

GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍA DE MINAS Y ENERGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE
GEOTERMIA PARA LA CLIMATIZACIÓN Y
ABASTECIMIENTO DE ACS EN UNA
VIVIENDA UNIFAMILIAR

DOCUMENTO 1 - MEMORIA

Alumno/Alumna: Marín, Calleja, Urko

Director/Directora (1): Teres, Zuabiaga, Jon

Curso: 2.018 – 2.019

Fecha: 22, Julio, 2.019

ÍNDICE

MEMORIA.....	6
1 MEMORIA DESCRIPTIVA.....	6
1.1 Introducción y antecedentes.....	6
1.1.1 Contexto energético.....	6
1.1.1.1 En Europa	6
OBJETIVOS EUROPEOS DE ENERGIA.....	7
1.1.1.2 En España	7
1.1.1.3 En la Comunidad Autónoma de La Rioja	9
1.1.2 Consumos energéticos en la Edificación	10
1.1.3 La Energía Geotérmica	10
1.1.4 Bomba de Calor	13
1.1.4.1 Tipos de bombas de calor	13
1.1.5 Bomba geotérmica	15
1.1.5.1 Funcionamiento de la Bomba Geotérmica	17
1.2 Objeto.....	19
1.3 Situación y emplazamiento	20
1.3.1 Climatología.....	21
1.4 Descripción de la vivienda.....	22
1.4.1 Descripción de la parcela	22
1.4.1.1 Descripción de la zona verde	23
1.4.1.2 Descripción del edificio	23
1.4.1.2.1 Planta Baja.....	24
1.4.1.2.2 Primera Planta.....	24
1.4.1.2.3 Segunda Planta.....	24
1.4.1.2.4 Bajo Cubierta	24
1.4.2 Cuadros de superficies de la vivienda	24
1.5 Análisis de alternativas.....	25
1.6 Reducción de emisiones de CO2	27
1.6.1 Emisiones de CO2 actuales.....	27
1.6.2 Emisiones de CO2 futuras	28
1.7 Análisis comparativo	28
1.8 Tecnología y características de la instalación.	28
1.8.1 Selección del sistema de climatización	28
1.8.1.1 Ahorro de energía	29
1.8.1.2 Eficiencia del intercambio de calor	30
1.8.1.3 Confort	30
1.8.1.4 Ventajas e inconvenientes	30
1.8.1.5 Principio de funcionamiento del suelo radiante	31
1.8.1.6 Sistemas de suelo radiante según la tipología de obra.....	34



1.8.2	Circuito hidráulico	35
1.8.2.1	Tuberías	35
1.8.2.2	Bomba de circulación	35
1.8.2.3	Válvulas	36
1.8.2.4	Vaso de expansión.....	36
1.8.2.5	Aislamientos	36
1.8.3	Descripción de la instalación de agua caliente sanitaria.....	36
1.8.3.1	Consideraciones sobre agua caliente sanitaria	36
1.8.3.2	Selección del sistema de preparación de A.C.S.	37
1.8.3.3	Principio de funcionamiento del sistema de preparación de A.C.S.	38
1.8.3.4	Depósito de acumulación auxiliar	38
1.8.4	Circuito hidráulico	39
1.8.4.1	Tuberías	39
1.8.4.2	Bomba de circulación	39
1.8.4.3	Vaso de expansión.....	39
1.8.4.4	Aislamientos	39
1.8.5	Sistemas de Regulación y Control	40
1.8.5.1	Funcionamiento del sistema de regulación de climatización	40
1.8.5.2	Funcionamiento del sistema de regulación de A.C.S.	41
1.8.5.3	Regulación de temperatura en las viviendas	42
1.8.6	Sistemas empleados para el ahorro de energía	42
1.9	Plan de obra	44
1.9.1	Generalidades	44
1.9.2	Fases del proyecto.....	44
1.9.3	Descripción detallada de las fases.....	44
1.9.3.1	Detalle secuencial de la ejecución de las obras	44
1.9.4	Diagrama de Gantt	47
1.10	Certificación energética	48
1.11	Resumen del presupuesto.....	48
1.11.1	Normativa.....	49
1.11.2	Normativa y Legislación	49
1.11.3	Seguridad y Salud	50
1.12	Bibliografía	51
2	MEMORIA JUSTIFICATIVA.....	53
2.1	Cálculos	53
2.2	Cálculos de la carga térmica de calefacción.....	53
2.3	Calculo de las pérdidas por transmisión	53
2.3.1	Muro exterior	53
2.3.2	Cubierta	54
2.3.3	Suelo.....	55
2.3.4	Ventanas.....	55
2.3.5	Puerta	56
2.4	Calculo de pérdidas por transmisión.....	56
2.5	Calculo de pérdidas por ventilación	59



2.6	Calculo de pérdidas por infiltraciones.....	61
2.7	Resumen de cargas totales	62
2.8	Calculo de la demanda y potencia de agua caliente sanitaria	62
2.8.1	Calculo de las necesidades energéticas	62
2.8.2	Calculo de la demanda energética	63
2.8.3	Calculo de la potencia de ACS	64
2.8.4	Resumen de potencias de calefacción y ACS	65
2.9	Dimensionamiento del sistema de geotermia	66
2.10	Calculo de la potencia calorífica.....	66
2.11	Espacio a calentar.....	66
2.12	Orientación.....	66
2.13	Aislamiento.....	67
2.14	Zona climática	67
2.15	Cálculos	67
2.16	Diseño de la instalación hidráulica.....	69
2.16.1	Selección de unidades.....	69
2.16.1.1	Sistema de aprovechamiento de energía geotérmica	69
2.16.1.1.1	Sondas	69
2.16.1.2	Bomba geotérmica	69
2.16.2	Acumulador de ACS.....	70
2.16.3	Suelo radiante	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Evolución generación renovable / no renovable asociada a la generación eléctrica ...	8
Figura 2 - Generación renovable sobre la generación total en España y en una selección de países miembros de ENTSO-E22	9
Figura 3- Esquema simplificado de una bomba de calor aire-aire.....	13
Figura 4 - Esquema simplificado de una bomba de calor aire-agua	14
Figura 5 - Esquema simplificado de una bomba de calor agua-agua.....	15
Figura 6 - Modos de funcionamiento de una bomba geotérmica.	16
Figura 7 - Esquema de funcionamiento de una bomba geotérmica	18
Figura 8 - Situación del municipio de Estollo	20
Figura 9 - Situación de la vivienda de estudio.....	20
Figura 10 - Precipitación media por meses.	21
Figura 11 - Temperatura promedio por meses.	21
Figura 13 – Tabla de transmitancias para muros exteriores.....	54
Figura 14 - Tabla de transmitancias para cubiertas.	54
Figura 15 – Tabla de transmitancias para suelos.	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Tabla resumen de temperatura y precipitación media por meses.	22
Tabla 2 - Superficies construidas por plantas	24
Tabla 3 - Cuadro de superficies útiles por espacios	25
Tabla 4 - Cuadro de superficies útiles por plantas.	25
Tabla 5 – Emisiones de CO2 actuales	27
Tabla 6 - Resumen del presupuesto	48
Tabla 7 – Datos de las ventanas de estudio.	56
Tabla 8 – Datos temperaturas operativas y humedad relativa según estaciones	57
Tabla 9 – Pérdidas por transmitancia de la planta baja	58
Tabla 10– Pérdidas por transmitancia de la primera planta	59
Tabla 11 – Pérdidas por transmitancia de la segunda planta	59
Tabla 12 – Perdidas por ventilación de las diferentes estancias.....	60
Tabla 13 - Pérdidas por infiltraciones en las diferentes estancias	61
Tabla 14 – Resumen de cargas totales.....	62
Tabla 15 – Litros mensuales necesarios	63
Tabla 16 – Demanda energética mensual	64
Tabla 17 – Potencia necesaria por mes.....	65
Tabla 18 – Resumen de las potencias necesarias.	65
Tabla 19 – Valores según la orientación	66
Tabla 20 – Valores según el aislamiento	67
Tabla 21 – Valores según la zona climática	67
Tabla 22 - Tabla de potencias por estancias	68

MEMORIA

1 MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1 Introducción y antecedentes

Debido al aumento de la preocupación por el medio ambiente, el ritmo vertiginoso de agotamiento de los combustibles fósiles y la absoluta dependencia energética actual, la sociedad se está centrando en desarrollar e implantar energías más novedosas que puedan paliar estos problemas.

Para ello, las nuevas tecnologías se están basando principalmente en el desarrollo del aprovechamiento de energías renovables, las cuales son energías prácticamente cien por cien limpias e inagotables.

1.1.1 Contexto energético

1.1.1.1 En Europa

El desarrollo energético en Europa se encuentra marcado principalmente por tres grandes retos a superar: la crisis económica, el abastecimiento energético y el cambio climático.

Para hacer frente a estos problemas, en Europa existen hoy en día varias estrategias así como objetivos a medio-largo plazo, pero la base de todos ellos se basa principalmente en tres objetivos:

- Seguridad en el abastecimiento de energía.
- Competitividad.
- Sostenibilidad.

Debido a esto la Unión Europea ha puesto en marcha un plan para crear un organismo basado en una Unión de la Energía, la cual tendrá como fin poder garantizar que tanto

ciudadanos como empresas tengan un suministro energético asequible, respetuoso con el medio ambiente y seguro.

Para llevar a cabo esta Unión de la Energía, se basa en gran medida en la actual política energética de la U.E. así como en diferentes objetivos, los cuales desarrollaremos brevemente a continuación.

OBJETIVOS EUROPEOS DE ENERGIA

- Objetivos para 2020

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

- Objetivos para 2030

- Reducir en un 40 % la emisión de gases de efecto invernadero.
- Que el 27 % de la energía provenga de energías renovables como mínimo.
- Que el 15 % de la energía producida en la U.E. se pueda intercambiar entre los países miembros de la misma.

- Objetivos 2050

- 80-95 % de las emisiones de gases de efecto invernadero se reduzcan respecto a los niveles de 1990.

Cabe decir que estos objetivos en cierta medida son bastante posibles ya que por ejemplo en 2016 la U.E. ya había reducido en un 23 % sus emisiones de gases de efecto invernadero respecto a los de 1990. En lo referente a la producción de energía mediante energías renovables en 2016 ya alcanzaba un 17%. Por lo que con estos datos se puede ser optimista de cara a estos objetivos cuyo fin es cambiar la línea de producción de energía actual basada principalmente en combustibles fósiles hacia otra línea basada en energías renovables mucho más limpias y sostenibles.

1.1.1.2 En España

En España la energía depende en gran medida de valores externos debido a que hoy en día una gran parte de la producción se basa todavía en combustibles fósiles los

cuales España no dispone. En lo referente a estas materias importadas cabe decir que por ejemplo el uranio producido para centrales nucleares procede de Namibia o Niger, el gas natural de Catar o Argelia, y el petróleo de Libia, Nigeria u Oriente Medio principalmente.

Como se puede entender, debido a esta dependencia de varios países de procedencia, los precios varían mucho ya que dependen de varias políticas energéticas además de diferentes estrategias económicas. Para evitar estas dependencias, España tiene como objetivo un aumento de producción de Energía de producciones de energías renovables. Esto es visible en la siguiente gráfica en la cual se muestra la evolución de la generación energética renovable / no renovable en los últimos 9 años.

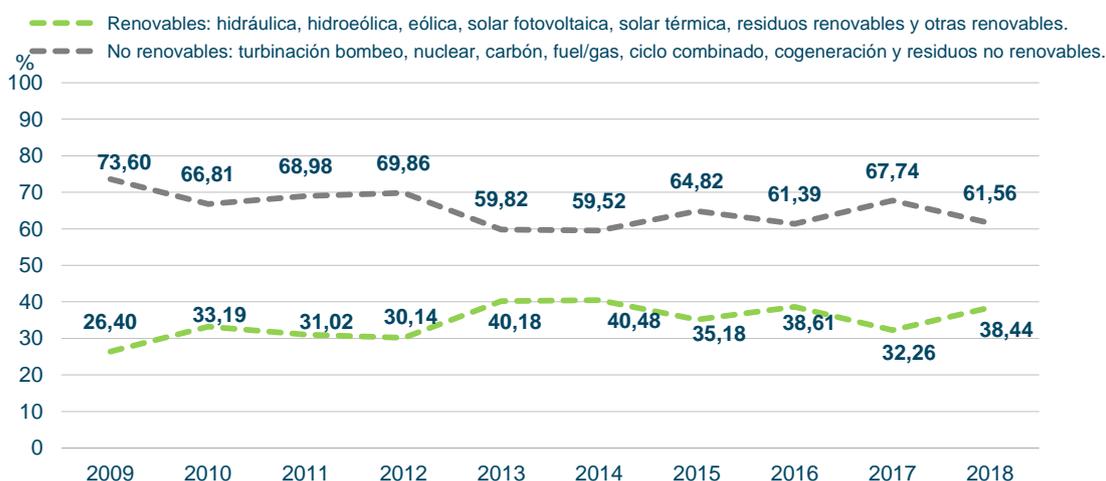


Figura 1 - Evolución generación renovable / no renovable asociada a la generación eléctrica

En lo referente a la producción de la Energía podemos decir que en este último año (2018) la tendencia ha sido de cambiar hacia la producción mediante energías renovables incrementándose esta producción en un 6,18 % respecto al año anterior.

Además comparando datos con otros países de Europa podemos observar en el siguiente gráfico que España crece más hacia este tipo de energías en comparación con otros países como podemos observar en la siguiente gráfica.

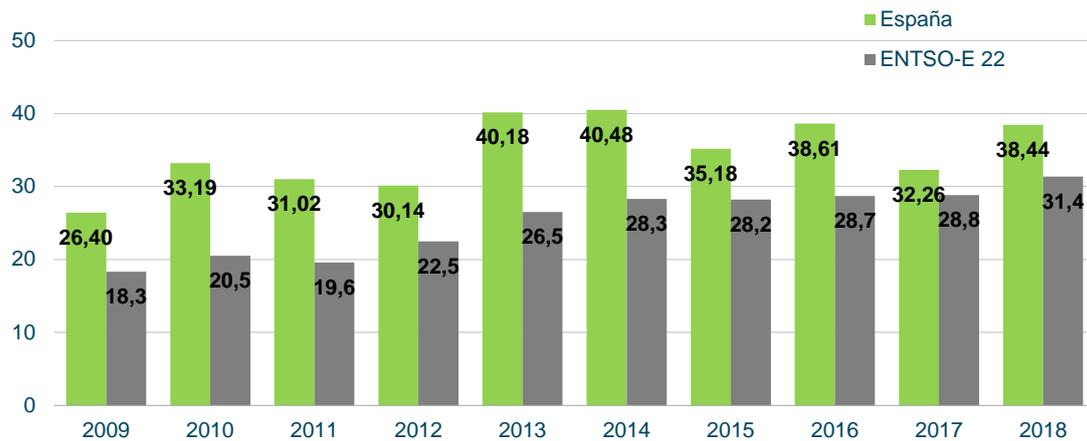


Figura 2 - Generación renovable sobre la generación total en España y en una selección de países miembros de ENTSO-E22

⁽¹⁾ Por indisponibilidad de datos para toda la serie de algunos países, el gráfico de evolución contiene información de: Alemania, Austria, Bélgica, Bosnia-Herzegovina, Bulgaria, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Francia, Macedonia del Norte, Grecia, Holanda, Hungría, Italia, Luxemburgo, Polonia, Portugal, República Checa, Rumania y Suiza.

1.1.1.3 En la Comunidad Autónoma de La Rioja

En lo referente a la Comunidad Autónoma de La Rioja, que es donde se desarrollara el trabajo, podemos destacar que tiene unas líneas estrategias sobre la energía las cuales se encuentran recogidas en el Plan Energético de La Rioja 2015-2020. Dicho Plan se compone de cinco líneas prioritarias que deben ser desarrolladas en el futuro así como dos líneas transversales.

LÍNEAS PRIORITARIAS GENERALES

- Infraestructuras energéticas
- Ahorro y eficiencia energética
- La energía como elemento de competitividad
- Energías renovables
- Sociedad y energía

LÍNEAS TRANSVERSALES

- Transferencia de tecnología y conocimiento
- Las KETs

Con todas estas líneas de desarrollo lo que se busca principalmente es que haya una energía más sostenible en todos los ámbitos ya que se busca que la relación con la Comunidad abarque todos los ámbitos posibles (sociales, medioambientales, económicos...).

1.1.2 Consumos energéticos en la Edificación

En lo referente al consumo energético en las edificaciones, principalmente en edificios de viviendas, que es en el ámbito en el que se desarrollara el trabajo, se basa principalmente en abastecer el confort de las personas. Estos consumos se basan principalmente en la producción de agua caliente sanitaria así como en la producción y/o extracción de calor de la zona a climatizar. Nombramos estos dos casos como los principales ya que serán los que abordaremos a lo largo del trabajo (también existen otros consumos energéticos muy importantes tales como por ejemplo los consumos derivados de electrodomésticos, etc.).

Debido a que estos consumos cada día son más importantes, es necesario día a día conseguir avances hacia la reducción de estos consumos mediante la integración de sistemas de aprovechamiento de energías renovables así como de sistemas de eficiencia energética. Estos objetivos se deben buscar no solo en la vivienda sino también en los sectores que ofrezcan estos servicios, como hemos podido observar en puntos anteriores, una buena gestión hacia la reducción de consumos abarca todos los sectores de la sociedad, desde el uso de los diferentes tipos de energías o renovables hasta el transporte de la energía hasta las viviendas.

1.1.3 La Energía Geotérmica

La Energía Geotérmica se define como la energía almacenada en forma de calor en el interior de la Tierra, por tanto, engloba el calor almacenado en rocas, suelos y aguas subterráneas, cualquiera que sea su temperatura, profundidad y procedencia, pero no el contenido en masas de agua superficiales, continentales o marinas.

Los estudios sobre la Energía Geotérmica indican que es un recurso inmenso y casi inagotable, tanto es así que se estima que hay unos 40 países que poseen suficiente potencial geotérmico para satisfacer su demanda de electricidad completa.

Las ventajas de este tipo de energía son varias y podemos destacar entre ellas:

- No produce humos, ni polvo, ni suciedad.
- No hay combustión y, por tanto, no necesita depósito para combustible.
- No es necesario almacenar ningún tipo de material para la calefacción, ni cuartos de calderas.
- No necesita mucho mantenimiento.
- Está sujeto a subvenciones.
- Ahorro de energía notable.
- Un único sistema vale para calefacción, refrigeración y para la producción de agua caliente sanitaria (ACS).

Para el aprovechamiento de la misma se aprovecha el calor de los recursos geotérmicos. Estos recursos se clasifican en función de su nivel térmico (temperatura):

- De alta temperatura (superiores a 150 °C) y de media temperatura (entre 100 y 150° C) se aprovechan principalmente para la producción de electricidad y también para usos térmicos directos urbanos e industriales.
- De baja temperatura (entre 30 y 100°C) se aprovechan solo para usos térmicos en sistemas de climatización y ACS urbanos y en diferentes procesos industriales. Pueden usarse directamente o mediante bombas de calor.
- De muy baja temperatura (inferiores a 25-30°C), corresponden a la energía térmica almacenada en aguas subterráneas y en el subsuelo poco profundo. Su aplicación son los usos térmicos siempre mediante bombas de calor a sistemas de calefacción, refrigeración y ACS. Se utilizan dos tipologías: sistemas abiertos (captan el agua de un acuífero para su aprovechamiento) y sistemas cerrados (utilizan intercambiadores enterrados horizontales o verticales, con un fluido caloportador en su interior que cede la energía del subsuelo a la bomba y viceversa).

Para aprovechar estos recursos se utilizan bombas de calor, el funcionamiento de estas bombas básicamente se basa en extraer calor del recurso energético (subsuelo) y transferirlo a otros para poder aprovecharlos para calentar agua. Para este proceso aparte de la bomba de calor se necesitan otros elementos que en el desarrollo del trabajo se describirán y desarrollará su funcionamiento.

Como se ha mencionado anteriormente en la clasificación del tipo de recursos energéticos hay varios tipos de sistemas para el aprovechamiento de este tipo de

energía. En este trabajo se desarrollara un sistema de aprovechamiento de recursos de muy baja temperatura por lo que nos centraremos más en este tipo que en otro.

Dentro de la geotermia de muy baja existen dos sistemas de utilización asociados al tipo circuito que acompañara a la bomba de calor geotérmica: uno utilizable únicamente donde existen acuíferos con una caudal suficiente y donde el nivel freático está a una profundidad que desde el punto técnico y económico es viable, denominado sistema de geotermia de circuito abierto; y otro, donde el intercambio con la tierra se realiza mediante sondas dispuestas en el terreno por las cuales circula un fluido calotransportador denominado circuito de geotermia con sondas de captación en circuito cerrado.

El primer tipo de geotermia descrita tiene los inconvenientes de que aun siendo muy pequeña la alteración en el balance del agua del acuífero este se modifica, además las características físico-químicas el agua se ven alteradas ya que se realizan saltos de temperatura en el agua con caudales importantes (de hasta 100 litros por segundo). Además si en la misma zona se concentran varios sistemas de este tipo, se llega a producir contaminación térmica, la cual origina otros tipos de alteraciones de carácter físico-químico tales como la precipitación de la disolución de sales en el acuífero, reducción de su porosidad, disminución de oxígeno disuelto en el agua, etc.

Debido a este tipo de inconvenientes, en el trabajo se desarrollara un proyecto en el que la bomba de calor utilice un circuito cerrado, ya que este tipo de bombas presenta una mayor estabilidad a lo largo del ciclo de funcionamiento tanto de verano como de invierno.

Cabe decir que este tipo de sistemas pueden ser de dos tipos, de captación vertical u horizontal.

- Captación vertical

La sonda geotérmica vertical se instala mediante perforaciones a profundidades de unos 100 m (podría variar entre 60 y 200 metros). Esta configuración requiere poca superficie e incluso se perfora debajo de las viviendas si se trata de nuevas construcciones. Mediante este sistema se obtiene un gran rendimiento, pero realizar perforaciones tan profundas aumenta el coste económico de la instalación.

- Captación horizontal

En este caso los captadores se entierran alrededor de la vivienda a 1-2m aproximadamente. Para ello es necesario disponer de terreno adyacente a la vivienda (una superficie entre 1,5 y 3 veces la superficie a calefactar). La captación horizontal es la que más se utiliza, ya que la instalación es más simple y, por tanto, más económica.

1.1.4 Bomba de Calor

Una bomba de calor es una máquina térmica que consigue extraer calor de un lugar y transportarlo a otro tanto en invierno como en verano, es decir, permite tanto calefactar como refrigerar una vivienda, como también por ejemplo calentar agua (junto con otros elementos).

1.1.4.1 Tipos de bombas de calor

- Bombas de calor aire-aire

Este tipo de bombas de calor es el más usado ya que es el utilizado en los equipos de aire acondicionado. Este sistema se basa en la captación de energía calorífica de un aire (interior) y liberarla en otro aire (exterior). Este tipo de bombas son idóneas para calentar y/o enfriar pero no son capaces de producir agua caliente sanitaria.

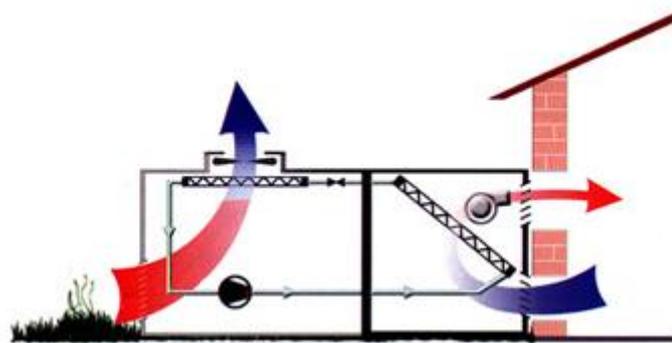


Figura 3- Esquema simplificado de una bomba de calor aire-aire

- Bombas de calor aire-agua

Este tipo de bombas aprovechan la energía del aire ambiente para convertirla en frío, calor y agua caliente sanitaria.

En modo calefacción, las bombas de calor aire-agua toman el calor del aire exterior y lo transfieren al circuito de agua (radiadores, suelo radiante, fancoils...) que a su vez ceden el calor al ambiente.

En modo refrigeración, en el intercambiador exterior se cede el calor del agua al aire ambiente, y en el intercambiador interior se absorbe el calor del ambiente calentando el agua. Es decir, estos equipos montan un intercambiador aleteado o batería, refrigerante-aire y un intercambiador refrigerante-agua.

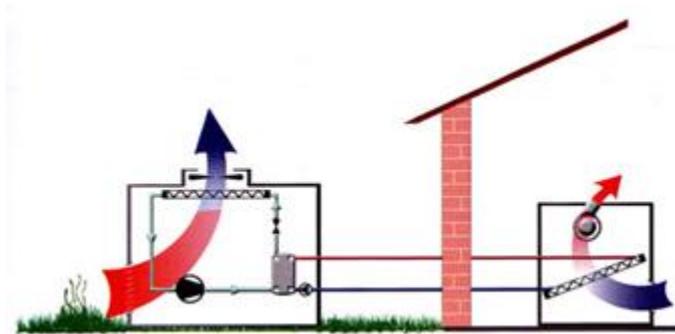


Figura 4 - Esquema simplificado de una bomba de calor aire-agua

- Bombas de calor agua-agua o geotérmicas

Este tipo de bombas aprovechan el agua subterránea de la capa freática, lago, río o subsuelo e intercambian calor tanto con el exterior como con el interior mediante un circuito de agua.

En modo calefacción, toman el calor del circuito exterior y producen agua caliente en el circuito interior para calentar de forma indirecta, mediante fancoils, radiadores, suelo radiante, etc.

El funcionamiento en modo refrigeración (bomba de calor reversible) utiliza también el agua de la capa freática, que con un ciclo inverso de la bomba de calor causa un ligero recalentamiento del agua de la capa freática en verano y consigue rendimientos excelentes, bastante superiores a los rendimientos obtenidos con una tecnología aire-agua o aire-aire.

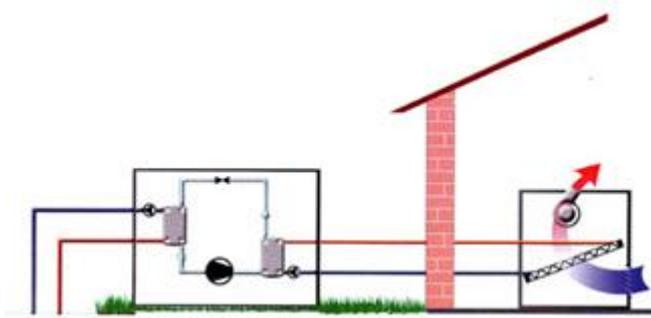


Figura 5 - Esquema simplificado de una bomba de calor agua-agua

1.1.5 Bomba geotérmica

Esquemáticamente se puede definir una instalación con bomba de calor geotérmica como un sistema que cede y absorbe calor del terreno a través de un conjunto enterrado, de tuberías de material plástico de alta densidad y que en síntesis está compuesto por:

- Una gran masa térmica (suelo) que permite ceder/extraer calor.
- Un conjunto de tuberías enterradas por las que circula el fluido caloportador.
- Un sistema hidráulico.
- Una bomba de calor “tierra-agua” que absorbe/cede calor al sistema de utilización.

La tecnología de las bombas de calor por compresión se basa en la máquina con ciclo de Carnot. El foco frío o fuente cede calor en el evaporador al fluido refrigerante frigorífico que tiene un bajo punto de ebullición y se encuentra a una temperatura inferior que el foco frío, pasando a estado gaseoso y manteniendo una baja temperatura, siendo comprimido por el compresor que eleva su presión y aumenta su energía interna. El fluido pasa después por un intercambiador de calor, llamado condensador, donde cede calor al foco caliente y cambia a estado líquido pasando por una válvula de expansión donde recupera la presión inicial y se enfría bruscamente.

Posteriormente el fluido vuelve a pasar por el evaporador donde absorbe calor del foco frío, evaporándose y pasando por el compresor nuevamente, cerrándose así el ciclo.

Se definen a continuación los conceptos de circuito primario y secundario para la instalación objeto del proyecto.

- El circuito primario lo constituyen el intercambiador de la bomba geotérmica donde se realiza la transferencia de calor entre el fluido refrigerante frigorífico y el fluido del circuito de captación geotérmica.
- El circuito secundario está compuesto por el intercambiador de la bomba de calor geotérmica donde se realiza la transferencia de calor entre el fluido refrigerante y la instalación de climatización y A.C.S. de las viviendas.

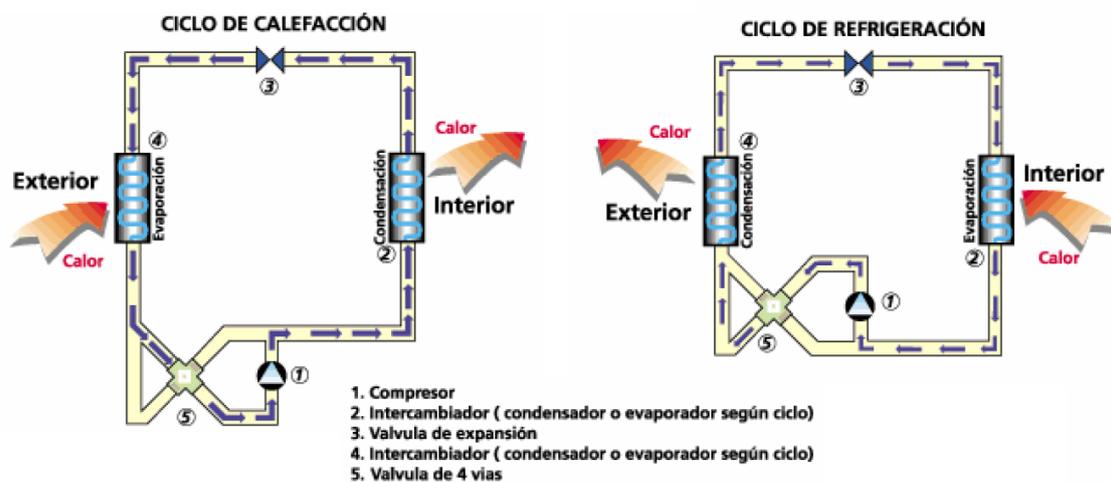


Figura 6 - Modos de funcionamiento de una bomba geotérmica.

En el sistema de calefacción del Edificio del proyecto, el foco frío lo constituye el captador geotérmico, formado por el campo de sondas subterráneas, donde se extrae el calor mediante el fluido calor-transportador geotérmico a través del evaporador del circuito primario, pasando así el fluido refrigerante a fase gas para ser posteriormente comprimido por el compresor y ceder calor al foco caliente, formado por el secundario del sistema de calefacción. Una vez ha sucedido esto, se repite nuevamente el ciclo como se ha indicado antes.

En el modo de refrigeración sucede lo contrario, el circuito secundario de la instalación está en contacto con el evaporador de la bomba de calor, absorbiendo el fluido refrigerante el calor del sistema (enfriando el agua de climatización) pasando éste a fase gaseosa. Posteriormente se comprime elevando su temperatura, llegando al condensador del primario, que está en contacto con el fluido calor-transportador geotérmico cediendo así el calor al terreno y repitiéndose nuevamente el ciclo.

La inversión de los ciclos invierno-verano se realiza mediante la válvula inversora de 4 vías que llevan incorporadas las bombas de calor geotérmicas, situada en la zona de descarga del compresor.

Las ventajas que presenta un sistema de climatización con bomba de calor geotérmica denominada “tierra-agua” frente a otra fuente de calor y de frío, es su elevada eficiencia energética, puesto que para su funcionamiento en modo de calefacción suelen tener un COP (Coefficient Of Performance) superior a 3,5 y para refrigeración el EER (Efficiency Energy Rate) es superior a 4,8. En otros términos, por cada kilovatio absorbido de la red eléctrica, la bomba de calor geotérmica entrega 3,5 kW para poder utilizar en el sistema de calefacción y 4,8 kW en el sistema de refrigeración.

El elevado rendimiento de las bombas de calor geotérmicas (“tierra-agua”) en comparación con las bombas de calor “aire-aire” o “aire-agua” (aeroterminia) se basa en la estabilidad de la temperatura del foco frío con el que intercambia el flujo térmico.

Así, en el modo de calefacción (invierno) la temperatura del terreno se mantiene en un valor promedio aproximado de 15 °C, llegando la temperatura del aire exterior a valores por debajo de 0 °C. Por otro lado, en el modo de refrigeración (verano) las oscilaciones térmicas del terreno son muy reducidas, manteniéndose las temperaturas promedio en torno a los 17 °C; mientras que en el exterior el aire puede alcanzar temperaturas de 30 °C. Esta estabilidad térmica del terreno permite obtener mejores rendimientos para las bombas de calor geotérmicas. No obstante el rendimiento de estas bombas en verano es reducido en comparación con su rendimiento en invierno.

1.1.5.1 Funcionamiento de la Bomba Geotérmica

Existen diversos tipos de instalaciones geotérmicas, por lo que el sistema y método de captación de calor puede variar, pero el funcionamiento de la bomba de calor geotérmica es similar sea cual sea el tipo de instalación:

- Se introduce una mezcla de agua anticongelante en colectores enterrados bajo tierra y fabricados en polietileno de alta densidad para absorber el calor que encuentran en la roca, la tierra o el agua.
- El interior de la bomba cuenta con un intercambiador de calor por el cual circula un gas refrigerante. En el evaporador, la energía procedente del subsuelo es transferida al refrigerante pasando éste de estado líquido a gaseoso.
- El gas refrigerante es conducido al compresor donde aumenta su presión y temperatura.

- En el condensador, el refrigerante cede su energía al sistema de calefacción.
- La válvula de expansión tiene por finalidad reducir la presión y temperatura.
- El refrigerante es conducido al evaporador donde se inicia de nuevo el proceso.

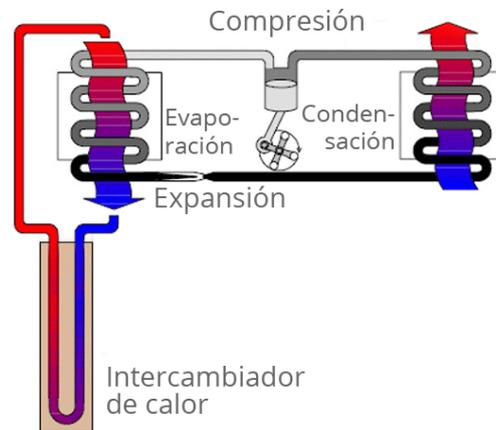


Figura 7 - Esquema de funcionamiento de una bomba geotérmica



1.2 Objeto

El objetivo de este proyecto es diseñar, dimensionar y comprobar la viabilidad de una instalación de climatización y abastecimiento de agua caliente sanitaria para una vivienda unifamiliar, situada en Estollo, mediante el uso de la energía geotérmica.

1.3 Situación y emplazamiento

La vivienda objeto del estudio se encuentra en el Barrio de San Andrés del municipio de Estollo, en la comunidad autónoma de La Rioja. Dicho municipio cuenta con una población de 122 habitantes y se encuentra a un kilómetro escaso de los pueblos de San Millán de la Cogolla y de Berceo.



Figura 8 - Situación del municipio de Estollo

La instalación que se desarrollara en el trabajo será concretamente en la vivienda unifamiliar situada en la Calle Cantón Nº 7 del Barrio de San Andrés del Valle perteneciente al municipio de Estollo.



Figura 9 - Situación de la vivienda de estudio.

1.3.1 Climatología

El clima en Estollo es cálido y templado. Este clima es considerado Cfb según la clasificación climática de Köppen-Geiger, este tipo de clima significa lo siguiente:

- C: climas de latitudes medias. Son húmedos, con temperaturas medias del mes más frío entre -3°C y 18°C , y temperatura del mes más cálido superior a 10°C .
- Cfb: marítimo de costa occidental (oceánico).

Estollo tiene una cantidad significativa de lluvia durante el año (63 mm), incluso para el mes más seco (julio con 30 mm de lluvia).

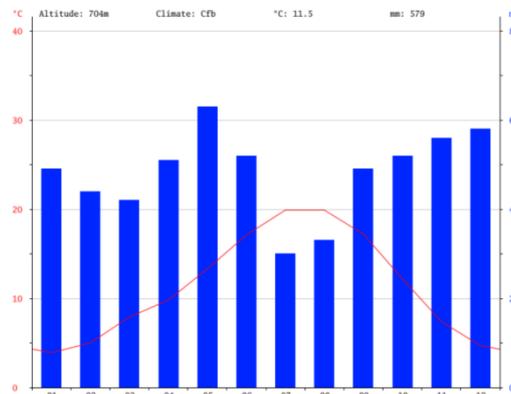


Figura 10 - Precipitación media por meses.

La temperatura promedio en Estollo es de $11,5^{\circ}\text{C}$, encontrándose las temperaturas más altas en el mes de Julio ($19,9^{\circ}\text{C}$) y las más bajas en Enero ($3,9^{\circ}\text{C}$).

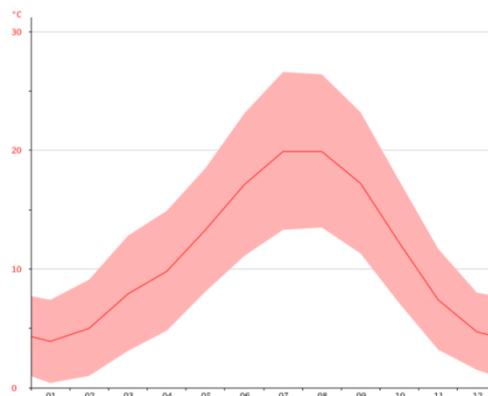


Figura 11 - Temperatura promedio por meses.

A continuación exponemos una tabla en la que salen los datos más relevantes sobre la temperatura y precipitación del año.

Tabla 1 - Tabla resumen de temperatura y precipitación media por meses.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	3.9	5	7.9	9.8	13.3	17.1	19.9	19.9	17.2	12.2	7.4	4.7
Temperatura min. (°C)	0.4	1	3.1	4.8	8.1	11.1	13.3	13.5	11.3	7.1	3.2	1.5
Temperatura máx. (°C)	7.4	9.1	12.8	14.9	18.5	23.1	26.6	26.4	23.2	17.4	11.7	8
Precipitación (mm)	49	44	42	51	63	52	30	33	49	52	56	58

1.4 Descripción de la vivienda

La vivienda unifamiliar que será objeto de estudio durante el presente proyecto se levanta en una parcela con una superficie de 4.144,71 m² delimitada de la siguiente manera por tres de sus cuatro lados con distintas propiedades y por la parte frontal de la parcela con la Calle Cantón.

En lo referente al régimen de utilización de la vivienda cabe decir que hasta este año la vivienda tenía carácter de segunda vivienda utilizándose para el disfrute de algún fin de semana, puente y/o vacaciones, pero a partir de Octubre del año pasado debido a la jubilación de sus dueños pasa a ser la vivienda principal. Debido a esto el edificio del presente proyecto es una vivienda de residencia habitual con régimen de uso ininterrumpido con climatización y agua caliente sanitaria durante todo el año, por lo que la instalación del sistema de geotermia debe cubrir la demanda energética anual.

1.4.1 Descripción de la parcela

La composición de la parcela se encuentra dividida en tres partes diferenciadas, una zona ajardinada que se encuentra en la parte delantera del edificio, la zona edificada que se encuentra en la parte izquierda de la parcela y una zona verde en la zona derecha de la misma.

Respecto a los límites de las zonas, la zona ajardinada se encuentra limitada por la parte trasera con el edificio, la zona delantera por la calle, la derecha por la zona verde y la parte izquierda por otra propiedad edificada.

El edificio por su parte se encuentra limitado por la parte trasera con otra propiedad, la zona delantera por la zona ajardinada, la derecha por la zona verde y la parte izquierda por otra propiedad edificada.

En lo referente a la parte verde de la parcela cabe decir que es un una zona de antiguo sembrado de trigo pero que en la actualidad es terreno urbanizable por lo que se podrá ubicar en esta zona el colector geotérmico.

1.4.1.1 Descripción de la zona verde

En la zona verde podemos diferenciar dos zonas: la zona ajardinada y la zona verde sin cuidar.

- La parte ajardinada la forma un pequeño jardín, una zona embaldosada y la zona de acceso a la vivienda.
- La zona verde sin cuidar es un área sin delimitar con vayas ni muros de 4.000 metros cuadrados los cuales en estos momentos se encuentra con maleza. Cabe decir que esta zona es la que mayor cambio llevará en el desarrollo del proyecto ya que es donde se va a colocar la mayor parte de la Instalación de Energía Geotérmica.

1.4.1.2 Descripción del edificio

En lo referente a la construcción del edificio, es un edificio en esquina adosado por la izquierda al edificio de la propiedad colindante El año de finalización de la construcción fue en el año 2016.

Cabe decir que se diferencian dos zonas en el edificio, el txoko (la planta baja) y la vivienda (las dos plantas superiores). Además ambas zonas tienen accesos independientes ya que ambas no se encuentran comunicadas entre sí por escaleras interiores.

1.4.1.2.1 Planta Baja

La planta baja tiene acceso directo desde la calle y se distribuye en un txoko, un aseo y un trastero.

1.4.1.2.2 Primera Planta

A la primera planta se accede desde la calle subiendo unas escaleras las cuales dan a un porche en el que se encuentra la entrada de la vivienda.

La primera planta se distribuye en un salón comedor, cocina, despensa, aseo y dos armarios empotrados, uno ropero y el otro armario empotrado está destinado a ocultar la caldera de pellets que tiene la vivienda.

1.4.1.2.3 Segunda Planta

La segunda planta consta de tres habitaciones y dos baños, uno de ellos dentro de la habitación principal.

1.4.1.2.4 Bajo Cubierta

Cabe destacar que debido a la altura que hay en la segunda planta, se decidió hacer encima del baño una zona de lectura a la cual se accede por una escalera de madera. Además en esta zona se encuentra un cuarto donde está la caldera de gasoil.

1.4.2 Cuadros de superficies de la vivienda

Tabla 2 - Superficies construidas por plantas

PLANTA	SUPERFICIE CONSTRUIDA (m ²)
Baja	74,38
Primera	73,63
Segunda	76,01
Bajo Cubierta	12,82
TOTAL	236,84

Tabla 3 - Cuadro de superficies útiles por espacios

PLANTA BAJA	SUPERFICIE ÚTIL (m²)
Txoko	56,16
Despensa	6,32
Aseo	2,51
PRIMERA PLANTA	SUPERFICIE ÚTIL (m²)
Salón Comedor	32,30
Cocina	10,27
Despensa	2,41
Distribuidor	5,17
Armario	1,17
Aseo	4,52
SEGUNDA PLANTA	SUPERFICIE UTIL (m²)
Escalera	5,08
Distribuidor	8,29
Aseo	5,06
Dormitorio 1	12,39
Dormitorio 2	16,87
Vestidor D2	2,10
Baño D2	4,62
Dormitorio 3	10,08
BAJO CUBIERTA	SUPERFICIE UTIL (m²)
Altillo	8,82

Tabla 4 - Cuadro de superficies útiles por plantas.

PLANTA	SUPERFICIE UTIL (m²)
Baja	64,99
Primera	55,84
Segunda	64,49
Bajo Cubierta	8,82
TOTAL	194,14

1.5 Análisis de alternativas

La utilización de la energía geotérmica, frente a otras fuentes de energía convencionales, se postula como alternativa real para equipar los sistemas de climatización y producción de A.C.S. en edificios de tipo residencial. Como se deduce del estudio de ahorro energético, incluido en el proyecto, la geotermia representa unos ahorros del 65,39%, 66,54%, 65 y 68% frente al gas natural, gasóleo C y propano respectivamente. Estos ahorros, en términos económicos, suponen un porcentaje de

26,7% frente al gas natural, del 33,5% frente al gasóleo C y del 42,45% frente al propano.

La energía geotérmica en comparación con la aerotermia (bomba de calor “aire-agua”), desde el punto de vista de eficiencia energética, presenta también unos índices de rendimiento más elevados, con ahorros energéticos del 11,52%, como consecuencia de la estabilidad térmica del foco donde se absorbe/cede calor, como es el terreno, que mantiene una temperatura que oscila entre los 7 y los 20°C. Por ello, la geotermia se perfila también como una buena alternativa a la aerotermia, cuyo rendimiento es inferior debido las oscilaciones térmicas del ambiente exterior, que pueden variar entre -2 y 35°C.

Además de los ahorros descritos, la energía geotérmica no requiere para su utilización de infraestructuras específicas previas, tales como redes de distribución para el caso de gas natural o GLP canalizado o depósitos de almacenamiento para el caso del Gasóleo C, pudiendo ser utilizada en cualquier zona geográfica, lo que la hace especialmente recomendable en lugares aislados que carecen de infraestructuras mínimas. En el caso de edificios ya construidos, la energía geotérmica presenta el inconveniente de necesitar terrenos contiguos donde se puedan realizar las perforaciones para ubicar las sondas de captación, cuestión que en ocasiones no resulta sencilla.

Desde el punto de vista de impacto medioambiental, la utilización de la energía geotérmica resulta más limpia, dado que se reduce la emisión de CO₂ a la atmósfera en, al menos, un 60% con respecto a las fuentes de energía convencionales, tal y como queda reflejado en el apartado anterior de esta.

La energía geotérmica proviene de una fuente de energía inagotable, como es la capacidad de la Tierra de absorber o ceder calor, no estando sujeta a régimen tarifario, a excepción de la energía eléctrica consumida por el equipo frigorífico de las bombas de calor geotérmicas y los circuladores asociados a ellas, que suponen un 28% aproximadamente de la energía entregada al edificio, por lo que las oscilaciones de precios energéticos le afectan en mucha menor medida.

Para la instalación de un sistema geotérmico, la inversión a realizar inicialmente es más elevada, fundamentalmente por la excavación del terreno donde se ubica el campo geotérmico, pero resulta muy rentable en términos económicos si se analiza en el contexto de la vida útil del edificio, que se puede estimar en torno a 50 años.

Los equipos que utilizan energía geotérmica son capaces de proporcionar todos los servicios: calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, mientras que en caso de utilizar otras energías como gas natural, GLP o gasóleo C, es necesario disponer unos equipos para el servicio de agua caliente sanitaria y calefacción y otros para el servicio de refrigeración.

1.6 Reducción de emisiones de CO2

Uno de los principales objetivos que se buscan con esta instalación geotérmica es la reducción de emisiones de CO2, por este motivo en los siguientes apartados se mostraran los cálculos efectuados para poder llevar acabo esta comparación.

1.6.1 Emisiones de CO2 actuales

Con datos que posteriormente se mostraran calculados en tablas Excel de elaboración propia, así como datos de facturación,

Tabla 5 – Emisiones de CO2 actuales

MES	Q ACS [kWh]	Q CALEF [kWh]	Q TOT [kWh]	FACTOR EM. GASOIL [kg CO2 / kWh]	EMIS. CO2 [kg CO2 / mes]
ENERO	213,66	17616,80	17830,50	0,2628	4685,85
FEBRERO	189,34	15911,95	16101,30	0,2628	4231,42
MARZO	201,57	17616,80	17818,40	0,2628	4682,67
ABRIL	191,17	17048,52	17239,70	0,2628	4530,59
MAYO	189,47	17616,80	17806,30	0,2628	4679,49
JUNIO	171,66	0,00	171,70	0,2628	45,11
JULIO	169,32	0,00	169,30	0,2628	44,50
AGOSTO	169,32	0,00	169,30	0,2628	44,50
SEPTIEMBRE	171,66	0,00	171,70	0,2628	45,11
OCTUBRE	189,47	17616,80	17806,30	0,2628	4679,49
NOVIEMBRE	195,07	17048,52	17243,60	0,2628	4531,61
DICIEMBRE	209,63	17616,80	17826,40	0,2628	4684,79
				TOTAL	36885,12

1.6.2 Emisiones de CO2 futuras

Para el cálculo de las emisiones de CO2 una vez instalado el sistema geotérmico se ha calculado el consumo de electricidad ya que solo se utilizará esta fuente de energía como suplemento de la energía geotérmica. Cabe decir que el factor de emisión de este tipo de energía es 0,399 kg de CO2 / kWh.

También cabe decir que el COP de la bomba geotérmica que se instalara según el fabricante es de 3,83.

MES	DEM. TÉRMICA [kWh]	COP	CONS. ELECT [kWh]	FACTOR EM. GASOIL [kg CO2 / kWh]	EMIS. CO2 [kg CO2 / mes]
ENERO	17094,75	3,83	4463,38	0,399	1780,89
FEBRERO	15436,41	3,83	4030,39	0,399	1608,13
MARZO	17081,45	3,83	4459,91	0,399	1779,50
ABRIL	16521,85	3,83	4313,80	0,399	1721,21
MAYO	17068,14	3,83	4456,43	0,399	1778,12
JUNIO	205,99	3,83	53,78	0,399	21,46
JULIO	208,42	3,83	54,42	0,399	21,71
AGOSTO	212,85	3,83	55,57	0,399	22,17
SEPTIEMBRE	210,28	3,83	54,90	0,399	21,91
OCTUBRE	17072,57	3,83	4457,59	0,399	1778,58
NOVIEMBRE	16530,43	3,83	4316,04	0,399	1722,10
DICIEMBRE	17094,65	3,83	4463,35	0,399	1780,88
TOTAL					14036,65

1.7 Análisis comparativo

Como podemos observar, tras la instalación de la instalación geotérmica se ha conseguido reducir las emisiones de CO2 a más de la mitad de lo que previamente a la instalación emitía la vivienda.

1.8 Tecnología y características de la instalación.

1.8.1 Selección del sistema de climatización

Sin olvidar que el objetivo principal del presente proyecto es diseñar las instalaciones que garanticen el confort adecuado a los habitantes con el mínimo coste energético, y

al utilizar un sistema de generación de calor o frío geotérmico proveniente de una fuente renovable, se espera que se seleccione una instalación de climatización eficiente que optimice energía utilizada a la hora de climatizar la vivienda. Por ello, se selecciona el sistema de climatización por suelo radiante, que es el que menor consumo representa, el que mejor se adapta al tipo de energía que se utiliza (geotérmica) debido a la moderada temperatura de impulsión del agua que necesita y el que más garantías ofrece de cara al confort de los usuarios del edificio. A continuación se desarrollan los argumentos que fundamentan esta selección.

1.8.1.1 Ahorro de energía

El sistema de suelo radiante/refrescante es el sistema de climatización que menor consumo de energía representa en comparación con otros sistemas energéticos.

Este ahorro subyace del hecho de que la sensación térmica de las personas no corresponde a la temperatura de aire, sino que equivale a la denominada temperatura operativa. De forma práctica, la temperatura operativa en el interior de los edificios equivale al valor promedio entre la temperatura del aire y la temperatura radiante media de las superficies interiores de la habitación (suelo, techo, paredes). Es decir, si en invierno se desea mantener una temperatura operativa o de confort determinada, se puede disminuir la temperatura del aire y aumentar la temperatura radiante media.

En cambio, en verano, se puede aumentar la temperatura del aire y disminuir la temperatura refrescante media. Por esta razón, al ser menores las diferencias de temperaturas entre el aire interior y exterior del local, en invierno y verano, también son menores las pérdidas o ganancias energéticas (por cerramientos, por ventilación y por infiltración) ya que éstas son proporcionales a dichas diferencias de temperaturas, por lo que se consigue un ahorro energético importante.

Otro factor significativo de ahorro energético lo constituyen la disminución de pérdidas o ganancias de calor en las conducciones hasta colectores, debido a que la temperatura del agua es más moderada durante todo el año. Por otra parte, habrá que tener en cuenta que uno de los componentes del sistema de climatización por suelo radiante/refrescante es la plancha de aislamiento de poliestireno, elemento con el que no cuentan otros sistemas de climatización y con el que se contribuye a mejorar el aislamiento térmico del edificio.

1.8.1.2 Eficiencia del intercambio de calor

El sistema de suelo radiante se basa en un medio de intercambio de calor por radiación, que es muy eficiente al sólo necesitar que los cuerpos estén uno frente a otro y a distintas temperaturas, independientemente de que no estén en contacto ni exista un fluido intermedio, como sucede con los sistemas de aire que utilizan un medio de transporte de energía térmica poco eficiente. El intercambio energético por radiación depende de la cuarta potencia de las temperaturas absolutas de los cuerpos.

Aumentar o disminuir en un grado de la temperatura de la superficie radiante significa un factor multiplicador que no se alcanzaría si se variara la temperatura del aire en un grado.

1.8.1.3 Confort

El sistema de climatización por suelo radiante/refrescante es el sistema de climatización más saludable; tanto, que es recomendado por la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.). Esto es debido a dos motivos. El primero está relacionado con el hecho de que la velocidad de migración de las capas de aire caliente hacia las zonas frías es proporcional a la diferencia de temperaturas del aire entre ambas zonas, caliente y fría. Una de las causas que generan este fenómeno es la presencia de cuerpos muy calientes, como los radiadores.

En una vivienda con climatización de suelo radiante, las diferencias de temperaturas entre las superficies (suelo, techo, paredes) y el aire son mínimas tanto en invierno como en verano, por lo que el movimiento de aire por convección es imperceptible. El segundo tiene que ver con la salubridad del aire interior: la ausencia de movimiento de aire produce menor movimiento de polvo y un entorno más higiénico y saludable, sinónimo de confort.

1.8.1.4 Ventajas e inconvenientes

Una ventaja que posee el sistema de climatización por suelo radiante es que la unidad terminal del sistema es todo el suelo del área climatizada. Esto da lugar a que el intercambio térmico sea uniforme en toda la superficie, contraponiéndose al de "zonas calientes" y "zonas frías" que se obtiene con otros sistemas de climatización en los cuales existe un número limitado de unidades terminales. Al mismo tiempo, es un

sistema versátil, ya que la misma instalación puede utilizarse tanto para refrigerar como para calefactar, con lo que se ahorra el costo de una segunda instalación.

Por el contrario, uno de los inconvenientes del suelo radiante es que la instalación suele ser costosa debido a que, para su colocación, se tiene que levantar todo el pavimento de una vivienda o local. Este es el caso del presente proyecto, que trata un edificio ya construcción.

1.8.1.5 Principio de funcionamiento del suelo radiante

Un sistema de suelo radiante consiste en la instalación de circuitos de tuberías a través de los cuales se impulsa agua entorno a los 40°C en calefacción y entorno a los 16°C en refrigeración. En función de la aplicación, los circuitos se diseñan con una separación entre tubos y van instalados sobre unas planchas aislantes que impiden que el calor se transmita al forjado.

Los circuitos se embeben en una capa de mortero de cemento que puede ser tradicional o autonivelante sobre el cual se coloca el pavimento final, que puede ser cerámico, madera, piedra, etc.

El funcionamiento consiste en que el mortero absorbe el calor disipado por las tuberías y lo transmite al pavimento superior y a su vez, emite esta energía hacia las paredes y techos de la habitación mediante radiación principalmente y en pequeña proporción mediante convección natural.

El método constructivo de un sistema de suelo radiante se basa en la instalación de los siguientes materiales:

- Film antivapor: es una hoja de PE que actúa de barrera ante las humedades que pueden filtrarse por capilaridad a través del forjado. Se utiliza en plantas bajas o locales en contacto con el terreno etc.
- La cinta o zócalo perimetral: este componente, absorbe las dilataciones del mortero y evita pérdidas de calor. Se coloca en todo el perímetro de la zona calefactada. Puede ir grapada o con banda autoadhesiva. Además lleva una hoja de PE que debe colocarse por encima de la plancha para evitar posteriormente cuando se vierta el mortero, que se puedan crear puentes térmicos con el forjado.



- Plancha aislante: soporta los circuitos de tuberías y evita en función de su resistencia térmica la transmisión del calor al forjado. Cuanto mayor es la resistencia térmica mayor calidad aislante tiene la plancha. Este dato técnico depende del espesor equivalente, y de la conductividad del material. La capacidad aislante de la plancha influye posteriormente en el cálculo y en la temperatura de impulsión a los circuitos, por lo que un buen aislante supone posteriormente un ahorro al poder bajar la temperatura de impulsión.

El panel es uno de los componentes más importantes junto con la tubería de un suelo radiante. El material más empleado en su fabricación es el poliestireno expandido. En cuanto a la tipología de las planchas las hay de tetones o mopas y lisas.

- Tubería: las de suelo radiante son plásticas y se caracterizan en general porque no se ven afectadas por los aditivos del hormigón, tienen poca fuerza de dilatación y fricción, no se ven afectadas por la erosión ni corrosión y son muy flexibles a la hora de instalar y diseñar los circuitos.

El tubo de los circuitos y también entre el generador y el colector debe tener barrera antidifusión de oxígeno conforme a la UNE EN 1264. Los tubos más empleados son el PEX (polietileno reticulado), el multicapa y en menor medida el polibutileno y los diámetros exteriores varían, siendo los más habituales en suelo 16 y 20 mm, aunque existen tubos de menor diámetro para aplicaciones especiales.

A la hora de instalar, se emplean rollos de diferentes medidas. Los más empleados varían en un rango entre 200 y 400 metros. El diseño de los circuitos, longitudes etc., se detallará en la parte de cálculo. La forma típica de un circuito es la espiral donde se va mezclando tubería que lleva agua más caliente (impulsión) con agua más fría (retorno del circuito).

- Juntas de dilatación y funda aislante: cuando las superficies a calefactar son superiores a 40 m² o irregulares, el zócalo perimetral no es suficiente para absorber las dilataciones del mortero. En esos casos se debe colocar una junta de dilatación como indica la normativa, y también es recomendable colocarlo en los pasos de puertas de zonas independizadas donde el mortero trabaja a diferentes temperaturas.
- Colectores: pueden ser de latón, o materiales plásticos como la poliamida o la polisulfona, en función de la aplicación que se considere ya sea sólo calefacción o

calefacción y refrigeración. Es habitual el uso de colectores con detentores y caudalímetros. En cuanto a su sección el más empleado es el colector de 1" normalmente limitado a un caudal determinado y a un número de circuitos, aunque existen de 1 ¼" incluso de mayor sección para aplicaciones industriales

- Armarios: alojan los colectores suelen ser de lámina de acero y van equipados con los soportes adecuados para la sujeción del colector. Lo habitual es montarlos en zonas centradas de la vivienda y donde tenga menos impacto visual, aunque van barnizados y lacados adecuadamente. Generalmente se sitúan a 40 cm. de suelo terminado.
- Regulación: uno de los componentes más importante del suelo radiante es una buena regulación. Podemos englobar dentro de la regulación por un lado los componentes para independizar estancias y por otro lado los equipos hidráulicos de mezcla y bombeo.

Según RITE, hay que independizar estancias mediante termostatos y cabezales o actuadores electrotérmicos que abren o cierran el paso del agua a los circuitos y que se disponen en el colector. En ocasiones se independizan zonas o plantas enteras mediante válvulas de zona.

En cuanto a los equipos de mezcla y bombeo los más sencillos establecen una temperatura de impulsión fija mediante una mezcladora mientras que los equipos climáticos impulsan el agua a temperatura variable, en función de la temperatura exterior y mediante una centralita que gobierna el servomotor de una mezcladora con los datos que registra una sonda exterior y/o una sonda ambiente.

Aunque hoy en día las calderas y otros generadores ya trabajan a baja temperatura, existen regulaciones que permiten el control total de la calefacción y la refrigeración, por estancias y con diferentes temperaturas diarias, control de la humedad etc., y donde el usuario puede variar las condiciones ambientales de su vivienda a distancia desde un PC o desde un móvil.

- Mortero: es el componente emisor final del suelo radiante. Antes de su vertido, se debe realizar una prueba de presión que establece la UNE EN 1264 para revisar que no hay ninguna fuga antes de tapar los circuitos. Se realiza como mínimo a 6 bar (UNE EN 1264) considerando también las indicaciones del fabricante en cuanto al valor máximo de la presión.

En función del tipo de mortero, el tiempo de fraguado es variable, pero conviene no acelerar su secado para evitar deshidrataciones que pueden dar lugar a pérdidas de capacidad portante del mortero y su posterior fracturación por abarquillamiento. Si se quiere acelerar el secado del mortero se debe consultar con el fabricante.

1.8.1.6 Sistemas de suelo radiante según la tipología de obra

En función del tipo de obra y aplicación existen muchas tipologías y diversidad de componentes en el suelo radiante, pero podemos agrupar los sistemas en tres grandes grupos:

- Sistemas tradicionales, para obra nueva y sector residencial.
- Sistemas Industriales y específicos.
- Sistemas para renovación y reformas.

Debido a las características de nuestro proyecto se proyectara un sistema para renovación y reforma el cual se basa en lo expuesto a continuación.

En reformas o renovación de edificios, el tema del espesor que ocupa un suelo radiante supone la utilización de otro tipo de componentes que reduzcan inicialmente el espesor de un suelo radiante tradicional.

Uno de los sistemas más extendidos es el denominado por muchas marcas como suelo seco o suelo sin mortero, donde se sustituye el mortero por otro emisor que puede ocupar menor espesor como las planchas de acero o bien las placas de fibra de yeso.

Estos sistemas se caracterizan por planchas aislantes que llevan ensamblados internamente difusores de acero que soportan el tubo de forma que no sobresale de la plancha. Encima se coloca en lugar de mortero planchas de acero o placas de fibra de yeso.

Al mismo tiempo que reducen espesor, estos sistemas pesan menos, por lo que se pueden adaptar a forjados contruidos con vigas de madera y que no soportan el peso del mortero de cemento.

También existen otros sistemas con planchas de bajo perfil, que reducen el espesor total del suelo radiante con la utilización de morteros autonivelantes especiales que garantizan un buen comportamiento con secciones inferiores. Mientras se exige para

un mortero de cemento tradicional un espesor mínimo de 45 mm por encima del tubo, según normativa, con morteros autonivelantes de base anhidrita, sulfato cálcico y aditivos especiales se puede rebajar a 30 mm incluso menos, pues existen morteros especiales en el mercado garantizados para trabajar con espesores de solo 15 mm por encima del tubo.

En estas soluciones se debe analizar los aislamientos existentes de los forjados.

Otras opciones que pueden utilizarse son los sistemas sin aislamiento, de cota cero o portatubos. Estos sistemas ocupan muy poco espesor, se debe estudiar su aplicación pues son soluciones que no llevan aislamiento, por lo que hay que tener en cuenta las condiciones de la zona a calefactar.

1.8.2 Circuito hidráulico

1.8.2.1 Tuberías

Las tuberías utilizadas para el circuito secundario de climatización tendrán las siguientes características: polietileno reticulado para el sistema de distribución del agua de climatización por el interior del edificio y para el suelo radiante/refrescante; tubo multicapa de aluminio/polietileno resistente a la temperatura para el sistema de distribución del agua de climatización que esté en contacto con el aire el exterior.

El dimensionamiento de las tuberías para el sistema de distribución de climatización se realiza teniendo en cuenta que el caudal que alimentará la vivienda calculado en el mediante tablas Excel de elaboración propia, considerando como materia polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno.

El dimensionamiento de las tuberías del circuito del suelo radiante se realiza tomando como material polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno.

1.8.2.2 Bomba de circulación

Las bombas de circulación se dimensionan tomando, por un lado, la pérdida de carga más desfavorable que resultará de la suma de las pérdidas de presión en las redes de distribución hasta cada colector y la del circuito de suelo radiante más desfavorable; y

tomando, por otro lado, la suma de caudales de los circuitos a los que dará servicio cada bomba.

1.8.2.3 Válvulas

La elección de las válvulas se realizará de acuerdo con la función que desempeñan y sus condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura), siguiendo preferentemente los criterios siguientes:

- Para aislamiento: válvulas de esfera.
- Para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.
- Para vaciado: válvulas de esfera o de macho.
- Para llenado: válvulas de esfera.
- Para purga de aire: válvulas de esfera o de macho.
- Para seguridad: válvulas de resorte.
- Para retención: válvulas de disco de doble compuerta, o de clapeta.

1.8.2.4 Vaso de expansión

Se utilizarán vasos de expansión cerrados con membrana. Los vasos de expansión cerrados cumplirán con el Reglamento de Recipientes a Presión y estarán debidamente timbrados. La tubería de conexión del vaso de expansión no se aislará térmicamente y tendrá el volumen suficiente para enfriar el fluido antes de alcanzar el vaso.

1.8.2.5 Aislamientos

El material que se ha seleccionado para el aislamiento de las tuberías del circuito primario geotérmico será coquilla flexible de espuma elastomérica tipo ARMAFLEX SH o similar. Todas las juntas estarán pegadas con adhesivo 520 ARMAFLEX o similar y encintadas con cinta adhesiva.

1.8.3 Descripción de la instalación de agua caliente sanitaria

1.8.3.1 Consideraciones sobre agua caliente sanitaria

Los sistemas de preparación de agua caliente sanitaria (A.C.S.) se dividen en tres grandes grupos:

- Sistemas instantáneos, en los que el agua se prepara de forma instantánea. Este sistema produce el caudal de agua que en cada instante se precisa. Cuando la demanda de los usuarios es la máxima, el generador de calor desarrolla, evidentemente, su máxima potencia.
- Sistemas semi-instantáneos, en los que el sistema está dotado de un pequeño volumen de acumulación. El dimensionamiento de estos sistemas se hace, generalmente, para satisfacer la demanda durante un período punta de unos minutos determinados dentro del período de máxima demanda. El sistema está constituido, esencialmente, por un sistema generador, un depósito acumulador y una bomba de circulación del agua entre el sistema generador y el acumulador.
- Sistemas de gran acumulación (o simplemente de acumulación), en los que el sistema está dotado de un gran volumen de acumulación. Son prácticamente iguales que los anteriores, solo que el volumen de acumulación es mucho mayor.

1.8.3.2 Selección del sistema de preparación de A.C.S.

Es de entender que un sistema de preparación es tanto más flexible y seguro cuanto más elevado es su volumen de acumulación. En otras palabras: los sistemas instantáneos, entrañan el riesgo de ser insuficientes durante los períodos de máxima demanda de los usuarios.

Por ello, y con el objetivo de garantizar el confort de los usuarios de la vivienda en todo momento y ser capaces de poder suministrar el agua requerida durante los períodos de máxima demanda, se descarta el sistema de preparación instantánea.

La producción de ACS está determinada por el binomio “potencia/capacidad de la acumulación”, donde la capacidad de acumulación suele ser la variable a elegir. Para dimensionar correctamente la instalación de producción de ACS debe considerarse que la energía aportada (producción más acumulación) ha de igualar a la consumida en la punta; por ello, si los volúmenes de acumulación son menores, las potencias deberán ser mayores (sistemas de semi-acumulación, o semi-instantáneos); y si los volúmenes de acumulación son mayores; las potencias podrán ser inferiores (sistemas de acumulación).

Con el fin de no gastar más energía de necesaria, se selecciona un sistema de preparación semi-instantánea con un volumen de acumulación de 200 litros.

1.8.3.3 Principio de funcionamiento del sistema de preparación de A.C.S.

El sistema de producción de A.C.S., está basado en la energía geotérmica, que la componen los siguientes elementos;

- Bomba de calor geotérmica
- Depósito auxiliar (depósito del sistema de preparación semi-instantánea)
- Sistema hidráulico

El funcionamiento será el siguiente: el sistema de energía geotérmica producirá el agua caliente sanitaria para el edificio. Este interacumulador estará conectado con la entrada del depósito auxiliar del sistema de preparación semi-instantánea.

Si la temperatura del agua en el interacumulador es superior a la del depósito de consumo, el agua saldrá directamente a la red de distribución de A.C.S; si fuera inferior se calentaría hasta la temperatura adecuada en los intercambiadores de placas de producción instantánea situados en las bombas de calor geotérmicas.

1.8.3.4 Depósito de acumulación auxiliar

El depósito de acumulación auxiliar, esto es, el depósito del sistema de preparación semi instantánea, tendrá un volumen de acumulación de 200 litros, tal y como se ha comentado en apartados anteriores. El depósito seleccionado se describe a continuación:

- Acumulador con serpentín, para producción de A.C.S.
- Depósito de acumulación con todas las conexiones hidráulicas necesarias
- Con brida y contrabrida para la instalación de un intercambiador de calor.
- Incluido revestimiento aislante de espesor 100 mm y módulo de producción instantáneo para la obtención de ACS.

Se ha seleccionado un depósito acumulador con resistencia eléctrica con el objetivo de garantizar las condiciones higiénico-sanitarias para la prevención y control de la legionelosis que establece en el Real Decreto 865/2003 de 4 de julio. Esta resistencia

eléctrica elevará la temperatura del agua hasta los 70 °C y la mantendrá en ese valor durante al menos 2 horas, limpiando y desinfectando el circuito.

1.8.4 Circuito hidráulico

1.8.4.1 Tuberías

Tanto las tuberías utilizadas para el circuito de distribución de agua caliente sanitaria como las del circuito de retorno serán de polietileno reticulado.

La disposición y los diámetros de las tuberías de distribución de A.C.S. son los que anteriormente estaban en la vivienda.

1.8.4.2 Bomba de circulación

Las bombas de circulación se dimensionan tomando el valor de los caudales calculados y la pérdida de presión que se tendrá que vencer en cada circuito. Esta bomba también es la que estaba anteriormente.

1.8.4.3 Vaso de expansión.

Se utilizarán vasos de expansión cerrados con membrana. Los vasos de expansión cerrados cumplirán con el Reglamento de Recipientes a Presión y estarán debidamente timbrados. La tubería de conexión del vaso de expansión no se aislará térmicamente y tendrá el volumen suficiente para enfriar el fluido antes de alcanzar el vaso.

Sólo será necesario instalar un vaso de expansión en el circuito entre el intercambiador de la bomba de calor geotérmica y el depósito de acumulación auxiliar, pues cuando no haya consumo de agua caliente funcionará como un circuito cerrado.

1.8.4.4 Aislamientos

El material que se ha seleccionado para el aislamiento de las tuberías de distribución de A.C.S. será coquilla flexible de espuma elastomérica tipo ARMAFLEX SH o similar. Todas las juntas estarán pegadas con adhesivo 520 ARMAFLEX o similar y encintadas con cinta adhesiva.

1.8.5 Sistemas de Regulación y Control

1.8.5.1 Funcionamiento del sistema de regulación de climatización

El funcionamiento del sistema de regulación de temperatura para climatización es el siguiente: a través de la sonda de temperatura exterior, el controlador recibe información sobre la temperatura exterior reinante en cada momento y la evolución de la misma a lo largo del tiempo. Con la curva seleccionada en el controlador y la temperatura de referencia fijada en el mismo, el sistema modifica dentro de un rango, según las necesidades, la temperatura del agua de climatización a la vivienda, mediante las válvulas motorizadas de 3 vías situadas en las tuberías de impulsión que mezclan en proporción variable el agua de impulsión/retorno. Las sondas de temperatura de impulsión situadas aguas abajo de las mismas proporcionan información al controlador, que modifica la posición del actuador de la válvula mezcladora, modificando la proporción de mezcla impulsión/retorno según convenga. Con esta actuación, el sistema se anticipa a la evolución de la temperatura exterior, evitando el exceso de calor/frío en las viviendas como consecuencia de la elevada inercia térmica del suelo radiante/refrescante.

Para mantener constante la temperatura del agua de climatización del depósito de inercia, el controlador recibe información de la sonda de inmersión dispuesta en dicho depósito y actúa sobre las bombas de calor geotérmicas, poniéndolas en funcionamiento escalonadamente según la evolución de la demanda, por la información suministrada por la sonda de temperatura de retorno situada en el circuito de retorno que transcurre del depósito de inercia a las bombas de calor geotérmicas.

La temperatura de salida del agua de climatización de las bombas de calor geotérmicas, tanto en el modo de calefacción como en el de refrigeración, es de temperatura constante y se controla mediante el sistema de regulación interno de las propias máquinas.

Cuando el sistema de regulación desconecta del sistema a una o ambas bombas de calor geotérmicas, estas quedarán hidráulicamente aisladas del depósito de inercia mediante las válvulas motorizadas de dos vías dispuestas al efecto, gobernadas por el propio sistema de regulación.

El control del sistema de regulación actúa también sobre las bombas de impulsión de los circuitos de climatización de las viviendas. Estas bombas de impulsión han sido elegidas de caudal variable, gracias al correspondiente variador de frecuencia que llevan incorporado, con el objetivo de adaptar el flujo circulante al número de circuitos que estén utilizando en cada momento el sistema de climatización.

Asimismo, las bombas de calor geotérmicas poseen un dispositivo de regulación interno para el circuito primario geotérmico que controla la temperatura del fluido geotérmico a la entrada de la bomba de calor, desconectándola cuando los valores estén fuera del rango $-5/+20^{\circ}\text{C}$. Este mismo dispositivo actúa también sobre las bombas de impulsión del circuito primario geotérmico, que llevan incorporado variador de frecuencia, modificando el caudal de circulación del fluido para mantener la temperatura del mismo dentro del campo de trabajo de la bomba de calor geotérmica.

1.8.5.2 Funcionamiento del sistema de regulación de A.C.S.

Las bombas de calor geotérmicas llevan un sistema de producción instantánea de agua caliente sanitaria mediante intercambiador de placas. A través de la válvula motorizada de 3 vías dispuesta en el circuito frigorífico, la bomba de calor geotérmica da preferencia a la producción de A.C.S. Cuando la sonda dispuesta en el depósito acumulador de A.C.S. detecta que la temperatura del agua está por debajo del valor prefijado, el sistema de regulación actúa poniendo en funcionamiento tanto la bomba de carga del circuito de A.C.S. y como la bomba de calor geotérmica, hasta que nuevamente se alcanza la temperatura de referencia en el depósito acumulador de A.C.S.

El sistema de regulación también controla la temperatura de distribución del agua caliente sanitaria a las viviendas mediante una sonda de inmersión ubicada en la tubería de salida del agua del depósito acumulador hacia las viviendas, que envía una señal al sistema de regulación para que este actúe sobre la válvula mezcladora de 3 vías A.C.S. /A.F.S., posicionándola de modo que la temperatura del A.C.S. de distribución no sobrepase la temperatura deseada. Este mismo sistema actuará sobre la resistencia eléctrica dispuesta en el depósito acumulador de A.C.S. para elevar la

temperatura hasta los 70°C, evitando así la posible aparición de legionela. Esta operación se realizará con una periodicidad diaria durante 2 horas, entre las 2 y las 4 h de la madrugada.

1.8.5.3 Regulación de temperatura en las viviendas

La vivienda posee un control individual de temperatura mediante termostatos de temperatura ambiente para calor y frío que actúan sobre los cabezales eléctricos de las válvulas situadas en el colector de retorno de cada vivienda.

Para el edificio en estudio, la vivienda dispondrá de 3 termostatos, ubicados en el “txoko”, dormitorio principal y en el salón comedor. El principio de funcionamiento será el siguiente: la electroválvula de 3 vías de tipo “todo-nada” dispuesta en la centralización de contadores permitirá el paso de agua de climatización a la vivienda si el interruptor eléctrico de accionamiento manual situado en el circuito eléctrico de alimentación a la bobina de la electroválvula está cerrado y a su vez alguno de los tres termostatos de la vivienda demanda suministro de calor/frío.

Como se ha indicado anteriormente, como sistema de seguridad se instalará un termostato doble que limitará la temperatura de impulsión en invierno a 40°C y en verano a 15°C.

1.8.6 Sistemas empleados para el ahorro de energía

Los sistemas utilizados para el ahorro de energía son principalmente los siguientes:

- Sistema de producción y acumulación de A.C.S. por calentamiento mediante bombas de calor geotérmicas, que aprovechan la temperatura constante que el suelo tiene durante todo el año para producir A.C.S.
- Sistema de generación de A.C.S. semi-instantáneo. Por un lado, al disponer de depósito acumulador asegura el abastecimiento para el consumo punta. Por otro lado, la producción instantánea permite acumular menos cantidad de agua, con lo que la superficie de los depósitos es menor y, por tanto, las pérdidas de calor también serán menores.
- Los aparatos, equipos y conducciones de las instalaciones de A.C.S. para usos sanitarios estarán aislados térmicamente con el fin de evitar consumos energéticos



superfluos y conseguir que los fluidos portadores lleguen a las unidades terminales con temperaturas próximas a las salidas de los equipos de producción, así como para poder cumplir las condiciones de seguridad para evitar contactos accidentales con superficies calientes.

- Sistema de climatización mediante bombas de calor geotérmicas, tanto para calefacción, que aprovechan la temperatura constante que el suelo tiene durante todo el año para climatizar el edificio objeto. Este sistema de climatización está diseñado para funcionar en paralelo con regulación en cascada, que permite adaptar la entrega de potencia al perfil de la demanda térmica.
- Sistema de regulación y control central para el sistema de climatización mediante central de regulación con sonda de temperatura exterior y válvulas de tres vías, que permite impulsar el agua de climatización a la vivienda a la temperatura adecuada en función de la temperatura exterior.
- Control de la temperatura individual del sistema de climatización mediante termostatos dispuestos en la vivienda.
- Los aparatos, equipos y conducciones de las instalaciones de climatización estarán aislados térmicamente con el fin de evitar consumos energéticos superfluos y conseguir que los fluidos calor-portadores lleguen a las unidades terminales con temperaturas próximas a las salidas de los equipos de producción, así como para poder cumplir las condiciones de seguridad para evitar contactos accidentales con superficies calientes.
- La consideración de la bomba de calor con fuente de disipación geotérmica es en sí un sistema de ahorro de energía, ya que va intrínsecamente ligada a los elevados coeficientes de eficiencia energética de estos equipos, en el sentido de que la producción de frío o calor que aportan supera ampliamente la energía primaria que consumen en su funcionamiento. Además, gracias al aprovechamiento del ciclo frigorífico y a la temperatura uniforme del foco de intercambio (la corteza terrestre), es posible un reducido consumo eléctrico.
- Cabe decir que, aunque no sea un sistema activo, el primer paso para conseguir un ahorro de energía en el edificio de este proyecto, que se ha de proyectar energéticamente eficiente, se consigue al modificar y mejorar la calidad de los aislamientos del edificio, tal y como se hizo en apartados anteriores.

1.9 Plan de obra

1.9.1 Generalidades

En el presente apartado se desarrolla la programación de los trabajos proyectados, con indicación de las principales unidades de obra y planificación de los trabajos, representándose finalmente de forma gráfica mediante un diagrama de Gantt.

1.9.2 Fases del proyecto

- 1 TRABAJOS PREVIOS
- 2 MOVIMIENTO DE TIERRAS
- 3 INSTALACION DEL COLECTOR GEOTERMICO
- 4 RELLENO DE LA PARCELA
- 5 INSTALACION BOMBA DE CALOR
- 6 INSTALACION DE TUBERIA DE SUELO RADIANTE
- 7 INSTALACIÓN DE ACS Y FONTANERIA
- 8 MONTAJE DE LA SALA TECNICA
- 9 PUESTA EN MARCHA
- 10 SEGURIDAD Y SALUD
- 11 CONTROL DE CALIDAD

1.9.3 Descripción detallada de las fases.

1.9.3.1 Detalle secuencial de la ejecución de las obras

- Trabajos previos: dentro de esta fase entran todos los trabajos técnicos de desarrollo y estudio del proyecto.
- Movimiento de tierras: a lo que se procederá será al movimiento de tierras de la superficie donde se va a instalar la red de tuberías del colector geotérmico ya que en este trabajo al disponer de una superficie considerable se ha optado por utilizar un colector geotérmico horizontal.
- Instalación del colector geotérmico: se procederá a instalar la red de tuberías a la distancia entre sí recomendada así como a la profundidad más equilibrada en cuanto a posibilidades tanto técnicas como económicas.

- Relleno de la zona de la parcela: una vez instalado el colector geotérmico se procederá a cubrirlo con las tierras movidas en las fases anteriores.
- Instalación de la bomba de calor: con el colector geotérmico instalado, se procederá a instalar la bomba de calor geotérmica. Para ello se instalara en la antigua sala de la planta “Bajo Cubierta” en la cual se encontraba la caldera de gasoil. Cabe decir que en todo lo que se pueda se utilizara la instalación previa ya que es relativamente nueva.
- Instalación del suelo radiante: esta fase será la más laboriosa del trabajo ya que aparte de instalar el suelo radiante habrá que anular los viejos radiadores.
- Instalación de ACS y fontanería: en la instalación de ACS y fontanería, lo más notable será la instalación del acumulador de ACS. Esta instalación se efectuara en la sala de la planta “Bajo Cubierta” donde también se encontrará la Bomba Geotérmica.
- Montaje de la sala técnica: una vez instaladas las partes más notorias de la instalación como son el suelo radiante, la bomba geotérmica, el colector geotérmico y el acumulador de ACS, se procederá a montar todos los equipos auxiliares de control y ahorro necesarios para los mismos.
- Puesta en marcha: una vez finalizada la instalación de todos los equipos de la sala técnica se procederá a la puesta en marcha de todos los equipos bajo una gran supervisión del funcionamiento de los mismos de cara a que no haya fallos y en caso de que los hubiese corregirlos lo antes posible.
- Seguridad y salud: en esta fase lo que se hará será proceder a las comprobaciones generales en cuanto a controles de seguridad de las maquinas instaladas así como de salud, esto último referente sobre todo al ACS.
- Control de calidad: la última fase del proyecto será hacer un pequeño estudio del funcionamiento de todo así como del desarrollo del funcionamiento de todo, con el fin de saber si se ha ejecutado bien la obra y se ha conseguido el objetivo.

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

Documento N° 2 – Memoria

1.9.4 Diagrama de Gantt

FASE	DIA																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Trabajos previos	■	■																		
Movimiento de tierras			■	■																
Instalación del colector geotérmico					■	■														
Relleno de la parcela							■	■												
Instalación bomba de calor							■	■	■											
Instalación del suelo radiante					■	■	■	■	■	■	■	■								
Instalación de ACS y fontanería										■	■	■	■	■	■					
Montaje de la sala técnica																■	■			
Puesta en marcha																		■	■	
Seguridad y salud	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Control de calidad	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

1.10 Certificación energética

El certificado energético es un certificado oficial que informa sobre el consumo energético y sobre las emisiones de CO2 de un inmueble, es redactado por un técnico competente.

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

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

1.11 Resumen del presupuesto

Tabla 6 - Resumen del presupuesto

Código	Apartado	Precio Total (€)
2.1	Instalación Geotérmica	35.152,23 €
2.2	Acumulador de ACS	1.299,60 €
2.3	Instalación de fontanería y suelo radiante	21.113,30 €
2.4.	Ingeniería y trámites administrativos	3.792,00 €
2.5.	Seguridad y Salud	258,99 €
TOTAL PRESUPUESTO IVA EXCLUIDO		61.616,12 €
TOTAL PRESUPUESTO 21% IVA INCLUIDO		74.555,51 €

1.11.1 Normativa

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

1.11.2 Normativa y Legislación

- CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE)

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

- REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS

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

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

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

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

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

1.11.3 Seguridad y Salud

- Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. (BOE Nº 269, 10 de Noviembre de 1995). Modificada por:
 - Ley 50/1998 de 30 de Diciembre (BOE 31/12/98)
 - RD 5/2000 de 4 de Agosto
 - Ley 54/2003 de 12 de Diciembre (BOE 14/12/2004)
 - RD 171/2004 de 30 de Enero donde se desarrolla el Art. 24 de Ley 31/1995
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre de 1997, sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras. (BOE Nº 256, 25 de Octubre de 1997). Modificada por:
 - RD 21777/2001 de 12 de Noviembre en sus disposiciones finales primera y segunda.
 - RD 604/2006 de 19 de Mayo (BOE 29/05/06)
 - RD 337/2010 de 19 de Marzo.
- Real Decreto 485/1997. Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. (BOE Nº97, 23 de Abril de 1997)
- Real Decreto 486/1997, de 14 de Abril de 1997. Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de Trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de Mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. (BOE Nº 140, de 12 de Junio de 1997)
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de Julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Modificada por:

- RD 2177/2004 de 12 de Noviembre en sus disposiciones finales primera y segunda.

1.12 Bibliografía

[1] Agencia Europea del Medio Ambiente. [Internet]. [Consultado el 2 Abril 2019]. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/es/articulos/el-progreso-en-el-cumplimiento>

[2] Comisión Europea. [Internet]. [Consultado el 2 de Abril 2019]. Disponible en: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies_es

[3] Red Eléctrica de España [Internet]. [Consultado el 5 de Abril 2019]. Disponible en: <https://www.ree.es/es/datos/publicaciones/informe-de-energias-renovables/informe-2018>

[4] Gobierno de La Rioja. [Internet]. [Consultado el 5 de Abril 2019]. Disponible en: <https://www.larioja.org/industria-energia/es/energia/plan-energetico-rioja-2015-2020/lineas-estrategicas-energia>

[5] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. [Internet]. [Consultado el 12 de Abril 2019]. Disponible en: <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/geotermia>

[6] TECPA. [Internet]. [Consultado el 15 de Abril de 2019]. Disponible en: <https://www.tecpa.es/energia-geotermica/>

[7] EKIDOM. Energías renovables. [Internet]. [Consultado el 18 de Abril 2019] Disponible en: <http://www.ekidom.com/funcionamiento-de-la-geotermia>

[8] CLIMATE-DATE.ORG. [Internet]. [Consultado el 19 de Abril 2019] Disponible en: <https://es.climate-data.org/europe/espana/la-rioja/estollo-432371/>

[9] Manual de fundamentos técnicos de calificación energética de edificios existentes CE3X. [Pdf]. [Consultado el 22 de Abril 2019]. Disponible en: http://www.coitivigo.es/historico-formacion/formacion_2012/CIRC81/CE3X/Manual_fundamentos_tecnicos_CE3X_05.pdf



[10] UPONOR. [Internet]. [Consultado el 26 de Abril 2019]. Disponible en: <https://www.uponor.es/>

[11] ENERTRES. [Internet]. [Consultado 10 de Junio 2019]. Disponible en: <https://enertres.com/aeroterminia-o-geoterminia-cual-elegir/>

[11] SUELO SOLAR. [Internet]. [Consultado el 25 Junio 2019]. Disponible en: <https://suelosolar.com/guiasolares/acs/temph2oes.asp>

2 MEMORIA JUSTIFICATIVA

2.1 Cálculos

En este apartado se van a realizar los cálculos para dimensionar la instalación geotérmica para abastecer las necesidades climáticas de la vivienda así como las necesidades de ACS, para conseguir este objetivo se necesitan conocer la demanda de calefacción y de ACS.

2.2 Cálculos de la carga térmica de calefacción

Para conseguir calcular correctamente el sistema de calefacción se necesitan conocer las pérdidas de calor de la vivienda.

Este sistema de calefacción tiene como objetivo compensar las pérdidas térmicas que se produzcan en el recinto a acondicionar. Debido a esto, en el cálculo del mismo se deberán tener en cuenta las pérdidas térmicas por transmisión en los cerramientos, las pérdidas por ventilación y en su caso, las pérdidas por infiltración.

$$Q_{\text{calefacción}} = Q_{\text{pérdidas térmicas}}$$

$$Q_{\text{calefacción}} = Q_{\text{transmisión}} + Q_{\text{ventilación}} + Q_{\text{infiltraciones}}$$

2.3 Calculo de las perdidas por transmisión

El cálculo de las pérdidas por transmisión se centrara principalmente en las pérdidas producidas en la envolvente del edificio. Para ello se ha calculado primeramente el valor de la transmitancia térmica de cada elemento que la compone.

2.3.1 Muro exterior

Para calcular el valor de este elemento se ha usado el valor correspondiente para este tipo de construcciones basándonos en la zona en la que se encuentra la vivienda de estudio y el año de construcción.

Banda cronológica	A (anterior 1981)	B (1981-2007)				C (a partir de 2008)				
Zona climática		V y W	X	Y	Z	A	B	C	D	E
U (W/m²K)	3,00	1,80	1,60	1,40	1,40	0,94	0,82	0,73	0,66	0,57
masa/m² (kg/m²)	168	200				200				

Figura 12 – Tabla de transmitancias para muros exteriores.

Para el caso de estudio, vivienda construida en el 2016, por lo tanto banda cronológica C, y la zona climática correspondiente es la , el valor de la transmitancia térmica es:

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

2.3.2 Cubierta

Los valores para las cubiertas en contacto con el aire son los mostrados en la siguiente tabla.

Banda cronológica	A (anterior a 1980)		B (1981-2007)				C (a partir de 2008)				
Zona climática			V y W	X	Y	Z	A	B	C	D	E
U (W/m²K)	Cubierta inclinada	Cubierta plana	1,40	1,20	0,90	0,70	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35
	3,80	2,50									
m (kg/m²)	180	344	344				344				

Figura 13 - Tabla de transmitancias para cubiertas.

Para el caso de estudio, vivienda construida en el 2016, por lo tanto banda cronológica C, y la zona climática correspondiente es la , el valor de la transmitancia térmica es:

$$U_{\text{cubierta}} = 0,35 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

2.3.3 Suelo

En aquellos casos en los que no exista ningún dato sobre la composición del suelo en contacto con el aire se utilizará, para el cálculo, el valor por defecto adecuado a la correspondiente banda cronológica de construcción del edificio.

Banda cronológica	A (anterior a 1980)	B (1981-2007)				C (a partir de 2008)				
Zona climática		V y W	X	Y	Z	A	B	C	D	E
U (W/m²K)	2,50	1,00	0,90	0,80	0,70	0,53	0,52	0,50	0,49	0,48
m (kg/m²)	50	333				333				

Figura 14 – Tabla de transmitancias para suelos.

Para el caso de estudio, vivienda construida en el 2016, por lo tanto banda cronológica C, y la zona climática correspondiente es la , el valor de la transmitancia térmica es:

$$U_{\text{suelo}} = 0,48 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

2.3.4 Ventanas

Para el cálculo de la transmitancia térmica de la ventana se tendrá en cuenta la siguiente ecuación:

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

Donde,

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

Para aplicar esta ecuación se tendrán en cuenta los siguientes datos:

Tabla 7 – Datos de las ventanas de estudio.

ACRISTALAMIENTO	Vidrio aislante doble (4-12-4)
MARCO	PVC
FRACCION DEL MARCO (FM)	30
$U_{\text{vidrio}} [W / m^2 \cdot K]$	2,9
$U_{\text{marco}} [W / m^2 \cdot K]$	2,5

Aplicando estos valores,

$$U_{\text{suelo}} = 5,83 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

2.3.5 Puerta

Para el caso de estudio, las puertas tendrán una transmitancia térmica con el siguiente valor,

$$U_{\text{puerta}} = 2,2 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

2.4 Cálculo de pérdidas por transmisión

Se entienden como pérdidas térmicas por transmisión aquellas que se pierden a través de la envolvente térmica, se dividen en pérdidas hacia el exterior o hacia espacios no calefactados de la vivienda. En este caso solo se tendrán en cuenta las pérdidas hacia el exterior.

Para llevar a cabo este cálculo se aplicará la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{trans}} = U \cdot A \cdot \Delta T$$

Donde,

- Q_{trans} = pérdidas a través del cerramiento [W / h]
- U = transmitancia del cerramiento [W / m² · K]
- A = superficie del cerramiento [m²]
- ΔT = salto térmico considerado entre el interior y el exterior [°C o K]

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

Tabla 8 – Datos temperaturas operativas y humedad relativa según estaciones

ESTACION	TEMPERATURA OPERATIVA [°C]	HUMEDAD RELATIVA [%]
VERANO	23 – 25	45 - 60
INVIERNO	21 – 23	40 - 50

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

Como el pueblo donde se desarrolla el proyecto no es la capital de provincia (Logroño) y además hay una diferencia de altitud notable habrá que recalcular esta temperatura. Siendo para Logroño,

$$T_{s99} = -1,1 \text{ °C}$$

Para corregir esta temperatura habrá que restar 1°C por cada 100 metros de cota (positiva) con respecto a la ciudad de referencia, por lo que:

- Cota Logroño = 352 metros
- Cota Estollo = 748 metros
- Diferencia = 396 metros

Como se tiene una diferencia de 396 metros se aplicara una corrección de 4 °C por lo que la temperatura será,

$$T_{s99} = -5,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Teniendo en cuenta esta temperatura, así como la temperatura operativa más desfavorable en invierno, obtenemos que el incremento de temperatura será,

$$\Delta T = 21 - (-5,1) = 26,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Un vez que se tiene tanto las transmitancias térmicas como las superficies y los incrementos de temperatura , se procederá a calcular la carga térmica en cada planta de la vivienda, en cada superficie en contacto con el aire exterior aplicando la ecuación de pérdidas por transmisión y se van a obtener los resultados expuestos en las siguientes tablas.

Cabe decir que debido a la construcción del edificio, una de las paredes está en contacto con otro edificio. Esta situación complicaría bastante los cálculos ya que no disponemos de los datos suficientes como para calcular bien este hecho, por lo que consideraremos que todo el edificio por los cuatro costados está en contacto con aire. Esta suposición lo único que conllevara será un sobredimensionamiento del sistema ya que será más desfavorable esta situación que la realidad.

Tabla 9 – Pérdidas por transmitancia de la planta baja

	U [W / m ² · K]	SUPERFICIE [m ²]	ΔT (°C)	Q _{trans} [kW]
MURO EXTERIOR	0,57	85,17	26,1	1,27
VENTANAS	5,83	1,08	26,1	0,16
PUERTAS	2,2	2,1	26,1	0,12
SUELO	0,48	64,99	26,1	0,81
CUBIERTA	0,35	0	26,1	0,00
			Total	2,37

Tabla 10– Pérdidas por transmitancia de la primera planta

	U [W / m ² · K]	SUPERFICIE [m ²]	ΔT (°C)	Q_{trans} [kW]
MURO EXTERIOR	0,57	78,73	26,1	1,17
VENTANAS	5,83	8,52	26,1	1,30
PUERTAS	2,2	2,1	26,1	0,12
SUELO	0,48	0	26,1	0,00
CUBIERTA	0,35	0	26,1	0,00
			Total	2,59

Tabla 11 – Pérdidas por transmitancia de la segunda planta

	U [W / m ² · K]	SUPERFICIE [m ²]	ΔT (°C)	Q_{trans} [kW]
MURO EXTERIOR	0,57	76,86	26,1	1,14
VENTANAS	5,83	10,14	26,1	1,54
PUERTAS	2,2	0	26,1	0,00
SUELO	0,48	0	26,1	0,00
CUBIERTA	0,35	256,71	26,1	2,35
			Total	5,03

Por lo tanto, las pérdidas totales por transmisión son,

$$Q_{\text{trans}} = 2,37 + 2,59 + 5,03$$

$$Q_{\text{trans}} = 9,99 \text{ kW}$$

2.5 Cálculo de pérdidas por ventilación

Para mantener la salubridad de la vivienda y la calidad del aire ambiente es necesario la renovación del mismo. Esto ocurre de forma voluntaria en las viviendas, dependiendo de la estación se aplica una tasa de renovación u otra.

La carga térmica por ventilación se determina en base a la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{vent}} = V \cdot N \cdot C_{p,\text{aire}} \cdot \Delta T$$

Donde,



- Q_{vent} = pérdidas por ventilación [kW]
- V = volumen del recinto a calefactar [m³]
- N = número de renovaciones horarias
- $C_{p, aire}$ = calor específico del aire en base al volumen [1,21 kJ / m³ · K]
- ΔT = salto térmico considerado entre el interior y el exterior [°C o K]

Aplicando esta fórmula y una renovación de aire igual a 1,5 renovaciones por hora, obtenemos los datos de la siguiente tabla,

Tabla 12 – Pérdidas por ventilación de las diferentes estancias.

	V [m ³]	N [ren / h]	CAUDAL [l/s]	DENSIDAD [kg / m ³]	Cp [kJ / kg · K]	ΔT [°C]	Q _{vent} [kW]
TXOKO	129,62	1,50	54,01	1,225	1,21	26,10	2,09
DESPENSA	14,54	1,50	6,06	1,225	1,21	26,10	0,23
ASEO	5,77	1,50	2,41	1,225	1,21	26,10	0,09
SALON COMEDOR	74,29	1,50	30,95	1,225	1,21	26,10	1,20
COCINA	23,62	1,50	9,84	1,225	1,21	26,10	0,38
DESPENSA	5,77	1,50	2,41	1,225	1,21	26,10	0,09
DISTRIBUIDOR	11,89	1,50	4,95	1,225	1,21	26,10	0,19
ARMARIO	2,69	1,50	1,12	1,225	1,21	26,10	0,04
ASEO	10,40	1,50	4,33	1,225	1,21	26,10	0,17
ESCALERA	11,68	1,50	4,87	1,225	1,21	26,10	0,19
DISTRIBUIDOR	19,07	1,50	7,94	1,225	1,21	26,10	0,31
ASEO	11,64	1,50	4,85	1,225	1,21	26,10	0,19
DORMITORIO 1	28,50	1,50	11,87	1,225	1,21	26,10	0,46
DORMITORIO 2	38,80	1,50	16,17	1,225	1,21	26,10	0,63
VESTIDOR D2	4,83	1,50	2,01	1,225	1,21	26,10	0,08
BAÑO D2	10,63	1,50	4,43	1,225	1,21	26,10	0,17
DORMITORIO 3	23,18	1,50	9,66	1,225	1,21	26,10	0,37
ALTILLO	20,29	1,50	8,45	1,225	1,21	26,10	0,33
						Total	7,21

2.6 Calculo de pérdidas por infiltraciones

Como consecuencia que el edificio no es totalmente estanco y hermético hay que tener en cuenta las perdidas por ventilación que se dan debido a la diferencia de presiones entre el interior y exterior del edificio. Para ello se calculan las pérdidas por ventilación con la siguiente ecuación,

$$Q_{\text{infil}} = V \cdot N \cdot C_{p,\text{aire}} \cdot \Delta T$$

Donde,

- Q_{vent} = perdidas por infiltración [kW]
- V = volumen del recinto a calefactar [m^3]
- N = número de renovaciones horarias
- $C_{p,\text{aire}}$ = calor específico del aire en base al volumen [$1,21 \text{ kJ} / \text{m}^3 \cdot \text{K}$]
- ΔT = salto térmico considerado entre el interior y el exterior [$^{\circ}\text{C}$ o K]

Aplicando esta fórmula y teniendo en cuenta una renovación de aire igual a 0,3 renovaciones por hora, obtenemos los datos de la siguiente tabla,

Tabla 13 - Pérdidas por infiltraciones en las diferentes estancias

	V [m^3]	N [ren / h]	CAUDAL [l/s]	DENSIDAD [kg / m^3]	Cp [$\text{kJ} / \text{kg} \cdot \text{K}$]	ΔT [$^{\circ}\text{C}$]	Q_{vent} [kW]
TXOKO	129,62	0,30	10,80	1,225	1,21	26,1	0,42
DESPENSA	14,54	0,30	1,21	1,225	1,21	26,1	0,05
ASEO	5,77	0,30	0,48	1,225	1,21	26,1	0,02
SALON COMEDOR	74,29	0,30	6,19	1,225	1,21	26,1	0,24
COCINA	23,62	0,30	1,97	1,225	1,21	26,1	0,08
DESPENSA	5,77	0,30	0,48	1,225	1,21	26,1	0,02
DISTRIBUIDOR	11,89	0,30	0,99	1,225	1,21	26,1	0,04
ARMARIO	2,69	0,30	0,22	1,225	1,21	26,1	0,01
ASEO	10,40	0,30	0,87	1,225	1,21	26,1	0,03
ESCALERA	11,68	0,30	0,97	1,225	1,21	26,1	0,04
DISTRIBUIDOR	19,07	0,30	1,59	1,225	1,21	26,1	0,06
ASEO	11,64	0,30	0,97	1,225	1,21	26,1	0,04
DORMITORIO 1	28,50	0,30	2,37	1,225	1,21	26,1	0,09
DORMITORIO 2	38,80	0,30	3,23	1,225	1,21	26,1	0,13

VESTIDOR D2	4,83	0,30	0,40	1,225	1,21	26,1	0,02
BAÑO D2	10,63	0,30	0,89	1,225	1,21	26,1	0,03
DORMITORIO 3	23,18	0,30	1,93	1,225	1,21	26,1	0,07
ALTILLO	20,29	0,30	1,69	1,225	1,21	26,1	0,07
						Total	1,44

2.7 Resumen de cargas totales

Tabla 14 – Resumen de cargas totales

	TOTAL [kW]
Q TRANSMISIÓN	9,99
Q VENTILACIÓN	7,21
Q INFILTRACIÓN	1,44
Q TOTAL	18,64

2.8 Calculo de la demanda y potencia de agua caliente sanitaria

2.8.1 Calculo de las necesidades energéticas

Los consumos de ACS suelen concentrarse en determinadas franjas horarias del día, en lo denominado como “periodos punta”. Este tipo de periodos se suelen dar 3 veces al día. Debido a esto si el sistema de generación de ACS es instantáneo hay que tener muy en cuenta estos periodos para dimensionar bien la potencia del sistema. En el caso de tener un sistema de acumulación el cálculo se hará en base al volumen de acumulación y al tiempo del que se dispone entre llenado y llenado del depósito.

Para valorar las demandas se tomaran los valores predeterminados expuestos en el apartado 4.1 de la sección HE del Documento Básico HE del CTE, para el caso del estudio se tiene una demanda de referencia a 60°C de 28 litros por persona y día

Para calcular el consumo de ACS, se recurre al apartado 4.1.4 de la sección HE 3 del Documento Básico HE del CTE, del que en base a los dormitorios que tenga la vivienda se asigna un número de personas. En este caso al disponer de 3 dormitorios la instalación se dimensionara para 4 personas.

Con estos datos podemos calcular el consumo mensual tal y como se expone en la siguiente tabla,

Tabla 15 – Litros mensuales necesarios

MES	LITROS / PERSONA	PERSONAS	LITROS / DIA	Nº DE DIAS	LITROS MENSUALES
ENERO	28	4	112	31	3472
FEBRERO	28	4	112	28	3136
MARZO	28	4	112	31	3472
ABRIL	28	4	112	30	3360
MAYO	28	4	112	31	3472
JUNIO	28	4	112	30	3360
JULIO	28	4	112	31	3472
AGOSTO	28	4	112	31	3472
SEPTIEMBRE	28	4	112	30	3360
OCTUBRE	28	4	112	31	3472
NOVIEMBRE	28	4	112	30	3360
DICIEMBRE	28	4	112	31	3472

2.8.2 Calculo de la demanda energética

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

$$D_{ACS} = D \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_{uso} - T_{sum})$$

Donde,

- D_{ACS} = demanda de energía térmica para ACS [kJ / día]
- D = consumo de ACS en cada mes [l / día]
- ρ = densidad del agua [1 kg / l]
- T_{uso} = temperatura de consumo del agua [°C]
- T_{sum} = temperatura del agua de red [°C]

Cabe decir que la temperatura de suministro de la red se ha obtenido de una base de datos de internet y hemos cogido como referencia las temperaturas de Logroño.

Aplicando esta ecuación junto con los datos recopilados anteriormente, se ha obtenido,

Tabla 16 – Demanda energética mensual

MES	LITROS MENSUALES [l]	DENSIDAD [kg / l]	C _p [kJ / kg · K]	T _{uso} [°C]	T _{sum} [°C]	D [kJ/ MES]	D _{ACS} [kWh / MES]
ENERO	3472	1	4,18	60	7	769186,88	213,66
FEBRERO	3136	1	4,18	60	8	681640,96	189,34
MARZO	3472	1	4,18	60	10	725648	201,57
ABRIL	3360	1	4,18	60	11	688195,2	191,17
MAYO	3472	1	4,18	60	13	682109,12	189,47
JUNIO	3360	1	4,18	60	16	617971,2	171,66
JULIO	3472	1	4,18	60	18	609544,32	169,32
AGOSTO	3472	1	4,18	60	18	609544,32	169,32
SEPTIEMBRE	3360	1	4,18	60	16	617971,2	171,66
OCTUBRE	3472	1	4,18	60	13	682109,12	189,47
NOVIEMBRE	3360	1	4,18	60	10	702240	195,07
DICIEMBRE	3472	1	4,18	60	8	754673,92	209,63

2.8.3 Calculo de la potencia de ACS

La potencia de ACS se va a calcular en base al depósito que vamos a instalar que tiene una capacidad de 120 litros ya que cubre las necesidades de ACS calculadas anteriormente.

Para el cálculo de la potencia se aplicara la siguiente formula,

$$P = \frac{V \cdot C_p \cdot \rho \cdot (T_{uso} - T_{sum})}{t}$$

Donde,

- P = potencia de ACS [kW]
- V = volumen de agua [m3]
- C_p = calor específico del agua [4,18 kJ / kg · K]
- ρ = densidad del agua [1 kg / l]
- T_{uso} = temperatura de consumo del agua [°C]
- T_{sum} = temperatura del agua de red [°C]
- t = tiempo [segundos]

Tabla 17 – Potencia necesaria por mes

MES	LITROS / DÍA [l]	C _p [kJ / kg · K]	DENSIDAD [kg / l]	T _{USO} [°C]	T _{SUM} [°C]	P [kW]
ENERO	120	4,18	997	60	7	0,31
FEBRERO	120	4,18	997	60	8	0,30
MARZO	120	4,18	997	60	10	0,29
ABRIL	120	4,18	997	60	11	0,28
MAYO	120	4,18	997	60	13	0,27
JUNIO	120	4,18	997	60	16	0,25
JULIO	120	4,18	997	60	18	0,24
AGOSTO	120	4,18	997	60	18	0,24
SEPTIEMBRE	120	4,18	997	60	16	0,25
OCTUBRE	120	4,18	997	60	13	0,27
NOVIEMBRE	120	4,18	997	60	10	0,29
DICIEMBRE	120	4,18	997	60	8	0,30

Para asegurarse que no habrá problemas en cuanto a la potencia necesaria en cada momento, se utilizara la potencia más alta, es decir la del mes de Enero siendo esta igual a 0,31 kW.

2.8.4 Resumen de potencias de calefacción y ACS

Tabla 18 – Resumen de las potencias necesarias.

	kW
CALEFACCION	18,64
ACS	0,31
TOTAL	18,95

Una vez obtenidos todos los cálculos necesarios se puede concluir que la bomba de calor geotérmica tiene que tener una potencia de 18,95 kW. Debido a esta potencia se optara por instalar una bomba geotérmica de 22,1 kW de la marca ENERTRES modelo TERRA 22 S/W – HGL.

2.9 Dimensionamiento del sistema de geotermia

2.10 Calculo de la potencia calorífica

Para calcular la potencia que necesita la vivienda en calefacción se va a utilizar la siguiente ecuación,

$$P = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot 85$$

Donde,

- A = espacio a calentar [m²]
- B = orientación
- C = aislamiento
- D = Zona climática

2.11 Espacio a calentar

Se trata de los metros cuadrados útiles de la vivienda que se quiere calentar.

2.12 Orientación

La orientación de la vivienda afecta principalmente en la forma de recibir luz y en consecuencia calor. Los valores según la orientación son los siguientes:

Tabla 19 – Valores según la orientación

NORTE	1,12
SUR	0,92
ESTE	1,00
OESTE	1,00

2.13 Aislamiento

El aislamiento de la vivienda es una parte fundamental a la hora de determinar la eficiencia energética de la misma. Dependiendo del estado del aislamiento, se pueden tener 3 valores,

Tabla 20 – Valores según el aislamiento

BUEN AISLAMIENTO	0,93
AISLAMIENTO SENCILLO	1,00
SIN AISLAMIENTO	1,10

La vivienda de estudio es relativamente nueva por lo que se tendrá en cuenta el valor de 0,93.

2.14 Zona climática

El país se divide en distintas zonas climáticas según su lugar geográfico y en consecuencia dependiendo también de su climatología. Esta división se encuentra establecida por el CTE en el DB H1. Según las diferentes zonas se tienen unos valores,

Tabla 21 – Valores según la zona climática

ZONA 1	0,88
ZONA 2	0,95
ZONA 3	1,04
ZONA 4	1,12
ZONA 5	1,19

La ubicación de la vivienda se encuentra en una zona muy fría (4) por lo que se tendrá en cuenta el valor de 1,12.

2.15 Cálculos

Una vez que se tienen todos estos valores concretados se puede exponer os datos obtenidos en la siguiente tabla,

Tabla 22 - Tabla de potencias por estancias

ESPACIO	SUPERFICIE [M ²]	ORIENTACION	AISLAMIENTO	ZONA CLIMATICA	P [KW]
TXOKO	56,36	1,12	0,93	1,12	5,59
DESPENSA	6,32	0	0,93	1,12	0,00
ASEO	2,51	1,12	0,93	1,12	0,25
SALON COMEDOR	32,3	1	0,93	1,12	2,86
COCINA	10,27	1,12	0,93	1,12	1,02
DESPENSA	2,51	0	0,93	1,12	0,00
DISTRIBUIDOR	5,17	1,12	0,93	1,12	0,51
ARMARIO	1,17	1,12	0,93	1,12	0,12
ASEO	4,52	0,92	0,93	1,12	0,37
ESCALERA	5,08	0	0,93	1,12	0,00
DISTRIBUIDOR	8,29	1,12	0,93	1,12	0,82
ASEO	5,06	0,92	0,93	1,12	0,41
DORMITORIO 1	12,39	1	0,93	1,12	1,10
DORMITORIO 2	16,87	1,12	0,93	1,12	1,67
VESTIDOR D2	2,1	1,12	0,93	1,12	0,21
BAÑO D2	4,62	1,12	0,93	1,12	0,46
DORMITORIO 3	10,08	1,12	0,93	1,12	1,00
ALTILLO	8,82	0	0,93	1,12	0,00
					16,38

Como se puede observar tanto en las despensas, escalera y altillo no se ha tenido en cuenta la orientación ya que son espacios que no se van a calefactar. Por otra parte en las zonas donde no se tienen ventanas tales como el distribuidor se ha optado por poner el caso más desfavorable en cuanto a orientación.

2.16 Diseño de la instalación hidráulica

2.16.1 Selección de unidades

En este apartado se verá brevemente las unidades seleccionadas para llevar a cabo el proyecto.

2.16.1.1 Sistema de aprovechamiento de energía geotérmica

2.16.1.1.1 Sondas

Para el cálculo de los metros de sonda hay que basarse en la siguiente fórmula,

$$\text{Metros de sonda} = \frac{\text{Potencia de la bomba [W]}}{\text{Energía de absorción [W/m]}}$$

Aplicando esta fórmula y teniendo en cuenta que nos encontramos en un terreno normal (roca dura y sedimentos saturados) y que la conductividad térmica del mismo se encuentra entre los valores de 1,5 a 3 W / m · K podemos decir que se necesitara una energía de absorción de 50 W / m.

Aplicando este valor y teniendo en cuenta que la bomba de calor es de 22000 W podemos concluir que se necesitaran 440 metros de sondas para instalar.

2.16.1.2 Bomba geotérmica

En la determinación de la potencia requerida para satisfacer las necesidades de calor y agua caliente sanitaria se parte, en primer lugar, del cálculo de la previsión de demanda térmica de calefacción del edificio. De los cálculos realizados anteriormente, se extraen los siguientes resultados:

- Carga térmica de calefacción: 18,64 kW
- Potencia requerida para A.C.S.: 0,61 kW

La potencia teórica de la bomba para cubrir la climatización vendrá dada por la mayor de las demandas, dado que la potencia instalada deberá cubrir las necesidades térmicas de todos los escenarios. Por tanto, la instalación de geotermia estará formada por una bomba de calor geotérmicas ENERTRES modelo TERRA 22 S/W - HGL, tipo “tierra-agua”, con una potencia nominal individual de 18,64 kW para calefacción, y 0,61 kW para agua caliente sanitaria. Esta bomba estará ubicada en la Sala de Máquinas situada en el altillo ya que en esta situación se ubicaba anteriormente la caldera de gasoil por lo que están todas las conexiones hidráulicas hechas en este punto.

2.16.2 Acumulador de ACS

El acumulador de ACS como mínimo ha de tener 120 litros de volumen. Viendo varias opciones del mercado elegimos un Acumulador Esmaltado Baxi 150E.

2.16.3 Suelo radiante

El suelo radiante se instalara con tubo y demás componentes de la marca UPONOR ya que es una marca extensamente extendida comercialmente, además de ser una de las que mejores propiedades energéticas y económicas presenta.