de impulsión muy elevadas.
- No se oxidan, ni se deterioran por contacto con morteros, hormigones, aditivos para morteros, yeso, ni con cualquier otro elemento constructivo.
- Las fuerzas de expansión son muy bajas. No existe riesgo de fisuras en la losa de mortero de cemento.
- Bajo coeficiente de fricción.
- Baja caída de presión.
- Flexibilidad y suministro en rollo: Facilidad de instalación y transporte.
- Instalación sin herramientas específicas. No se requiere inversión específica en herramientas especiales.
- Marcaje del rollo metro a metro. La información marcada es la siguiente:
 - o Nombre del producto. Dimensión.
 - o Designación del material especificado el tipo de reticulado.
 - o Norma conforme a la cual se fabrica: UNE EN ISO 15875.
 - o Lote máquina y fecha de producción.

1.4.2.2 Paneles aislantes

El aislamiento térmico del sistema es imprescindible en cualquier instalación de suelo radiante, ya que:

- Se minimizan las pérdidas y ganancias caloríficas inferiores, lo que implica una drástica reducción del consumo energético.
- Se posibilita el control de temperatura operativa de cada uno de los locales al no existir pérdidas de calor.

En caso de suelos no aislados, la solución es colocar paneles de poliestireno expandido como aislamiento térmico. Los paneles, también tienen la misión de sujetar las tuberías emisoras, guiándolas y facilitando el trazado de los circuitos con la separación entre tubos proyectada.

Los paneles han de colocarse sobre el área a climatizar a modo de superficie continua.

El panel se compone de una base de tetones de EPS, recubierta de una lámina portatubos de Poliestireno Termoconformado (PE), que permite la unión de los paneles por solape en sus extremos. La lámina portatubos, le confiere una resistencia máxima a la compresión.

Las dimensiones del panel están optimizadas para conseguir el compromiso óptimo entre manejabilidad y duración del tiempo de ensamblaje mediante machihembrado entre paneles de los extremos de la lámina portatubos.

Los paneles portatubos, además, proporcionan aislamiento contra el ruido por impacto de modo que ayudan al cumplimiento del Código Técnico de la Edificación en su Documento Básico HR.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

1.4.2.3 Film de polietileno

Es una barrera antihumedad entre el suelo base y la superficie emisora de suelo radiante. Se coloca encima del forjado, de modo que evita el ascenso por capilaridad de humedades.

El film está fabricado en polietileno blanco, con un espesor de 390 micras, +/- 10 micras.

1.4.2.4 Zócalo perimetral adhesivo

Es una banda de espuma de polietileno, cuya misión principal es absorber las dilataciones producidas por el mortero de cemento colocado sobre los tubos emisores debido a su calentamiento/enfriamiento. Así mismo, produce un beneficioso efecto de aislamiento lateral del sistema tanto térmico como acústico.

1.4.2.5 Colectores

La posición de los colectores ha de situarse por encima de la línea del suelo, para evitar una posible acumulación de aire en el interior de las tuberías. Las válvulas de equilibrado de los circuitos siempre deben ir montadas en la impulsión de los circuitos. Dependiendo de la posición de las líneas de distribución, las válvulas de equilibrado deben coincidir con la línea de impulsión (ida). Mientras que los cabezales electrotérmicos han de coincidir con la línea de retorno (vuelta).

El colector de retorno posee llaves manuales de apertura y cierre de paso de agua a cada circuito.

1.4.2.6 Caja de colectores

Los colectores se colocan en los correspondientes armarios o cajas metálicas para colectores. Los colectores se fijan a los bastidores y estos a su vez, se fijan a los bastidores metálicos de la caja de colectores.

Estas cajas se instalan empotradas. Su función dentro de la instalación es soportar los colectores y ocultarlos de forma que queden registrables en un entorno visual favorable.

1.5.1 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE

Previo al comienzo de los trabajos, se deberá de verificar que el forjado soporte debe estar suficientemente liso y seco, no debe presentar desniveles y todas las canalizaciones o conductos deben fijarse y recubrirse para proporcionar una base de nivel sobre la cual se añade el aislamiento térmico y/o acústico antes de colocar los tubos de los circuitos. A este respecto debe tenerse en cuenta la altura estructural necesaria.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

1.5.1.1 Film de polietileno

Se coloca sobre el forjado/solera a climatizar. Es una barrera antihumedad entre el suelo base y la plancha de aislamiento del sistema de suelo radiante, de modo que evita el ascenso por capilaridad de humedades.

1.5.1.2 Zócalo perimetral

Se fija a la base de las paredes de todas las áreas a climatizar, mediante el adhesivo que incorpora en su cara posterior. Se coloca desde el suelo base, hasta la cota superior del pavimento. La lámina transparente adherida a la espuma de polietileno debe quedar en la cara exterior del zócalo. Esta lámina se apoyará sobre los paneles aislantes para evitar la inserción de mortero de cemento entre el zócalo perimetral y el panel aislante, de manera que se crea una estructura de “suelo flotante”, evitando los puentes térmicos y acústicos a través de los elementos verticales entre plantas, como son paredes y pilares. El zócalo funciona como junta de dilatación perimetral (UNE EN 1264-4): cuando el área de la habitación es menor a 40 m², la longitud de un lado de la habitación es menor a 8m. y la relación de los lados del área sea de 2:1. Cuando se exceden estos valores, debe preverse la colocación del zócalo como junta de dilatación, dividiendo la capa de mortero.

En caso de recubrimientos pétreos, la junta debe llegar hasta la superficie y en casos de recubrimientos de madera, la junta sólo divide la capa de mortero. Cuando existan juntas de dilatación en el edificio, éstas deberán ser respetadas, coincidiendo con las juntas del suelo radiante. En ningún caso un circuito de climatización puede cruzar una junta de dilatación. Solamente los tubos de conexión pueden cruzar una junta de dilatación, con una protección de tubo flexible de aislamiento de 0,15 m. a cada lado.

1.5.1.3 Panel aislante

Tienen la misión de reducir las pérdidas de calor hacia la planta inferior de la vivienda, lográndose así un menor consumo energético en la instalación. Se considera que un panel tiene un aislamiento térmico válido cuando el valor de su conductividad (λ) es $<0,04\text{W/m}_2\text{K}$. Otra de las funciones del panel es soportar las tuberías emisoras, guiándolas y facilitando el trazado de los circuitos con el paso entre tubos proyectado en la memoria.

Además aseguran en todo momento que la desviación vertical de los tubos antes y después de la aplicación de la losa de mortero, no sea superior a 5 mm en cualquier punto y que la desviación horizontal de la separación especificada para los tubos, no supere los $\pm 10\text{mm}$ (según norma UNE EN-1264-4). Los paneles han de colocarse sobre todo el área a calefactar a modo de superficie continua.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

1.5.1.4 Circuitos de calefacción

Su colocación debe realizarse de acuerdo al estudio técnico previo. Las directrices básicas son las siguientes:

- La distancia entre tubos y el tipo de tubería deben mantenerse constantes en toda la instalación.
- Es necesario tener en consideración que, los tubos se deben colocar a más de 50 mm de las estructuras verticales y a 200 mm de distancia de conductos de humos y chimeneas francesas abiertas, de los cañones de chimenea con pared o sin ella, y de los huecos de ascensores.
- En el trazado de las curvas debe prestarse atención a no pinzar la tubería, pues se reduciría su sección.
- Todo el proceso de montaje de los circuitos se realiza en frío. Calentar en exceso la tubería podría destruir la capa de etilvil-alcohol que protege a las tuberías frente a la difusión de oxígeno.
- Se debe empezar el montaje de los circuitos por las habitaciones/zonas más interiores, continuando después hacia zonas inmediatamente más exteriores. Esto evita el pisado continuo de las superficies ya terminadas y el riesgo inherente a este hecho de posible pinzado de tuberías y/o levantamiento de éstas de su superficie de agarre.
- Para el buen funcionamiento del sistema, es importante realizar el equilibrado hidráulico de cada uno de los circuitos de calefacción.

1.5.1.5 Almacenamiento y transporte

Después de su entrega en obra, los tubos deben transportarse, almacenarse y manipularse de tal manera que estén:

- Protegidos contra cualquier elemento abrasivo o punzante que pudiera dañarlos.
- Almacenados al abrigo de cualquier radiación solar directa.

1.5.1.6 Cajas de colectores

Los colectores distribuidores del sistema de suelo radiante, se colocan en las correspondiente cajas o armarios empotrados en la pared.

Para posibilitar la purga de aire de los circuitos emisores, los colectores han de situarse siempre en un plano más elevado que cualquier circuito a los que dan servicio.

Las cajas, dentro de las cuales se colocan los colectores, se empotrarán en un tabique o muro accesible.

Es necesario que el tabique o muro tenga un espesor suficiente como para que la caja quede a una distancia de 1 cm respecto de la superficie de la pared, una vez empotrada. Teniendo en cuenta que la profundidad de las cajas puede modificarse mediante el sistema extensible del marco, permitiendo así introducir elementos complementarios de regulación.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

1.5.1.7 Montaje de colectores

Los colectores se colocarán en vertical, cualquier otra posición ha de analizarse para su montaje e ir acoplando módulos hasta formar el número de salidas que se desee.

No utilizar herramientas metálicas ni tampoco ningún elemento sellador de uniones como teflón o similar. La unión entre módulos tiene un tope. No forzar el giro de entre módulos más allá de este tope.

Es muy importante comprobar que los purgadores automáticos queden situados a una cota superior que cualquier otra de la línea de agua.

1.5.1.8 Llenado de la instalación y prueba de estanquidad

Cada Kit colector posee una válvula de llenado. El modo correcto de llenado de agua de la instalación es realizarlo circuito a circuito con el fin de evitar la excesiva entrada de aire en los circuitos. En este sentido, para realizar el llenado del primer circuito se cierran las llaves de corte del colector y todas las llaves manuales menos una. Se conecta la llave de llenado a la toma de agua de red y se deja circular agua hasta que por la manguera de salida (desagüe) deje de salir aire, momento en el que se cierra esta llave manual. Este proceso se repite con cada uno de los circuitos de la instalación. Siguiendo esta rutina en cada uno de los circuitos se asegura la ausencia de bolsas de aire en la instalación durante su puesta en marcha.

Antes de colocar el mortero se debe comprobar la estanqueidad de los circuitos por medio de un ensayo de presión de agua. La presión de ensayo será dos veces la presión de servicio con un mínimo de 6 bar.

1.6. PUESTA EN MARCHA Y CALENTAMIENTO INICIAL

Antes del vertido del mortero, todos los circuitos deben estar bajo presión. Se debe evitar la congelación del sistema.

Antes de la colocación del pavimento se debe proceder al calentamiento inicial de la placa.

Se debe realizar al menos 21 días después de la colocación de la placa de cemento o de acuerdo con las instrucciones del fabricante, y a los 8 días como mínimo para las placas de anhidrita.

El calentamiento inicial comenzará a una temperatura entre 20 y 25 °C, que debe mantenerse durante 3 días como mínimo. A continuación, debe aplicarse la temperatura máxima de diseño y mantenerse durante al menos 4 días.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE
SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE
ENERGÍA GEOTÉRMICA

ANEXO 1. CÁLCULOS

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

ÍNDICE CÁLCULOS

1. CÁLCULOS POTENCIA TÉRMICA NECESARIA.....	3
1.1 POTENCIA TÉRMICA DEBIDA A LAS CARGAS POR TRANSMISIÓN.....	3
1.2 POTENCIA TÉRMICA DEBIDA A LAS CARGAS POR VENTILACIÓN.....	4
1.3 POTENCIA TÉRMICA DEBIDA A LAS CARGAS POR INFILTRACIÓN.....	4
1.4 POTENCIA TÉRMICA DEBIDA A LAS CARGAS POR PRODUCCIÓN DE ACS	5
2. CÁLCULOS SUELO RADIANTE.	7
2.1 CIRCUITOS SUELO RADIANTE.....	7
3. CÁLCULOS DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA.	7

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

1. CÁLCULOS POTENCIA TÉRMICA NECESARIA.

Los cálculos que se muestran en este anexo, se han realizado, considerando la condición más desfavorable, es decir, se descartan aquellas cargas que aporten calor al interior de la vivienda:

- Cargas por radiación solar.
- Cargas por iluminación.
- Cargas por ocupación.
- Cargas internas.

Por lo que únicamente se tendrán en cuenta para el cálculo, las siguientes cargas:

- Cargas por transmisión.
- Cargas por ventilación.
- Cargas por infiltración.
- Cargas por consumo de ACS.

1.1 POTENCIA TÉRMICA DEBIDA A LAS CARGAS POR TRANSMISIÓN

En este apartado se muestran los cálculos de las cargas térmicas debidas a la transmisión de calor por transmisión de la envolvente del edificio, la fórmula de cálculo utilizada es:

$$Q_{\text{trans}}(\text{W}) = U(\text{W}/\text{m}^2\text{°C}) \cdot S(\text{m}^2) \cdot \Delta T(\text{°C})$$

Donde:

- Q_{trans} : Carga térmica por transmisión.
- U : Transmitancia térmica del cerramiento.
- S : Superficie del cerramiento.
- ΔT : Salto térmico entre el exterior y el interior del cerramiento.

Se realiza el cálculo para:

- Cerramiento de fachada.
- Cubierta.
- Vidrios.
- Superficie en contacto con el terreno.

Para cada uno de estos elementos, tal y como se indica en la memoria del TFG, se ha calculado en coeficiente de transmitancia térmica U , así mismo se ha considerado una temperatura interior de 21 °C en invierno.

Al final de este anexo se incluyen las tablas con los resultados obtenidos.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

1.2 POTENCIA TÉRMICA DEBIDA A LAS CARGAS POR VENTILACIÓN

En este apartado se incluyen los cálculos para la obtención de las cargas debidas a la ventilación de la vivienda. Al no existir una instalación de ventilación forzada de la vivienda, se han considerado los caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables establecido en el CTE HS 3 “Calidad del aire interior”

Caudal mínimo en l/s					
Tipo de vivienda	Locales secos			Locales húmedos	
	Dormitorio Principal	Resto de dormitorios	Sala de estar y comedores	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

Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables.

Para el cálculo de la carga originada por ventilación, utilizamos la siguiente expresión:

$$Q_{vent}(Kcal/h) = C_{P,aire}(Kcal/(Kg/m^3)) \cdot \rho_{aire}(Kg/m^3) \cdot Q_{aire}(m^3/h) \cdot \Delta T(^{\circ}C)$$

Donde:

- Q_{vent} : Carga por ventilación.
- $C_{P,aire}$: Calor específico del aire, tomamos el valor 0,24 Kcal/(Kg°C).
- ρ_{aire} : Densidad del aire, tomamos el valor 1,2 Kg/m³.
- Q_{aire} : Caudal de ventilación, tomamos el valor obtenido de aplicar al inmueble la tabla.
- ΔT : Salto térmico entre el exterior y el interior del local.

En el caso que nos ocupa de una vivienda que cuenta con 4 dormitorios uno de ellos principal y 3 cuartos de baño, obtenemos un valor para el caudal de ventilación de, 226,8 m³/h.

Al final de este anexo se incluyen las tablas con los resultados obtenidos.

1.3 POTENCIA TÉRMICA DEBIDA A LAS CARGAS POR INFILTRACIÓN

Es este punto se incluyen los cálculos para la obtención de las cargas debidas a las infiltraciones de la vivienda.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

La infiltración de aire es el paso del mismo a través de la envolvente de un edificio, por la unión de cerramientos, marcos de ventanas, etc. El cálculo de cargas por infiltración se rige por la siguiente expresión:

$$Q_{\text{infiltr}}(\text{Kcal/h}) = C_{P,\text{aire}}(\text{Kcal}/(\text{Kg}/^{\circ}\text{C})) \cdot \rho_{\text{aire}}(\text{Kg}/\text{m}^3) \cdot Q_{\text{aire}}(\text{m}^3/\text{h}) \cdot \Delta T(^{\circ}\text{C}) \cdot C_{\text{infiltr}}$$

Donde:

- Q_{infiltr} : Carga por infiltración.
- $C_{P,\text{aire}}$: Calor específico del aire, tomamos el valor 0,24 Kcal/(Kg $^{\circ}$ C).
- ρ_{aire} : Densidad del aire, tomamos el valor 1,2 Kg/m 3 .
- Q_{aire} : Para el cálculo de este caudal, se considera el volumen de la vivienda.
- ΔT : Salto térmico entre el exterior y el interior del local.
- C_{infiltr} : Coeficiente de infiltración, aproximadamente el 5% del volumen del edificio.

Al final de este anexo se incluyen las tablas con los resultados obtenidos.

1.4 POTENCIA TÉRMICA DEBIDA A LAS CARGAS POR PRODUCCIÓN DE ACS

En este punto se procede al cálculo de las cargas debidas a la preparación del ACS. La preparación del ACS (Agua caliente sanitaria) requiere de una energía determinada y por tanto de una carga térmica, esta carga térmica, se calcula con la expresión:

$$Q_{\text{ACS}}(\text{Kcal/h}) = C_{P,\text{agua}}(\text{Kcal}/(\text{Kg}/^{\circ}\text{C})) \cdot \rho_{\text{agua}}(\text{Kg}/\text{m}^3) \cdot V(\text{m}^3) \cdot \frac{1}{t_{\text{calent}}(h)} \cdot \Delta T(^{\circ}\text{C})$$

Donde:

- Q_{ACS} : Carga por consumo de ACS.
- $C_{P,\text{agua}}$: Calor específico del agua, 1 Kcal/(Kg $^{\circ}$ C)
- ρ_{agua} : Densidad del agua, 1000Kg/m 3 .
- V : Volumen de ACS.
- t_{calent} : Tiempo de calentamiento del ACS
- ΔT : Salto térmico.

Para el cálculo del salto térmico se calculará mediante $T_{\text{red}} - T_i$, siendo la T_{red} la temperatura media del agua de la red general, en Alicante.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

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

Para estimar el volumen total de agua caliente sanitaria y conociendo que el número de personas que habitan la casa, que es 4, el volumen total de ACS es de 120 litros/ día a 60 °C.

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ***	70	por cama
Hotel/Hostal **	55	por cama
Hotel/Hostal *	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

(1) Los litros de ACS/día a 60°C de la tabla se han calculado a partir de la tabla 1 (Consumo unitario diario medio) de la norma UNE 94002:2005. "Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: cálculo de la demanda energética".

Para el cálculo se ha utilizado la ecuación (3.2) con los valores de $T_1 = 12^\circ\text{C}$ (constante) y $T = 45^\circ\text{C}$.

Al final de este anexo se incluyen las tablas con los resultados obtenidos.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

2. CÁLCULOS SUELO RADIANTE.

En este punto se incluyen los cálculos para el dimensionamiento de la instalación de suelo radiante.

2.1 CIRCUITOS SUELO RADIANTE.

Para el cálculo de los circuitos de suelo radiante y con el fin de que la instalación funcione de forma equilibrada, es conveniente que ninguno de los circuitos que forma la instalación, supere los 120 metros de longitud, así mismo se ha considerado un paso entre tuberías de 150 mm, esta longitud es la distancia entre tuberías, el paso elegido es el más común para las instalaciones de tipo doméstico.

Utilizando la expresión:

$$\text{longitud del circuito} = \frac{A}{p} + (2xd)$$

Donde:

A = Superficie de la zona a climatizar.

p = Paso de las tuberías = 150mm.

d = distancia de la zona a climatizar con el colector.

Al final de este anexo se incluyen las tablas con los resultados obtenidos.

3. CÁLCULOS DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA.

Finalmente, en este punto se describen los cálculos realizados para determinar las pérdidas de carga que sufrirán cada un de los circuitos que componen la instalación:

- CIRCUITO LADO GEOTERMIA.
- CIRCUITO SUELO RADIANTE.
- CIRCUITO PARA ACS.

Las pérdidas de carga que tienen lugar en una conducción representan la pérdida de energía de un flujo hidráulico a lo largo de la misma por efecto del rozamiento y de puntos singulares de las tuberías (codos, juntas, válvulas, etc...) y que se deben a fenómenos de turbulencia. Con la suma de las pérdidas de carga localizadas más las pérdidas por rozamiento, se obtienen las pérdidas de carga totales.

Una de las fórmulas más comunes para el cálculo de las pérdidas de carga por rozamiento es la de Darcy-Weisbach.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Ecuación 12. Ecuación Darcy-Weisbach Cálculo pérdidas de carga.

Donde:

- h_f : Pérdida de carga debida a la fricción.
- f : coeficiente de fricción.
- L : Longitud de la tubería, (m).
- D : Diámetro interno de la tubería, (m).
- V : Velocidad media del fluido, (m/s).
- g : Aceleración de la gravedad, 9,8 m/s²

Si expresamos la fórmula de Darcy-Weisbach, en función del caudal:

$$h_f = j \cdot L = f \cdot \frac{8 \cdot L \cdot Q^2}{g \cdot \pi^2 \cdot D^5}$$

Para la determinación del coeficiente de fricción es necesario el uso de métodos iterativos en la fórmula de Colebrook-White que es una fórmula exacta y además válida para todo tipo de flujos y rugosidades.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{\varepsilon_r}{3,7} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Donde:

- f : coeficiente de fricción.
- ε_r : rugosidad relativa, calculada mediante el cociente entre la rugosidad absoluta (en función del material) por el diámetro de la tubería $\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{D}$.
- Re : número de Reynolds.

El número de Reynolds es un número adimensional utilizado para caracterizar el movimiento de un fluido. Permite predecir el carácter laminar o turbulento del fluido en conductos o tuberías, si el número de Reynolds es menor de 2100 el flujo será laminar y si es mayor de 3000 el flujo será turbulento.

El número de Re viene dado por

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

Donde:

- Re: número de Reynolds.
- V: velocidad del fluido, (m/s).
- D: diámetro de la tubería, (m).

V: viscosidad cinemática del fluido, (m²/s).

Al final de este anexo se incluyen las tablas con los resultados obtenidos.

POTENCIA TÉRMICA DEBIDA A LAS CARGAS POR INFILTRACIÓN SEGÚN LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$Q_{infiltr}(\text{Kcal/h}) = CP_{aire}(\text{Kcal}/(\text{Kg}^{\circ}\text{C})) \cdot \rho_{aire}(\text{Kg/m}^3) \cdot Q_{aire}(\text{m}^3/\text{h}) \cdot \Delta T(^{\circ}\text{C}) \cdot C_{infiltr}$$

INFILTRACIÓN	CP,aire(Kcal/(Kg°C))	0,24
	paire(Kg/m3)	1,2
	Qaire(m3/h)	522,93
	Cinfiltr	5%

	enero	febrero	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
Temp ext min (°C)	6,60	6,80	11,00	14,00	---	---	---	18,90	15,50	10,40	7,60
Temp int (°C)	21,00	21,00	21,00	21,00	---	---	---	21,00	21,00	21,00	21,00
Q infiltración (Kcal/h)	-108,43	-106,93	-75,30	-52,71	---	---	---	-15,81	-41,42	-79,82	-100,90
Qinfiltración (W)	-126,11	-124,36	-87,58	-61,30	---	---	---	-18,39	-48,17	-92,83	-117,35

POTENCIA TÉRMICA DEBIDA A LAS CARGAS POR PRODUCCIÓN DE ACS SEGÚN LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$Q_{ACS}(\text{Kcal/h}) = CP_{agua}(\text{Kcal}/(\text{Kg}^{\circ}\text{C})) \cdot \rho_{agua}(\text{Kg/m}^3) \cdot V(\text{m}^3) \cdot 1/t_{calent}(\text{h}) \cdot \Delta T(^{\circ}\text{C})$$

PRODUCCIÓN DE ACS	CP,agua(Kcal/(Kg°C))	1
	pagua(Kg/m3)	1000
	V(m3) Según en número de usuarios, en esta instalación 4 usuarios	0,12

	enero	febrero	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
Tred (°C)	11,00	12,00	14,00	15,00	18,00	20,00	20,00	19,00	16,00	13,00	12,00
Tcalent (°C)	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Q ACS (Kcal/h)	-5880,00	-5760,00	-5520,00	-5400,00	-5040,00	-4800,00	-4800,00	-4920,00	-5280,00	-5640,00	-5760,00
Q ACS (W/h)	-6838,44	-6698,88	-6419,76	-6280,20	-5861,52	-5582,40	-5582,40	-5721,96	-6140,64	-6559,32	-6698,88
t calentamiento (h)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Q ACS (W)	-3419,22	-3349,44	-3209,88	-3140,10	-2930,76	-2791,20	-2791,20	-2860,98	-3070,32	-3279,66	-3349,44

POTENCIA TÉRMICA TOTAL A SATIFACER POR LA INSTALACIÓN

	enero	febrero	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
Pot calefacción (W)	-7379,45	-7254,67	-5960,04	-5065,21	---	---	---	-3438,51	-4582,91	-6194,83	-7034,65
Pot calefacción (KW)	-7,38	-7,25	-5,96	-5,07	---	---	---	-3,44	-4,58	-6,19	-7,03
Ratio (W/m²)	-58,82	-57,82	-47,51	-40,37	---	---	---	-27,41	-36,53	-49,38	-56,07

POTENCIA MÁXIMA DE CALEFACCIÓN 7,38 KW

CÁLCULOS CIRCUITOS SUELO RADIANTE

CIRCUITOS SUELO RADIANTE

Nº CIRCUITO	UBICACIÓN CIRCUITO	SUPERFICIE m ²	LONGITUD m	ΔT	W/m ²	Kcal/h.m ²	Kcal/h	Caudal (L/h)	Caudal (l/s)
C1	SALÓN COMEDOR PLANTA BAJA	11,8	88,67	5	50,15	43,13	508,96	101,79	0,03
C2	SALÓN COMEDOR PLANTA BAJA	11,8	88,67	5	50,15	43,13	508,96	101,79	0,03
C3	SALÓN COMEDOR PLANTA BAJA	11,8	88,67	5	50,15	43,13	508,96	101,79	0,03
C4	COCINA PLANTA BAJA	7,4	59,33	5	50,15	43,13	319,18	63,84	0,02
C5	COCINA PLANTA BAJA	7,4	59,33	5	50,15	43,13	319,18	63,84	0,02
C6	HABITACIÓN PLANTA BAJA	6,6	40,00	5	50,15	43,13	284,67	56,93	0,02
C7	HABITACIÓN PLANTA BAJA	6,6	46,00	5	50,15	43,13	284,67	56,93	0,02
C8	ASEO PLANTA BAJA	5,4	46,00	5	50,15	43,13	232,91	46,58	0,01
C9	DORMITORIO PRINCIPAL PLANTA PRIMERA	7,3	50,67	5	50,15	43,13	314,87	62,97	0,02
C10	DORMITORIO PRINCIPAL PLANTA PRIMERA	7,3	50,67	5	50,15	43,13	314,87	62,97	0,02
C11	DORMITORIO 2 PLANTA PRIMERA	9,3	68,00	5	50,15	43,13	401,13	80,23	0,02
C12	DORMITORIO 3 PLANTA PRIMERA	9,2	67,33	5	50,15	43,13	396,82	79,36	0,02
C13	BAÑO 1 PLANTA PRIMERA	5,4	40,00	5	50,15	43,13	232,91	46,58	0,01
C14	BAÑO 2 PLANTA PRIMERA	4,8	38,00	5	50,15	43,13	207,04	41,41	0,01
TOTALES		112,1	831,33					967,03	0,27

CÁLCULO PERDIDAS DE CARGA

PERDIDAS DE CARGA LADO GEOTERMIA

Nº DE INTERCAMBIADORES	2
Q (l/s) total	0,56
Q (l/s) por intercambiador	0,28
Q (l/s) tubería pozo	0,14

EQUIPO	Q unit (l/s)	Q inst (l/s)	D ext comercial	Espesor de pared	D interior comercial	Material Tubería	Rugosidad tubería (mm)	ε relativa	velocidad m/s	Re	f calculado	j (mdca/m)	L tubería (m)	j (mdca)	j (mdca) +15% secun
INTERCAMBIADOR	0,14	0,14	32	2,9	26,2	PE	0,0000015	5,72519E-05	0,26	1046,70064	0,06114451	0,008029144	400	3,21	3,69
COLECTOR+VALVULERÍA IMPULSIÓN															1,00
COLECTOR+VALVULERÍA RETORNO															1,00
TUBERÍA BOMBA CIRCULACIÓN	0,56	0,56	50	4,6	40,8	PE	0,0000015	3,67647E-05	0,43	2688,584	0,02380435	0,005461271	10	0,05	0,06
BOMBA CALOR														2,00	2,30

PERDIDAS DE CARGA CIRCUITO ACS

Q (l/s) total	0,20
---------------	------

TOTAL (mdca) 8,06

EQUIPO	Q unit (l/s)	Q inst (l/s)	D ext comercial	Espesor de pared	D interior comercial	Material Tubería	Rugosidad tubería (mm)	ε relativa	velocidad m/s	Re	f calculado	j (mdca/m)	L tubería (m)	j (mdca)	j (mdca) +15% secun
INTERCAMBIADOR	0,2	0,2	25	2,3	20,2	PE	0,0000015	7,42574E-05	0,62	1939,43118	0,03299937	0,032461672	8	0,26	0,30
SERPENTÍN +VALVULERÍA															2,00

PERDIDAS DE CARGA CIRCUITOS SUELO RADIANTE. Circuito mas desfavorable colector 1 salón comedor

Q (l/s) total	0,03
---------------	------

EQUIPO	Q unit (l/s)	Q inst (l/s)	D ext comercial	Espesor de pared	D interior comercial	Material Tubería	Rugosidad tubería (mm)	ε relativa	velocidad m/s	Re	f calculado	j (mdca/m)	L tubería (m)	j (mdca)	j (mdca) +15% secun
INTERCAMBIADOR	0,03	0,028275661	20	1,9	16,2	PE	0,0000015	9,25926E-05	0,14	341,89559	0,18719165	0,011094279	88,67	0,98	1,13
CONEXIONADO															1,00

PERDIDAS DE CARGA SUELO RADIANTE. Circuito mas desfavorable colector 2 dormitorio 2

Q (l/s) total	0,02
---------------	------

TOTAL (mdca) 2,13

EQUIPO	Q unit (l/s)	Q inst (l/s)	D ext comercial	Espesor de pared	D interior comercial	Material Tubería	Rugosidad tubería (mm)	ε relativa	velocidad m/s	Re	f calculado	j (mdca/m)	L tubería (m)	j (mdca)	j (mdca) +15% secun
INTERCAMBIADOR	0,02	0,022285055	20	1,9	16,2	PE	0,0000015	9,25926E-05	0,11	269,460084	0,23751199	0,008743796	88,67	0,78	0,89
CONEXIONADO															1,00

TOTAL (mdca) 1,89

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE
SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE
ENERGÍA GEOTÉRMICA**

ANEXO 2. PLANOS Y ESQUEMAS

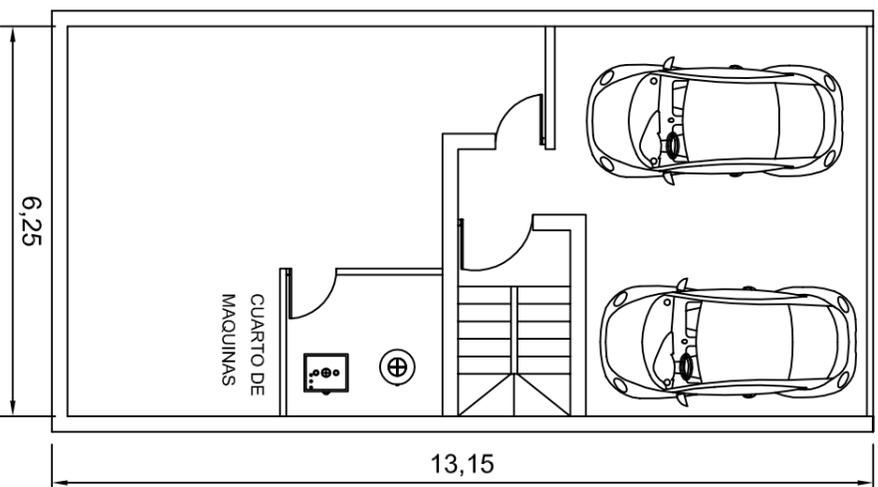
DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

INDICE PLANOS Y ESQUEMAS

1. PLANO 1: DISTRIBUCIÓN PLANTA SÓTANO
2. PLANO 2: DISTRIBUCIÓN PLANTA BAJA
3. PLANO 3: DISTRIBUCIÓN PLANTA PRIMERA
4. PLANO 4: SUELO RADIANTE PLANTA BAJA
5. PLANO 5: SUELO RADIANTE PLANTA PRIMERA
6. PLANO 6: ESQUEMA DE PRINCIPIO INSTALACIÓN GEOTERMIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALENCIA



DEPÓSITO ACS	
BOMBA DE CALOR	

ESCALA :
1/100

UNIDADES : m

TÍTULO :

DISÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR
MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

PLANO :
PLANTA SOTANO

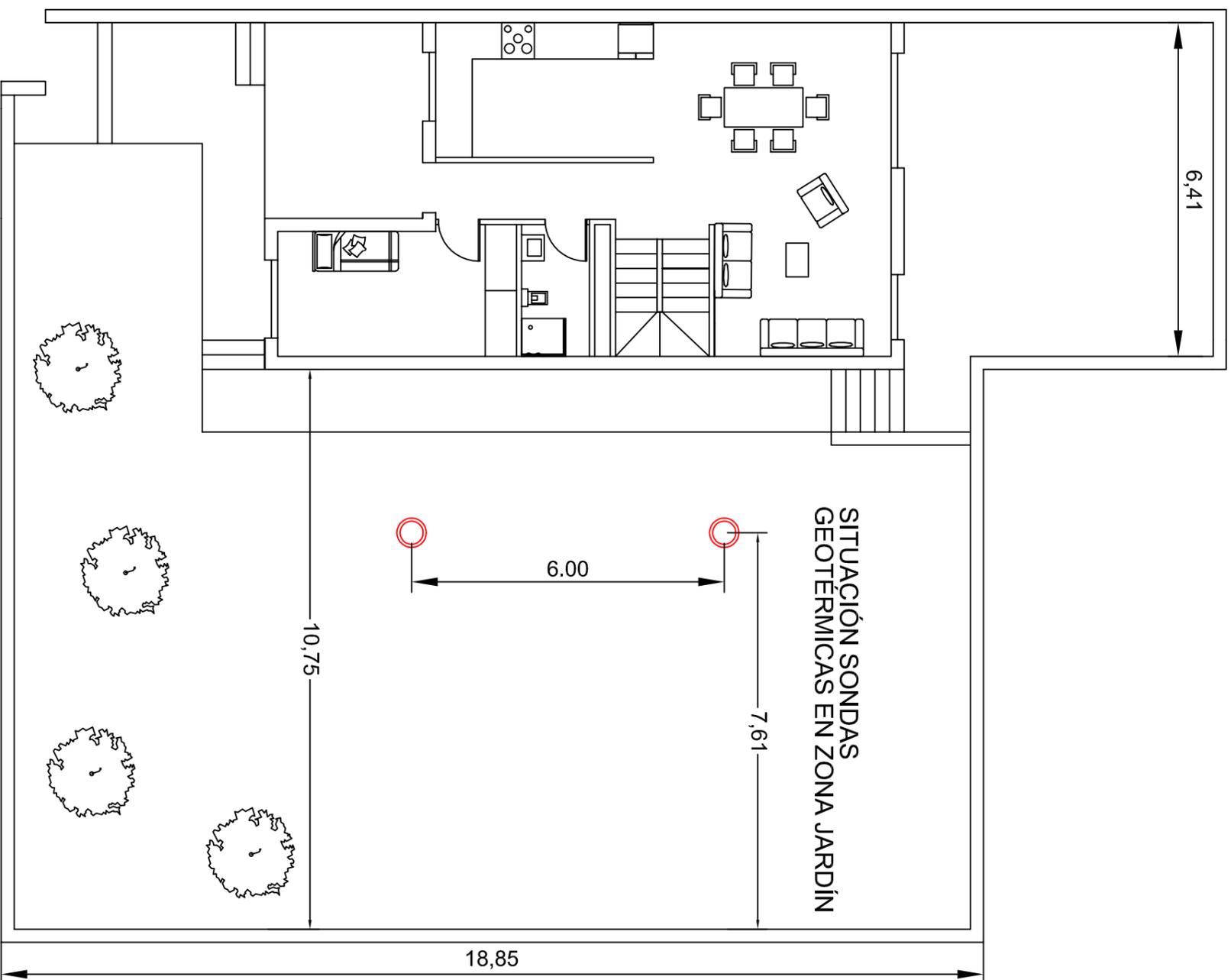
AUTOR : LUIS GOMIS GARCIA

FECHA :

MAYO 2023

NÚMERO :

1



ESCALA :
1/100

TÍTULO :

UNIDADES : m

PLANO :
PLANTA BAJA

AUTOR : LUIS GOMIS GARCIA

FECHA :

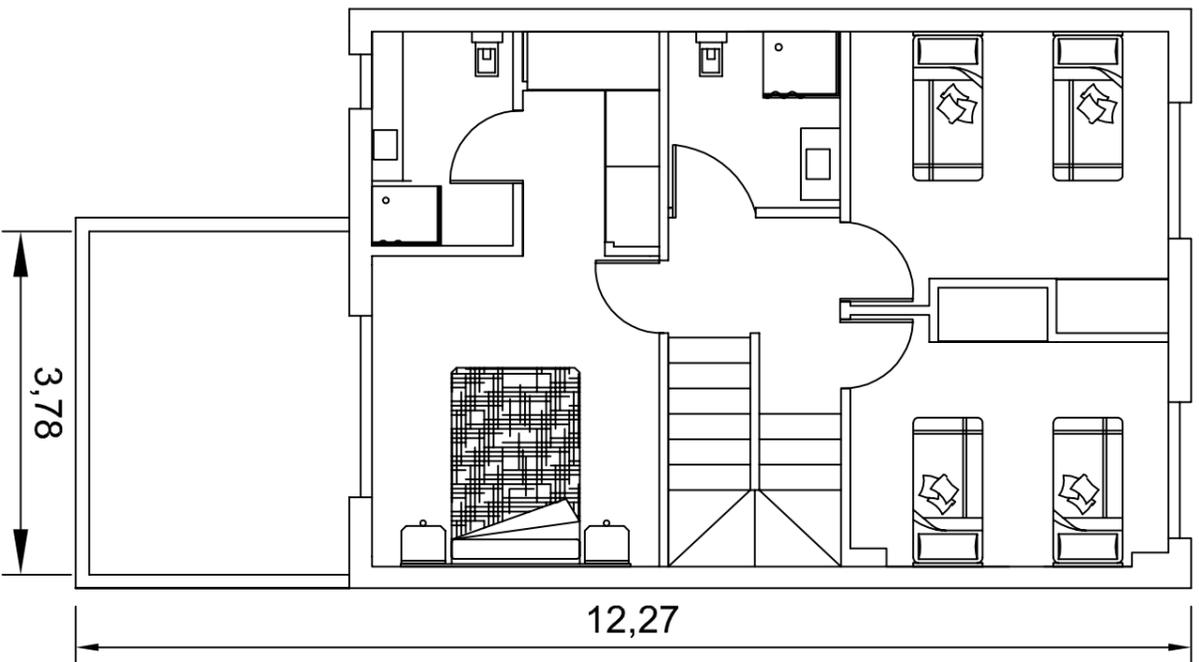
MAYO 2023

NÚMERO :

2



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALENCIA



ESCALA :
1/100

UNIDADES : m

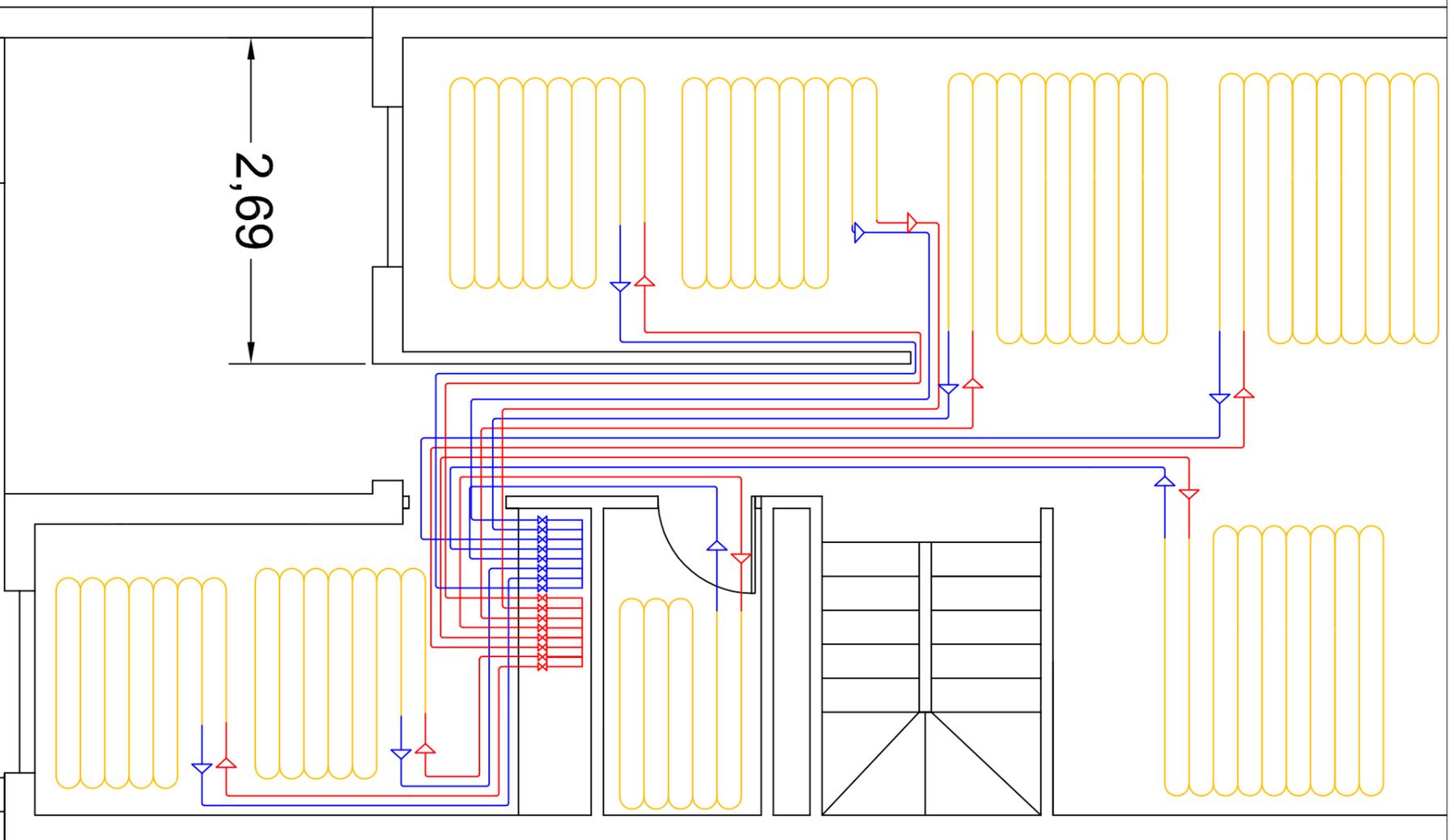
TÍTULO :
DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR
MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

PLANO :
PLANTA PRIMERA

AUTOR : LUIS GOMIS GARCIA

FECHA :
MAYO 2023

NÚMERO :
3



ESCALA :
1/50
UNIDADES : m

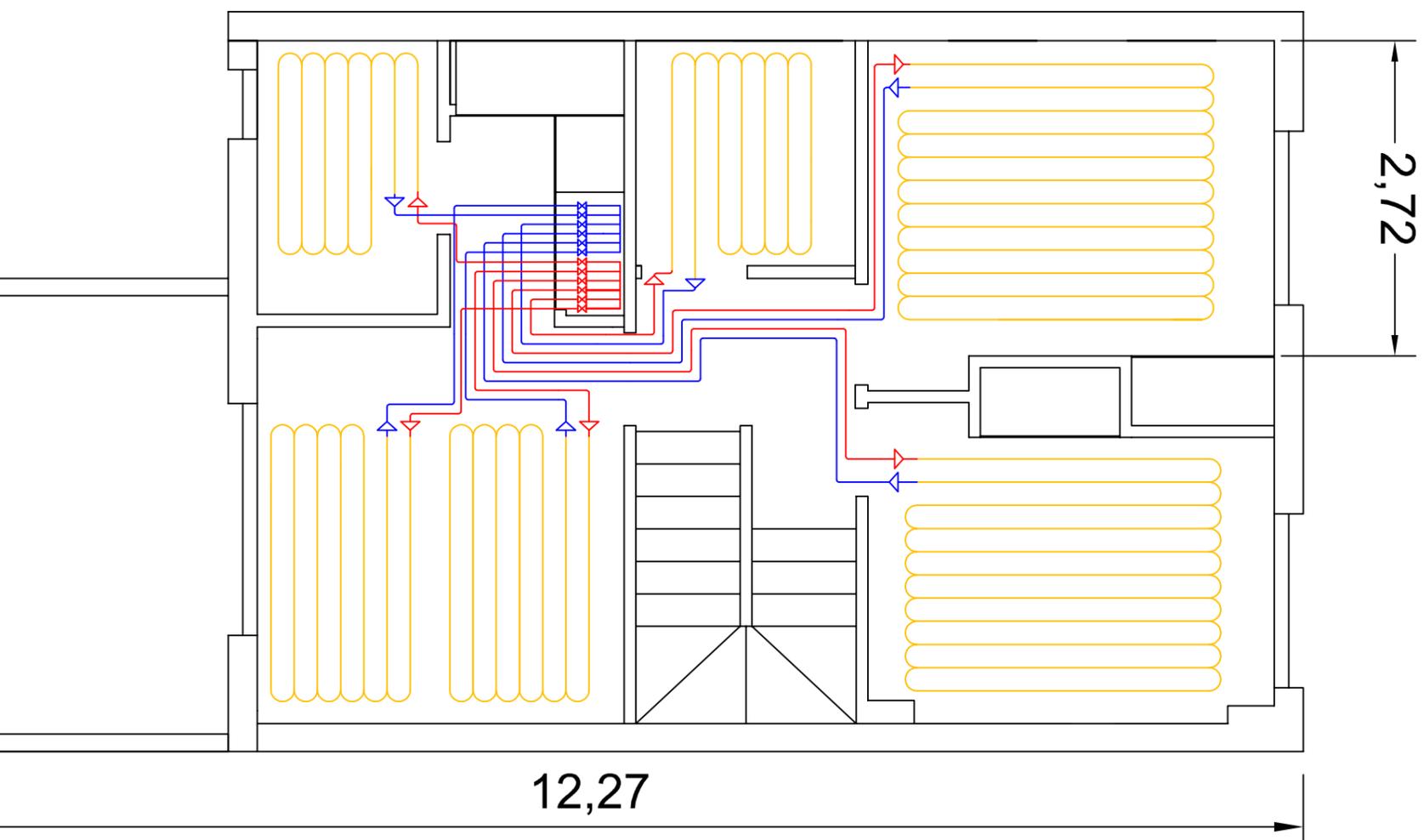
TÍTULO :
DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA
PLANO :
PLANTA BAJA SUELO
RADIANTE

AUTOR : LUIS GOMIS GARCIA

FECHA :
MAYO 2023

NÚMERO :
4

CONDUCCIÓN IMPULSIÓN	—
CONDUCCIÓN RETORNO	—
SUELO RADIANTE	⬭
VAVULA DE CORTE	⊗
COLECTOR 8 CIRCUITOS	⬭⬭⬭⬭⬭⬭⬭⬭



12,27

2,72

CONDUCCIÓN IMPULSIÓN	—
CONDUCCIÓN RETORNO	—
SUELO RADIANTE	—
VAVULA DE CORTE	∞
COLECTOR 6 CIRCUITOS	XXXXXX

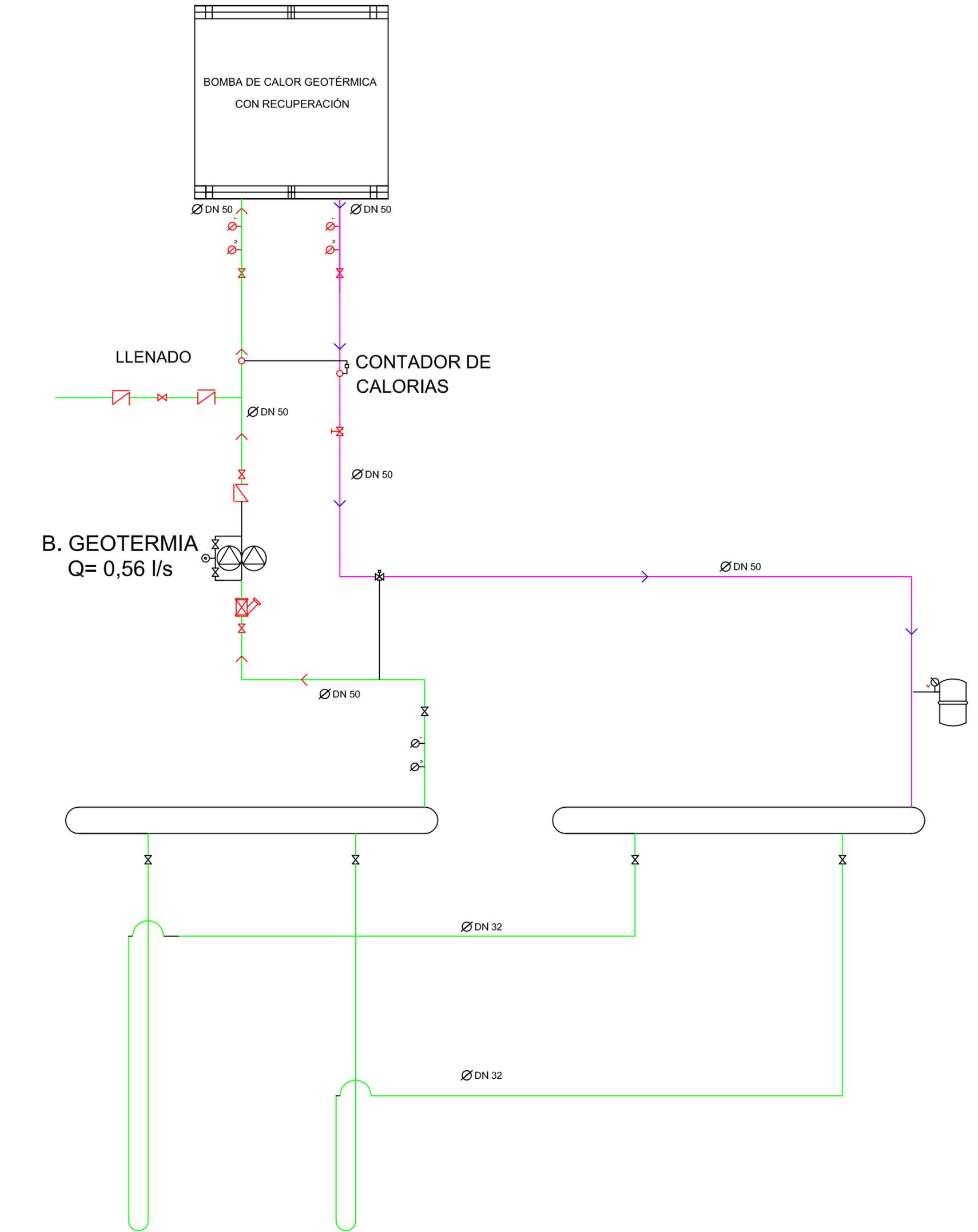
ESCALA :
1/50

TÍTULO :
DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA
PLANO :
PLANTA PRIMERA SUELO RADIANTE

AUTOR : LUIS GOMIS GARCIA

FECHA :
MAYO 2023

NÚMERO :
5



2 INTERCAMBIADORES GEOTERMICOS
VERTICALES HDPE 100 m 32 X 3mm DUPLEX

ESCALA :
S/E

TITULO :
DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR
MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

PLANO :
ESQUEMA DE PRINCIPIO
INSTALACION GEOTERMIA

AUTOR : LUIS GOMIS GARCIA

FECHA :
MAYO 2023

NUMERO :
6

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE
SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE
ENERGÍA GEOTÉRMICA**

**ANEXO 3. PRINCIPALES COMPONENTES DE LA
INSTALACIÓN**

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

ÍNDICE PRINCIPALES COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

1. INTRODUCCIÓN	3
2. BOMBA DE CALOR	4
3. BOMBA RECIRCULACIÓN GEOTERMIA.....	5
4. BOMBA RECIRCULACIÓN SUELO RADIANTE	7
5. BOMBA RECIRCULACIÓN ACS.....	9

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

1. INTRODUCCIÓN

En este anexo se describen las características de los principales componentes de la instalación, se ha considerado que los elementos más importantes y críticos de la instalación son los siguientes:

- BOMBA DE CALOR.
- BOMBA DE RECIRCULACIÓN GEOTERMIA.
- BOMBA DE RECIRCULACIÓN SUELO RADIANTE.
- BOMBA RECIRCULACIÓN ACS.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

2. BOMBA DE CALOR

La bomba de calor es el principal componente de la instalación, este equipo es el que permitirá alcanzar la temperatura de funcionamiento de la instalación. En este caso se ha seleccionado una bomba de calor de la casa ECOFOREST, modelo ECO GEO B/C 3-12

Las principales características de este equipo se incluyen a continuación.

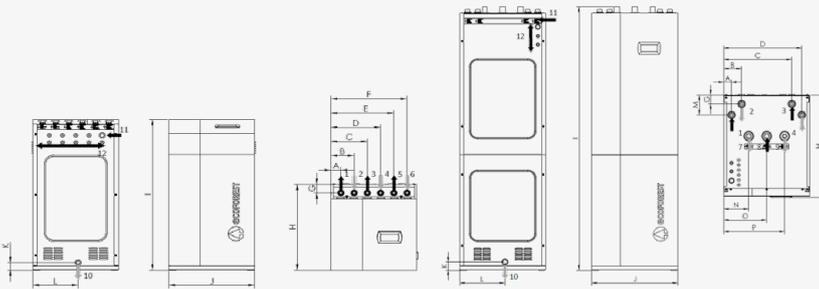
ecoGEO+ B/C 3-12

- Control de potencia térmica modulante en un amplio rango (20-100%) y control de caudal modulante en circuitos de captación y producción (20-100%).
- Tecnología Inverter y compresor scroll.
- Diseño compacto que incluye circuladoras de captación y producción, vasos de expansión de 8 y 12 l para captación y producción respectivamente.
- Sistema de recuperación de alta temperatura (HTR) para la producción de ACS hasta 70 °C sin apoyos y la producción simultánea de ACS-calefacción/ refrigeración.
- Gestión integrada de hasta 4 temperaturas de impulsión diferentes, 2 acumuladores de inercia (1 calefacción y 1 refrigeración), 1 acumulador de ACS, 1 piscina y control horario de la recirculación de ACS.
- Gestión integrada de unidades de captación aerotérmicas modulantes, tanto en sistemas de captación aerotérmicos o híbridos geotermia-aerotermia.
- Gestión integrada de equipos de apoyo externos auxiliares todo/nada o modulantes, como resistencias eléctricas, calderas todo/nada o calderas modulantes.
- Gestión integrada de cascada de hasta 3 bombas de calor en paralelo.
- Gestión integrada de sistemas de emisión simultánea frío/calor según esquema.
- Frío pasivo integrado en los modelos 2 y 4.
- Frío activo por inversión de ciclo integrado en los modelos 3 y 4.
- Modelos disponibles en versión Monofásica y Trifásica.
- Hibridación fotovoltaica integrada.
- Contadores de energía integrados para consumo eléctrico, producción térmica de calor/frío y rendimientos instantáneos y estacionales mensuales y anuales.

ESPECIFICACIONES ecoGEO+ B/C 3-12		UDS.	B1/C1	B2/C2	B3/C3	B4/C4	
APLICACIÓN	Lugar instalación	-	Interior				
	Tipo sistema captación ¹	-	Geotérmico / Aerotérmico / Híbrido				
	ACS, Calefacción y Piscina	-	✓	✓	✓	✓	
	Posibilidad de sistema recuperación alta temp. HTR	-	✓	✓	✓ de serie	✓ de serie	
	Refrigeración activa integrada	-	-	-	✓	✓	
PRESTACIONES	Refrigeración pasiva integrada	-	-	✓	-	✓	
	Rango modulación compresor	%	20 a 100				
	Potencia calefacción ² , B0W35	kW	2,5 a 16,0				
	COP ² , B0W35	-	4,6				
	Potencia refrigeración activa ² , B35W7	kW	-	3,1 a 15,0			
	EER ² , B35W7	-	-	5,2			
	Temperatura ACS máxima sin apoyo / con apoyo ⁵	°C	63 / 70				
	Nivel de potencia acústica ⁶	db	34 a 45				
	Etiq. energét. / ηs / SCOP W35 con control clima medio	-	A+++ / 194% / 5,05				
	Etiq. energét. / ηs / SCOP W55 con control clima medio	-	A++ / 142% / 3,75				
LÍMITES DE OPERACIÓN	Rango temperaturas calefacción / Consigna	°C	10 a 60 / 20 a 60				
	Rango temperaturas refrigeración / Consigna	°C	4 a 35 / 7 a 25				
	Rango temperaturas captación calefacción	°C	-25 a 35				
	Rango temperaturas disipación refrigeración	°C	10 a 60				
	Presión circuito refrigerante mínimo / máximo	bar	2 / 45				
	Presión circuito de producción / precarga	bar	0,5 a 3,0 / 1,5				
	Presión circuito de captación / precarga	bar	0,5 a 3,0 / 0,7				
	Volumen / Presión máx. acumulador ACS (ecoGEO+ C)	l / bar	165 / 8				
FLUIDOS DE TRABAJO	Carga de refrigerante R410A sin / con HTR	kg	0,9 / 1,0		1,0		
	Tipo de aceite del compresor / carga de aceite	kg	POE / 0,74				
DATOS ELÉCTRICOS CONTROL	1/N/PE 230 V / 50-60 Hz ⁸	-	✓				
	Protección externa máxima recomendada ⁹	-	C16A				
	Fusible circuito primario transformador	A	0,5				
	Fusible circuito secundario transformador	A	2,5				
DATOS ELÉCTRICOS BOMBA DE CALOR MONOFÁSICA	1/N/PE 230 V / 50-60 Hz ⁸	-	✓				
	Protección externa máxima recomendada ⁹	-	C32A				
	Consumo máximo ² , B0W35	kW / A	4,2 / 18,6				
	Consumo máximo ² , B0W55	kW / A	5,0 / 21,7				
	Intensidad arranque mínima / máxima ⁷	A	2,0 / 8,0				
	Corrección de coseno Ø	-	0,96/1				
DATOS ELÉCTRICOS BOMBA DE CALOR TRIFÁSICA	3/N/PE 400 V / 50-60Hz ⁸	-	✓				
	Protección externa máxima recomendada ⁹	-	C16A				
	Consumo máximo ² , B0W35	kW / A	4,2 / 6,2				
	Consumo máximo ² , B0W55	kW / A	5,0 / 7,2				
	Intensidad arranque mínima / máxima ⁷	A	0,7 / 2,6				
	Corrección de coseno Ø	-	0,96/1				
DIMENSIONES Y PESO	Altura x ancho x profundidad	mm	ecoGEO+ B: 1060x600x710 · ecoGEO+ C: 1804x600x720				
	Peso en vacío (sin ensamblaje)	kg	B 185 · C 246	B 193 · C 254	B 185 · C 246	B 193 · C 254	

- Captación aerotérmica o híbrida sustituyendo o combinando el captador geotérmico por una o varias unidades aerotérmicas ecoGEO+ AU. Consulte el manual de las unidades aerotérmicas ecoGEO+ AU para información más detallada.
- Conforme a EN 14511, incluyendo el consumo de bombas de circulación y driver del compresor.
- Considerando caudales en los circuitos de captación y producción conforme a norma EN 14511.
- Considerando un calentamiento desde 20 a 50 °C en ausencia de consumos.
- Considerando un apoyo con la resistencia eléctrica de emergencia o con el sistema HTR. La temperatura máxima de ACS con el sistema HTR puede estar limitada por la temperatura de descarga del compresor.
- Conforme a EN 12102, incluyendo el kit de aislamiento acústico del compresor.
- Intensidad de arranque depende de condiciones de trabajo de los circuitos hidráulicos.
- El rango de tensión admisible para un correcto funcionamiento de la bomba de calor es de ±10%.
- El consumo máximo puede variar significativamente con las condiciones de trabajo, o si se limita el rango de operación del compresor. Consulte el manual de servicio técnico para información más detallada.
- Pendiente de certificación.

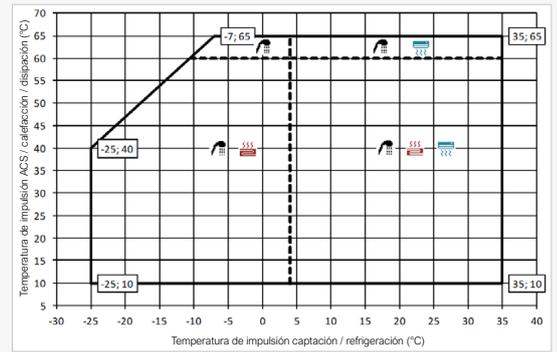
Dimensiones y tomas hidráulicas



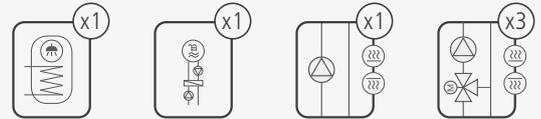
MODELO	DIMENSIONES (mm)															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
ecoGEO+ Basic	55	153	251	349	447	545	70	710	1058	600	61	300	-	-	-	-
ecoGEO+ Compact	55	125	475	545	-	-	62	720	1851	600	58	315	140	175	300	425

1. Impulsión Climatización - 1 1/4" M
2. Retorno Climatización - 1 1/4" M
3. Impulsión Captación - 1 1/4" M
4. Retorno Captación - 1 1/4" M
5. Impulsión intercambiador ACS - 1 1/4" M
6. Retorno intercambiador ACS - 1 1/4" M
7. Entrada AFS - 1" H
8. Salida ACS - 1" H
9. Retorno recirculación ACS - 3/4" H
10. Desagüe - 16 mm

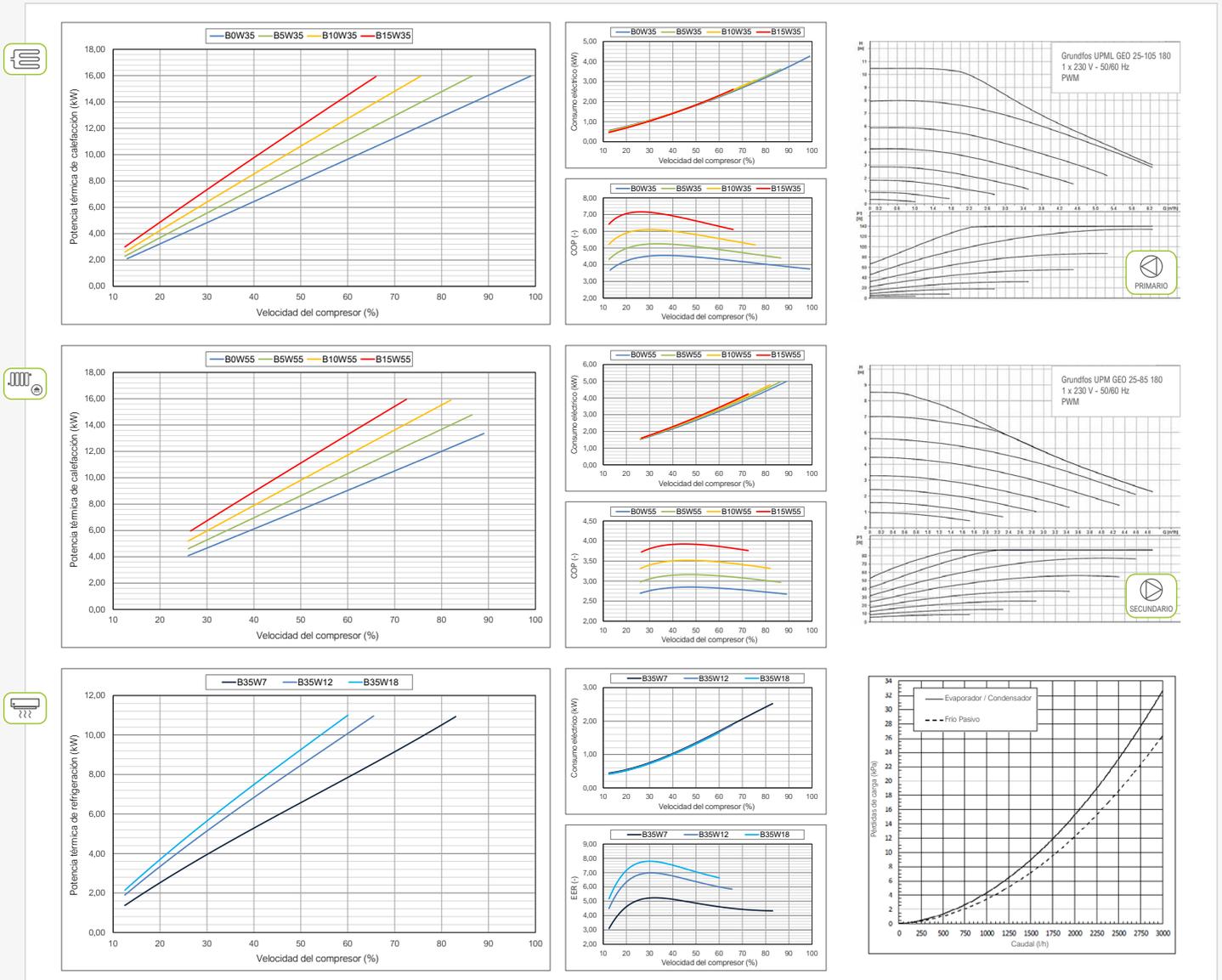
Mapa de Operación



Gestión de la instalación



Curvas de funcionamiento



DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

3. BOMBA RECIRCULACIÓN GEOTERMIA

La bomba de recirculación seleccionada para la instalación de geotermia, es de la casa GRUNDFOS gama UPML, a continuación, se incluyen las características de la bomba y curvas de funcionamiento de la misma.

Contar Descripción

1 **UPML La gama UPML de bombas circulatoras está diseñada para su integración en calderas y otros aparatos de calefacción con un rendimiento ampliado de hasta 10,5 m/140 W.**



Advertir! la foto puede diferir del actual producto

Código: [59C80253](#)

La temperatura ambiente está limitada a 55 °C.

La temperatura del líquido puede estar entre -10 °C y 95 °C UPML está controlada externamente a través de una entrada de cable de señal.

Líquido:

Líquido bombeado: Agua
Rango de temperatura del líquido: -10 .. 95 °C
Temperatura del líquido durante el funcionamiento: 60 °C
Densidad: 983.2 kg/m³

Técnico:

Clase TF: 95
Homologaciones: CE,VDE

Materiales:

Cuerpo hidráulico: Fundición
Impulsor: PES 30% GF

Instalación:

temp. máx. ambiente: 55 °C
Presión de trabajo máxima: 10 bar
Longitud puerto a puerto: 180 mm

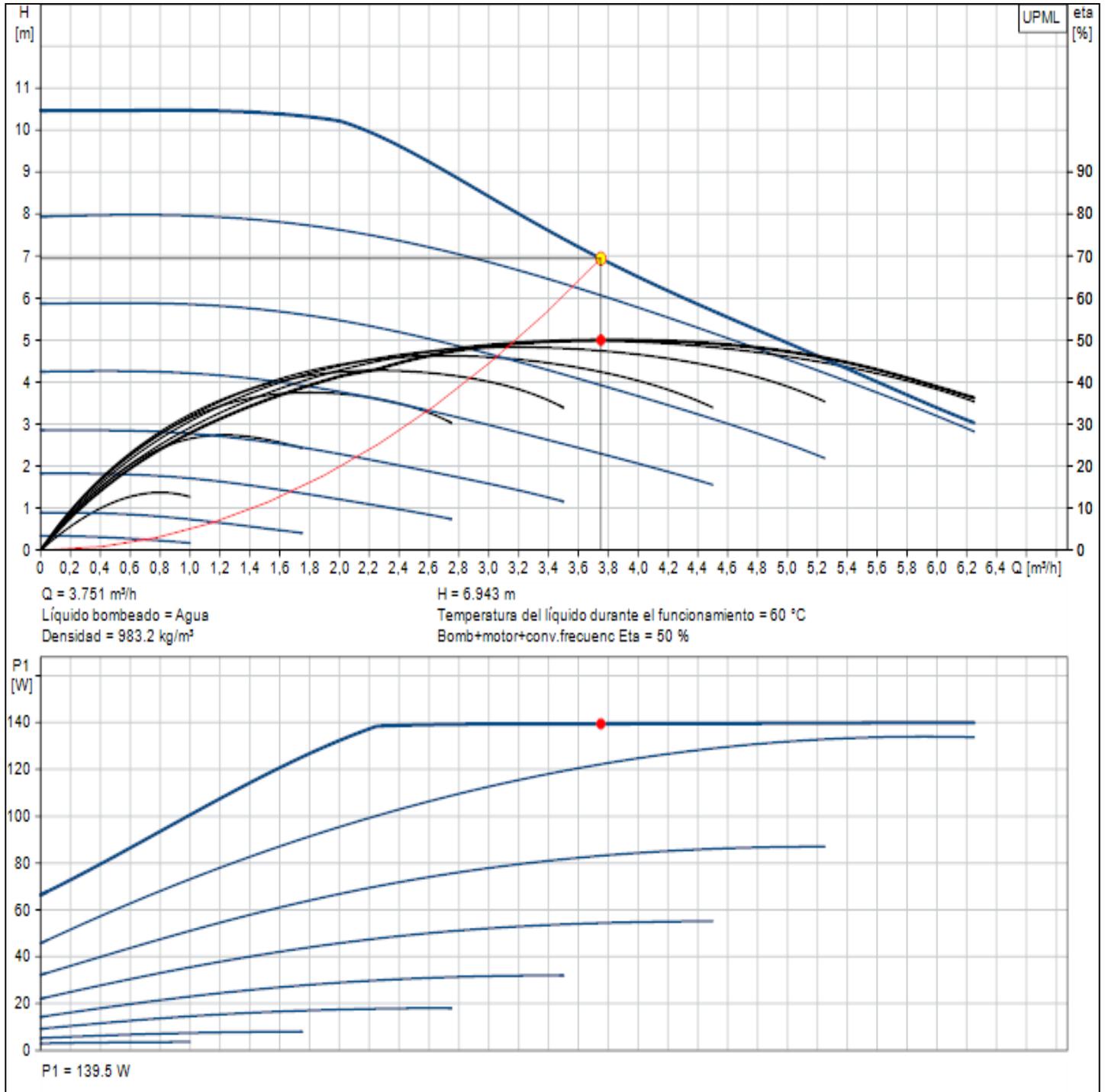
Datos eléctricos:

Potencia - P1: 3 .. 140 W
Frecuencia de red: 50 Hz
Tensión nominal: 1 x 230 V
Consumo de intensidad máximo: 0.04 .. 1.1 A
Grado de protección (IEC 34-5): X2D

Otros:

Energía (IEE): 0.23
Peso neto: 2.56 kg
Peso bruto: 2.7 kg

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA



Curvas de funcionamiento bomba Geotermia

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

4. BOMBA RECIRCULACIÓN SUELO RADIANTE

La bomba de recirculación seleccionada para la instalación de suelo radiante, es de la casa GRUNDFOS modelo ALPHA 1 20-40 N 150, a continuación, se incluyen las características de la bomba y curvas de funcionamiento de la misma.

Contar	Descripción
--------	-------------

1	ALPHA2 20-40 N 150
---	---------------------------



Advierta! la foto puede diferir del actual producto

Código: [92505498](#)

Circuladora de alta eficiencia con rotor encapsulado, diseñada para la circulación de líquidos en sistemas de calefacción domésticos siendo la variante de acero inoxidable del ALPHA2N adecuada para sistemas de Agua Caliente Sanitaria.

Con un excelente índice de eficiencia energética (EEI), muy por debajo del punto de referencia de la ErP, garantiza un importante ahorro energético.

Características:

- Incluye función AUTOADAPT, que adapta de forma continua el rendimiento de la bomba a la demanda calorífica real, es decir, al tamaño del sistema y a la cambiante demanda de calor.

La función encontrará el ajuste apropiado para ofrecer un confort óptimo con un consumo energético mínimo proporcionando niveles de comodidad sin precedentes con el consumo energético más bajo posible, lo que hace que la puesta en marcha sea segura y sencilla.

- Función de modo nocturno que ahorra energía
- El modo de verano manual ahorra energía durante el verano y garantiza un arranque seguro en la temporada de calefacción.
- El intuitivo funcionamiento con un solo botón simplifica la selección de cualquier modo de control.
- Sin necesidad de protección externa del motor, reduciendo el tiempo de instalación
- El arranque con un elevado par motor mejora el encendido en condiciones duras.
- Sin necesidad de mantenimiento gracias al diseño de rotor encapsulado y uso de componentes sólidos
- El conector ALPHA permite una instalación eléctrica rápida y sencilla.
- Se suministran carcassas de aislamiento con las bombas para minimizar la pérdida de calor en los sistemas de calefacción.
- La combinación de ALPHA2 con los otros dos componentes, ALPHA Reader y la aplicación Grundfos Go Balance, permite a los instaladores llevar a cabo un equilibrado hidráulico rápido y sencillo sin comprometer la fiabilidad, la eficiencia y la facilidad de instalación.

La función AUTOADAPT, la bomba también cuenta con tres modos de control, cada uno con tres configuraciones:

- Control de presión proporcional
- Control de presión constante
- Modo de curva constante

La pantalla muestra el consumo energético real en vatios o el caudal real en m³/h, así como las alarmas y avisos. Los LED indican el estado actual de funcionamiento.

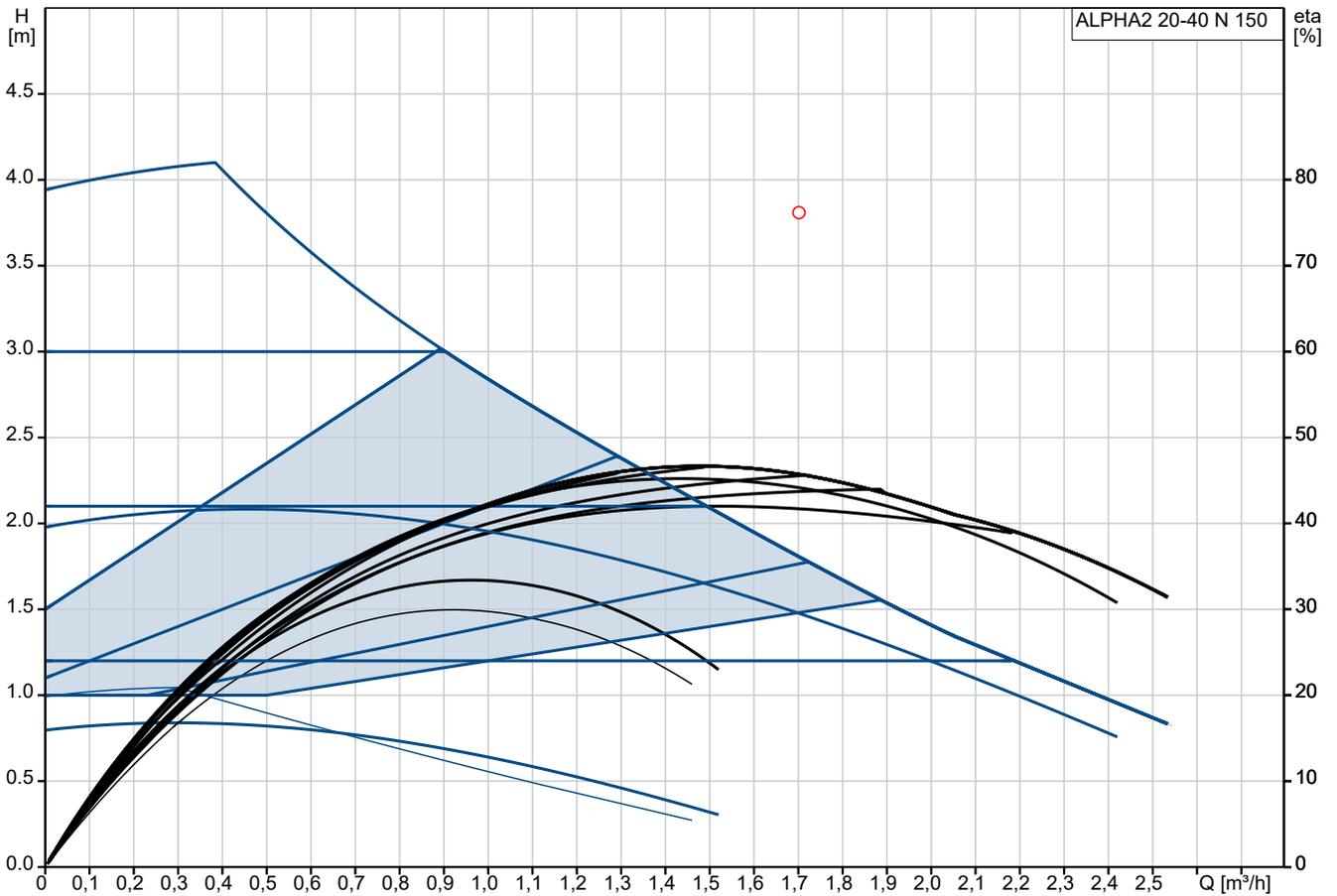
Activar automáticamente la función de modo nocturno reduce la velocidad del motor para ahorrar energía. El cambio automático depende de un cambio en la temperatura de la tubería de alimentación.

Modo de verano manual; una vez habilitado, la bomba arranca automáticamente con frecuencia a baja velocidad para evitar el bloqueo del rotor. Además, ahorra energía al mismo tiempo.

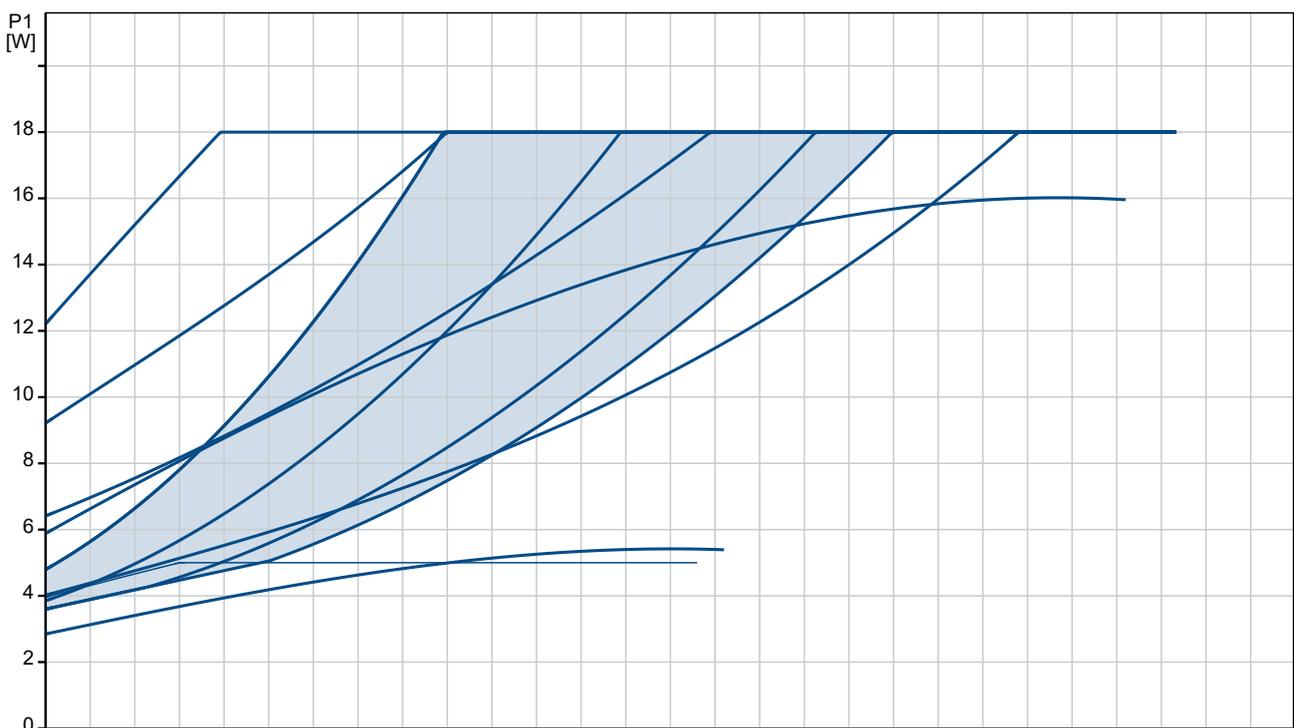
Se trata de una bomba con rotor encapsulado, que significa que la bomba y el motor forman una unidad integral. Los rodamientos se lubrican con el líquido bombeado, garantizando un funcionamiento que no requiere mantenimiento. La bomba incluye protección contra funcionamiento en seco.

Contar	Descripción
1	<p>La bomba es autopurgante a través del sistema, lo que contribuye a una puesta en marcha sencilla. Su diseño compacto, que cuenta con un cabezal de la bomba que lleva una caja de control y un panel de control integrados, se adapta a las instalaciones más habituales.</p> <p>La carcasa de la bomba está hecha de acero inoxidable. El motor es de imanes permanentes/estator compacto, caracterizado por su alta eficiencia.</p> <p>La velocidad de la bomba está controlada por un convertidor de frecuencia integrado, que va incorporado en la caja de control.</p> <p>Líquido: Líquido bombeado: Agua Rango de temperatura del líquido: 2 .. 110 °C Temperatura del líquido durante el funcionamiento: 60 °C Densidad: 983.2 kg/m³</p> <p>Técnico: Caudal nominal: 1.5 m³/h Altura nominal: 2.01 m Clase TF: 110 Homologaciones: VDE,CE,EAC</p> <p>Materiales: Cuerpo hidráulico: Acero inoxidable Carcasa de la bomba: EN 1.4308 ASTM A351-CF8 Impulsor: Composite PES 30% GF + PESU-GF20%</p> <p>Instalación: Rango de temperaturas ambientes: 0 .. 40 °C Presión de trabajo máxima: 10 bar Tipo de conexión: G Tamaño de la conexión: 1 1/4 inch Presión nominal para la conexión: PN 10 Longitud puerto a puerto: 150 mm</p> <p>Datos eléctricos: Potencia de entrada mínima - P1: 3 W Potencia de entrada P1: 18 W Frecuencia de red: 50 / 60 Hz Tensión nominal: 1 x 230 V Consumo de intensidad máximo: 0.04 .. 0.18 A Grado de protección (IEC 34-5): X4D Clase de aislamiento (IEC 85): F Protección de motor integrada: NONE</p> <p>Otros: Energía (EEI): 0.15 Posición de caja de conexiones: 6 H Peso neto: 1.99 kg Peso bruto: 2.13 kg Volumen de transporte: 0.004 m³ VVS danés n.º: 380450240 RSK sueco n.º: 5790551 País de origen.: DK Tarifa personalizada n.º: 84137030</p>

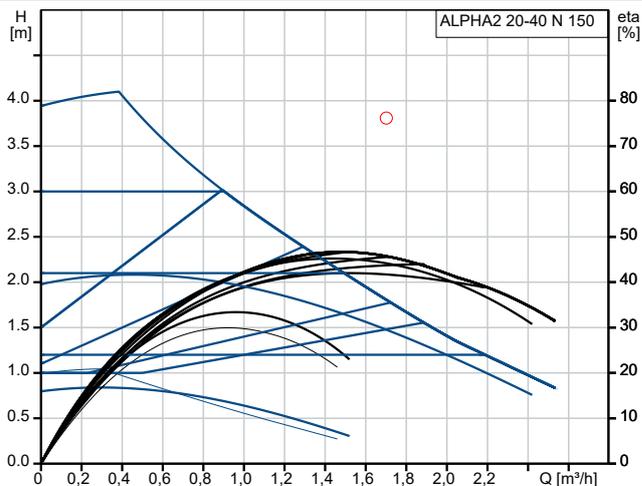
92505498 ALPHA2 20-40 N 150



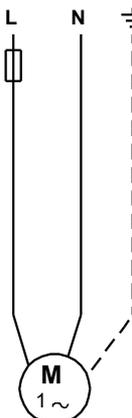
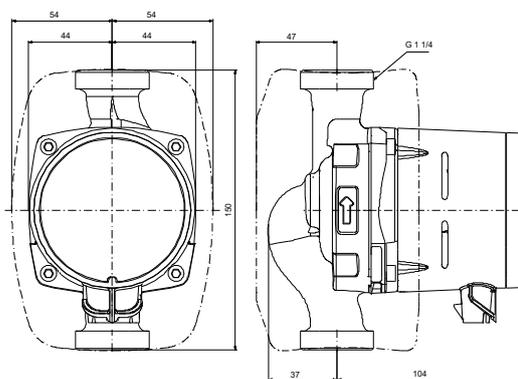
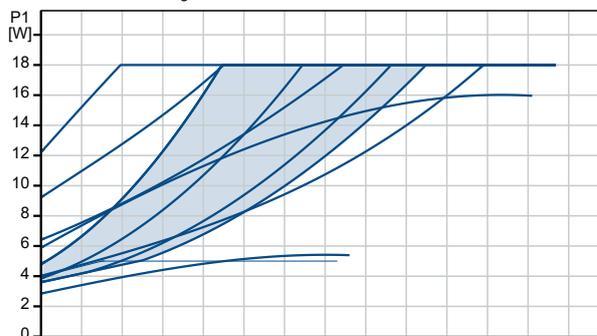
Líquido bombeado = Agua
 Temperatura del líquido durante el funcionamiento = 60 °C
 Densidad = 983.2 kg/m³



Descripción	Valor
Información general:	
Producto::	ALPHA2 20-40 N 150
Código::	92505498
Número EAN::	5715115433678
Precio:	EUR 1318
Técnico:	
Caudal nominal:	1.5 m³/h
Altura nominal:	2.01 m
Altura máxima:	40 dm
Clase TF:	110
Homologaciones:	VDE,CE,EAC
Modelo:	E
Materiales:	
Cuerpo hidráulico:	Acero inoxidable
Carcasa de la bomba:	EN 1.4308
Carcasa de la bomba:	ASTM A351-CF8
Impulsor:	Composite
Impulsor:	PES 30% GF + PESU-GF20%
Instalación:	
Rango de temperaturas ambientales:	0 .. 40 °C
Presión de trabajo máxima:	10 bar
Tipo de conexión:	G
Tamaño de la conexión:	1 1/4 inch
Presión nominal para la conexión:	PN 10
Longitud puerto a puerto:	150 mm
Líquido:	
Líquido bombeado:	Agua
Rango de temperatura del líquido:	2 .. 110 °C
Temperatura del líquido durante el funcionamiento:	60 °C
Densidad:	983.2 kg/m³
Datos eléctricos:	
Potencia de entrada mínima - P1:	3 W
Potencia de entrada P1:	18 W
Frecuencia de red:	50 / 60 Hz
Tensión nominal:	1 x 230 V
Consumo de intensidad máximo:	0.04 .. 0.18 A
Grado de protección (IEC 34-5):	X4D
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Protección de motor integrada:	NONE
Protec. térmica:	ELEC
Paneles control:	
Nocturno auto.:	función de ahorro nocturno automática incluida
Otros:	
Energía (EEI):	0.15
Posición de caja de conexiones:	6 H
Peso neto:	1.99 kg
Peso bruto:	2.13 kg
Volumen de transporte:	0.004 m³
VVS danés n.º:	380450240
RSK sueco n.º:	5790551
País de origen.:	DK
Tarifa personalizada n.º:	84137030



Líquido bombeado = Agua
Temperatura del líquido durante el funcionamiento = 60 °C
Densidad = 983.2 kg/m³



DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

5. BOMBA RECIRCULACIÓN ACS

La bomba de recirculación seleccionada para la instalación de suelo radiante, es de la casa GRUNDFOS modelo ALPHA 1 20-40 N 150, a continuación, se incluyen las características de la bomba y curvas de funcionamiento de la misma.

Contar	Descripción
--------	-------------

1	ALPHA1 20-40 N 150
---	---------------------------



Advierta! la foto puede diferir del actual producto

Código: [99452324](#)

Circuladoras de alta eficiencia, diseñada para la circulación de líquidos en sistemas de calefacción, siendo la variante de acero inoxidable del ALPHA1N adecuada para sistemas de Agua Caliente Sanitaria.

Con un índice de eficiencia energética (EEI) en línea con el punto de referencia de la ErP para las circuladoras más eficientes, contribuye al ahorro energético.

Son la opción ideal para las necesidades de funcionalidad básicas.

Funciones

- El intuitivo funcionamiento con un solo botón simplifica la selección de cualquier modo de control
- Sin necesidad de protección externa del motor, reduciendo así el tiempo de instalación
- El arranque con un elevado par motor mejora el encendido en condiciones duras
- Sin necesidad de mantenimiento y sin ruidos gracias al diseño de rotor encapsulado y uso de componentes sólidos
- El conector ALPHA permite una instalación eléctrica rápida y sencilla
- Las carcasas de aislamiento se suministran con las bombas para minimizar la pérdida de calor en los sistemas de calefacción.

La bomba también cuenta con tres modos de control, cada una con tres configuraciones:

- Control de presión proporcional
- Control de presión constante
- Modo de curva constante

La pantalla muestra el consumo real de potencia en vatios. Los LED indican el estado actual de funcionamiento.

El diseño de la bomba incluye las siguientes piezas que contribuyen a una larga vida útil:

- Eje y cojinetes radiales de cerámica
- Cojinete axial de carbono
- Caja del rotor, placa de apoyo y revestimiento del rotor de acero inoxidable
- Impulsor de composite.

La bomba es autopurgante a través del sistema, lo que contribuye a una puesta en marcha sencilla. Su diseño compacto, que cuenta con un cabezal de la bomba que lleva una caja de control y un panel de control integrados, se adapta a las instalaciones más habituales.

La carcasa de la bomba está hecha de acero inoxidable. El motor es de imanes permanentes/estator compacto, caracterizado por su alta eficiencia.

La velocidad de la bomba está controlada por un convertidor de frecuencia integrado, que va incorporado en la caja de control.

Líquido:

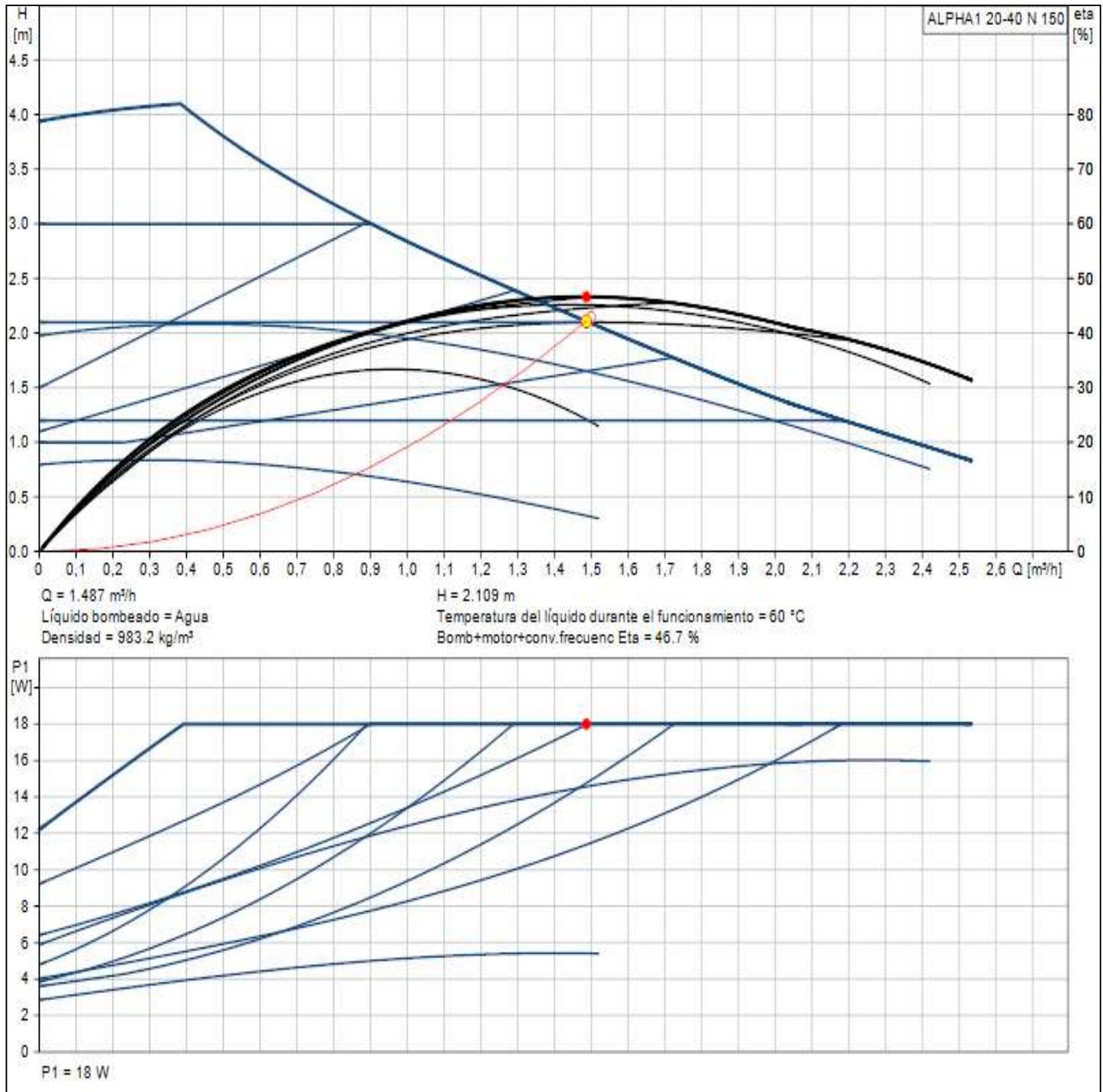
Líquido bombeado: Agua

Rango de temperatura del líquido: 2 .. 110 °C

Temperatura del líquido durante el funcionamiento: 60 °C

Contar	Descripción
1	<p>Densidad: 983.2 kg/m³</p> <p>Técnico:</p> <p>Caudal nominal: 1.5 m³/h</p> <p>Altura nominal: 2.15 m</p> <p>Clase TF: 110</p> <p>Homologaciones: CE,VDE</p> <p>Materiales:</p> <p>Cuerpo hidráulico: Acero inoxidable</p> <p>Carcasa de la bomba: EN 1.4308 ASTM A351-CF8</p> <p>Impulsor: Composite PES 30% GF + PESU-GF20%</p> <p>Instalación:</p> <p>Rango de temperaturas ambientes: 0 .. 40 °C</p> <p>Presión de trabajo máxima: 10 bar</p> <p>Tipo de conexión: G</p> <p>Tamaño de la conexión: 1 1/4 inch</p> <p>Presión nominal para la conexión: PN 10</p> <p>Longitud puerto a puerto: 150 mm</p> <p>Datos eléctricos:</p> <p>Potencia de entrada mínima - P1: 3 W</p> <p>Potencia de entrada P1: 18 W</p> <p>Frecuencia de red: 50 / 60 Hz</p> <p>Tensión nominal: 1 x 230 V</p> <p>Consumo de intensidad máximo: 0.04 .. 0.18 A</p> <p>Grado de protección (IEC 34-5): X4D</p> <p>Clase de aislamiento (IEC 85): F</p> <p>Protección de motor integrada: NONE</p> <p>Otros:</p> <p>Energía (EEI): 0.20</p> <p>Posición de caja de conexiones: 6 H o'clock</p> <p>Peso neto: 1.99 kg</p> <p>Peso bruto: 2.13 kg</p> <p>Volumen de transporte: 0.004 m³</p> <p>País de origen.: DK</p> <p>Tarifa personalizada n.º: 84137030</p>

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA



Curvas de funcionamiento instalación ACS

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE
SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE
ENERGÍA GEOTÉRMICA**

ANEXO 4. PRESUPUESTO

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

ÍNDICE

1. CAPTADORES.....	3
1.1 TRABAJOS DE PERFORACIÓN.....	3
1.2 PREPARACIÓN DE CAPTADORES.....	3
2. COLECTORES Y TUBERIAS.....	4
2.1 COLECTORES.....	4
2.2 TUBERÍAS.....	5
3. BOMBAS DE IMPULSIÓN.....	6
4. BOMBA DE CALOR Y DEPOSITO ACUMULADOR.....	7
5. VALVUERÍA.....	8
6. ELEMENTOS DE CONTROL.....	9
7. PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACIÓN.....	10
8. RESUMEN DE PARTIDAS.....	11
9. RESUMEN DE PRESUPUESTO.....	11
10. TIEMPO DE RETORNO.....	12

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

1. CAPTADORES.

1.1 TRABAJOS DE PERFORACIÓN.

En este capítulo del presupuesto se describen las partidas para la realización de las perforaciones para instalaciones de los captadores verticales, incluso el sellado de los sondeos mediante bentonita.

Concepto	Unidades	Coste por unidad (€)	Total (€)
Peón especializado	0,5 h	15,5 €/h	7,75
Máquina Perforadora	0,5 h	25,0 €/h	12,50
Costes indirectos	3%		0,60
Subtotal	200		4170
ml. Excavación mecánica de pozos para instalación de sondas geotérmicas dobles con camisa de hierro de sustentación para los primeros 5-6 metros. Diámetro máximo de perforación de 150 mm, totalmente montado e instalado			
Desplazamiento maquinaria	D<100Km		500,00
Inyección de bentonita en los sondeos. Mano de obra incluida	2/sondeos	80,00€/ud	160,00
TOTAL			4830,00

1.2 PREPARACIÓN DE CAPTADORES.

En esta partida se detallan los costes de instalación de los captadores verticales, dos captadores en U.

Concepto	Unidades	Coste por unidad (€)	Total (€)
Tubería de polietileno 32mm diámetro	1 m	1,85 €/m	1,85
Oficial 1ª fontanero	0,1 h	20 €/h	2,00
Oficial 2ª fontanero	0,1 h	15 €/h	1,5
Medios auxiliares	5%		0,26
Costes indirectos	6%		0,32
Subtotal	400 m		2372,0
Pieza de unión	40	5,45	218,0
Pesos	2	60,50	121,0
TOTAL			2711,00

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

2. COLECTORES Y TUBERIAS.

2.1 COLECTORES.

En esta partida se detallan los costes de los colectores tanto del lado de la geotermia, donde converge el fluido caloportador de los captadores, como los colectores del circuito secundario perteneciente al suelo radiante.

Concepto	Unidades	Coste por unidad (€)	Total (€)
Colector geotermia 2,5 pulgadas de diámetro PE 100, dotado de válvulas de equilibrado. Dispone de una válvula de llenado, purgador. Totalmente montado e instalado.			
Peón especializado	4 h	15,5 €/h	62,00
Ayudante instalador	4 h	13,5 €/h	54,00
Material	1ud	485,67	485,67
Costes indirectos	3%		18,05
Subtotal			619,72
TOTAL			619,72

Concepto	Unidades	Coste por unidad (€)	Total (€)
Colector suelo radiante. Colector compacto de impulsión y retorno de 8 salidas, con indicador de caudal incorporado para cada circuito. Incluso cajas para empotrar. Marca Roth.			
Peón especializado	2 h	15,5 €/h	31,00
Material	1ud	185,15	185,15
Costes indirectos	3%		6,48
Subtotal			222,63
TOTAL			222,63

Concepto	Unidades	Coste por unidad (€)	Total (€)
Colector suelo radiante. Colector compacto de impulsión y retorno de 6 salidas con indicador de caudal incorporado para cada circuito. Incluso cajas para empotrar. Marca Roth.			
Peón especializado	2 h	15,5 €/h	31,00
Material	1ud	153,30	153,30
Costes indirectos	3%		5,52
Subtotal			189,82
TOTAL			189,82

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

Concepto	Unidades	Coste por unidad (€)	Total (€)
Aguja Hidráulica para equilibrado de la instalación.			
Peón especializado	4 h	15,5 €/h	62,00
Ayudante instalador	4 h	13,5 €/h	54,00
Material	1ud	501,15	501,15
Costes indirectos	3%		18,51
Subtotal			635,66
TOTAL			635,66

2.2 TUBERÍAS.

En esta partida, se detallan los costes de la instalación de las diferentes tuberías que componen la instalación, desde salida de la perforación hasta los circuitos de suelo radiante.

Concepto	Unidades	Coste por unidad (€)	Total (€)
Tuberías horizontales. Diámetro 50 mm PEX			
Peón especializado	0,5 h	15,5 €/h	7,75
Material	1 ml	5,05	5,05
Costes indirectos	3%		0,38
Subtotal			13,18
TOTAL	20 ml		263,60

Concepto	Unidades	Coste por unidad (€)	Total (€)
Tuberías horizontales. Diámetro 32 mm PEX			
Peón especializado	0,5 h	15,5 €/h	7,75
Material	1 ml	2,60	2,60
Costes indirectos	3%		0,31
Subtotal			10,66
TOTAL	25 ml		266,50

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

Concepto	Unidades	Coste por unidad (€)	Total (€)
Tuberías horizontales. Diámetro 25 mm PEX			
Peón especializado	0,5 h	15,5 €/h	7,75
Material	1 ml	1,75	1,75
Costes indirectos	3%		0,28
Subtotal			9,78
TOTAL	10 ml		97,80

Concepto	Unidades	Coste por unidad (€)	Total (€)
Tuberías horizontales. Diámetro 20 mm PEX			
Peón especializado	0,3 h	15,5 €/h	4,65
Material	1 ml	0,95	0,95
Costes indirectos	3%		0,16
Subtotal			5,76
TOTAL	850 ml		4896,00

3. BOMBAS DE IMPULSIÓN.

En este capítulo se detallan los costes de la adquisición e instalación de las diferentes bombas necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación:

- Bomba1 lado geotermia.
- Bomba 2 ACS.
- Bomba circuito suelo radiante.

Concepto	Unidades	Coste por unidad (€)	Total (€)
Bomba 1 Lado Geotermia. Bomba gemela centrífuga de rotor seco con variador de frecuencia. Caudal 2m ³ /h			
Instalador	2,5 h	30 €/h	75,00
Ayudante instalador	5 h	13,5 €/h	67,50
Material	1 ud	1325,27	1325,27
Costes indirectos	3%		44,03
Subtotal			1511,80
TOTAL			1511,80

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

Concepto	Unidades	Coste por unidad (€)	Total (€)
Bomba 2. Bomba recirculación ACS. Caudal 0,7 m ³ /h			
Instalador	1 h	30 €/h	30,00
Ayudante instalador	3 h	13,5 €/h	40,50
Material	1 ud	725,20	25,20
Costes indirectos	3%		23,87
Subtotal			819,57
TOTAL			819,57

Concepto	Unidades	Coste por unidad (€)	Total (€)
Bomba 2. Bomba recirculación circuito suelo radiante. Caudal 0,96 m ³ /h			
Instalador	2 h	30 €/h	60,00
Ayudante instalador	4 h	13,5 €/h	54,00
Material	1 ud	1125,53	1125,53
Costes indirectos	3%		37,18
Subtotal			1276,71
TOTAL			1276,71

4. BOMBA DE CALOR Y DEPOSITO ACUMULADOR.

En este capítulo, se detallan los costes de adquisición e instalación de la bomba de calor y del depósito acumulador de ACS.

Concepto	Unidades	Coste por unidad (€)	Total (€)
Bomba de Calor Geotérmica. Bomba de calor geotérmica, condensado por agua y con fluido refrigerante R410A, con compresores herméticos tipo scroll, COP 4,6 o superior.			
Instalador	8 h	30 €/h	240,00
Ayudante instalador	8 h	13,5 €/h	108,00
Material	1 ud	725,20	7085,30
Costes indirectos	3%		222,99
Subtotal			7656,29
TOTAL			7656,29

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

Concepto	Unidades	Coste por unidad (€)	Total (€)
Deposito de acumulación ACS. con una capacidad de 300 litros, incluyendo interconexión a circuito de agua caliente, resistencia eléctrica de apoyo para emergencias de 4,5 KW y aislamiento exterior.			
Instalador	3 h	30 €/h	90,00
Ayudante instalador	3 h	13,5 €/h	40,50
Material	1 ud	1105,15	1320,00
Costes indirectos	3%		43,51
Subtotal			1494,01
TOTAL			1494,01

5. VALVUERÍA.

En este capítulo se detallan los costes de adquirir e instalar las distintas válvulas necesarias para el seccionamiento y equilibrado de los diferentes circuitos que forman la instalación.

Concepto	Unidades	Coste por unidad (€)	Total (€)
Válvula de bola. Válvula de interrupción. Diámetro 50 mm			
Ayudante instalador	4 h	13,5 €/h	54,00
Material	4 ud	40,15	160,60
Costes indirectos	3%		6,43
Subtotal			221,03
TOTAL			221,03

Concepto	Unidades	Coste por unidad (€)	Total (€)
Válvula de bola. Válvula de interrupción. Diámetro 32 mm			
Ayudante instalador	2 h	13,5 €/h	27,00
Material	2 ud	38,20	76,40
Costes indirectos	3%		3,10
Subtotal			106,50
TOTAL			106,50

Concepto	Unidades	Coste por unidad (€)	Total (€)
Válvula de bola. Válvula de interrupción. Diámetro 25 mm			
Ayudante instalador	6 h	13,5 €/h	81,00
Material	6 ud	27,01	162,06

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

Costes indirectos	3%		7,29
Subtotal			250,35
TOTAL			250,35

Concepto	Unidades	Coste por unidad (€)	Total (€)
Válvula de equilibrado. Válvula de equilibrado de asiento inclinado. Empleada para el equilibrado de caudales y presiones en el sistema hidráulico de la instalación.			
Ayudante instalador	2 h	13,5 €/h	13,50
Material	1 ud	297,10	297,10
Costes indirectos	3%		9,31
Subtotal			319,91
TOTAL			319,91

6. ELEMENTOS DE CONTROL.

En este capítulo, se detallan los costes de los elementos necesarios para el control de los parámetros más importantes de la instalación como son la presión y temperatura de los circuitos. Así mismo se detallan los costes del control de funcionamiento de la instalación a través de termostato con sonda de suelo con ajuste de temperatura máxima y mínima de funcionamiento.

Concepto	Unidades	Coste por unidad (€)	Total (€)
Manómetro. Manómetro de esfera de rango 0-10 bar			
Ayudante instalador	0,5 h	13,5 €/h	27,00
Material	4 ud	39,60	158,40
Costes indirectos	3%		5,56
Subtotal			190,96
TOTAL			190,96

Concepto	Unidades	Coste por unidad (€)	Total (€)
Termómetro. Termómetro de mercurio tipo columna, a instalar en la tubería			
Ayudante instalador	0,5 h	13,5 €/h	54,00
Material	8 ud	19,20	153,60
Costes indirectos	3%		6,22
Subtotal			213,82
TOTAL			213,82

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

Concepto	Unidades	Coste por unidad (€)	Total (€)
Termostato. Regulación de temperatura mediante sonda interna, con sonda de suelo, ajuste de temperatura mínima o máxima del suelo, modo de autoequilibrado del circuito, sin pilas			
Ayudante instalador	1 h	13,5 €/h	27,00
Material	2 ud	63,35	126,70
Costes indirectos	3%		4,61
Subtotal			158,31
TOTAL			158,31

7. PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACIÓN.

En esta partida se recogen los costes relativos a la puesta en funcionamiento de la instalación, pruebas y ajustes de parámetros de modo que la instalación se entregue en correcto estado de funcionamiento.

Concepto	Unidades	Coste por unidad (€)	Total (€)
Puesta en marcha. Puesta en marcha de la instalación de calefacción y ACS mediante bomba de calor geotérmica	1	400,00	400,00
Subtotal			400,00
TOTAL			400,00

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

8. RESUMEN DE PARTIDAS

CAPTADORES	7.541,00
COLECTORES Y TUBERÍAS	7.191,73
BOMBAS DE IMPULSIÓN	3.608,08
BOMBA DE CALOR Y ACUMULADOR	9.150,30
VALVULERÍA Y RESTO DE ELEMENTOS AUXILIARES.....	897,79
ELEMENTOS DE CONTROL.	563,09
PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACIÓN.	400,00

9. RESUMEN DE PRESUPUESTO

TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	29.351,99
GASTOS GENERALES 13%	3.815,75
BENEFICIO INDUSTRIAL 6%	1.761,11
TOTAL DE EJECUCIÓN POR CONTRATA.....	34.928,86
I.V.A 21%.....	7.335,06
TOTAL IVA INCLUIDO.....	42.263,93

El presupuesto final de la instalación de calefacción y ACS de la vivienda unifamiliar mediante el empleo de geotermia, asciende a la cantidad de **42.263,93 €** (Cuarenta y dos mil doscientos sesenta y tres euros con noventa y tres céntimos).

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

10. TIEMPO DE RETORNO.

Tras el cálculo del presupuesto de la instalación, se realiza una estimación del tiempo de retorno de la misma, comparando la satisfacción de la demanda energética mediante energía eléctrica y gas natural, se ha considerado el precio del KW/h eléctrico y de gas publicado por la OCU para el mes de marzo de 2022.

ALTERNATIVAS SUMINISTRO		
PARAMETROS	ENERGÍA ELÉCTRICA	GAS NATURAL
COSTE DE LA INSTALACIÓN (€)	6550	12750
COSTE KW/h (MARZO 2022) €	0,3998	0,2530
DEMANDA ANUAL (KW/h)	10308,7	10308,7
COSTE/AÑO (€) CALEFACCIÓN	4121,42	2608,24
COSTE/AÑO (€) CALEFACCIÓN BOMBA DE CALOR	895,96	895,96
TIEMPO AMORTIZACIÓN (AÑOS)	8,8	11,7
EMISIONES DE CO ₂ (Kg/AÑO)	2577,175	2082,357

Tabla Alternativas suministro.

De la estimación realizada se desprende que la instalación mediante energía geotérmica, quedaría amortizada antes de los 9 años si la demanda de calefacción se satisface con energía eléctrica y en menos de 12 años en caso de utilizar gas natural, teniendo en consideración que la vida útil de la instalación se considera que puede alcanzar 20 años, es posible obtener 8 años de rentabilidad de la misma.

Así mismo la instalación mediante energía geotermia no estaría sujeta a las fluctuaciones del precio de las energías convencionales que estamos experimentando sufrido de un tiempo a esta parte.

Por otro lado, es necesario destacar el hecho de la cantidad de CO₂ que no se emitiría a la atmosfera, considerando la emisión de 259 g CO₂/KWh (eléctricos), obtenemos una cantidad aproximada de 2,09 TN/año.