

CLIMATIZACIÓN CENTRALIZADA DE UN EDIFICIO PÚBLICO MULTIUSOS EN EL MUNICIPIO DE ARAMA MEDIANTE GEOTERMIA



Markel Sanchez Zelaia

Trabajo Fin de Máster

Máster en Ingeniería Industrial

LABURPENA

Aramako (Gipuzkoa) udaletxeko eraikin berrian jarritako geotermia-trukatze bidezko girotze sistema eta bere xehetasunak aurkezten dira lan honetan, eraikin honen berotze eta hozte eskaria hornitzeko aurkeztutako sistema bezala. Girotze sistema honen egikaritzarako egindako bideragarritasun plana, aurreikuspenak, zundaketak, eraikitze lanak, analisi ekonomikoak, analisi energetikoak eta proiektuaren ondorioak eskainiz, energia berriztagarrien bidezko instalazio honen azalpena ematen da, etorkizunean ingurumenarekiko errespetuzkoak izango diren gisa honetako proiektuak sustatu asmoz. Proiektuaren egikaritzea TELUR Geotermia y Agua S.A. enpresak burutu du, sistemaren datu teknikoak honek eskainitakoak izanik.

RESUMEN

Este trabajo presenta el sistema de climatización mediante intercambio geotérmico instalado en el nuevo edificio del Ayuntamiento de Arama (Guipúzcoa), como sistema presentado para suministrar la demanda de calefacción y refrigeración del mismo. Se detallan el plan de viabilidad, las previsiones, los sondeos, las obras de construcción, los análisis económicos, los análisis energéticos y las conclusiones del proyecto de este sistema de climatización, para la explicación de esta instalación mediante energía renovable, con la intención de promover proyectos respetuosos con el medio ambiente como de este estilo. La ejecución de este proyecto ha sido realizada por la empresa TELUR Geotermia y Agua S.A., siendo los datos técnicos del sistema los proporcionados por ésta.

ABSTRACT

This work presents the geothermal exchange using air conditioning system installed in the new building of the Main House of Arama (Gipuzkoa), as a presented system to provide the calefaction and refrigeration demand of it. The viability plan, the forecasts, the soundings, the building works, the economic analyses, the energetic analyses and the conclusions of the project of this air conditioning system are detailed to explain this installation of renewable energy, with the intention of promoting this kind of projects that respect the environment. The implementation of this project has been done by the company TELUR Geotermia y Agua S.A., being the technical data the one provided by it.

AUTOR: Markel Sanchez Zelaia

DIRECTOR: Dr. Víctor de la Peña

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | | |
|--------|---|----|
| 1. | ANTECEDENTES | 6 |
| 2. | ALTERNATIVAS | 7 |
| 2.1. | Instalación de caldera de Gas Natural..... | 7 |
| 2.2. | Instalación de caldera de Biomasa..... | 8 |
| 2.3. | Instalación de sistema mediante intercambio geotérmico..... | 8 |
| 3. | ALTERNATIVA SELECCIONADA | 10 |
| 3.1. | La Energía Geotérmica: | 10 |
| 3.1.1. | Energía geotérmica de muy baja temperatura | 11 |
| 4. | DATOS DE PARTIDA | 16 |
| 4.1. | Necesidades térmicas del edificio | 16 |
| 4.2. | Parámetros térmicos del terreno..... | 20 |
| 5. | DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA GEOTÉRMICO | 29 |
| 6. | DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES..... | 31 |
| 6.1. | Circuito de intercambio geotérmico | 32 |
| 6.2. | Bombas de calor | 33 |
| 6.3. | Bombas circuladoras | 34 |
| 6.4. | Esquema general..... | 35 |
| 7. | ESTUDIO ECONÓMICO | 36 |
| 7.1. | Presupuesto | 36 |
| 7.2. | Viabilidad económica | 41 |
| 8. | DESARROLLO DE LOS TRABAJOS | 44 |
| 8.1. | Diagrama de Gantt | 47 |
| 9. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 48 |
| 9.1. | Conclusiones..... | 48 |
| 9.2. | Recomendaciones | 50 |
| 10. | ESQUEMAS Y PLANOS | 51 |
| 11. | PLIEGO DE CONDICIONES..... | 54 |
| 11.1. | Normativa y legislación aplicable..... | 54 |
| 11.2. | Condiciones contractuales | 54 |
| 12. | AGRADECIMIENTOS..... | 68 |
| 13. | BIBLIOGRAFÍA..... | 69 |

| | |
|---|----|
| Imagen 1 <i>Imágenes del municipio de Arama</i> | 6 |
| Imagen 2 <i>Descripción de un circuito de calefacción con gas natural y detalle de una caldera de gas natural</i> | 7 |
| Imagen 3 <i>Descripción de un circuito de calefacción con biomasa y detalle de una caldera de biomasa</i> | 8 |
| Imagen 4 <i>Descripción de sistema de calefacción mediante geotermia y detalle de bomba de calor</i> | 9 |
| Imagen 5 <i>Descripción del funcionamiento de una bomba de calor en invierno y verano</i> | 12 |
| Imagen 6 <i>Ejemplo de un sistema abierto de recirculación</i> | 13 |
| Imagen 7 <i>Ejemplo gráfico de un sistema ATES</i> | 14 |
| Imagen 8 <i>Ilustración y fotografía de un circuito cerrado horizontal</i> | 14 |
| Imagen 9 <i>Ilustración y fotografía de un circuito cerrado vertical</i> | 15 |
| Imagen 10 <i>Equipo utilizado para la ejecución del TRT</i> | 23 |
| Imagen 11 <i>Detalle del funcionamiento de una bomba de calor reversible</i> | 29 |
| Imagen 12 <i>Esquema de principio del sistema geotérmico</i> | 35 |
| Imagen 13 <i>Extremo del intercambiador geotérmico situado en la sala de máquina (en obras)</i> 46 | |
| Imagen 14 <i>Plano de los sondeos del terreno sobre el plano del edificio</i> | 51 |
| Imagen 15 <i>Plano de la planta baja con detalle de sistema de tuberías</i> | 52 |
| Imagen 16 <i>Plano de la primera planta con detalle de sistema de tuberías</i> | 52 |
| Imagen 17 <i>Plano de la segunda planta con detalle del sistema de tuberías</i> | 53 |
| Imagen 18 <i>Plano del sótano</i> | 53 |

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabla 1 | <i>Clasificación y propiedades de los distintos tipos de sistemas de geotermia</i> | 11 |
| Tabla 2 | <i>Cargas térmicas punta del edificio proporcionadas por la ingeniería</i> | 16 |
| Tabla 3 | <i>Estimación de demanda térmica del edificio mensualmente</i> | 18 |
| Tabla 4 | <i>Parámetros del ensayo TRT y diagrafía de temperaturas</i> | 28 |
| Tabla 5 | <i>Parámetros térmicos calculados tras la diagrafía y el TRT</i> | 28 |
| Tabla 6 | <i>Demanda térmica total prevista para el dimensionamiento de equipos</i> | 31 |
| Tabla 7 | <i>SPF utilizados</i> | 31 |
| Tabla 8 | <i>Parámetros para el diseño del sondeo</i> | 32 |
| Tabla 9 | <i>Resultados del dimensionamiento del circuito de intercambio geotérmico</i> | 33 |
| Tabla 10 | <i>Características de las bombas de calor instaladas</i> | 34 |
| Tabla 11 | <i>Presupuesto del proyecto de climatización</i> | 39 |
| Tabla 12 | <i>Presupuesto del ensayo y pruebas de viabilidad</i> | 40 |
| Tabla 13 | <i>Resumen y presupuesto final del proyecto</i> | 41 |
| Tabla 14 | <i>Inversiones comparativas de las distintas alternativas</i> | 42 |
| Tabla 15 | <i>Consumos en kWh anuales de cada sistema</i> | 43 |
| Tabla 16 | <i>Consumos anuales de cada sistema y ahorro respecto al sistema geotérmico</i> | 43 |
| Tabla 17 | <i>Comparación y tiempos de retorno hipotéticos respecto a las alternativas planteadas</i> | 43 |
| | | |
| Gráfico 1 | <i>Demanda energética estimada mensualmente (kWh)</i> | 18 |
| Gráfico 2 | <i>Frecuencia horaria estimada para diferentes potencias de calefacción y refrigeración</i> | 19 |
| Gráfico 3 | <i>Temperaturas medidas por la sonda durante la diagrafía</i> | 22 |
| Gráfico 4 | <i>Resultados de la prueba TRT</i> | 24 |
| Gráfico 5 | <i>Resultados del cálculo de foco lineal realizado</i> | 26 |
| Gráfico 6 | <i>Resultados de los cálculos de la conductividad instantánea</i> | 26 |
| Gráfico 7 | <i>Evolución de la resistividad del terreno durante el ensayo</i> | 27 |
| Gráfico 8 | <i>Consumos de energía eléctrica del edificio en funcionamiento</i> | 49 |
| Gráfico 9 | <i>Consumo de energía térmica en proporción del edificio</i> | 49 |

1. ANTECEDENTES

El ayuntamiento del municipio Guipuzcoano de Arama pretende cambiar su localización a un nuevo edificio que se va a construir, justo en frente del actual, situado en la plaza del pueblo. Estamos a finales de 2011. Arama es un pequeño pueblo situado en la comarca del Goierri, de unos 210 habitantes, por lo que el consistorio planea instalar en el nuevo edificio, aparte de las oficinas del ayuntamiento, una guardería y un gimnasio para los habitantes.



Imagen 1 Imágenes del municipio de Arama

Antes de comenzar con las obras del edificio el ayuntamiento quiere decidir sobre el sistema de refrigeración, calefacción y ACS del lugar. Para ello el consistorio tiene varias opciones en mente, en la que la decisión sobre la selección de dichas opciones depende principalmente de cuestiones técnicas, económicas y medioambientales. Las opciones planteadas serían:

- Instalación de un sistema de caldera de gas natural
- Instalación de un sistema de caldera de biomasa
- Instalación de una sistema de intercambio geotérmico

La empresa TELUR Geotermia y Agua S.A., donde el autor de este documento realiza las prácticas laborales, propuso un sistema de geotermia que fue aceptado por el Ayuntamiento y que más tarde fue ejecutado, como se detalla en el presente trabajo.

2. ALTERNATIVAS

A continuación se ofrece una descripción simple de los sistemas que se han planteado como alternativa, un esbozo de lo que sería el tipo de instalación con posibles equipos para ellos basado en instalaciones de proyectos semejantes, para poder ver los pros y los contras de cada uno de ellos.

2.1. Instalación de caldera de Gas Natural

La instalación consistiría principalmente en una caldera de gas natural para producir calor para la calefacción y el ACS por un lado, y una enfriadora aire-agua para la refrigeración por otro lado. Podemos suponer una caldera de gas de condensación habitual de mercado con tamaño suficiente para la demanda de calor que se requiera. Respecto a la enfriadora puede decirse lo mismo.

- Ventajas
 - Instalación simple y barata
 - Fácil abastecimiento del Gas Natural
- Desventajas
 - Gastos mensuales relativamente altos en Gas Natural
 - Quema de combustibles fósiles (efecto invernadero)
 - Necesidad de instalar chimenea y emisión de gases en pleno centro del pueblo

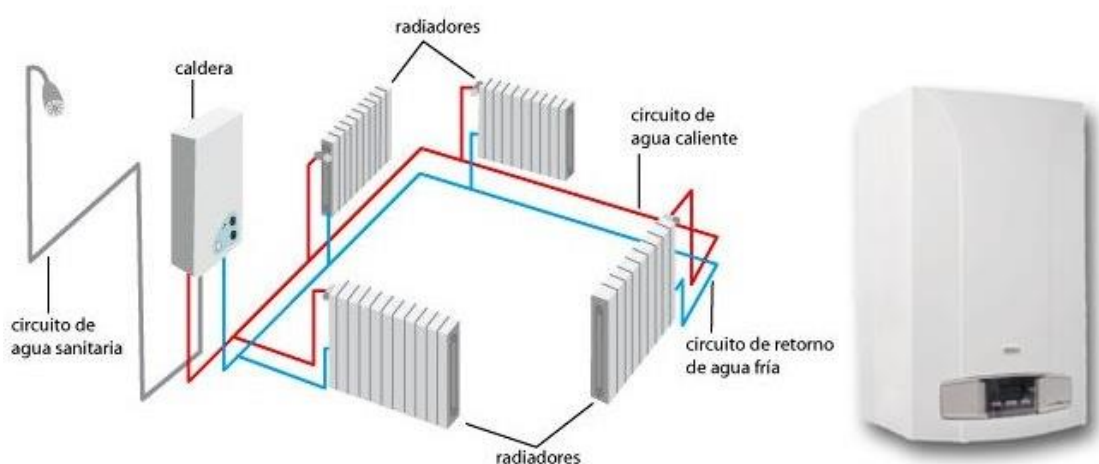


Imagen 2 Descripción de un circuito de calefacción con gas natural y detalle de una caldera de gas natural

2.2. Instalación de caldera de Biomasa

En este caso la instalación consistiría en una caldera de Biomasa para calefacción y ACS por un lado, y una enfriadora aire-agua por otro lado para la refrigeración. En cuanto a la caldera de biomasa suponemos uno habitual para estos casos de pellets o de leña, según la necesidad calorífica a proporcionar. La enfriadora también sería como en el caso anterior.

- Ventajas
 - o Entorno con bosques para el suministro de biomasa
 - o Energía considerada limpia respecto al medio ambiente
 - o No dependencia de suministro externo de combustibles fósiles
- Desventajas
 - o Instalación algo más complicada que una caldera de gas
 - o Necesidad de instalar chimenea y emisión de gases en pleno centro del pueblo
 - o Necesidad de sistema o contratación de suministro de combustible

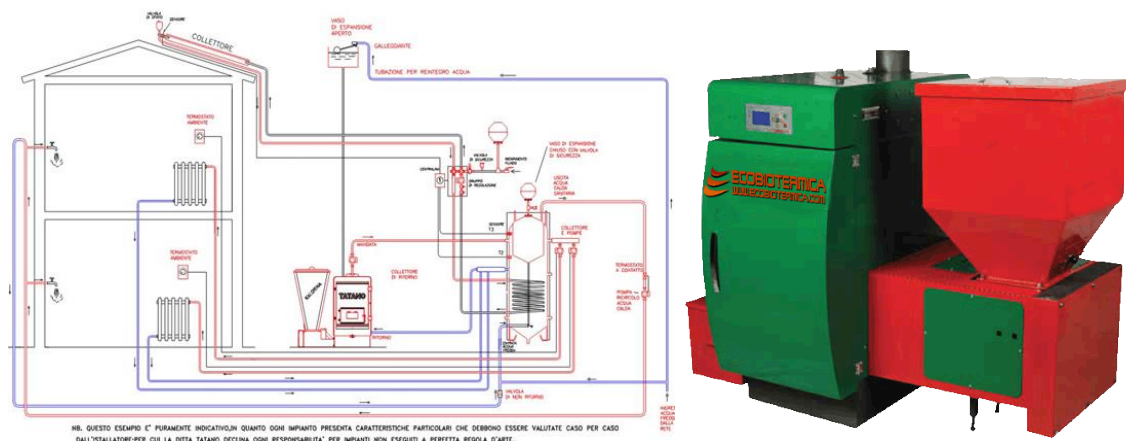


Imagen 3 Descripción de un circuito de calefacción con biomasa y detalle de una caldera de biomasa

2.3. Instalación de sistema mediante intercambio geotérmico

En este caso a diferencia de los dos anteriores se suministraría calor para la calefacción y ACS mediante una bomba de calor, la misma bomba de calor que en funcionamiento invertido (bomba de calor reversible) suministrará refrigeración cuando haga falta. Esta bomba de calor

iría conectada a un sistema de intercambio geotérmico del que sacaría agua más fría que el ambiente para casos de refrigeración y agua más caliente para casos de necesidad de calor.

- Ventajas:
 - El sistema no dependería de ningún tipo de combustible
 - No habría ninguna emisión de gases ni necesidad de chimeneas
 - Mayor ahorro comparativo
 - El sistema suministra frío sin necesidad de otra máquina
- Desventajas:
 - Instalación comparativamente compleja y cara
 - Necesidad de sondeos para comprobar viabilidad del proyecto



Imagen 4 Descripción de sistema de calefacción mediante geotermia y detalle de bomba de calor

3. ALTERNATIVA SELECCIONADA

La alternativa que se propone en este informe es el de la instalación de intercambio geotérmico. Como ya se demostrará más adelante esta alternativa es, aunque necesite de una gran inversión inicial, la mejor desde el punto de vista económico a medio plazo. También se demuestra que el lugar y el terreno son de perfectamente válidos para la instalación geotérmica.

Antes de comenzar con los detalles del proyecto propuesto, a continuación se ofrece un breve resumen de la energía geotérmica y del sistema concreto que se va a aplicar en la obra y desarrollo de dicho proyecto.

3.1. La Energía Geotérmica:

La definición oficial de la energía geotérmica adoptada por el Consejo Europeo de la Energía Geotérmica, de acuerdo con la VDI 4640 alemana es: “La energía geotérmica es la energía almacenada en forma de calor por debajo de la superficie sólida de la tierra”.

Los primeros usos desde la antigüedad dados a la energía geotérmica son tales como: las termas romanas, los baños turcos y los balnearios.

En la época actual, dado el creciente precio de los combustibles fósiles y la conciencia medioambiental, como sabemos, a través de la legislación vigente, se fomenta el uso de las energías renovables. En este marco, se ubica el aprovechamiento de la energía geotérmica para generación eléctrica y para generación térmica. Dentro del uso térmico, los principales aprovechamientos consistirían:

- Balnearios y piscinas
- Bomba de calor: ACS, calefacción y refrigeración
- Agricultura: Aguas de acuíferos en invernaderos
- Eliminación de placas de hielo en pavimentos

En función del recurso geotérmico disponible, se conforma la siguiente clasificación de aprovechamientos de energía geotérmica:

| DENOMINACIÓN | RANGO DE TEMPERATURAS | USOS | COP | POTENCIA MUNDIAL INSTALADA (GW) | |
|----------------------|-----------------------|--------------------------------|---------|---------------------------------|------|
| | | | | 2005 | 2010 |
| ALTA TEMPERATURA | T > 150°C | GENERACIÓN ELÉCTRICA | ---- | 8,9 | 10,7 |
| MEDIA TEMPERATURA | 150°C > T > 90°C | | | | |
| BAJA TEMPERATURA | 90°C > T > 25°C | USO DIRECTO | 10 - 20 | 12,9 | 15,4 |
| MUY BAJA TEMPERATURA | T < 25°C | USO DIRECTO CON BOMBA DE CALOR | 3 - 5 | 15,4 | 35,2 |

Tabla 1 Clasificación y propiedades de los distintos tipos de sistemas de geotermia

Como se puede observar el tipo de energía geotérmica que más ha avanzado en la anterior década es la de muy baja temperatura, que es precisamente el que se propone para el caso estudiado.

3.1.1. Energía geotérmica de muy baja temperatura

La energía geotérmica de aprovechamiento de muy baja entalpía, unida a una bomba de calor, denominada en inglés como GSHP (*Ground Source Heat Pump*), se coloca como una tecnología muy destacable ya que es capaz de abastecer las dos demandas requeridas: calefacción y refrigeración.

La gran ventaja de los aprovechamientos de muy baja temperatura (o entalpía) es que en cualquier punto de la superficie de la corteza terrestre se puede captar y aprovechar el calor almacenado en las capas superficiales, o en acuíferos poco profundos, para climatización de edificios mediante bombas de calor.

El perfil de temperaturas de la corteza terrestre tiene las siguientes características:

- Hasta 10 m de profundidad: está influenciado por el sol, variaciones estacionales de temperatura.
- A partir de 10 m: el terreno es capaz de almacenar calor y la temperatura base del mismo, permanece constante a lo largo de todo el año (con flujo de agua subterránea

reducido). La temperatura depende de las condiciones geológicas e hidrogeológicas. El gradiente geotérmico es de 3°C cada 100 m de profundidad.

El origen de la energía geotérmica de muy baja entalpía reside:

- Flujo geotérmico profundo: 60-100 mW/m²
- Radiación solar absorbida (>45% en los 10 m superiores)
- Flujo de agua subterránea. Flujo advectivo,
- Energía térmica almacenada en el terreno (0,65 kWh/m³/°C)
- Cargas disipadas de refrigeración. Procedentes de un sistema de climatización de un edificio basado en bomba de calor conectada a un circuito de intercambio geotérmico.

El elemento que realiza las funciones de interface entre el edificio y el terreno es la bomba de calor, generalmente reversible para poder suministrar calefacción y refrigeración según la época del año en la que se necesite, del modo que se muestra en la siguiente imagen:

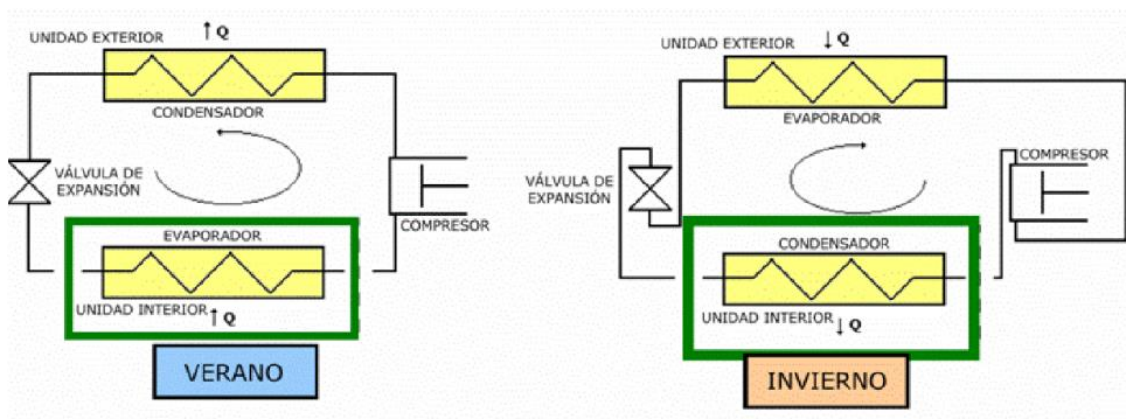


Imagen 5 Descripción del funcionamiento de una bomba de calor en invierno y verano

Como se ve en las figuras, la bomba de calor es un elemento que mediante energía eléctrica traslada calor desde un foco frío a un foco caliente. El rendimiento de esta operación depende de la diferencia térmica de ambos focos (inversamente proporcional), entrando en juego en este punto el sistema geotérmico, que asegura un foco más caliente en invierno y uno más fresco en verano, de donde la bomba puede calentar o refrigerar interiores con un consumo de energía relativamente bajo, consiguiendo unos rendimientos de COP entre 3 y 5.

En cuanto al sistema de intercambio geotérmico, consiste en un sistema que funciona mediante una o un sistema de bombas de agua que trasladan el agua de trabajo a la bomba de

calor para su uso. Este sistema de intercambio suele consistir en sistemas de tuberías que se divide en dos grandes grupos de diferente funcionamiento:

- **Sistemas geotérmicos abiertos:**

Sistemas en los que el intercambio de calor/frío se realiza conectándose directamente con un acuífero a través de pozos de inyección y de extracción. Por lo que el fluido caloportador es el propio agua subterránea. Son económicamente interesantes para proyectos de mediana escala (potencias superiores a 15 kW). Todo el agua extraída se reinyecta en el pozo de inyección para mantener el acuífero.

Existen dos tipologías diferenciadas de circuitos:

- **Sistemas abiertos de recirculación.** Movimiento de agua de pozos de extracción a pozos de inyección.

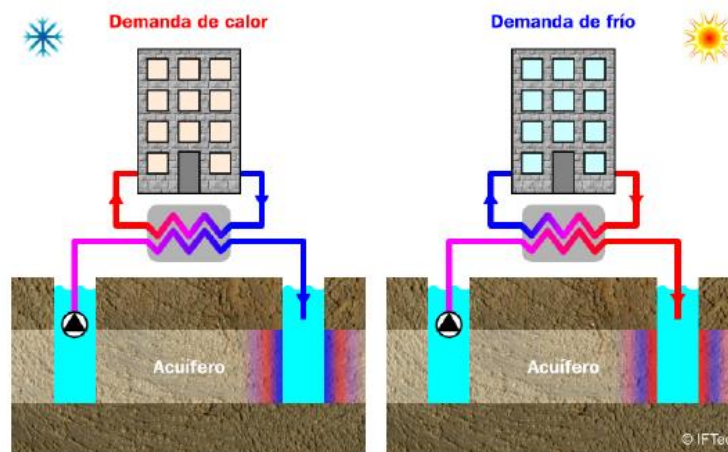


Imagen 6 Ejemplo de un sistema abierto de recirculación

- **Sistemas ATEs** (almacenamiento subterráneo de energía térmica en acuíferos). El subsuelo se utiliza para almacenar energía térmica, donde el aprovechamiento se materializa invirtiendo el sentido de flujo estacionalmente. En verano se extrae agua del pozo frío para abastecimiento de demanda de refrigeración y en invierno se extrae agua del pozo caliente para calefacción.

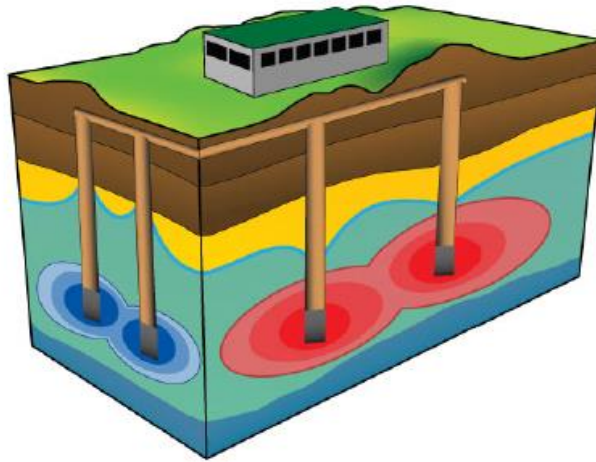


Imagen 7 Ejemplo gráfico de un sistema ATEs

- Sistemas geotérmicos cerrados

En este caso no hace falta ningún acuífero ni aguas subterráneas. Una determinada cantidad de agua funciona dentro de un sistema cerrado que está localizado en el subsuelo. Dicho agua toma o entrega calor del/al terreno y produce parecido efecto que tomar agua más caliente o más fría del subsuelo, siempre y cuando las condiciones del terreno sean propicias para ello. La gran ventaja de este sistema es que al no necesitar acuífero se puede realizar en lugares muy variados. Se distinguen diferentes tipos:

- **Circuitos cerrados horizontales.** Suelen ejecutarse anexos a edificios de superficie reducida como es el caso de viviendas unifamiliares, a relativamente poca profundidad. La razón principal para este tipo de uso es la necesidad de disponibilidad de terreno junto al edificio a climatizar de una superficie 1,5 veces la del espacio a climatizar, la cual ha de quedar tras la finalización de las obras libre (por ejemplo como jardín).



Imagen 8 Ilustración y fotografía de un circuito cerrado horizontal

- **Circuitos cerrados verticales.** Son circuitos constituidos por una serie de sondeos geotérmicos, conducidos todos ellos a un punto de reunión: colector de impulsión y colector de retorno. Se utilizan en edificios de mayor potencia que en vivienda, donde es inviable un sistema horizontal. Normalmente suelen acompañar a edificios terciarios y grandes instalaciones.



Imagen 9 Ilustración y fotografía de un circuito cerrado vertical

4. DATOS DE PARTIDA

Los datos de partida para el dimensionamiento del sistema de intercambio geotérmico y los equipos necesarios son, por un lado, los datos de las necesidades térmicas del edificio, y por otro lado, los parámetros térmicos del terreno en el que desarrollar el proyecto.

4.1. Necesidades térmicas del edificio

La arquitectura a cargo del proyecto ha proporcionado las cargas punta del edificio, calculadas a partir del estudio de necesidades en cada estancia, en calefacción y refrigeración. Se presentan en la siguiente tabla:

| | POTENCIA |
|---------------|----------|
| CALEFACCIÓN | 40 kW |
| REFRIGERACIÓN | 48 kW |

Tabla 2 Cargas térmicas punta del edificio proporcionadas por la ingeniería

La superficie a climatizar es de 500 m².

Tomando como base las cargas punta del edificio, con el fin de estimar la cobertura horaria del sistema de intercambio geotérmico, se han calculado las demandas horarias en calefacción y refrigeración mediante un método simplificado, teniendo en cuenta los criterios definidos a continuación:

- **Temperatura ambiente:** Se han utilizado las temperaturas horarias registradas en la estación meteorológica de Ordizia escogida por la proximidad a la ubicación del edificio proyectado. El año seleccionado: 2005, se considera representativo de un año medio debido a:
 - o La temperatura media del registro es de 12,8 °C, similar a la media anual de los últimos 30 años de la estación próxima de Igeldo 13,2 °C.
 - o La elevada amplitud térmica entre -8,3°C y 37,4°C (Amplitud = 45,7°C).

- **Calefacción:** Las potencias horarias en calefacción requeridas por el edificio se han calculado con los siguientes supuestos:
 - Potencia horaria proporcional a la temperatura exterior. Cálculo lineal entre la potencia máxima a temperatura de diseño: -2,4°C (Percentil 99%) y mínima para 15°C.
 - No se han considerado cargas internas.
 - El sistema entra en funcionamiento a temperatura exterior inferior a 15°C.
 - Las pérdidas térmicas son proporcionales a la temperatura exterior siendo la carga máxima considerada la definida en el presente informe.
 - Horario de uso de la climatización: 5:00 - 18:00.

- **Refrigeración:**
 - Se calcula la potencia horaria proporcional a la temperatura exterior, tomando como extremos de diseño la potencia máxima para 30°C (Percentil 1,5°C) y la mínima para 18°C.
 - No se han considerado cargas internas.
 - El sistema entra en funcionamiento a temperatura exterior superior a 18°C.
 - Horario de uso de la climatización: 9:00 - 18:00.

- **ACS:** Se calcula la demanda de ACS a partir de los siguientes datos:
 - Consumo diario: 50 l/día.
 - Temperatura de almacenamiento 60°C.
 - La energía demandada es de 602 kWh/año

Teniendo en cuenta todo lo mencionado se ha hecho la estimación de las cargas térmicas que harán falta introducir o desalojar:

| | CALEFACCIÓN kWh | ACS kWh | REFRIGERACIÓN kWh | TOTAL kWh |
|----------------|--------------------|------------|----------------------|--------------|
| ENERO | 8.264 | 62 | 0 | 8.326 |
| FEBRERO | 8.913 | 62 | 0 | 8.975 |
| MARZO | 5.076 | 63 | 0 | 5.139 |
| ABRIL | 3.326 | 55 | 1573 | 4.954 |
| MAYO | 1.035 | 56 | 3443 | 4.534 |
| JUNIO | 200 | 59 | 7184 | 7.443 |

| | | | | |
|-------------------|--------|-----|--------|--------|
| JULIO | 0 | 0 | 7864 | 7.864 |
| AGOSTO | 0 | 0 | 6217 | 6.217 |
| SEPTIEMBRE | 532 | 59 | 3315 | 3.906 |
| OCTUBRE | 722 | 59 | 2159 | 2.940 |
| NOVIEMBRE | 5.473 | 63 | 0 | 5.536 |
| DICIEMBRE | 9.137 | 65 | 0 | 9.202 |
| TOTAL | 42.678 | 603 | 31.755 | 75.036 |

Tabla 3 Estimación de demanda térmica del edificio mensualmente

A continuación se reproducen los datos mensuales en forma gráfica:

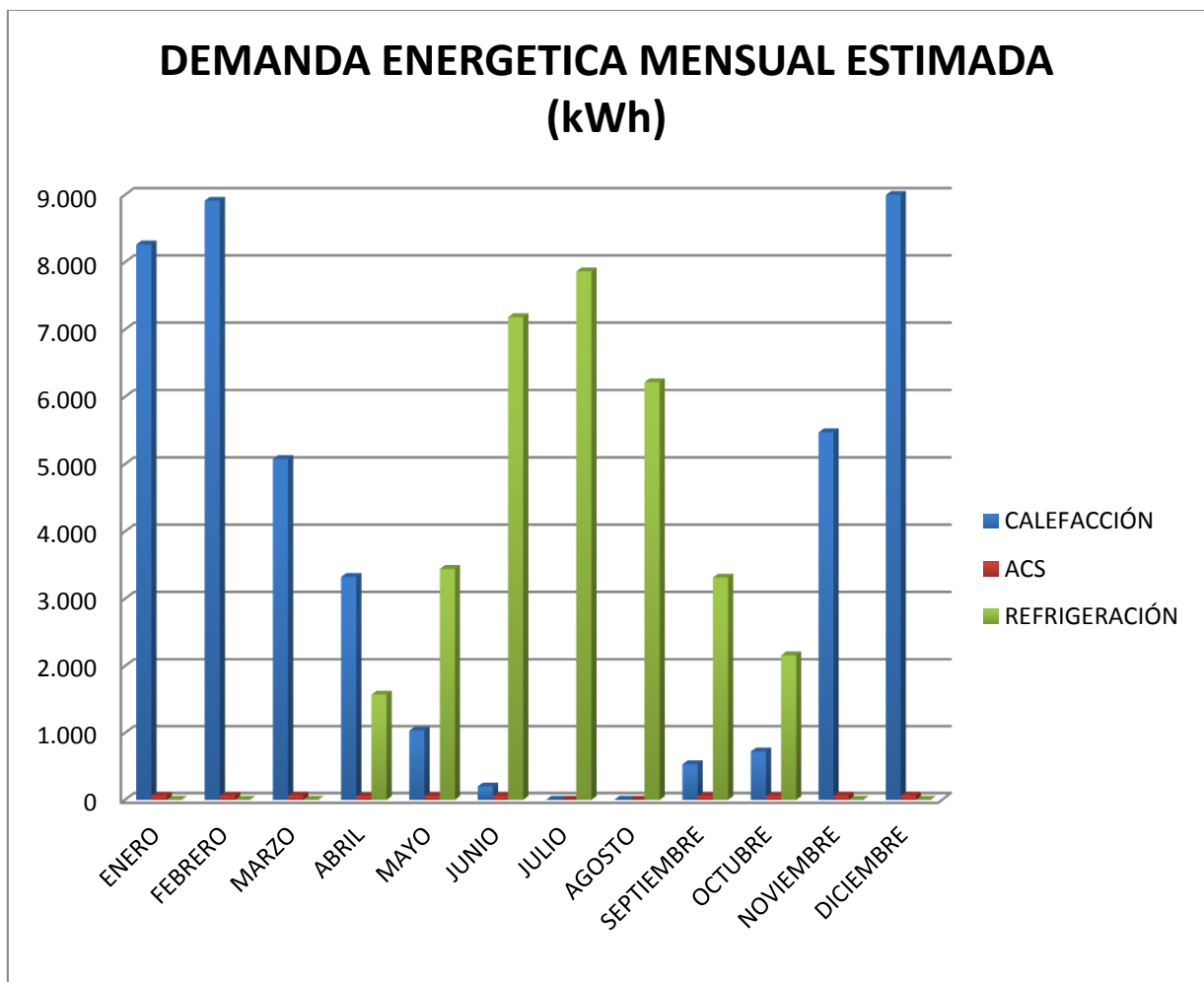


Gráfico 1 Demanda energética estimada mensualmente (kWh)

También se ha estimado, con los datos de potencias máximas de refrigeración y calefacción obtenidos de la arquitectura, un balance de las horas anuales en las que las diferentes potencias serían solicitadas, obteniendo la gráfica que se muestra a continuación:

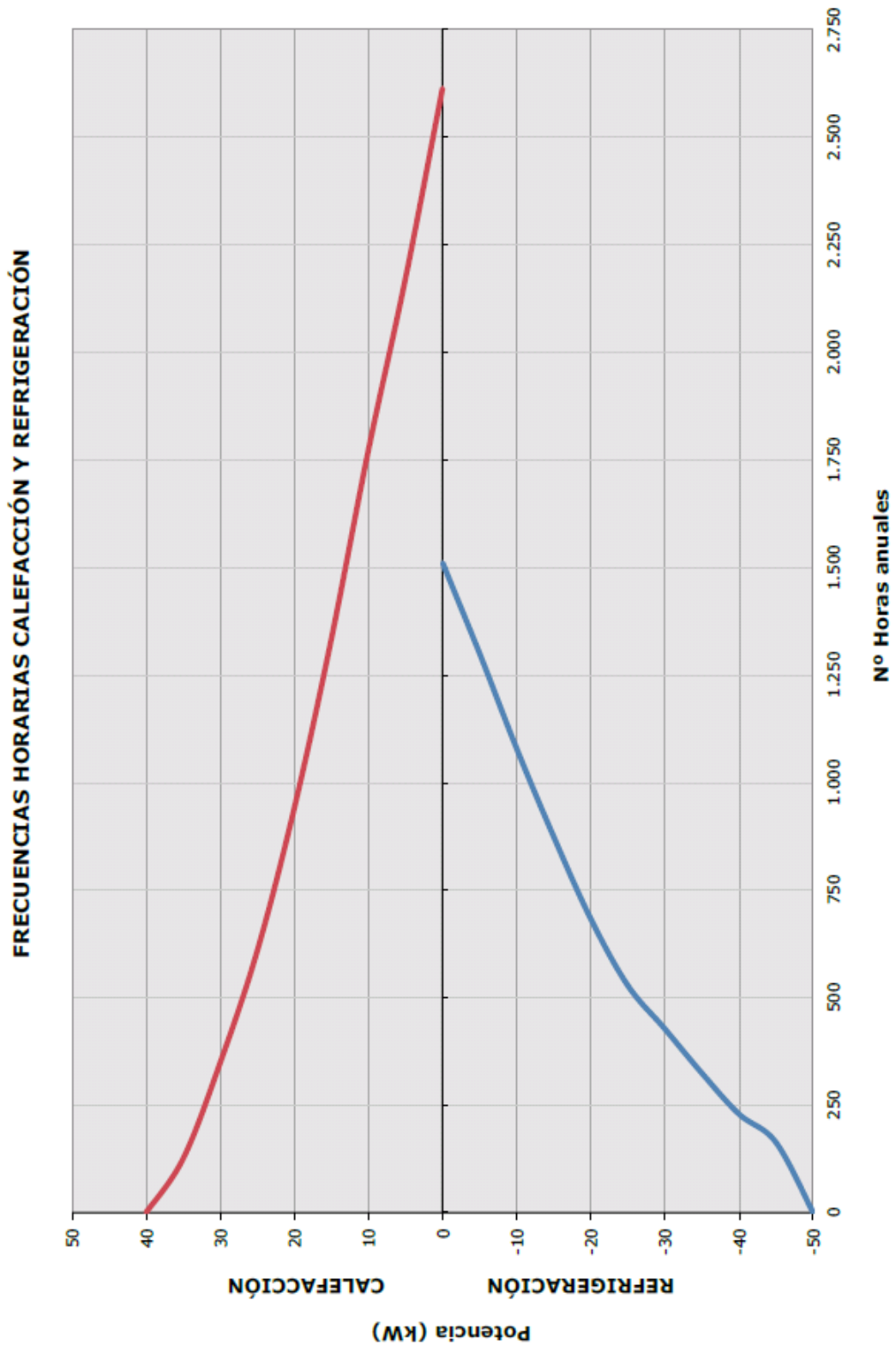


Gráfico 2 Frecuencia horaria estimada para diferentes potencias de calefacción y refrigeración

El área que comprende desde la curva hasta los ejes será, por un lado, la energía estimada anual de calefacción, y por otro lado, la de refrigeración. Por lo que el sistema de calefacción y refrigeración deberá diseñarse para satisfacer las necesidades energéticas indicadas.

4.2. Parámetros térmicos del terreno

Para obtener los parámetros térmicos del terreno se ha efectuado un TRT (Thermal Response test), que es la prueba más aceptada y habitual para la determinación de la conductividad térmica del terreno y la resistividad térmica del sondeo. También permite el cálculo de otro parámetro de interés para el dimensionamiento del circuito: la difusividad térmica. El sistema consiste en hacer un sondeo en el terreno a estudiar e introducir agua a cierta temperatura constante en el sondeo, midiendo las características de dicha agua a la salida durante un tiempo. Estos datos, tras varios cálculos realizados posteriormente nos proporcionarán los parámetros del terreno necesarios para el cálculo del dimensionamiento.

Estos parámetros presentan una elevada variabilidad dependiendo, principalmente, de la composición mineralógica, del grado de compactación, de la fracturación, de la posición de nivel piezométrico y de la transmisividad hidráulica de la formación. Se trata de un ensayo in-situ que proporciona información sobre el terreno en volúmenes representativos y condiciones no influenciadas similares a las de la futura explotación.

A continuación se detallarán el desarrollo y resultado de la prueba TRT:

Características del equipo:

Se trata de un equipo de ensayo de 6.500 W de potencia nominal. Consta de dos resistencias eléctricas calentadoras de 3.000 W cada una y una bomba circuladora de 1.000 W de potencia. El accionamiento mediante un variador de frecuencia y dos reguladores de potencia permite ajustar el caudal de ensayo entre 0 y 2,5 m³/h y la carga térmica disipada entre 0 y 6.500 W. El equipo registra de manera continua las temperaturas de entrada y salida del circuito, el caudal circulante, la intensidad de corriente absorbida y la presión del sistema, así como la temperatura ambiente. El equipo va alimentado a 3 x 400 V y cuenta con una bomba auxiliar de cebado y un depósito de 200 l para los trabajos de llenado, circulación y purga del circuito que se precisa realizar de forma previa al ensayo.

Desarrollo de los trabajos:

En primer lugar, antes de comenzar con el TRT, se realiza una diagrafía de temperatura en el sondeo, obteniendo el perfil de temperatura del terreno en condiciones estáticas (no influenciadas). De este modo, se determina la temperatura base del terreno con mayor precisión que haciendo mediciones en el exterior con el circuito en funcionamiento.

A continuación los resultados:

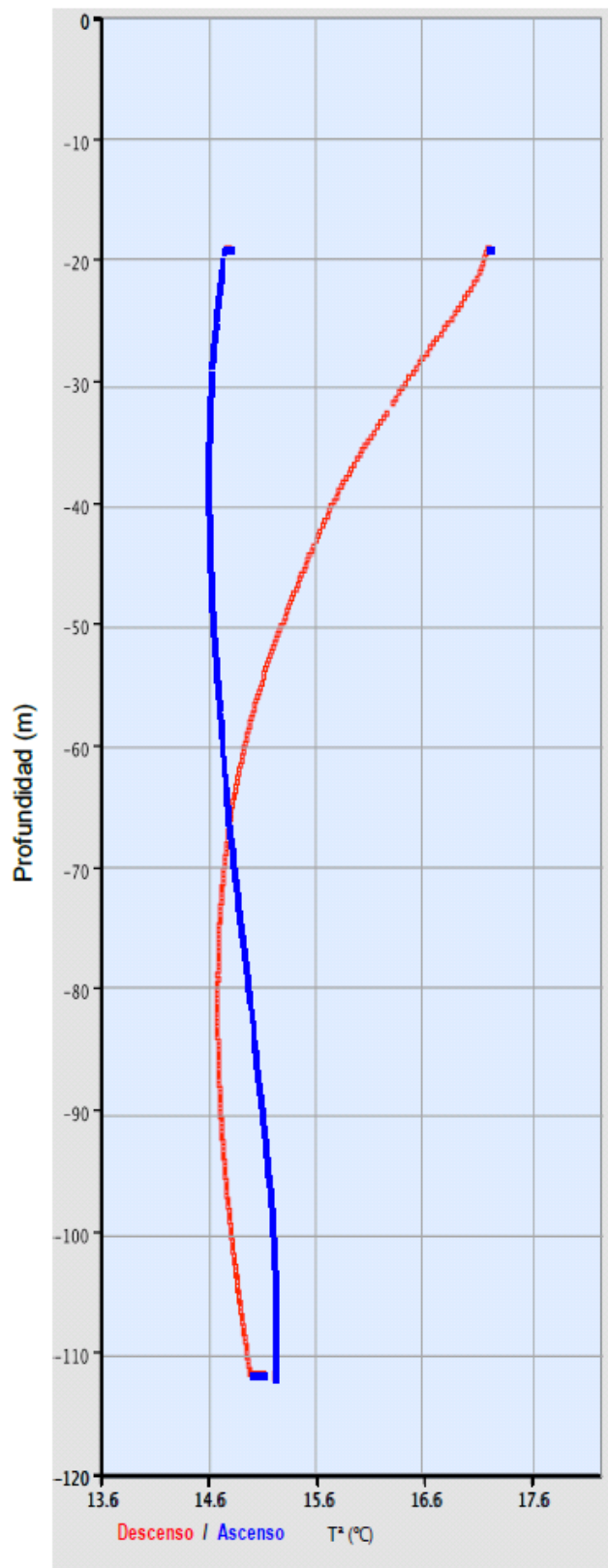


Gráfico 3 Temperaturas medidas por la sonda durante la diagrafía

Se han plasmado las temperaturas durante las maniobras de descenso (en rojo) y ascenso (en azul) de la sonda, tras un período de parada a 112 m de 5 minutos. Se observa una diferencia

importante entre los dos registros. El registro de bajada se halla afectado, debido a la inercia térmica de la sonda de registro automático, por el efecto de la temperatura ambiente exterior.

La temperatura base del terreno obtenida a partir de esta diagrafía es 14,8°C, correspondiente a la temperatura media registrada durante la recuperación del sensor.



Imagen 10 Equipo utilizado para la ejecución del TRT

Tras la diagrafía se procede al TRT. Durante la prueba se instalan en el interior del sondeo, aparte de los sensores que el propio equipo lleva incorporados en impulsión y retorno, sendos sensores de temperatura de registro automático (cada 5 minutos), a 1m de profundidad dentro de las tuberías de polietileno. De esta forma se garantiza la redundancia de las mediciones y se obtiene una medición menos influenciada por las condiciones atmosféricas. Se ha colocado en el piezómetro, a 85 metros de profundidad, un sensor adicional con el que se ha controlado la temperatura del agua a esta profundidad. La duración total del ensayo ha sido de 71 horas y 48 minutos.

Los datos obtenidos se muestran en la siguiente gráfica:

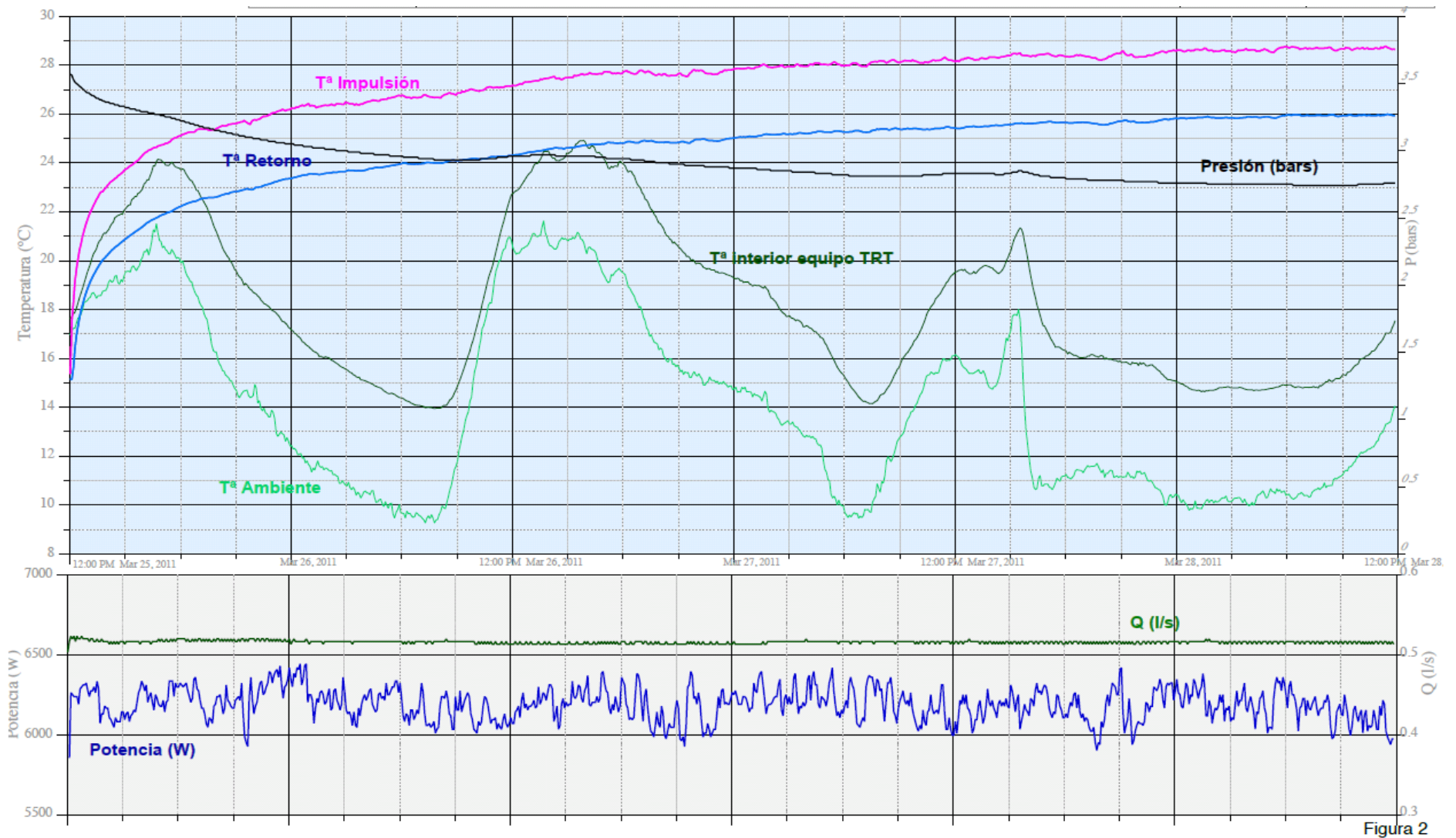


Gráfico 4 Resultados de la prueba TRT

Resultados del estudio:

De acuerdo con el método lineal, que considera el terreno como un medio homogéneo, isótropo e infinito, la conductividad térmica se puede calcular a partir de la expresión:

$$T_f(t) - T_0 = \frac{q_c}{4\pi\lambda} * \ln(t) + q_c \left[R_b + \frac{1}{4\pi\lambda} * \left(\ln\left(\frac{4\alpha}{r_b^2}\right) - \gamma \right) \right]$$

Donde:

- q_c = Potencia unitaria disipada durante el ensayo (w/m)
- T_0 = Temperatura del terreno sin influenciar
- t = Tiempo de inyección de calor
- r_b = Radio de perforación
- R_b = Resistividad térmica del sondeo
- λ = Conductividad térmica
- α = Difusividad térmica
- γ = Constante de Euler

Para un periodo suficientemente prolongado ($t \geq \frac{20r_b^2}{\alpha}$) se puede calcular la conductividad térmica con una precisión del $\pm 2,5\%$ mediante la siguiente expresión:

$$\lambda = \frac{q_c}{4\pi k}$$

Donde k es la pendiente de la curva de temperatura media vs $\ln(t)$.

En la interpretación del ensayo se ha seleccionado el tramo de gráfica de las temperaturas medias comprendido entre la hora 10 y el final de la prueba. Se prescinde del tramo inicial de registro, muy influenciado por la resistividad del sondeo.

El cálculo mediante el modelo de foco lineal se muestra en el gráfico siguiente:

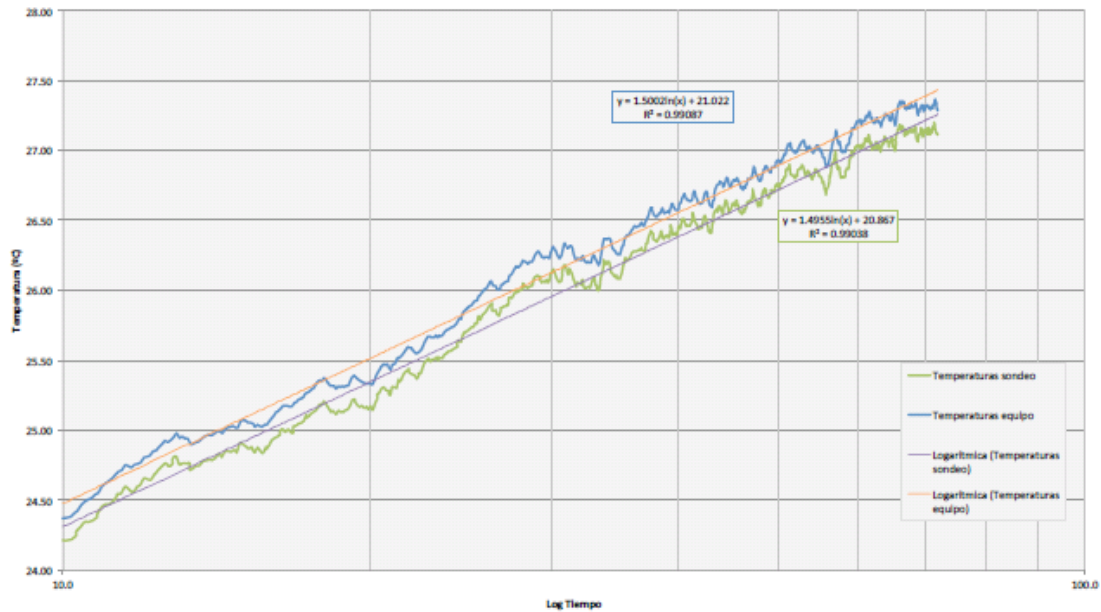


Gráfico 5 Resultados del cálculo de foco lineal realizado

Se han plasmado las temperaturas medias, entre la impulsión y el retorno, medidas tanto en el equipo de pruebas como en el propio sondeo. Las líneas de tendencia de las dos curvas dibujadas son prácticamente paralelas y, por tanto, la pendiente es similar. El valor de pendiente representativo de este sistema es 1,5, lo que equivale a una conductividad térmica de 2,55 W/mK.

El siguiente gráfico muestra la conductividad instantánea a lo largo del ensayo TRT:

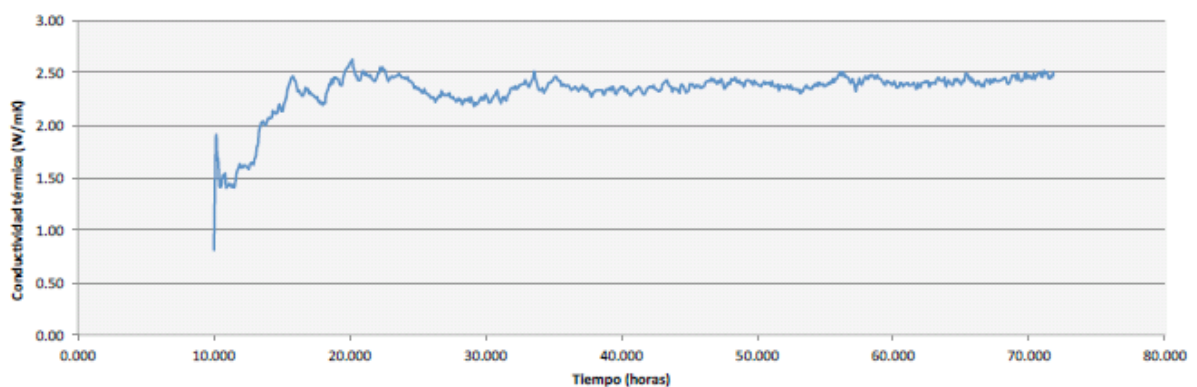


Gráfico 6 Resultados de los cálculos de la conductividad instantánea

En ella se puede observar que el valor se va acercando a 2,5 W/mK aunque no llega a 2,55 W/mK definido por la gráfica anterior, por lo que teniendo en cuenta la tendencia mostrada

por esta última gráfica y actuando desde una posición conservadora se opta por establecer la conductividad térmica del terreno en 2,45 W/mK.

En la próxima gráfica se muestra la evolución de la resistividad durante el ensayo:

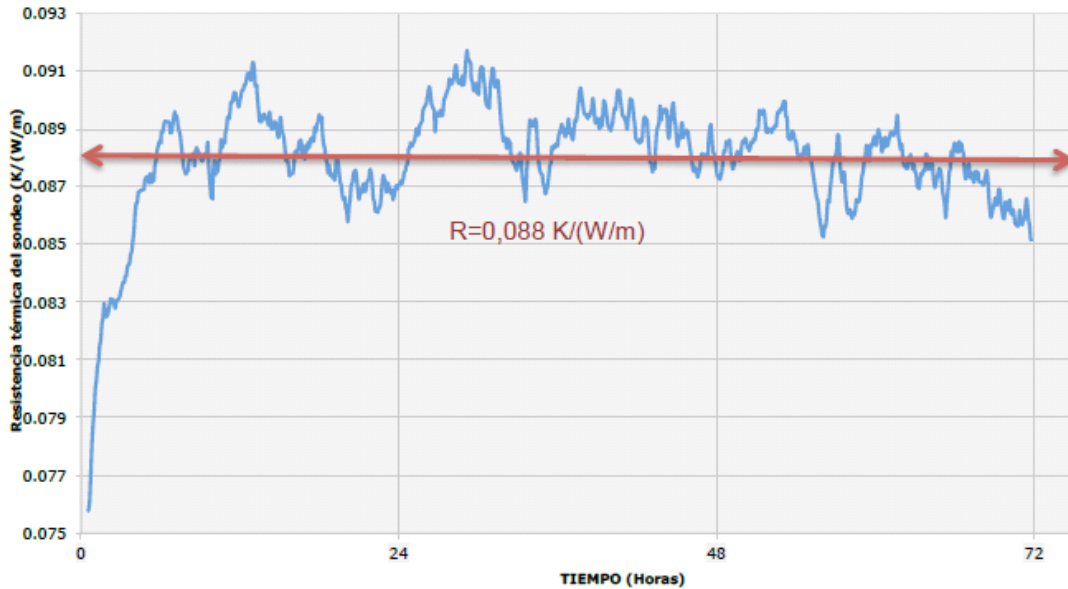


Gráfico 7 Evolución de la resistividad del terreno durante el ensayo

En ella se observa que, aunque la baja calidad del suministro eléctrico provoca múltiples irregularidades en el registro, tras unas horas este parámetro se sitúa entre 0,086 y 0,090 K/(W/m). El valor considerado representativo en esta prueba es de 0.088 K/(W/m), valor medio entre la décima hora y el final del ensayo.

Para resumir todo el procedimiento del TRT y la diagráfia de temperatura, y los resultados obtenidos por ellos que serán determinantes en el dimensionamiento del sistema de intercambio geotérmico, se ofrecen las siguientes dos tablas:

| PÁRAMETROS DEL ENSAYO | |
|---|-------|
| Profundidad del sondeo (m) | 125 |
| Densidad del terreno (kg/m ³) | 2.600 |
| Radio sondeo (m) | 0,083 |
| Coficiente de Euler | 0,58 |
| q (W/m) | 48,08 |

| | |
|--------------------------------|-------|
| Potencia del ensayo (W) | 6.010 |
| Caudal del ensayo (m3/h) | 1,9 |
| Calor específico (J/kgK) | 885 |
| Capacidad volumétrica (MJ/m3K) | 2,3 |

Tabla 4 Parámetros del ensayo TRT y diagrafía de temperaturas

| PARÁMETROS TÉRMICOS CALCULADOS | |
|---|-------|
| Conductividad térmica (W/mk) | 2,45 |
| Difusividad térmica (m2/d) | 0,096 |
| Resistividad térmica del sondeo (K/(W/m)) | 0,088 |
| Temperatura base del terreno (°C) | 14,8 |

Tabla 5 Parámetros térmicos calculados tras la diagrafía y el TRT

5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA GEOTÉRMICO

El sistema de intercambio geotérmico seleccionado es el de circuito cerrado vertical, ya que los resultados del sondeo y TRT son positivos para la instalación de este sistema, y la demanda térmica calculada exige un sistema como éste para poder satisfacer las necesidades térmicas, ya que no se dispone de mucho lugar libre al rededor.

Las partes fundamentales de un sistema como el mencionado son:

- **El circuito de intercambio geotérmico:** Consiste en los intercambiadores verticales inmersos en el terreno, las conducciones horizontales y los depósitos de inercia donde se almacena el agua.
- **Bomba circuladora:** Se trata de una bomba que impulsa el agua por el intercambiador del terreno para que esta ceda o reciba calor.
- **Bomba de calor agua/agua:** Esta bomba de calor ha de ser reversible. De este modo, en invierno, al aplicársele energía eléctrica subirá la temperatura del agua del intercambiador hasta la temperatura de uso en calefacción, y en verano, con su funcionamiento revertido, enfriará el agua que venga con la temperatura del terreno. Esto se consigue mediante un condensador, un evaporador, un compresor y una válvula de expansión, con un funcionamiento como el que se muestra en la siguiente figura:

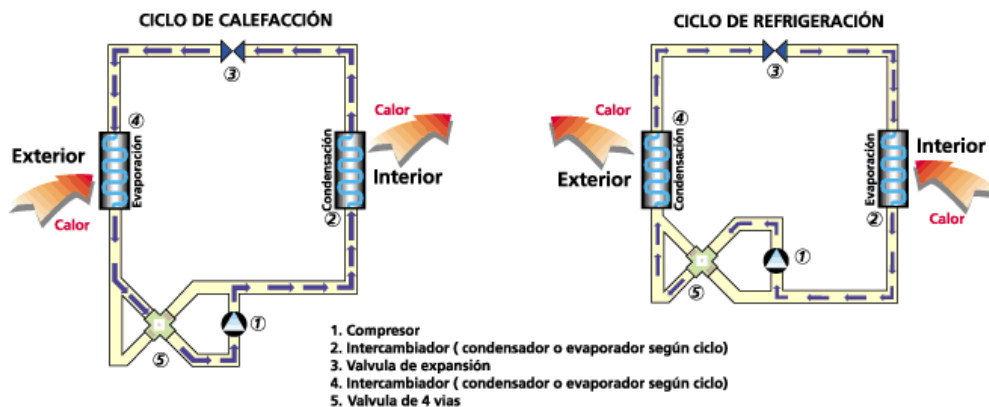


Imagen 11 Detalle del funcionamiento de una bomba de calor reversible

Resumiendo, el funcionamiento del sistema será el siguiente: El sistema de intercambio geotérmico estará inmerso en el terreno mediante largos tubos en vertical que funcionarán como una gran superficie de intercambio con el terreno. Para que el agua circule por el sistema de intercambio, ésta estará conectada a la bomba de circulación, que proveerá de la cantidad de caudal necesario para que se produzca el intercambio térmico deseado. Tras pasar por el sistema de intercambio con el terreno, el agua irá a la bomba de calor, en el que según la época del año y la necesidad térmica funcionará de distinta manera:

- En invierno: Se tendrá demanda de calefacción. En este caso el ambiente estará más frío que el terreno, por lo que el agua de circulación se calentará hasta tener la temperatura del terreno, y una vez alcanzada esta temperatura pasará al intercambiador de calor de la bomba de calor (evaporador), donde el agua cederá calor y este calor será utilizado en calefacción.
- En verano: Se tendrá demanda de frío. En este caso el ambiente estará más caliente que el terreno, por el que el agua de circulación se enfriará hasta tener la temperatura del terreno, y una vez alcanzada esta temperatura pasara al intercambiador de calor de la bomba de calor (ahora en modo inverso, al condensador), donde el agua absorberá el calor que proviene del interior de edificio.

En cuanto al terreno, hay que observar que según se le vaya sacando o entregando calor, por mucho que se auto regule, la temperatura de éste irá aumentando o disminuyendo poco a poco, afectando a la temperatura del agua que irá a parar a la bomba de calor. De todos modos, como el terreno es usado para refrigeración y calefacción, durante el año el calor entregado y obtenido del terreno regula el terreno mismo, ya que en invierno el terreno se irá enfriando, pero en verano se irá calentando, manteniendo al final un balance equilibrado anual.

6. DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES

Se ha abordado el dimensionamiento de un sistema de intercambio geotérmico (IG) para este edificio desde la premisa de un sistema único para la calefacción y refrigeración que cubra toda la potencia punta del inmueble.

La bomba de calor estará conectada al colector de generación que abastecerá al sistema de climatización del edificio, que consiste de un suelo radiante y un sistema de fan-coils.

Cabe la posibilidad de satisfacer el 70% de la demanda de ACS mediante el sistema de intercambio geotérmico incrementando la temperatura del agua de red hasta 45°C (salida del condensador). Para ello, convendría que el sistema de generación de ACS estuviera conectado a la salida de la bomba de calor como un consumo más de la misma (a pesar de ser un consumo mínimo). De este modo, se estaría aprovechando al máximo el sistema de intercambio geotérmico para dar tanto calefacción, refrigeración y también ACS. En los cálculos realizados se ha considerado este aporte de ACS por el sistema de intercambio geotérmico.

Dicho todo esto, los cálculos realizados nos ofrecen la siguiente demanda térmica total para el dimensionamiento de los equipos:

| | CALEFACCIÓN | REFRIGERACIÓN |
|----------|-------------|---------------|
| POTENCIA | 53 kW | 46 kW |
| COP | 4,42 | 4,75 |

Tabla 6 Demanda térmica total prevista para el dimensionamiento de equipos

Para los cálculos planteados se utilizará un coeficiente de rendimiento estacional medio (SPF). El SPF representa las condiciones reales de funcionamiento de la instalación y entre otros conceptos minorará el COP (coeficiente de operación) añadiendo el consumo de la bomba circuladora del circuito geotérmico y de los accionamientos. El valor empleado, conforme con los datos que se están obteniendo empíricamente en otras instalaciones es:

| | CALEFACCIÓN | REFRIGERACIÓN |
|-----|-------------|---------------|
| SPF | 4,0 | 4,3 |

Tabla 7 SPF utilizados

Esta situación puede incumplirse en momentos puntuales de los dos primeros años de funcionamiento del sistema, en función del mes de la puesta en marcha, de la evolución de la ocupación del edificio y de las temperaturas registradas.

6.1. Circuito de intercambio geotérmico

A partir de las cargas calculadas y de los parámetros del terreno determinados, se procede a dimensionar el circuito de intercambio geotérmico.

La longitud del circuito se ha obtenido utilizando una aplicación informática comercial, el Earth Energy Design EED 2.0.

Los parámetros de cálculo utilizados para el dimensionamiento del sistema geotérmico se presentan en la tabla siguiente:

| PARÁMETROS DE DISEÑO | |
|--------------------------------------|-------------------------|
| RANGO DE TEMPERATURAS DEL FLUIDO | 5°C – 35°C |
| SPF CALEFACCIÓN | 4,0 |
| SPF REFRIGERACIÓN | 4,3 |
| FLUIDO DE INTERCAMBIO | Agua |
| SEPARACIÓN ENTRE SONDEOS | 7 m |
| TIPO DE INTERCAMBIADOR | PEAD 2 x D 40mm x 3,7mm |
| CAUDAL DEL SONDEO | 1,8 m ³ /h |
| CONDUCTIVIDAD DEL RELLENO DEL SONDEO | 1,7 W/m K |

Tabla 8 Parámetros para el diseño del sondeo

Con dichos parámetros y el software comercial mencionado, se ha procedido a realizar los cálculos para el dimensionamiento del sistema de intercambio geotérmico, que están detallados en el Anexo I.

Los resultados obtenidos son:

| PARÁMETRO | RESULTADO |
|----------------------------|-----------|
| LONGITUD CIRCUITO I.G. (m) | 750 |
| NÚMERO DE SONDEOS | 6 |
| PROFUNDIDAD (m) | 125 |
| COBERTURA DEMANDA (kWh) | 68.591 |
| COBERTURA DEMANDA (%) | 100 |

Tabla 9 Resultados del dimensionamiento del circuito de intercambio geotérmico

6.2. Bombas de calor

Debido a la arquitectura del edificio se dispondrá de varias bombas de calor en vez de una centralizada. Se tendrá una bomba de calor principalmente para calefacción en la planta baja, del tipo agua-agua, ya que estará conectado a un depósito de inercia y de ahí al suelo radiante; y un más por cada planta pero del tipo agua-aire, ya que climatizarán mediante rejillas de aire. Todas ellas estarán conectadas al sistema de intercambio geotérmico.

Las bombas de calor se han seleccionado de los catálogos comerciales del fabricante, con los requisitos térmicos necesarios ya calculados anteriormente. Este proceso de selección y los catálogos se muestran en el Anexo II.

A continuación se describen las bombas de calor:

- **Bomba de calor agua-agua Vaillant VWS 83/2.** La generación de esta bomba de calor abastecerá el suelo radiante de la planta de sótano donde se encuentran los locales de la guardería: aula, almacén, aseo, cocina y entrada. También dará servicio a cada uno de los ventilorradiadores colocados en los huecos de escaleras de planta. La temperatura de envío de agua al suelo radiante y ventilorradiadores se fijará a 35°C en invierno. De este modo se optimiza el salto del compresor dentro de la bomba de calor, lo cual implica una reducción notable del consumo eléctrico de este equipo y así mismo un aumento del COP del sistema.

- **Bomba de calor agua-aire Climatemaster TS20 048.** Está colocada en planta baja para dar servicio a la climatización por aire de la planta a través de conductos de fibra de vidrio. Los emisores de aire climatizado son rejillas y difusores.
- **Bomba de calor agua-aire Climatemaster TS20 042.** Está colocada en planta primera para dar servicio a la climatización por aire de la planta a través de conductos de fibra de vidrio. Los emisores de aire climatizado son rejillas y difusores.
- **Bomba de calor agua-aire Climatemaster TS20 048.** Está colocada en planta segunda para dar servicio a la climatización por aire de la planta a través de conductos de fibra de vidrio. Los emisores de aire climatizado son rejillas y difusores.

Como resumen de las bombas de calor aquí se ofrece la siguiente tabla:

| | FABRICANTE | MODELO | POTENCIA CALEFACCIÓN (kW) | COP Calefacción | POTENCIA REFRIGERACIÓN (kW) | COP Refrigeración |
|----------------|---------------|----------|---------------------------------|--------------------|-----------------------------------|----------------------|
| SÓTANO | Vaillant | VWS83/2 | 9,3 | 4,7 | 5 | --- |
| P. BAJA | Climatemaster | TS20 048 | 11,5 | 4 | 11,6 | 4 |
| 1º PISO | Climatemaster | TS20 042 | 9,3 | 4,2 | 8,9 | 4 |
| 2º PISO | Climatemaster | TS20 048 | 11,5 | 4 | 11,6 | 4 |
| TOTAL | | | 41,6 | 4,2 | 37,1 | 4 |

Tabla 10 Características de las bombas de calor instaladas

Se puede observar que no se ofrece el COP de la bomba de calor del sótano en modo de refrigeración. Esto es porque el COP sería muy superior en refrigeración, ya que la refrigeración es pasiva y únicamente se generaría a partir del consumo eléctrico de la bomba circuladora del terreno.

6.3. Bombas circuladoras

La bomba de circulación del sistema de intercambio geotérmico seleccionado ha sido la siguiente:

WILO DPL 40/120-1,5/2: Bomba de circulación doble en línea de rotor seco con conexión embridada accionada por variador de frecuencia, incluso válvulas de seccionamiento, filtro, válvula antirretorno, bridas, accesorios en PE100 termosoldados. Incluso sistema de medida de presión diferencial con manómetro de glicerina.

Se han instalado dos bombas en paralelo, una de ellas de repuesto, para el caso de que alguna de las dos falle. La ficha técnica de las bombas de puede consultar en el anexo 3.

6.4. Esquema general

El esquema general con los equipos mencionados se ofrece a continuación, junto al resto de componentes (válvulas, filtros, etc.) necesarios para su funcionamiento:

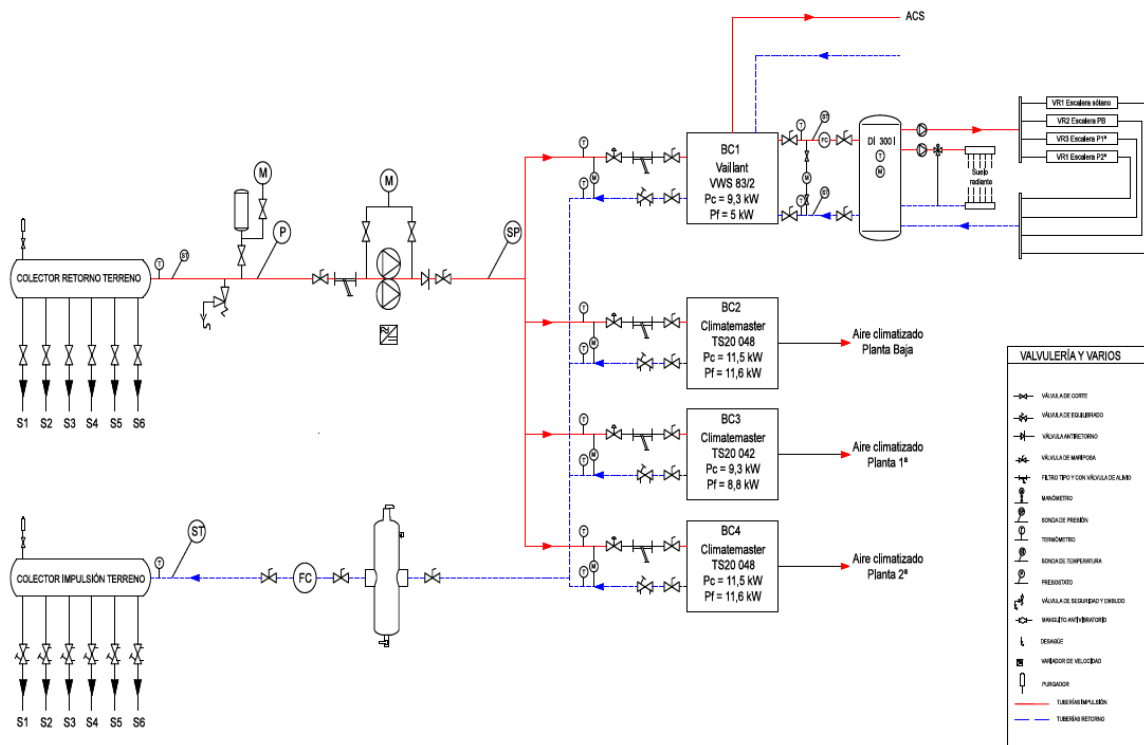


Imagen 12 Esquema de principio del sistema geotérmico

7. ESTUDIO ECONÓMICO

Una vez dimensionada la instalación de intercambio geotérmico, y tras haberse realizado los procedimientos de sondeos ya mencionados, se procederá a realizar el estudio económico del proyecto.

7.1. Presupuesto

En la siguiente tabla se desglosa la inversión que se ha realizado para poner en marcha el sistema de aclimatación mediante geotermia, con todos sus componentes:

| CONCEPTO | UNIDADES | PRECIO(€) /UNIDAD | IMPORTE (€) |
|--|----------|----------------------|------------------|
| PRODUCCIÓN TÉRMICA | | | |
| Pozos para intercambiadores geotérmicos | 5 | 4.176,75 | 20.883,75 |
| Intercambiador geotérmico | 1 | 1.766,19 | 1.766,19 |
| Bomba de calor agua-agua Vaillant 83/2 y generación y acumulación de ACS, depósito 175l. | 1 | 9.347,59 | 9.347,59 |
| Bomba de calor agua-aire Climatemaster TS048 | 2 | 6.533,80 | 13.067,60 |
| Bomba de calor agua-aire Climatemaster TS042 | 1 | 6.377,80 | 6.377,80 |
| Sistema de bombeo terreno | 1 | 5.159,72 | 5.159,72 |
| Separador de lodos y aire | 1 | 1.537,21 | 1.537,21 |
| Conjunto llenado y vaciado | 1 | 607,83 | 607,83 |
| Sistema seguridad y expansión | 2 | 332,34 | 664,68 |
| Sistema de purgado automático | 1 | 482,52 | 482,52 |
| Depósito de inercia 300 l | 1 | 1.025,27 | 1.025,27 |
| Bomba circuladora | 2 | 417,39 | 834,78 |
| Sistema de anclajes y soportes | 1 | 1.184,62 | 1.184,62 |
| Pruebas completas, tramitación y legalización | 1 | 360,00 | 360,00 |
| Señalización y etiquetado | 1 | 270,00 | 270,00 |
| Subtotal | | | 63.569,54 |
| RED GENERAL DE TUBERÍAS | | | |
| Tubería PE100 D90 mm | 35 | 45,51 | 1592,85 |

| | | | |
|---|-----|-----------|-----------------|
| Tubería PE100 D75 mm | 12 | 38,22 | 458,64 |
| Tubería PE100 D63 mm | 12 | 30,64 | 367,68 |
| Tubería PE100 D50 mm | 26 | 23,81 | 619,06 |
| Tubería PPR D40 mm | 33 | 20,07 | 662,31 |
| Tubería PPR D32 mm | 29 | 16,8 | 487,2 |
| Subtotal | | | 4187,74 |
| EMISORES | | | |
| Ventilorradiador Jaga Climacanal CLCF 008 097 17/SNC Rejilla de aluminio lacada RAL9005/404 | 4 | 1.091,28 | 4365,12 |
| Actuador motorizado Jaga 0-10V 24V AC/DC, válvula Jaga Kv estandar 1/2", detentor recto Jaga-short 1/2" | 4 | 374,89 | 1.499,56 |
| Válvula de equilibrado estático TA DN20 | 4 | 101,24 | 404,96 |
| Subtotal | | | 6.269,64 |
| VENTILACIÓN | | | |
| Unidad de recuperación de aire | 1 | 12.088,00 | 12.088,00 |
| Compuerta TVJ-EASY /500x200/00/M/0-1700 m3/h | 4 | 736,61 | 2.946,44 |
| Conducto Climaver Plus R | 325 | 20,28 | 6.591,00 |
| Conducto flexible D200 mm | 48 | 18,57 | 891,36 |
| Rejillas impulsión AF-0-DG/525x75/0/0/S1/RAL 7037 | 20 | 122,93 | 2.458,60 |
| Rejillas impulsión AF-0-DG/1025x75/0/S1/RAL 7037 | 6 | 161,61 | 969,66 |
| Rejillas impulsión AF-0--D/525x75/0/0/S1/RAL 7037 | 3 | 114,25 | 342,75 |
| Rejillas de retorno (pared) AEH11-0-A/2010x150/A2/0/S1/blanco | 2 | 152,58 | 305,16 |
| Rejillas de retorno (pared) AEH11-0-A/1010x150/A2/0/S1/blanco | 2 | 98,22 | 196,44 |
| Rejillas de retorno (suelo) AF-0-A/425x75/0/0/S1/RAL7037 | 8 | 78,25 | 626,00 |
| Rejillas de retorno (suelo) AF-0-A/1025x75/0/0/S1/RAL7037 | 2 | 129,60 | 259,20 |
| Regulador difusor VFL/125/80 m3/h | 16 | 117,36 | 1.877,76 |
| Difusor poliamida (Ral 7037) FBK-2-H-K-SV-A/200/0/0 | 16 | 102,15 | 1.634,40 |
| Compuerta motorizada TVR-EASY/100/0/0/M/0-174 m3/h | 2 | 373,94 | 747,88 |
| Compuerta motorizada TVR-EASY/100/0/0/M/0-223 m3/h | 1 | 373,94 | 373,94 |

| | | | |
|---|----|----------|------------------|
| Rejillas decorativas AF-0-A/1000x75/0/EM/0/S1/RAL7037 | 8 | 99,36 | 794,88 |
| Compuertas con actuador proporcional ventilación ED500x214 | 8 | 366,12 | 2.928,96 |
| Compuertas todo-nada freecooling ED500x214 | 3 | 303,48 | 910,44 |
| Compuertas todo-nada invernadero ED500x514 | 3 | 365,70 | 1.097,10 |
| Compuerta de sobrepresión SPU 500x214 | 3 | 85,68 | 257,04 |
| Extractor centrífugo CVB 240/180 | 2 | 185,44 | 370,88 |
| Conducto circular chapa | 37 | 14,34 | 530,58 |
| Bocas de extracción tipo 10 | 4 | 8,61 | 34,44 |
| Subtotal | | | 39.232,91 |
| REGULACIÓN Y ELECTRICIDAD | | | |
| Termostato | 8 | 98,06 | 784,48 |
| Monitorización circuito terreno | 1 | 2.852,47 | 2.852,47 |
| Monitorización circuito primario | 1 | 1.912,99 | 1.912,99 |
| Monitorización conductos aire | 1 | 3.460,75 | 3.460,75 |
| Regulación elementos generadores y unidad de recuperación de aire | 1 | 4.968,95 | 4.968,95 |
| Pantalla TFT color Proface | 1 | 754,29 | 754,29 |
| Software GP-Pro EX | 1 | 580,22 | 580,22 |
| Cuadro eléctrico | 1 | 7.555,71 | 7.555,71 |
| Control habitación, Termostato Jaga, ventilorradiador | 4 | 194,28 | 777,12 |
| Fuente alimentación Jaga ventilorradiador 7990.051 24VDC 60W | 4 | 132,94 | 531,76 |
| Contador energía eléctrica | 1 | 566,46 | 566,46 |
| Líneas conexión bombas | 1 | 10,54 | 10,54 |
| Líneas conexión servomotores | 4 | 7,15 | 28,60 |
| Líneas conexión termostato/sonda | 12 | 7,15 | 85,80 |
| Líneas conexión sondas CO2/controlador | 4 | 10,54 | 42,16 |
| Subtotal | | | 24.912,30 |
| VENTILACIÓN CÁMARAS | | | |
| Tubo PVC 125 mm. Emb. Hormigón | 4 | 28,77 | 115,06 |
| Tubo PVC 200 mm | 7 | 38,16 | 267,12 |
| Rejilla pared trox LVS-100 | 12 | 12,71 | 152,52 |
| Celosía fija para ventilación | 1 | 108,94 | 108,94 |
| Canalización chapa galv. 0,8 mm | 1 | 25,71 | 25,71 |
| Subtotal | | | 669,35 |

| RESUMEN | | |
|---------------------------------|-----|-------------------|
| Subtotal Producción térmica | | 63.569,54 |
| Subtotal Red de tuberías | | 4.187,74 |
| Subtotal Emisores | | 6.269,64 |
| Subtotal Ventilación | | 39.232,91 |
| Subtotal Regulación y Electric. | | 24.912,30 |
| Regulación Ventilación cámaras | | 669,35 |
| TOTAL | | 138.841,48 |
| IVA | 18% | 24.991,47 |
| TOTAL PRESUPUESTO | | 163.832,95 |

Tabla 11 Presupuesto del proyecto de climatización

Como se puede observar el presupuesto total asciende a 165.833€. A esta cifra se le ha de sumar el valor de los estudios realizados anteriormente para la viabilidad del proyecto y el valor del sondeo realizado para ver las condiciones del terreno (el TRT y la diagráfia). Esto se desglosa en la siguiente tabla:

| CONCEPTO | UNIDADES | PRECIO(€) /UNIDAD | IMPORTE (€) |
|--|----------|-------------------|-----------------|
| CONSTRUCCIÓN SONDEO PILOTO | | | |
| Puesta en obra, montaje, desmontaje y retirada de equipo de perforación, accesorios y personal especializado | 1 | 1.200,00 | 1.200,00 |
| Perforación vertical a rotopercusión con martillo de fondo en profundidades de 0 a 15 metros | 3 | 38,08 | 114,24 |
| Perforación vertical a rotopercusión con martillo de fondo en profundidades de 0 a 125 metros | 119 | 34,16 | 4.065,04 |
| Sondeo entubado con tubería doble | 125 | 7,20 | 900,00 |
| Sondeo entubado con tubería ranurada | 100 | 2,00 | 200,00 |
| Sondeo revestido en labores de emboquille | 3 | 21,42 | 64,26 |
| Sondeo engravillado con arena sílicea | 5 | 95,20 | 476,00 |
| Sondeo cementado con mortero de cemento con árido síliceo | 8 | 26,18 | 209,44 |
| Día de campo de Técnico Superior | 1 | 550,00 | 550,00 |
| Subtotal | | | 7.778,98 |

| ENSAYO TRT | | | |
|---|-----|--------|------------------|
| Puesta en obra y retirada de equipo de termometrías y personal especializado | 1 | 750,00 | 750,00 |
| Conexionado, llenado y purga del circuito de IG | 1 | 150,00 | 150,00 |
| Registro de temperatura del sondeo | 1 | 150,00 | 150,00 |
| Hora de funcionamiento de equipo durante la realización de ensayo termométrico | 72 | 22,00 | 1.584,00 |
| Día de oficina de Técnico Superior | 1 | 475,00 | 475,00 |
| Subtotal | | | 3.109,00 |
| INGENIERÍA | | | |
| Día de oficina de Técnico Superior | 3,5 | 475,00 | 1.662,50 |
| Informe de resultados | 1 | 750,00 | 750,00 |
| Gestión subvención estudio de viabilidad energías renovables | 1 | 450,00 | Sin cargo |
| Subtotal | | | 2.412,50 |
| RESUMEN | | | |
| Subtotal Construcción sondeo piloto | | | 7.778,98 |
| Subtotal Ensayo TRT | | | 3.109,00 |
| Subtotal Ingeniería | | | 2.412,50 |
| TOTAL | | | 13.300,48 |
| IVA | | 18% | 2.394,09 |
| TOTAL PRESUPUESTO | | | 15.694,57 |

Tabla 12 Presupuesto del ensayo y pruebas de viabilidad

Finalmente, han de considerarse las subvenciones y ayudas que se pueden obtener, ya que al tratarse de una instalación mediante energía renovable esta es proclive a recibirlas. En la Comunidad Autónoma Vasca estas ayudas vienen dadas por el Ente Vasco de la Energía (EVE).

Para el caso de la energía geotérmica y de instalaciones como la de este proyecto, de menos de 200kW instalados, se puede obtener una subvención de alrededor de 375€ por kilowatio de potencia instalado. Esta suma varía respecto a la partida anual del EVE y del número de solicitantes, por lo que la cifra que se obtendrá del total de subvenciones es una estimación.

En nuestro caso, con 53kW de calefacción y 46kW de refrigeración instalados, la cuantía aproximada de subvención obtenible es de 37.127€.

Dicho todo esto, obtendremos la cuantía total de la inversión del proyecto:

| CONCEPTO | CANTIDAD (€) |
|---|-------------------|
| PRESUPUESTO INSTALACIÓN GEOTÉRMIA | 163.832,95 |
| PRESUPUESTO ESTUDIO VIABILIDAD Y SONDEO | 15.694,57 |
| SUBVENCIONES | -37.127 |
| INVERSIÓN FINAL | 142.400,52 |

Tabla 13 Resumen y presupuesto final del proyecto

7.2. Viabilidad económica

El proyecto de la instalación mediante intercambio geotérmico se ha impuesto a los hipotéticos proyectos de instalación mediante caldera de gas natural e instalación mediante caldera de biomasa. Como uno de los principales criterios de selección era el económico, en este apartado se expone como el sistema de intercambio geotérmico, aunque con una inversión inicial mayor, es más rentable a medio-largo plazo, justificando así la instalación que se expone en este trabajo.

Para hacer la comparativa con las mencionadas alternativas, se ha supuesto que la parte del sistema de climatización independiente del sistema de producción de dicha climatización (es decir, el suelo radiante, los emisores de calor y frío, el sistema de tuberías, las rejillas, los contadores, etc.) tendrían el mismo coste que en el caso del proyecto del sistema geotérmico. Por esto, a la hora de hacer la comparativa, se ha supuesto como inversión inicial del sistema geotérmico únicamente la parte de producción térmica y el sondeo, con su respectivo porcentaje de subvención restado.

Para cada alternativa a continuación se calcula la inversión aproximada:

- Caldera de Gas Natural: Para este caso se supone un valor estimado de precio de caldera de 85€ por kilowatio instalado. Como tendríamos 53kW de calefacción la caldera costaría 2.805€. En cuanto al sistema de enfriamiento, se estima que una bomba de calor aire-agua rondaría los 15.500€ para las necesidades del edificio.
- Caldera de Biomasa: Se estima que una caldera de biomasa tendría un precio de 550€ por kilowatio instalado. En este caso se tiene en cuenta que la biomasa está considerada energía renovable y es susceptible a subvención, que rondaría los 105€

por kilowatio. Por lo que teniendo 53kW de calefacción instalados el precio total de la caldera (restando la subvención) sería de 13.035€. Para la refrigeración la bomba de calor sería idéntica al caso del gas natural, siendo su coste de 15.500€. En este caso, sabiendo que la biomasa es difícil de almacenar en lugares reducidos, se supone que necesitará de un lugar para guardarlo, que se aproxima en 10.000€.

Por lo que a inversiones de los sistemas de producción de calor y frío se debe, en la siguiente tabla se ofrecen los resultados:

| SISTEMA | INVERSIÓN (€) |
|-------------------------------|---------------|
| Intercambio Geotérmico | 61.165 |
| Caldera Gas Natural | 18.240 |
| Caldera Biomasa | 46.370 |

Tabla 14 Inversiones comparativas de las distintas alternativas

Como se puede ver, en el caso del sistema de intercambio geotérmico la inversión es mucho mayor. En cuanto a los gastos anuales, para el sistema geotérmico solo se tendrá el consumo de energía eléctrica de la bomba de calor. Este consumo se calculará mediante los SPF en calefacción y refrigeración, y el consumo térmico estimado de calefacción y refrigeración. En el caso de las alternativas a comparar, tendremos:

- Caldera de gas natural: Se ha supuesto un COP de 2 para la caldera de gas natural, y del 2,7 para la enfriadora. Con los consumos anuales se calcula la eléctrica que se debería de dar. Todo esto se calcula en kWhe equivalentes para la comparación.
- Caldera de biomasa: Se ha supuesto un COP de 2,3 para la caldera de gas natural, y del 2,7 para la enfriadora. Con los consumos anuales se calcula eléctrica que se debería de dar. Todo esto se calcula en kWhe equivalentes para la comparación.

Los factores para la equivalencia de los kilowatios hora se han obtenido del catálogo del IDAE sobre factores de conversión de energía y CO2.

En la siguiente tabla se ofrecen los datos de consumo anual de energía eléctrica equivalente de cada tipo de sistema:

| SISTEMA | CONSUMO ANUAL (kWhe) |
|-------------------------------|----------------------|
| Intercambio Geotérmico | 18.205 |
| Caldera Gas Natural | 33.402 |
| Caldera Biomasa | 30.579 |

Tabla 15 Consumos en kWh anuales de cada sistema

Estos valores en energía han de ser pasados a valor monetario para la comparación económica. Esto se ha realizado con los siguientes supuestos:

- Energía eléctrica: 125,54 €/MWh sin IVA correspondiente a:
 - o Contrato en alta tensión
 - o Tarifa con triple discriminación horaria
 - o Distribución de consumo: Punta: 23%, Llano 41%, valle 36%
- Gas Natural: 47,48 €/MWhpci sin IVA
- Pellets: 190 €/t ó 40,53 €/kWhpci (PCI = 16.876 kJ/kg)

También se estima que el mantenimiento anual de la caldera de gas natural y/o la caldera de biomasa será de aproximadamente 500€, valor que no se sumará a los gastos anuales del sistema de intercambio geotérmico ya que no precisa de mantenimiento.

Con los respectivos cálculos y conversiones, se obtiene la siguiente tabla con los gastos anuales en euros de cada sistema de climatización:

| SISTEMA | CONSUMO ANUAL (€) | AHORRO RESPECTO A GEOTERMIA (€) |
|------------------------|-------------------|---------------------------------|
| Intercambio Geotérmico | 2.248 | --- |
| Caldera Gas Natural | 6.036 | 3.788 |
| Caldera Biomasa | 5.568 | 3.320 |

Tabla 16 Consumos anuales de cada sistema y ahorro respecto al sistema geotérmico

Con todo lo anteriormente calculado, se puede obtener los hipotéticos tiempos de retorno de la inversión del sistema geotérmico respecto a las dos alternativas, viendo de este modo que a partir de cierto tiempo la inversión quedaría “amortizada” respecto a las otras dos alternativas barajadas.

| | CALDERA GAS NATURAL | CALDERA BIOMASA |
|--------------------------------------|---------------------|-----------------|
| SOBREINVERSIÓN RESPECTO A (€) | 42.925 | 14.795 |
| AHORROS ANUALES (€) | 3.788 | 3.320 |
| TIEMPO DE RETORNO (AÑOS) | 11,3 | 4,5 |

Tabla 17 Comparación y tiempos de retorno hipotéticos respecto a las alternativas planteadas

Como se puede ver, aunque la inversión realizada sea mayor, a la larga el sistema de intercambio geotérmico saldrá más barato al consistorio que el sistema de gas natural o el de biomasa.

8. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

Los trabajos comenzaron en Diciembre del 2011. Tras las labores de ingeniería básica y de detalle, se comienza con los sondeos. La solución proyectada requiere la perforación de 750 m de sondeos. Se perforaron 5 sondeos de 125 m de profundidad a los que hay que añadir el sondeo piloto ejecutado en marzo de 2011 de 125 m de profundidad. El campo de sondeos queda situado debajo del edificio.

La perforación se realizó mediante el empleo de sistema de rotopercusión con martillo neumático en fondo, apto para atravesar formaciones duras y compactas. El volumen de escombros generado, teniendo en cuenta un diámetro de perforación de 152 mm para los primeros metros, entre 4 y 17 m de perforación, y 130 mm para el resto y un esponjamiento del 25%, es de 12,7 m³. Se utilizaron los mecanismos adecuados: balsas de ripios, contenedores, bombeos, etc., con el fin de permitir la separación del agua y el secado del ripio extraído, previo a su empleo como relleno en obra o a su traslado a vertedero autorizado.



Imagen 13 Operarios trabajando en las labores de perforación de los sondeos

El diámetro de perforación es 130 mm. La zona superior se perforó con un diámetro ligeramente mayor (152 mm) para permitir la instalación de la tubería de emboquille hasta aproximadamente los 5 m de profundidad como media que impide la entrada al sondeo de ripios o cualquier otro elemento desde la superficie de trabajo. Una vez colocados los intercambiadores verticales, se rellenó el espacio anular libre de las perforaciones con grava silíceo hasta el metro -25 bajo rasante. Entre el metro -25 hasta el -1 se rellenó con un mortero térmicamente mejorado mezclado con grava silíceo. Desde el metro -1 hasta la cota del emboquille se rellenó posteriormente una vez realizado el tendido de las conducciones horizontales en las zanjas.

Después se instalaron las conducciones horizontales, tendidas sobre el terreno a poca profundidad, que completan el circuito cerrado que recorre el fluido caloportador de cada sondeo hasta los colectores en el cuarto mecánico en el interior del edificio, que son elementos ajenos al intercambiador geotérmico. Su misión no es captar o inyectar calor del/al terreno, sino transportarlo. Los colectores quedan en el interior del cuarto mecánico y disponen de las llaves de seccionamiento y de regulación de cada sondeo y elementos de purgado.



Imagen 14 Operarios instalando las conducciones horizontales del sistema geotérmico

Una vez realizada la instalación y las pruebas hidráulicas necesarias, se procedió al relleno de las zanjas con arena y material seleccionado de la excavación o ripio de los sondeos evitando cualquier daño a las conducciones. Se señalaron las conducciones de polietileno mediante una cinta de color llamativo colocada 20 cm por encima de la generatriz superior.

Después de terminar con la instalación del intercambiador geotérmico se desarrollaron las obras de construcción del nuevo edificio del Ayuntamiento, donde el extremo de las conducciones quedó localizado en lo que es el cuarto mecánico.



Imagen 15 Extremo del intercambiador geotérmico situado en la sala de máquina (en obras)

Dentro del cuarto mecánico se dispuso del debido equipamiento del circuito: bomba circuladora, elementos de seccionamiento, purgado, filtrado y eliminación de lodos, elementos de expansión, válvula de seguridad y válvulas de equilibrado estático.

Finalizando la construcción del edificio se instaló la red de tuberías, rejillas, difusores, compuertas, suelo radiante, controladores y válvulas, además de las bombas de calor correspondientes a cada planta del edificio, conectadas al sistema de difusión.

El control del sistema de climatización del edificio del ayuntamiento de Arama está basado en un controlador micro-procesado central que supervisa otros cuatro controladores de campo, uno por planta.

Luego se instala el sistema de monitorización por el cual se seguirá el desarrollo y buen funcionamiento de la instalación de geotermia.

8.1. Diagrama de Gantt

Para detallar los tiempos de la implementación de toda la obra descrita hasta su puesta en marcha, se ofrece el diagrama de Gantt del proyecto realizado:

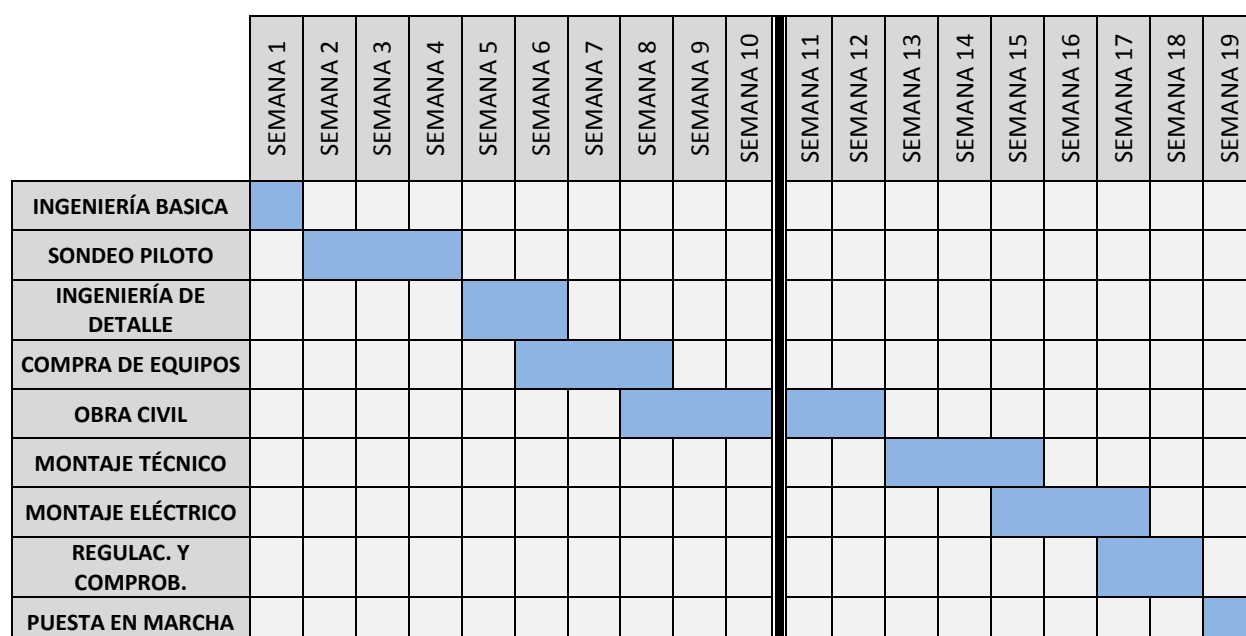


Gráfico 8 Diagrama de Gantt del proyecto

Aunque las semanas del proyecto indicadas en el diagrama sean continuas, esto se debe a la enumeración de las semanas correspondientes a la parte del proyecto de TELUR Geotermia y Agua S.A., ya que la línea gruesa que divide el gráfico significa el transcurso de 6 meses en los que se siguió construyendo el edificio del Ayuntamiento pero la obra civil de lo respectivo al sistema de climatización estuvo parada hasta que el edificio estuviera en condiciones estructurales como para seguir con ellas.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1. Conclusiones

En cuanto a las conclusiones del estudio realizado, principalmente se puede decir que de las alternativas que se presentaron para el sistema de calefacción y refrigeración de las instalaciones del Ayuntamiento de Arama, el de intercambio geotérmico que se describe en este trabajo fue la mejor elección. Por un lado, como se ha demostrado en el apartado anterior, a medio-largo plazo económicamente este sistema sale más rentable, aunque la inversión inicial sea considerablemente mayor. Por otro lado, desde el punto de vista medioambiental, el sistema instalado es el que menos contamina, ya que sólo consume la energía eléctrica de las bombas de calor y la bomba circuladora, y no emana ningún gas ya que no precisa de quemar nada.

En cuanto al sondeo piloto, se ha observado que el terreno es apropiado para la instalación del sistema geotérmico, con los parámetros ya indicados durante el trabajo. Generalmente, para este tipo de instalaciones geotérmicas, se precisa de una temperatura de terreno de alrededor de 15°C, y una difusividad térmica de 2,5 W/mk, valores muy cercanos a los obtenidos en la prueba TRT y la diagrafía térmica.

En cuanto a la instalación, su funcionamiento es el previsto, y se ha adecuado a la estructura del edificio, con la instalación del sistema de tuberías, rejillas, difusores, etc.

Con el sistema de monitorización, se han ido chequeando los datos del funcionamiento del sistema, con el funcionamiento del edificio que es nuevo y sus usos y necesidades, ya que aunque se hicieron los cálculos preliminares para presuponer los consumos, estos han de comprobarse con el uso real del edificio. Estas monitorizaciones han dado resultados positivos, viendo que el sistema instalado cubre (de sobra) las necesidades de climatización del edificio, aunque queda decir que todavía hoy día no se está usando el edificio al 100% de los usos previstos, por lo que habrá que seguir de cerca las monitorizaciones en un futuro cuando el edificio tenga más uso.

En cuanto a los consumos totales de electricidad del edificio, en el siguiente gráfico se puede ver la proporción que supone el sistema de climatización mediante geotermia:

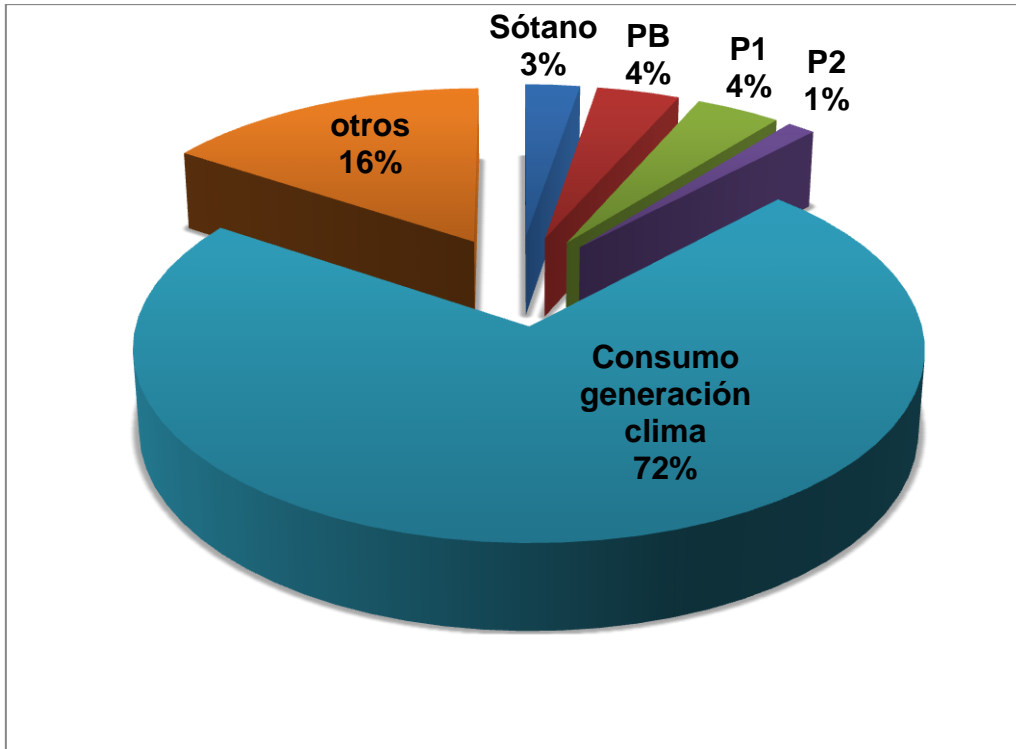


Gráfico 9 Consumos de energía eléctrica del edificio en funcionamiento

En cuanto a la energía térmica solicitada por el edificio, la mayor parte es del suelo radiante de la planta sótano, como se puede observar en el siguiente gráfico:

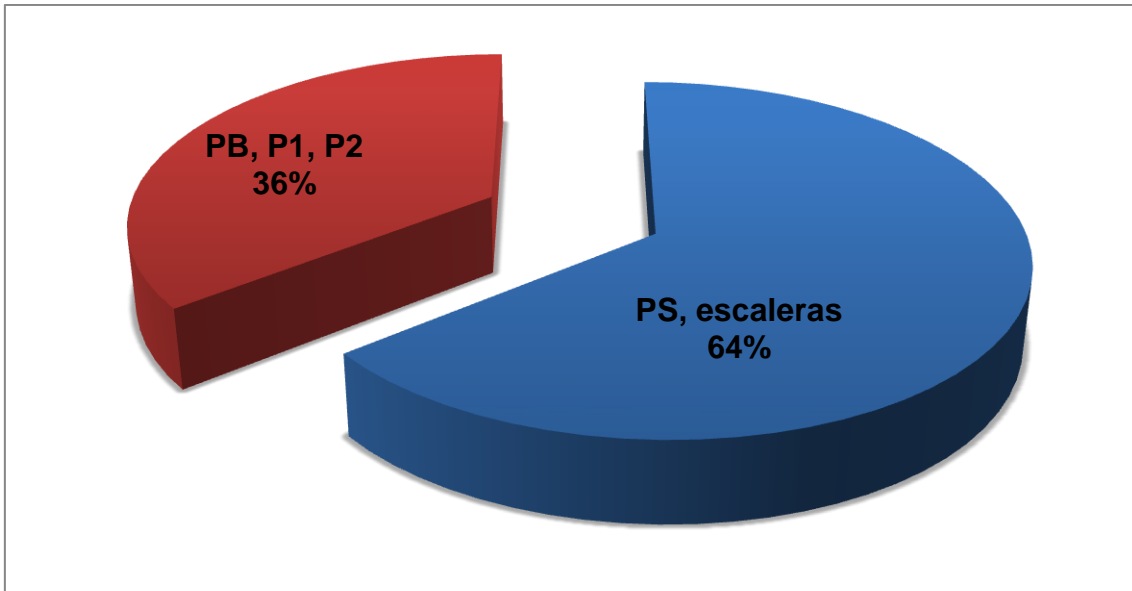


Gráfico 10 Consumo de energía térmica en proporción del edificio

9.2. Recomendaciones

Se sigue haciendo la monitorización del sistema en continuo, para observar su funcionamiento. En los primeros meses de funcionamiento hay que realizar revisiones y limpiezas de filtros anti lodos, ya que, aunque el sistema de intercambio geotérmico sea cerrado, durante la obra puede que el agua interior este algo sucia por lo que conviene revisar filtros. A la larga esto se realiza muy esporádicamente, ya que en su correcto funcionamiento nada entra dentro del sistema cerrado.

En cuanto a las bombas circuladoras, estas deben dar un caudal que desencadene un caudal turbulento dentro del sistema de intercambio geotérmico, ya que de este modo se consigue mayor transmisión de calor con el terreno que en régimen laminar. Esto ha de tenerse en cuenta, ya que el diámetro del tubo y el tipo de fluido son constante (por lo que el número de Reynolds dependerá del caudal), y el caudal circulatorio puede depender de la necesidad del momento, y hay que buscar una buena correlación entre no andar encendiendo y apagando las bombas constantemente e intentar que el flujo no sea laminar. Estos detalles pueden aumentar considerablemente el rendimiento del sistema.

Por último, queda decir que la instalación actual puede mejorar en el sentido de suministro eléctrico. Si se instalara algún sistema de producción energética renovable (probablemente solar o mini eólica), el sistema de calefacción y refrigeración sería completamente autónomo y tras amortizar la hipotética inversión del sistema de energía renovable el consistorio podría gozar de climatización gratuita durante largos años, ya que los sistemas de intercambio geotérmico se instalan con una previsión aproximada de 50 años de funcionamiento normal.

10. ESQUEMAS Y PLANOS

A continuación se ofrecen diferentes planos y esquemas del sistema de intercambio geotérmico, de los conductos, y del edificio en general, además de esquemas del funcionamiento de distintas partes del sistema:

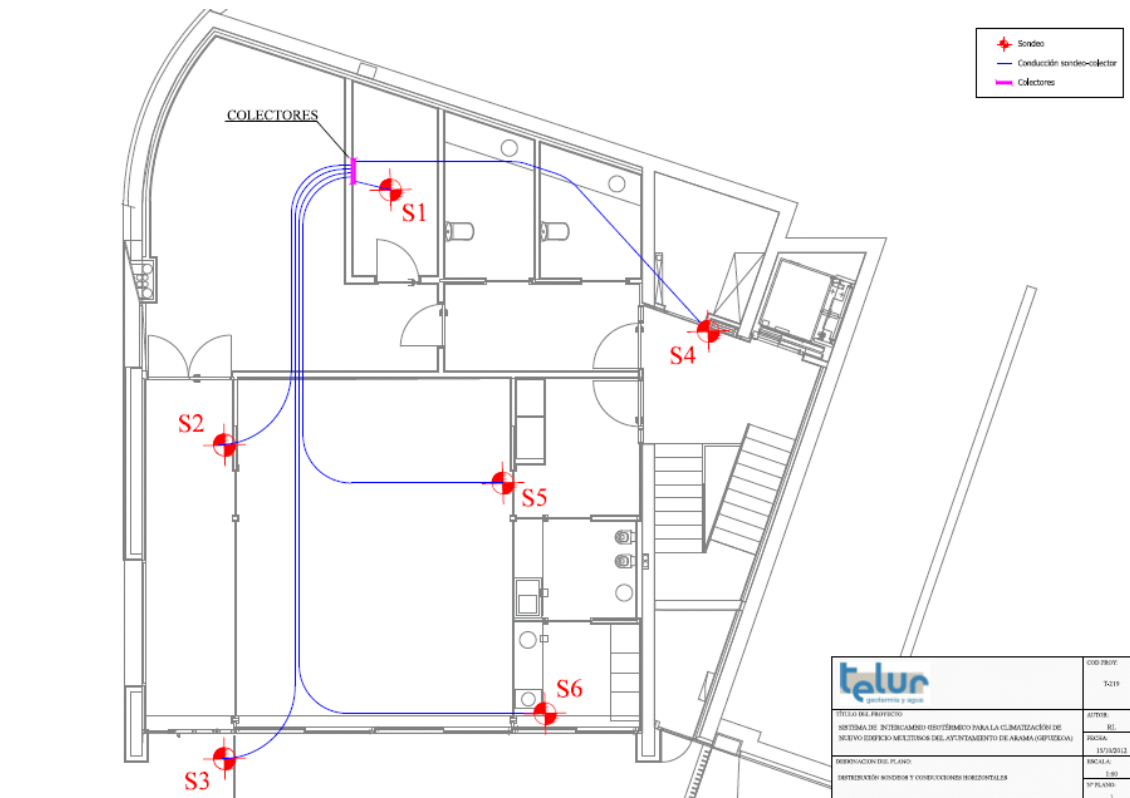


Imagen 16 Plano de los sondeos del terreno sobre el plano del edificio

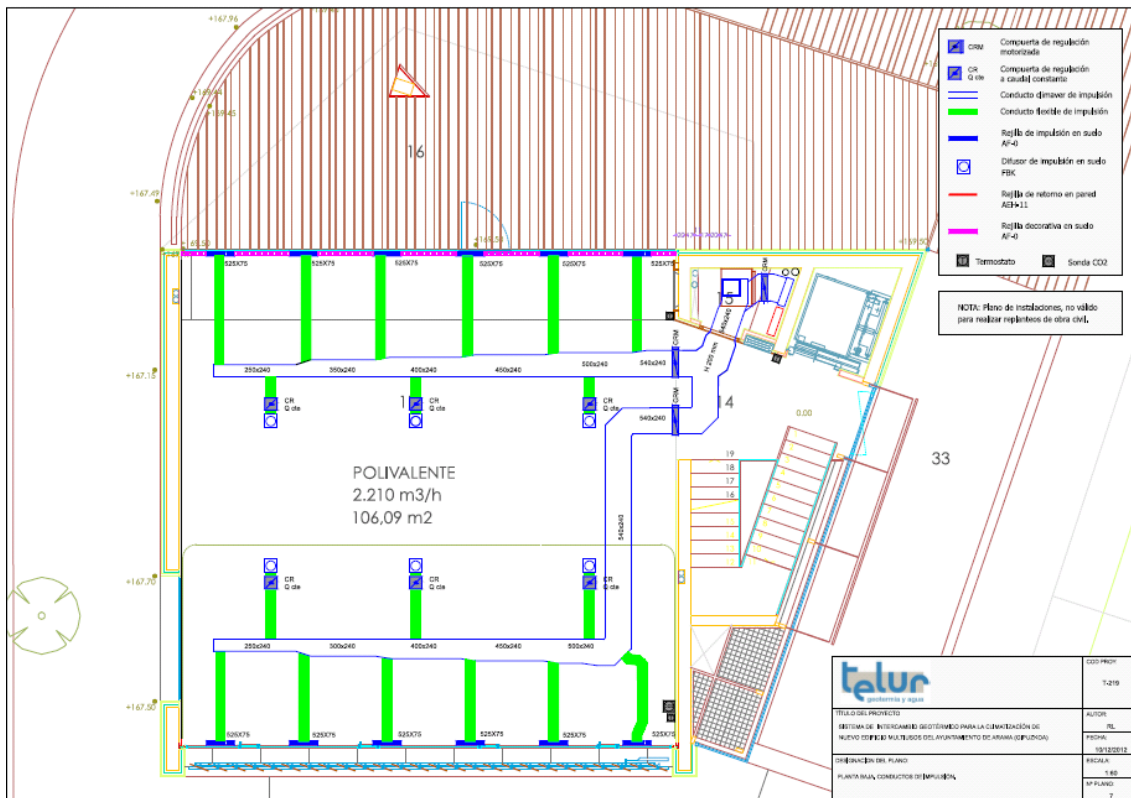


Imagen 17 Plano de la planta baja con detalle de sistema de tuberías

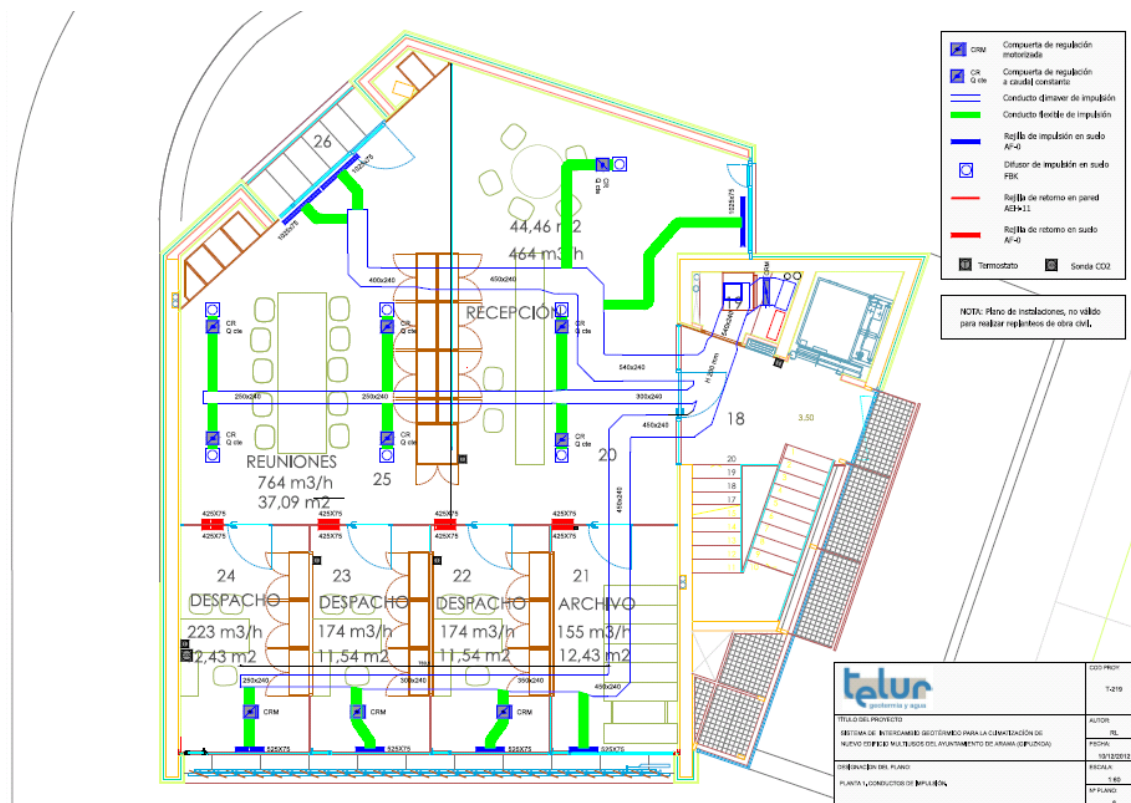


Imagen 18 Plano de la primera planta con detalle de sistema de tuberías

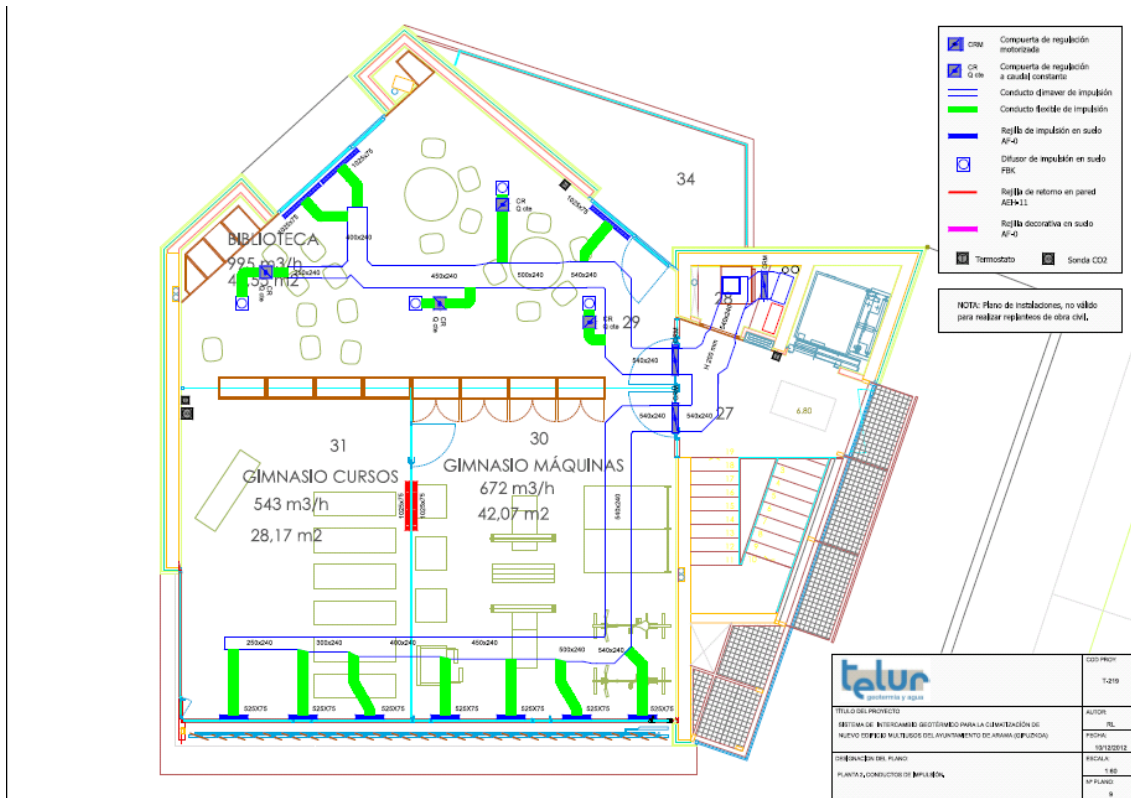


Imagen 19 Plano de la segunda planta con detalle del sistema de tuberías

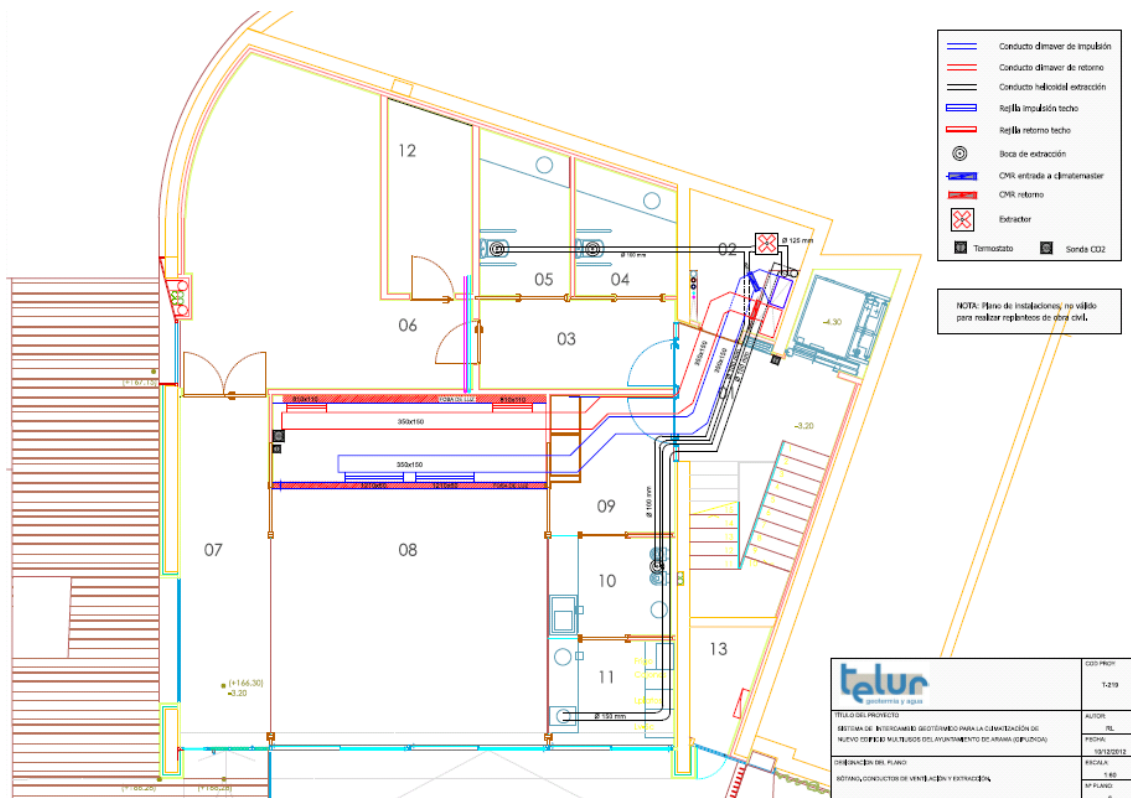


Imagen 20 Plano del sótano

11. PLIEGO DE CONDICIONES

11.1. Normativa y legislación aplicable

Para la redacción del proyecto técnico se ha tenido en cuenta la siguiente normativa y legislación:

- LEY 29/1985, de 2 de agosto de Aguas
- R.D.L. 1/2001. Texto refundido de la Ley de Aguas
- R.D. 849/1986. Reglamento del Dominio Público Hidráulico
- R.D. 606/2003. Modificación del Reglamento del Dominio Público Hidráulico
- LEY 22/1973, de 21 de julio, de Minas
- R.D. 863/1985 de 2 de abril. Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.
- R.D. 863/1995. Instrucciones Técnicas Complementarias del capítulo VI del R.G.N.B.S.M.
- R.D. 1627/1997 de 24 de octubre. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción
- LEY 38/1999 de 5 de noviembre, Ordenación de la Edificación (LOE)
- CTE y O.M. VIV/984/2009, de 15 de abril. Modificación de determinados aspectos del Código Técnico de la Edificación (CTE)
- DIRECTIVA 2009/28/CE, de 23 de abril de 2009. Fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables

11.2. Condiciones contractuales

Las presentes condiciones tienen como objetivo valorar y establecer las operaciones de contrato para la instalación de un sistema de climatización mediante intercambio geotérmico por el Ayuntamiento de Arama que de aquí en adelante denominaremos PROPIEDAD o CLIENTE.

La validez de la presente propuesta está sujeta a la firma de un contrato que resulte satisfactorio para ambas partes.

ALCANCE DE SUMINISTROS Y SERVICIOS

El alcance de los trabajos y servicios por parte del SUMINISTRADOR comprende lo expresamente descrito en los diversos capítulos que se describen en el presente documento.

En el suministro no se incluyen ni repuestos ni contratos de mantenimiento de ningún tipo, que deberán ser negociados durante el desarrollo del pedido.

El SUMINISTRADOR propondrá que una vez adjudicado el contrato se incluya en las peticiones de oferta de los equipos constituyentes de la planta, los repuestos y contrato de mantenimiento, con objeto de obtener las mejores condiciones para la PROPIEDAD.

PRECIO

El precio correspondiente al suministro, según el alcance, límites de suministro y garantías establecidas en la oferta técnica, así como considerando el resto de condiciones fijadas en la presente oferta comercial, se establece en 142.400,52€ sin IVA y restando subvenciones.

Los precios no incluyen ningún coste de financiación durante el periodo de construcción de la planta, y corresponden a unas condiciones de pago, indicadas en el apartado 2.4., que hagan corresponder el programa de pagos y cobros del SUMINISTRADOR.

Los precios son válidos para una contratación al SUMINISTRADOR de la totalidad de la planta.

CONDICIONES DEL PRECIO

El precio comprende todos los costes de material y mano de obra, tanto de la fabricación como del transporte, descarga, asentamiento, montaje, pruebas, formación del personal de operación, puesta en servicio y documentación de los equipos y accesorios descritos en la Memoria que cubre el presente suministro.

Asimismo, el precio incluye toda clase de impuestos, tasas, derechos, seguridad social, etc. que graven los suministros y servicios, excepto los visados de proyecto, las tasas municipales y cualquier otro impuesto a satisfacer a organismos oficiales de las Administraciones locales, autonómicas y central que sean requeridas para la tramitación de permisos y legalizaciones.

Los precios, total y parciales, no incluyen el impuesto sobre el valor añadido (IVA) y que será repercutido a la PROPIEDAD al tipo aplicable en el momento de la facturación.

El precio del suministro no estará sujeto a revisión alguna con relación a índices que pudieran establecerse por cambios en los precios de mano de obra y/o materiales, salvo retraso importante en el plazo de entrega por causas no imputables al SUMINISTRADOR.

No obstante, cualquier variación del alcance del suministro, trabajos no previstos o costos adicionales que pudieran producirse por causas no imputables exclusivamente al SUMINISTRADOR, se facturarían aparte, previo acuerdo con la PROPIEDAD de los precios correspondientes.

FORMA DE PAGO

La PROPIEDAD hará efectivos los pagos dentro de los 60 días siguientes a la fecha de las facturas mediante transferencia bancaria a las entidades que el SUMINISTRADOR indique.

Cualquier retraso en el pago de facturas, no imputable a incumplimiento del SUMINISTRADOR en sus obligaciones contractuales, devengará un interés del 1 % mensual.

EMISIÓN DE FACTURAS

Se emitirá una factura independiente para cada una de las condiciones de facturación expuestas.

Dichas facturas se cumplimentarán por triplicado, haciendo constar al hito que hacen referencia, y se enviarán a la dirección y atención que se recogerá en el pedido o fax de intención.

PLAZOS DE EJECUCIÓN

La ejecución del suministro estará sujeta a las siguientes fechas:

- Inicio de explotación: 13 meses después del pedido en firme
- Recepción provisional: 14 meses después del pedido en firme.
- Recepción definitiva: 12 meses después de la recepción provisional.

GARANTÍAS

El SUMINISTRADOR garantiza el suministro, tanto en los aspectos de diseño y constructivos como en lo referente a prestaciones y características de funcionamiento.

Dichas garantías hacen referencia a los siguientes conceptos:

Garantías de diseño, construcción y mantenibilidad

El SUMINISTRADOR garantiza que los diversos componentes de su suministro se han diseñado o adaptado para atender las condiciones específicas de este proyecto, teniendo en cuenta las reglas y normas de uso generalmente aceptado en los países de la Comunidad Europea.

Asimismo certifica que la construcción se realizará con materiales, equipos e instrumentos de nueva ejecución, los cuales no han sido utilizados previamente en otras instalaciones en operación.

Durante el periodo de garantía, el SUMINISTRADOR asumirá todos los costes generados por la sustitución y/o reparación de los materiales y accesorios defectuosos, incluidos viajes, dietas y transportes. Esta garantía cubre por igual tanto el suministro directo como al procedente de subcontratación por parte del SUMINISTRADOR.

Aquellos componentes sustitutivos dispondrán de la totalidad del periodo de garantía a partir de la fecha de sustitución.

Estas garantías se extienden por un periodo de 1 año, a contar desde la fecha de la Recepción Provisional, o 15 meses desde la comunicación al contratista de que la planta está lista para el Inicio de Explotación, en caso de que la Recepción Provisional se retrase por causas ajenas al contratista.

Garantía de disponibilidad

El intercambiador geotérmico y los aparatos del sistema de climatización estarán previstos para un funcionamiento continuo de 24 horas al día, durante 325 días al año, lo que representa 7.800 horas al año.

Este periodo es el que se considerará como tiempo de explotación posible anual.

La disponibilidad de cada grupo generador se definirá mediante la siguiente relación:

$$D = \frac{A + B}{A + B + C}$$

Siendo:

- A= Horas en las cuales el sistema geotérmico y los generadores están funcionando
- B= Horas en las cuales el sistema geotérmico y los generadores están parados y en condiciones de funcionar.
- C= Horas que incluyen las requeridas para el mantenimiento programado y las precisas para reparaciones producidas por averías del sistema geotérmico y/o generadores.

Se define como fiabilidad del sistema:

$$F(\%) = \frac{HD - HI}{HD} * 100$$

Donde:

HD= Horas de disponibilidad del sistema geotérmico y generadores.

HI= Horas de indisponibilidad del sistema geotérmico y generadores.

Sobre las expresiones anteriores, el SUMINISTRADOR establecerá un valor de garantía para la disponibilidad y fiabilidad.

El SUMINISTRADOR indicará los requisitos de tiempo necesarios para el mantenimiento programado de su suministro.

Esta garantía está sujeta a que el SUMINISTRADOR realice la supervisión de las inspecciones programadas, y solo incluye posibles fallos de los que sea responsable el SUMINISTRADOR.

En el tiempo de paradas no se cuenta el posible retraso en el comienzo de las tareas de mantenimiento debido a causas ajenas al SUMINISTRADOR.

Garantías de soporte

La garantía sobre el suministro comporta el soporte del SUMINISTRADOR a la PROPIEDAD para asegurar la máxima operatividad del sistema. Este soporte se traduce en:

- 1) La atención del personal técnico del SUMINISTRADOR ante el aviso de la PROPIEDAD a aquel, de determinada incidencia sobre su suministro. El chequeo de dicha incidencia se efectuara telefónicamente y servirá para determinar en forma preliminar su alcance.
- 2) En el caso de que el problema surgido en el suministro no pueda ser solucionado por vía telefónica, la PROPIEDAD puede requerir la presencia en su planta del adecuado servicio técnico del SUMINISTRADOR o de la persona delegada por este para subsanar la avería producida, presentándose lo antes posible y no más tarde de 48 horas siguientes al aviso firme y permaneciendo en ella, si es necesario, hasta la reparación de la misma, salvo que se precisen repuestos no disponibles.
- 3) Si la entidad de la avería o desperfecto obligara a un paro de la instalación superior a 20 días naturales, el SUMINISTRADOR se comprometerá a sustituir totalmente los componentes afectados en un plazo máximo de 20 días, salvo imposibilidad por imperativos de plazo, aplicándose en este caso el plazo mínimo obtenible en el mercado.
- 4) En el caso de que durante los 5 primeros años de funcionamiento de la instalación se observe la presencia de fallos en la misma cuyo origen se demostrara procedente de defectos ocultos de diseño, construcción o materiales, el SUMINISTRADOR se compromete a subsanar a su cargo dichos defectos.

El SUMINISTRADOR se compromete a prestar su soporte, disponer de piezas de recambio y efectuar las reparaciones que le encomiende la PROPIEDAD una vez finalizado el periodo de garantía al menos por un periodo de 10 años desde la Recepción provisional de la instalación.

Superado el periodo de garantía, el SUMINISTRADOR facturará a la PROPIEDAD lo que corresponda a su actuación.

Las garantías de soporte indicadas en los párrafos (1), (2) y (3) de este apartado se extenderán a lo largo de diez años (10) años a contar desde la fecha de la Recepción Provisional.

Otras condiciones de garantía

El periodo de garantía se alargará en los tiempos equivalentes que, por causas imputables exclusivamente al suministro o por indicación del SUMINISTRADOR, el suministro objeto de este pedido haya dejado de funcionar para proceder a la reparación o sustitución de piezas en el mismo. Esta ampliación de garantía se aplicará exclusivamente al componente afectado.

Durante el periodo de garantía, el SUMINISTRADOR tendrá libre acceso a la instalación y será informado por parte de la PROPIEDAD de cuantas incidencias y parámetros de funcionamiento anormales aparezcan durante la explotación, que se desarrollara en extracto cumplimiento con las instrucciones de operación recibidas por parte del SUMINISTRADOR.

Garantía de ejecución

El SUMINISTRADOR presentará al comienzo del trabajo un plan de ejecución de obra detallado en intervalos semanales, donde figurarán claramente los caminos críticos y los hitos de obligado cumplimiento.

Garantía financiera

El SUMINISTRADOR presentará a la recepción del pedido un aval bancario por valor del 10 % del importe del contrato, emitido por una entidad de solvencia reconocida y que estará en vigor hasta la fecha de inicio de la explotación de planta.

PENALIZACIONES

Penalizaciones sobre plazo de entrega

En el caso de que el SUMINISTRADOR incumpliera el plazo final fijado para la Recepción Provisional de la instalación por causas imputables al mismo, tendrá una penalización del 0,5 % del precio total del suministro por cada semana completa incumplida.

Para el cálculo de las penalizaciones por plazo, se contabilizarán las semanas completas transcurridas desde la fecha prevista hasta la fecha de la firma efectiva de la Recepción Provisional. Esta penalización queda limitada a un máximo del 5% del importe total del suministro.

No obstante si el SUMINISTRADOR superase en 15 semanas el plazo fijado en las condiciones indicadas, la PROPIEDAD podrá ejercer su derecho a efectuar, a través de un arbitraje legal, las acciones oportunas basadas en el incumplimiento por parte el SUMINISTRADOR.

Por disponibilidad del suministro

En caso de que el coeficiente de disponibilidad de alguno de los equipos principales (sistema geotérmico y generadores) no alcance, en el transcurso entre Recepción Provisional y Definitiva, el valor garantizado por el SUMINISTRADOR debido a defectos de construcción o funcionamiento atribuibles al suministro, se aplicará una penalización del 0,3 % del precio asociado al equipo afectado por cada punto completo por debajo de dicho valor de garantía.

Esta penalización queda limitada a un máximo del 5 % del importe total de cada suministro afectado.

Por disminución de la potencia del sistema geotérmico

Si no se cumple la potencia garantizada, el vendedor tendrá que realizar los ajustes y correcciones necesarias. Si la potencia garantizada no se cumple después de los ajustes y reparaciones del vendedor, este deberá pagar al comprador una penalidad del cinco por ciento (0,5%) del precio de la planta geotérmica por cada uno por ciento (1%) de disminución de potencia. La potencia garantizada se calculará según pruebas oficiales en las condiciones de operación según ISO 3046/1.

Esta penalización quedará limitada a un máximo del 5% del coste del sistema geotérmico.

Por disminución de la capacidad de los generadores

Caso de que los generadores (bombas de calor) no alcanzaran la capacidad de generación de calor o frío en las condiciones establecidas, se aplicará una penalización del 0,5 % del precio de las mismas (= 10% del contrato) por cada 1% de generación de frío o calor inferior al valor garantizado por el SUMINISTRADOR.

Esta penalización queda limitada a un máximo del 5 % del importe total de los equipos generadores.

Rechazo del suministro

La PROPIEDAD se reserva el derecho de rechazar el suministro objeto de este pedido en cualquiera de las situaciones siguientes:

- Retraso en el plazo de entrega de la Recepción Provisional superior a tres meses.
- Coeficiente de disponibilidad inferior al 90% del valor garantizado.
- Potencia del sistema geotérmico inferior en un 25% al valor garantizado en la instalación.
- Capacidad de los equipos generadores inferior en un 25% al valor de garantía en la instalación.
- Suma de penalizaciones aplicables sobre prestaciones superior al 10 % del importe total del suministro.

Ante estas eventualidades, el SUMINISTRADOR se compromete a subsanar las anomalías y/o sustituir las partes del suministro implicadas dentro del plazo mínimo requerido a partir de la comunicación en firme de dichas anomalías, de tal forma que se alcancen valores dentro de los límites de aceptación.

Si esto no se consigue con las medidas indicadas, la PROPIEDAD podrá rechazar la totalidad del suministro.

SEGUROS

El SUMINISTRADOR será el único responsable de los accidentes que eventualmente pudieran ocurrirle a su personal, al de la PROPIEDAD o al de terceros, así como de los daños que cause a

las instalaciones o equipos debidos a sus operaciones de transporte, descarga, asentamiento, montaje y puesta en marcha.

Excepción a lo anterior lo constituyen los desperfectos y su subsanación originados por vías de acceso de los materiales y/o equipos.

Para ello el SUMINISTRADOR dispondrá a su costa, de una póliza de seguro que cubra los riesgos citados y acreditará a la PROPIEDAD de su existencia.

Por su parte, el SUMINISTRADOR, sus subcontratistas y los equipos y/o materiales quedarán cubiertos de los daños producidos por causas ajenas al SUMINISTRADOR o sus subcontratistas, en el desarrollo de las operaciones descritas, mediante los seguros suscritos por terceros.

SUPERVISIÓN DE FABRICACIÓN Y RECEPCIÓN

El SUMINISTRADOR autoriza a la PROPIEDAD a que pueda desplazar a sus talleres o a los de sus subcontratistas, previa comunicación por escrito y durante horas laborables, a cualquier persona que lo represente a fin de inspeccionar la ingeniería, fabricación, montaje, control de calidad, pruebas en origen y el cumplimiento de los plazos estipulados en este pedido.

Estas inspecciones no alterarán el programa de fabricación y entregas.

Estos controles no eximirán al SUMINISTRADOR de la totalidad de las responsabilidades y obligaciones asumidas.

MODIFICACIONES

Cualquier modificación al proyecto deberá ser objeto de la correspondiente oferta completa y detallada por parte del SUMINISTRADOR, haciéndose constar los siguientes puntos:

- a) Consecuencias de dichas modificaciones con respecto a su propio programa de suministros y entregas.
- b) Validez de la oferta, no inferior a 60 días, si el plazo final lo admite.

El SUMINISTRADOR sólo podrá iniciar la ejecución de los trabajos de modificación después de tener en su poder la correspondiente autorización de la PROPIEDAD por escrito.

OBLIGACIONES

El SUMINISTRADOR efectuará sus trabajos según los reglamentos y leyes vigentes en el territorio español en la fecha del pedido haciendo mención especial al cumplimiento de las normas de seguridad. Si dichas leyes y reglamentos variasen y ello obligara a modificar las características del proyecto, el SUMINISTRADOR realizará la correspondiente oferta conforme al punto modificaciones.

En caso de precisarse permisos de trabajo para el personal del SUMINISTRADOR, éstos serán tramitados por el mismo.

Asimismo, el SUMINISTRADOR se obliga a suministrar los materiales objeto de este pedido, libres de responsabilidad de cualquier género corriendo a su exclusivo cargo cuantos gastos le ocasione la defensa del derecho de PROPIEDAD INDUSTRIAL de los mismos, salvo en el caso de haberse efectuado bajo diseño propio de la PROPIEDAD, ya sea reflejado en la petición de oferta o en modificaciones posteriores a la misma.

NORMATIVA Y PERMISOS

La central termoeléctrica de biomasa se diseñará y construirá teniendo en cuenta tanto la normativa vigente en España como en la comunidad Autónoma de Castilla La Mancha, tanto en cuestiones de seguridad como medioambientales.

Básicamente los aspectos que están sujetos a las normas son los que se citan a continuación y para ellos se solicitará la pertinente autorización de instalación realizándose los oportunos proyectos:

- Condición de autogenerador.
- Aparatos de presión.
- Instalación eléctrica de alta tensión.
- Instalación eléctrica de baja tensión.
- Obra civil.
- Condiciones de seguridad y medio ambientales.
- Certificación de dirección y terminación de obra.

Serán de obligado cumplimiento las normas tecnológicas con sus instrucciones técnicas complementarias cuyo ámbito de aplicación dentro de los diversos equipos e instalaciones integrantes de la planta.

PERSONAL CONTRATADO O SUBCONTRATADO

Todos los trabajos e instalaciones de la obra objeto de este pedido, serán realizados por personal del SUMINISTRADOR, con afiliación a la Seguridad Social o entidad similar del país de origen. El SUMINISTRADOR deberá hacer cumplir a sus subcontratistas dicha normativa.

El SUMINISTRADOR bajo su responsabilidad queda obligado a cumplir con las disposiciones de carácter social, laboral y Seguridad e Higiene en el trabajo y Medio Ambiente que están contenidas en la Reglamentación vigente.

El SUMINISTRADOR deberá de disponer, o en caso contrario suscribir a su costa, una póliza de seguro contra riesgos de indemnización por causas de incapacidad permanente o muerte de su personal en el organismo que corresponda.

En cualquier caso, la PROPIEDAD podrá exigir la presentación de los correspondientes justificantes de pago de los seguros sociales y asistenciales de cada uno de sus colaboradores.

MEDIOS AUXILIARES

Serán por cuenta del SUMINISTRADOR los medios auxiliares tales como andamios, equipos de elevación (incluidos los de descarga y movimiento de equipos), pequeña maquinaria y personal auxiliar no cualificado que se requieran para la debida ejecución de los trabajos objeto de este pedido.

INSTALACIONES PROVISIONALES Y UTILIZACIÓN DE SERVICIOS

Serán a cargo de la PROPIEDAD los gastos provenientes del uso de electricidad, agua de cualquier tipo, gas, aire comprimido, aire de la planta, aire de instrumentos, así como los espacios requeridos por el SUMINISTRADOR.

Igualmente la PROPIEDAD deberá suministrar líneas para teléfono y telefax cuyo uso estaría destinado específicamente para el SUMINISTRADOR y sus subcontratistas.

En el caso de que éste requiriese instalaciones específicas no disponibles, tales como barracones de obra o almacenes, el SUMINISTRADOR deberá procurárselas a su cargo.

La responsabilidad de la vigilancia y seguridad física de los materiales y equipos del SUMINISTRADOR, depositados en el recinto de la PROPIEDAD quedará a cargo de los propios servicios de la PROPIEDAD.

AUTORIZACIÓN DE SUBCONTRATACIONES

El SUMINISTRADOR deberá poner en conocimiento de la PROPIEDAD, para su aceptación, la intención de adjudicar trabajos a subcontratistas que deban trabajar en las instalaciones de la PROPIEDAD, en cuyo caso, éste recibirá copia de la parte técnica del pedido subcontratado.

RETRASOS

El SUMINISTRADOR se obliga y compromete a notificar inmediatamente a la PROPIEDAD cualquier retraso que pudiera producirse en el desarrollo de los trabajos por causa de fuerza mayor, por graves dificultades en el acopio de materiales o por cualquier otra causa que implique incumplimientos de plazos y costes estipulados.

Asimismo el SUMINISTRADOR deberá, a la vez que comunique el retraso en el cumplimiento de los plazos pactados, proponer las medidas que a su juicio sean las idóneas para recuperar con la mayor celeridad los tiempos perdidos.

DIRECCIÓN FACULTATIVA

La Dirección Facultativa del proyecto será llevada a cabo por el SUMINISTRADOR cumpliendo con las atribuciones y responsabilidades que la legislación vigente le atribuye sobre el particular.

RESCISIÓN DEL PEDIDO

La PROPIEDAD podrá rescindir el pedido si el SUMINISTRADOR, después de haber recibido notificación por escrito por parte de la PROPIEDAD, no cumple con sus obligaciones

contractuales esenciales dentro de los tres meses siguientes a la fecha pactada o es declarado en suspensión de pagos, quiebra, embargo o ejecución de cualquier índole.

El SUMINISTRADOR podrá rescindir el pedido si la PROPIEDAD, luego de haber recibido notificación por escrito por parte del SUMINISTRADOR, no cumple con sus obligaciones contractuales esenciales referentes a pagos dentro de los tres meses siguientes a la fecha pactada.

Excepción a estos párrafos son las causas de Fuerza Mayor.

Ambas partes se comprometen a mantener las obligaciones asumidas hasta la fecha de entrada en vigor de la rescisión, la cual deberá ser comunicada a la parte inculpada por medio de carta enviada por conducto notarial.

FUERZA MAYOR

Se entiende por Fuerza Mayor aquellas eventualidades no causadas por algunas de las partes y las cuales son imprevisibles a la firma del pedido. Ninguna de las partes será juzgada de estar en falta respecto a sus obligaciones por dichas causas.

Las partes están obligadas a comunicar por escrito a la otra, el comienzo y el fin de la causa de Fuerza Mayor.

En el supuesto de que el periodo de Fuerza Mayor exceda los seis (6) meses, CLIENTE y SUMINISTRADOR tratarán de llegar a un acuerdo para evitar rescindir el pedido. Ante la imposibilidad de dicho acuerdo se procederá a la rescisión del pedido sin perjuicio de los derechos y obligaciones asumidos hasta dicha fecha.

Ninguna de las partes pedirá indemnización a la otra por dichas causas.

CONFIDENCIALIDAD

El SUMINISTRADOR no revelará a terceros datos que pudiese obtener o conocer derivados de su relación con la PROPIEDAD o facilitados por éste para el desarrollo del proyecto.

Asimismo, ningún documento (plano, fotografía, esquema, etc.) correspondiente al material suministrado, ni la utilización que la PROPIEDAD efectúe del mismo, podrá ser citado, descrito o utilizado por el SUMINISTRADOR con fines, directa o indirectamente publicitarios, sin la correspondiente autorización por escrito por parte de la PROPIEDAD.

Igualmente la PROPIEDAD no podrá hacer uso, para otros fines diferentes de los de la instalación objeto del presente pedido, de la información por escrito por parte del SUMINISTRADOR.

MONTAJE, PUESTA EN MARCHA Y FUNCIONAMIENTO

Quedan excluidos de las presentes condiciones el montaje, puesta en marcha y funcionamiento y serán objeto, en su caso, de pactos distintos.

12. AGRADECIMIENTOS

Mostrar mis agradecimientos a TELUR Geotermia y Agua S.A. y a la ingeniera Ane Sainz Trápaga por la información y ayuda ofrecida.

13. BIBLIOGRAFÍA

- *Guía de la energía geotérmica*, Fenercom. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-la-energia-geotermica.pdf>
- *Guía técnica sobre bombas de calor geotérmicas*, 2009. Fenercom. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.
<http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-Tecnica-Bombas-Calor-Geotermicas.pdf>
- *Norma UNE 100715-1. Diseño, ejecución y seguimiento de una instalación geotérmica somera*. Parte 1: Sistemas de circuito cerrado vertical
- *Sistema de Intercambio Geotérmico para la climatización del nuevo Ayuntamiento de Arama, Gipuzkoa*. Abril 2011. T201 Estudio de Viabilidad. TELUR Geotermia y Agua S.A.
- *Sistema de intercambio geotérmico para la climatización del nuevo edificio multiusos del Ayuntamiento de Arama*. Memoria. Octubre 2012. TELUR Geotermia y Agua S.A.
- *PROYECTO de Central termoeléctrica de Biomasa de 3,2 MW de la puebla de Almoradiel*. Documento Nº4 Pliego de condiciones. Septiembre 2009. Zamora Oyarzun, Iñaki.
- *Geothermal Heat Pump Systems. TRANQUILITY™ 20/27 Series*. CLIMATEMASTER®
- *Catálogo de bombas de calor PREMIUM*. VAILLANT®
- *EGEC Market Report 2013/2014 Update. Fourth Edition*. December 2014. European Geothermal Energy Council – EGEC. <http://egec.info/wp-content/uploads/2011/03/EGEC-Market-Report-Update-ONLINE.pdf>
- *Energía Geotérmica. Resumen. Máster/Postgrado en construcción sostenible y edificación energética*. Sainz Trápaga, Ane.

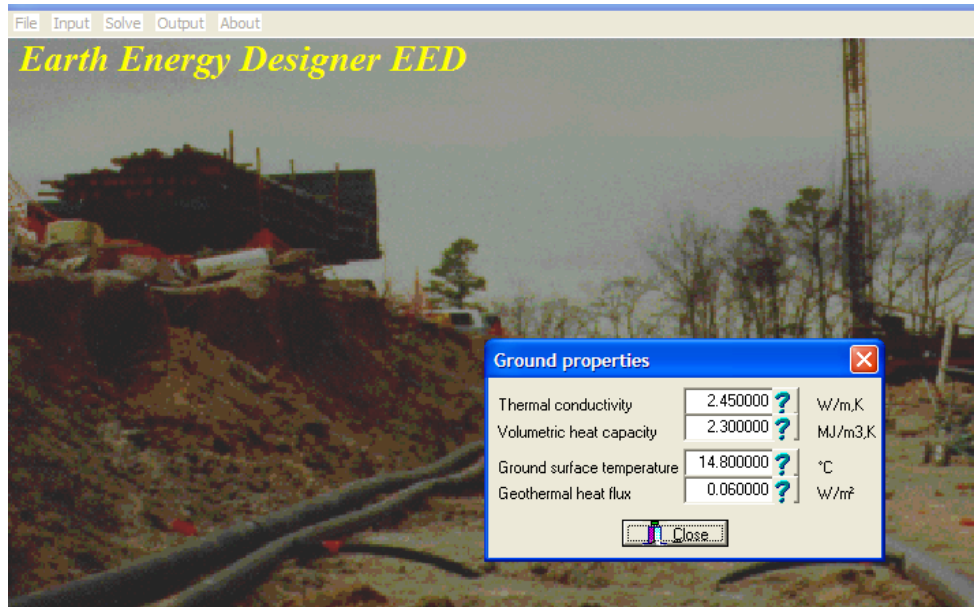


ANEXO I

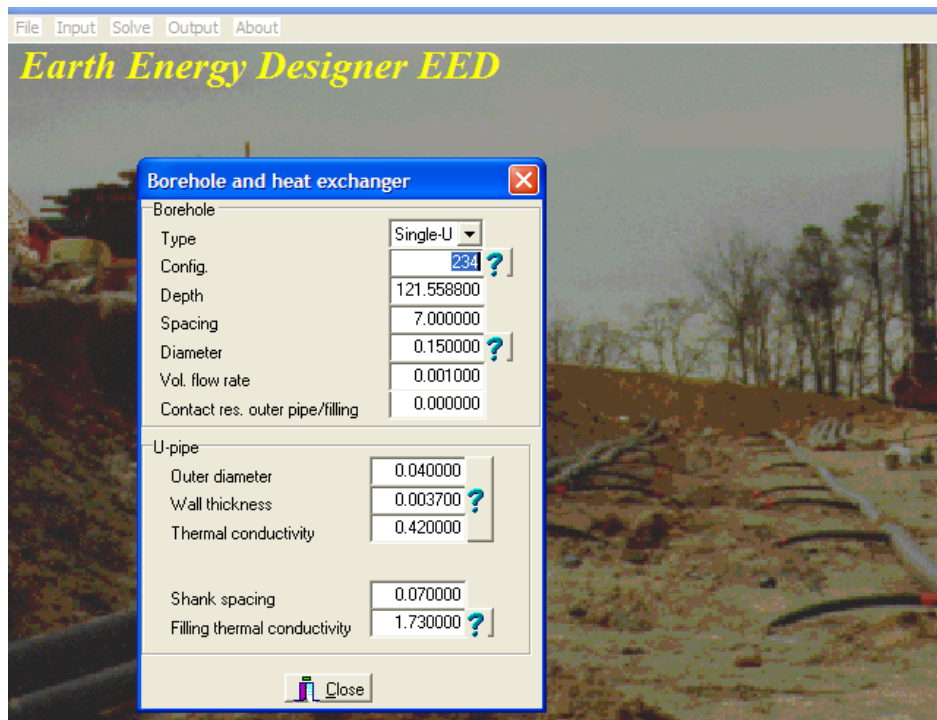
Para el cálculo de la longitud total y número de sondeos a hacer se ha utilizado el software comercial EED 2.0, cuyo funcionamiento y cálculos realizados se muestran a continuación.

Para que el programa realice los cálculos primero hay que introducir los siguientes datos ya calculados o estimados:

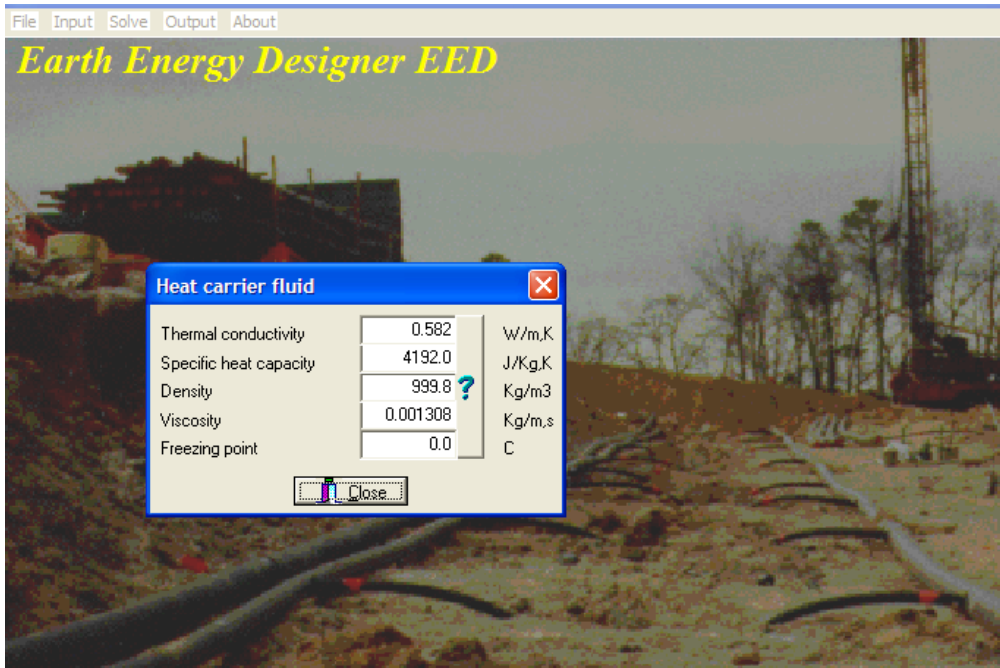
Los parámetros del terreno obtenidos y calculados en la diagráfia y el TRT:



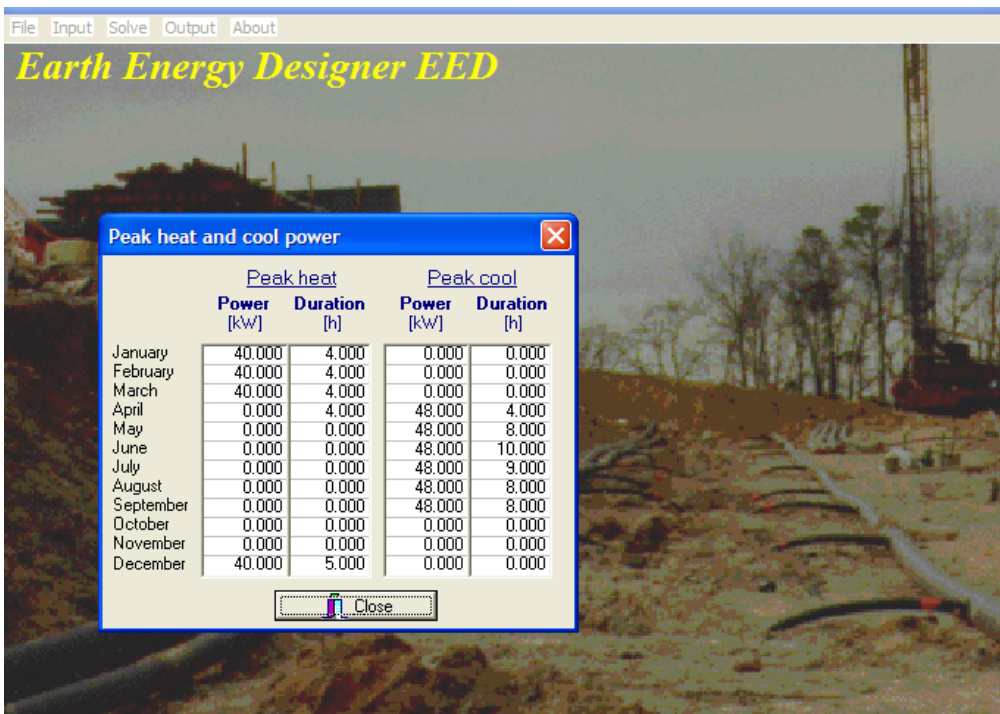
Las condiciones y diseño de los intercambiadores verticales:



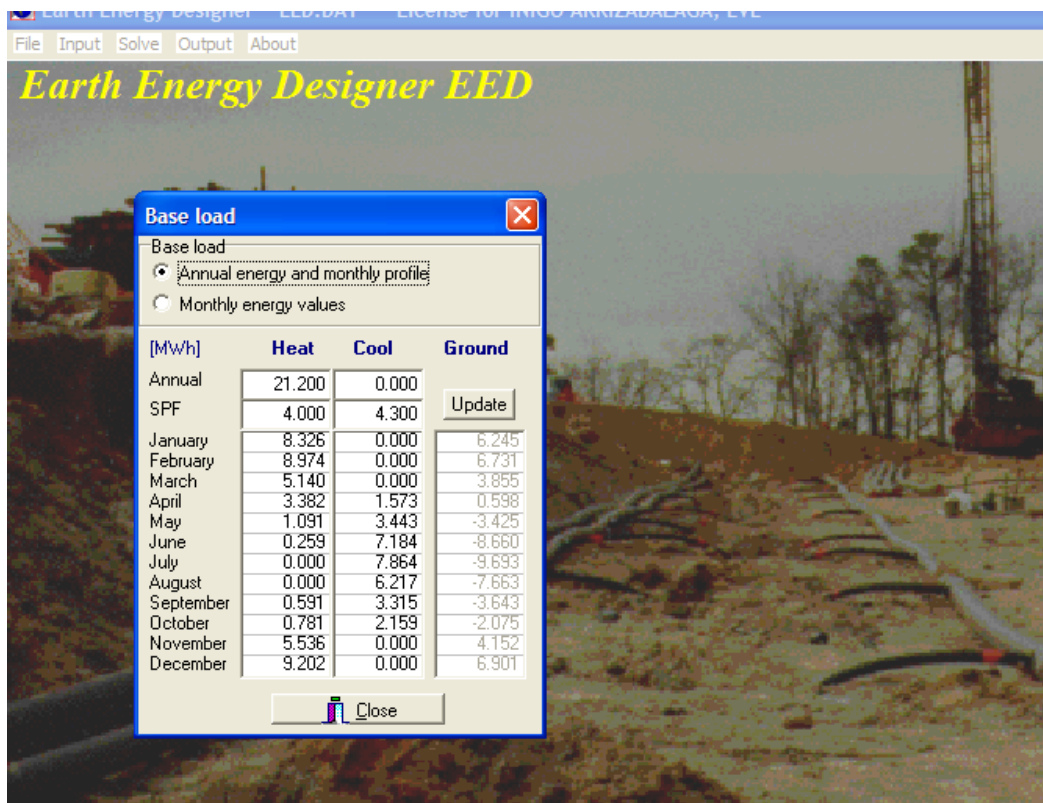
Las propiedades de fluido que circula por el intercambiador:



Cargas pico de calefacción y refrigeración de los meses del año, con su duración estimada:



Demanda de calefacción y refrigeración mensual calculado:



Y con todos estos datos el programa calcula el diseño y longitud del intercambiador geotérmico:

```

DESIGN DATA
=====
GROUND
Ground thermal conductivity      2.450 W/m.K
Ground heat capacity             2300000 J/m³.K
Ground surface temperature       14.80 °C
Geothermal heat flux             0.0600 W/m²

BOREHOLE
Configuration: 6 : 2 x 3, rectangle
- g-function No.                234
Borehole depth                   121.56 m
Borehole spacing                  7.00 m
Borehole installation            SINGLE-U
Borehole diameter                 0.150 m
U-pipe diameter                   0.040 m
U-pipe thickness                  0.0037 m
U-pipe thermal conductivity       0.420 W/m.K
U-pipe shank spacing              0.0700 m
Filling thermal conductivity      1.730 W/m.K
Contact resistance pipe/filling   0.0000 K/(W/m)

```

Donde se puede ver que el diseño calculado es el de hacer 6 sondeos puestos en un rectángulo de 2 x 3, de 121,56 metros de profundidad. Como se ve en el documento, estos sondeos se hicieron de 125 metros de largo con el diseño indicado.



ANEXO II

Del catálogo comercial de *Climatemaster* se obtienen las siguientes tablas y se selecciona como esta indicado en las tablas:

| | Tranquility 20 (TS) Series | | | Tranquility 27 (TT) Series | | |
|--|----------------------------|----------------|---------------|----------------------------|----------------|---------------|
| | Standard | Factory Option | Dealer Option | Standard | Factory Option | Dealer Option |
| EarthPure® HFC-410A Refrigerant | o | | | o | | |
| Single-Stage Compressor | o | | | | | |
| Two-Stage Compressor | | | | o | | |
| Copper Water Coil | o | | | o | | |
| Cupro-Nickel Water Coil | | o | | | o | |
| Variable-Speed Fan Motor | | o | o | o | | |
| Coated Air Coil | o | | | o | | |
| MERV 11 2" Air Filter | o | | | o | | |
| Hot Water Generator | | o | | | o | |
| Bi-Directional Thermal Expansion Valve | o | | | o | | |
| Dual-Level Grommet & Spring Compressor Isolation | o | | | o | | |
| Downflow Configuration | | o | | | o | |
| 3 Compressor Section Access Panels | o | | | o | | |
| 2 Airflow Section Panels | o | | | o | | |
| Polyester Powder Coat Paint | o | | | o | | |
| Fault Identification & Reset at Thermostat | o | | | o | | |
| Condensate Overflow Protection | o | | | o | | |
| Microprocessor Controls | o | | | o | | |
| Unit Performance Sentinel™ Performance Monitor | o | | | o | | |
| ClimaDry™ Whole House Dehumidification | | o | | | o | |
| Extended Labor Allowance and Service Warranty | | o | o | | o | o |
| Digital Multi-Stage Thermostat | | | o | | | o |
| Flow Controller Loop Pumping Module | | | o | | | o |
| Internal Auxiliary Electric Heat | | | o | | | o |

TRANQUILITY 20™ Ground Loop Heat Pump Operation

| Unit | Variable-Speed Motor Operation | | | | PSC Motor Operation | | | |
|--------|--------------------------------|--------------|-----------------|-----|---------------------|--------------|-----------------|-----|
| | Cooling | | Heating | | Cooling | | Heating | |
| | Capacity (Btuh) | EER (Btuh/W) | Capacity (Btuh) | COP | Capacity (Btuh) | EER (Btuh/W) | Capacity (Btuh) | COP |
| TS-018 | 20,200 | 19.4 | 14,500 | 3.9 | 19,500 | 18.4 | 14,500 | 3.6 |
| TS-024 | 26,000 | 20.0 | 19,400 | 3.8 | 26,300 | 19.1 | 19,000 | 3.7 |
| TS-030 | 29,800 | 18.0 | 23,700 | 3.9 | 29,400 | 17.6 | 26,600 | 3.8 |
| TS-036 | 34,600 | 20.2 | 25,800 | 4.2 | 34,500 | 19.2 | 25,700 | 3.9 |
| TS-042 | 40,000 | 20.0 | 30,400 | 4.0 | 39,300 | 19.4 | 31,600 | 3.8 |
| TS-048 | 50,100 | 18.5 | 38,400 | 3.8 | 49,900 | 17.6 | 39,000 | 3.7 |
| TS-060 | 64,000 | 19.0 | 46,700 | 3.8 | 63,300 | 18.2 | 46,500 | 3.7 |
| TS-070 | 70,000 | 17.8 | 53,900 | 3.6 | 70,800 | 16.6 | 54,000 | 3.6 |

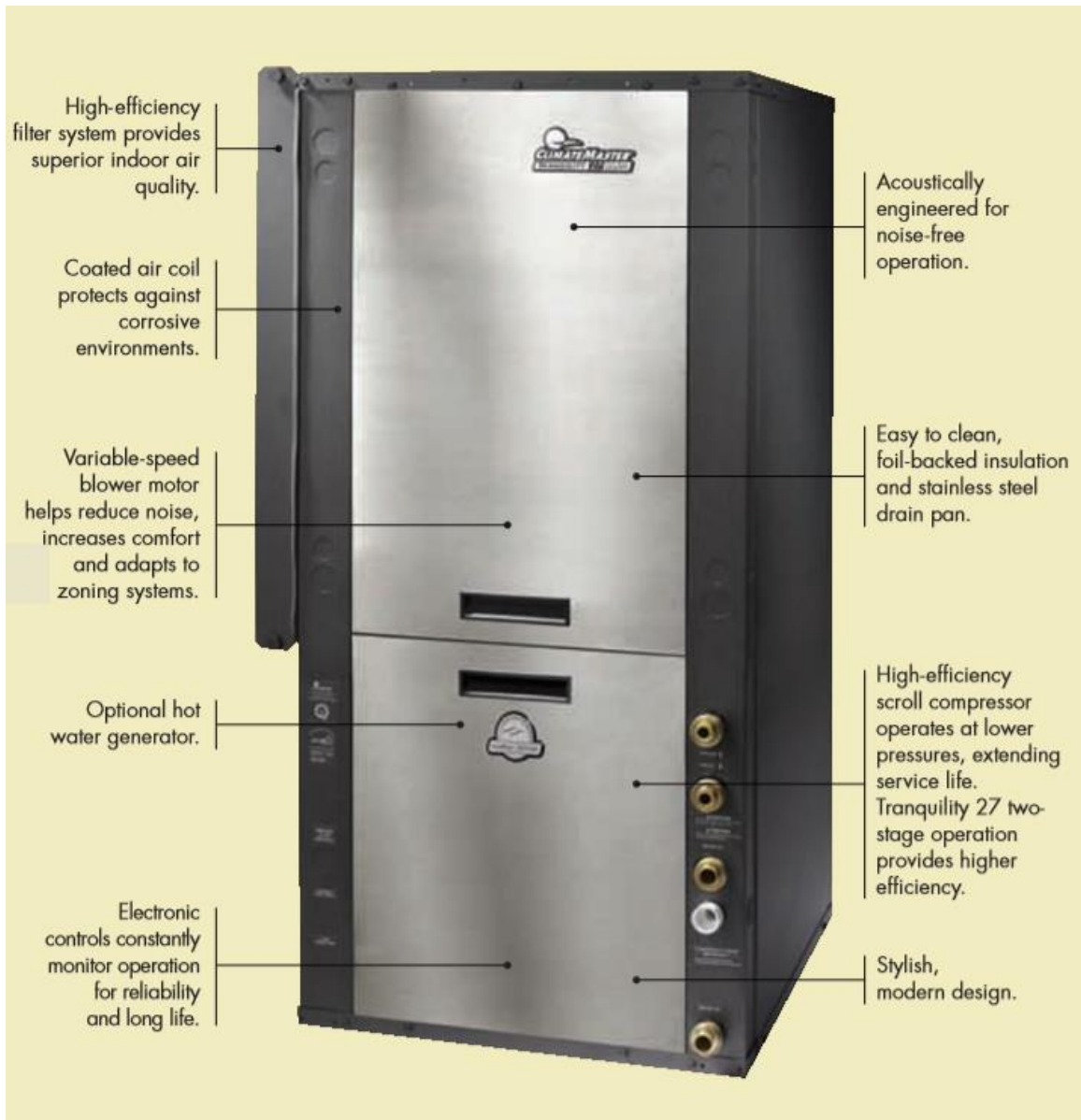
Tested in accordance with ASHRAE/ARI/ISO 13256-1

TRANQUILITY 27™ Ground Loop Heat Pump Operation

| Unit | First Stage Operation* | | | | Second Stage Operation | | | |
|--------|------------------------|--------------|-----------------|-----|------------------------|--------------|-----------------|-----|
| | Cooling | | Heating | | Cooling | | Heating | |
| | Capacity (Btuh) | EER (Btuh/W) | Capacity (Btuh) | COP | Capacity (Btuh) | EER (Btuh/W) | Capacity (Btuh) | COP |
| TT-026 | 21,300 | 26.0 | 16,500 | 4.6 | 26,000 | 18.5 | 19,800 | 4.0 |
| TT-038 | 28,900 | 27.0 | 22,100 | 4.5 | 38,200 | 18.2 | 29,000 | 4.0 |
| TT-049 | 39,600 | 24.9 | 31,200 | 4.6 | 50,600 | 17.9 | 37,500 | 4.0 |
| TT-064 | 49,800 | 25.3 | 37,500 | 4.3 | 64,800 | 17.2 | 48,000 | 3.9 |
| TT-072 | 57,700 | 21.4 | 45,400 | 3.9 | 71,600 | 16.2 | 54,100 | 3.6 |

Tested in accordance with ASHRAE/ARI/ISO 13256-1

* Approximately 80% of your heating and cooling needs are met using first stage operation.



Del catálogo comercial de *Vaillant* se obtiene las siguientes tablas e información y se selecciona como está indicado:

Datos técnicos: bombas de calor geotérmicas

Gama geoTHERM exclusiv VWS

con acumulador integrado y función refrigeración pasiva

| Datos técnicos | Unidad | VWS 63/2 | VWS 83/2 | VWS 103/2 |
|--|----------|---------------------|----------|-----------|
| Potencia calorífica (B5W35 $\Delta T=5K$ conforme a EN 14511) | kW | 6,9 | 9,3 | 11,8 |
| Consumo eléctrico | kW | 1,4 | 2,0 | 2,5 |
| Coefficiente de rendimiento COP | - | 4,7 | 4,7 | 4,7 |
| Potencia frigorífica (B25W18) | kW | 8,8 | 12,7 | 14,8 |
| Consumo eléctrico | kW | 1,5 | 1,8 | 2,4 |
| Coefficiente de rendimiento EER | - | 5,7 | 6,9 | 6,1 |
| Potencia en refrigeración pasiva (ida 18 °C / retorno 22 °C) ¹⁾ | kW | 3,8 | 5,0 | 6,2 |
| Tensión nominal | - | 230 V/50 Hz, 1/N/PE | | |
| Consumo de potencia eléctrica máx. de B20W60 | kW | 2,8 | 4,0 | 4,9 |
| Consumo de potencia eléctrica de la calefacción adicional | kW | 2 / 4 | 2 / 4 | 2 / 4 |
| Fusibles de acción lenta (D) | A | 16 | 20 | 25 |
| Corriente de arranque sin limitador | A | 58 | 76 | 97 |
| Corriente de arranque con limitador | A | <45 | <45 | <45 |
| Consumo eléctrico de la bomba de calefacción | W | 93 | 93 | 132 |
| Consumo eléctrico de la bomba del circuito de captadores | W | 132 | 132 | 195 |
| Caudal nominal del circuito de calefacción | l/h | 1.061 | 1.375 | 1.803 |
| Presión disponible en el circuito de calefacción, $\Delta T=5K$ | mbar | 386 | 324 | 399 |
| Caudal nominal del circuito de captadores | l/h | 1.453 | 1.936 | 2.530 |
| Presión disponible en el circuito de captadores, $\Delta T=3K$ | mbar | 335 | 277 | 216 |
| Temperatura del circuito de calefacción (mín./máx.) | °C | 25/62 | 25/62 | 25/62 |
| Temperatura del circuito de captadores (mín./máx.) | °C | -10/20 | -10/20 | -10/20 |
| Presión de funcionamiento del circuito de calefacción (máx.) | bar | 3 | 3 | 3 |
| Presión de funcionamiento del circuito de captadores (máx.) | bar | 3 | 3 | 3 |
| Conexión de ida/retorno de calefacción | DN | G 1 1/4" / Ø 28 mm | | |
| Conexión de ida/retorno de captadores | DN | G 1 1/4" / Ø 28 mm | | |
| Conexión agua fría/caliente | DN | R 3/4" | | |
| Volumen del acumulador de agua caliente, agua potable | l | 175 | 175 | 175 |
| Presión de funcionamiento máx. | bar | 10 | 10 | 10 |
| Temperatura máx. con bomba de calor | °C | 55 | 55 | 55 |
| Temperatura máx. con bomba de calor + calefacción adicional | °C | 75 | 75 | 75 |
| Producción de agua caliente 10 °C a 40 °C | l/10 min | 28 | 38 | 50 |
| Tiempo de calentamiento de acumulador 10 °C a 40 °C | min | 62 | 46 | 35 |
| Nivel de potencia acústica | dB (A) | 48 | 49 | 50 |
| Carga de refrigerante R407 C | kg | 1,9 | 2,2 | 2,05 |
| Cantidad de aceite éster en compresor scroll | l | 1,3 | 1,45 | 1,45 |
| Dimensiones de la bomba de calor | | | | |
| Altura | mm | 1800 | 1800 | 1800 |
| Anchura | mm | 600 | 600 | 600 |
| Profundidad | mm | 840 | 840 | 840 |
| Profundidad sin columna (medida de inserción) | mm | 650 | 650 | 650 |
| Peso en vacío (sin embalaje) | kg | 216 | 224 | 227 |

Calor desde la tierra

para un confort sin igual

geoTHERM exclusiv

Sentirse a gusto en cualquier estación del año: geoTHERM exclusiv

Las bombas de calor geoTHERM exclusiv se adaptan a cualquier necesidad y época del año, ya que proporcionan, además de refrescamiento en verano, calefacción y agua caliente en invierno.


geoTHERM exclusiv está equipada con un acumulador de acero inoxidable de ACS de 175 l. Para refrescar la vivienda en verano, la energía frigorífica de la sonda de tierra se transmite al sistema de calefacción mediante un intercambiador de calor.

geoTHERM exclusiv, fue la ganadora de la prueba de referencia 'Stiftung Warentest!' -uno de los más altos reconocimientos que puede recibir un producto en Alemania. Recibió las mejores calificaciones en las áreas de eficiencia, manejo y operatividad.





ANEXO III


| TELUR GEOTERMIA Y AGUA ALIENDALDE AUZUNEA, 6 48200 DURANGO Teléfono Telefax | | Especificación | |  | |
|---|-------|--|--------------|---|--|
| Cliente Nº Cliente Contacto Elaborado por ANE SAINZ-TRAPAGA | | Proyecto Nº proyecto Location Fecha 26.06.2012 | | Página 1 / 4 | |
| Pos. | Cant. | Descripción | P. Ud. [EUR] | Precio [EUR] | |
| | 1 | Instalación: Bomba doble Inline Wilo-DPL 40/120-1,5/2 Bomba doble Inline estándar de rotor seco Bomba gemela Inline con dos bombas centrifugas de rotor seco de una etapa en la misma carcasa con clapeta de conmutación, para el montaje directo en tubería. Construcción compacta con motor trifásico directamente acoplado y eje prolongado bomba-motor (ejecución estándar) o con motor normalizado con eje partido fijamente acoplado (ejecución N). Cierre mecánico con refrigeración forzosa e independiente al sentido de giro y rodete especial que reduce la cavitación, de material sintético reforzado con fibra de vidrio. Bridas con conexiones R 1/8 para la medición de la presión diferencial. Carcasa y linterna con protección de cataforesis. Carcasa : EN-GJL-250 Rodete : Sintético Linterna : EN-GJL-250 Eje : X 20 Cr 13 (1.4021) Eje partido : AISI 316L Eje partido (versión N) : X 2 Cr NiMo 1810 Cierre mecánico : AQ1EGG (Estándar) Medio de impulsión : Agua limpia 100 % Caudal : 10,50 m³/h Altura de impulsión : 17,00 m Temp. del fluido : 20 °C (-10..120 °C) Temperatura ambiente : 20 °C (máx. 40°C) Presión máx. de trabajo : 10 bar NPSH (requerido) : 2,49 m Alimentación : 3~400V/50Hz Potencia nom. motor : 1,5 kW -R.p.m. nominales : 2900 1/min -Intensidad nominal : 3,2 A -Tipo de protección : IP 55 Conexión tubería-brida : DN 40/PN10 Rendimiento mecánico : 0,46 Rendimiento motor : 0,8 Potencia absorbida P1 : 1,39 kW Potencia en el eje P2 : 1,11 kW Rendimiento total : 0,37 Marca : Wilo Tipo : DPL 40/120-1,5/2 Referencia : 2044154 | 2065,94 | 2065,94 | |
| Subtotal: | | | | 2065,94 | |
| | 1 | Instalación: Bomba doble Inline Wilo-DPL 40/120-1,5/2 Bomba doble Inline estándar de rotor seco Bomba gemela Inline con dos bombas centrifugas de rotor seco de una etapa en la misma carcasa con clapeta de conmutación, para el montaje directo en tubería. Construcción compacta con motor trifásico | 2065,94 | 2065,94 | |

Reservado el derecho a introducir modificaciones

Versión Software 3.1.8 - 26.11.2008 (Build 3)

Grupo de usuarios ESPAÑA

Estado datos 01.10.2008

| TELUR GEOTERMIA Y AGUA ALIENDALDE AUZUNEA, 6 48200 DURANGO Teléfono Telefax | | Especificación | |  | | |
|---|-------|--|--------------|---|--------------------|-------------|
| Cliente | | Proyecto | | Página 2 / 4 | | |
| Nº Cliente | | Nº proyecto | | | | |
| Contacto | | Location | | | | |
| Elaborado por ANE SAINZ-TRAPAGA | | Fecha 26.06.2012 | | | | |
| Pos. | Cant. | Descripción | P. Ud. [EUR] | Precio [EUR] | | |
| | | <p>directamente acoplado y eje prolongado bomba-motor (ejecución estándar) o con motor normalizado con eje partido fijamente acoplado (ejecución N). Cierre mecánico con refrigeración forzosa e independiente al sentido de giro y rodete especial que reduce la cavitación, de material sintético reforzado con fibra de vidrio. Bridas con conexiones R 1/8 para la medición de la presión diferencial. Carcasa y linterna con protección de cataforesis.</p> <p>Carcasa : EN-GJL-250 Rodete : Sintético Linterna : EN-GJL-250 Eje : X 20 Cr 13 (1.4021) Eje partido : AISI 316L Eje partido (versión N) : X 2 Cr NiMo 1810 Cierre mecánico : AQ1EGG (Estándar)</p> <p>Medio de impulsión : Agua limpia 100 % Caudal : 10,50 m³/h Altura de impulsión : 15,00 m Temp. del fluido : 20 °C (-10..120 °C) Temperatura ambiente : 20 °C (máx. 40°C) Presión máx. de trabajo : 10 bar NPSH (requerido) : 2,53 m Alimentación : 3~400V/50Hz Potencia nom. motor : 1,5 kW -R.p.m. nominales : 2900 1/min -Intensidad nominal : 3,2 A -Tipo de protección : IP 55 Conexión tubería-brida : DN 40/PN10</p> <p>Rendimiento mecánico : 0,48 Rendimiento motor : 0,8 Potencia absorbida P1 : 1,42 kW Potencia en el eje P2 : 1,14 kW Rendimiento total : 0,38</p> <p>Marca : Wilo Tipo : DPL 40/120-1,5/2 Referencia : 2044154</p> | | | | |
| Subtotal: | | | | 2065,94 | | |
| Precio neto total | | 4131,88 EUR | IVA en % | 16 | Precio bruto total | 4792,98 EUR |

Reservado el derecho a introducir modificaciones

Versión Software 3.1.8 - 26.11.2008 (Build 3)

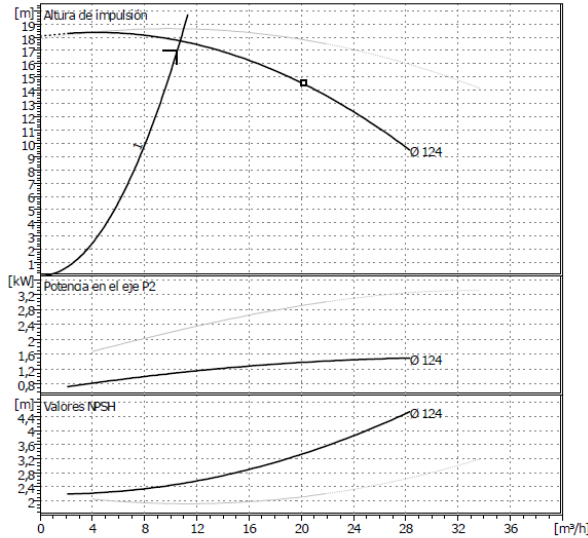
Grupo de usuarios ESPAÑA Estado datos 01.10.2008

TELUR GEOTERMIA Y AGUA
ALIENDALDE AUZUNEA, 6
48200 DURANGO
Teléfono
Telefax

DPL 40/120-1,5/2
Instalación: Bomba doble Inline

WILO

Cliente Proyecto Página 3 / 4
 Nº Cliente Nº proyecto
 Contacto Nº pos. Fecha 26.06.2012
 Elaborado por ANE SAINZ-TRAPAGA Location



Datos de trabajo teóricos

| | | |
|-----------------------|-------------|--------------------|
| Caudal | 10,5 | m ³ /h |
| Altura de impulsión | 17 | m |
| Fluido | Agua limpia | |
| Temperatura fluido | 20 | °C |
| Densidad | 0,9982 | kg/dm ³ |
| Viscosidad cinemática | 1,001 | mm ² /s |
| Presión de vapor | 0,1 | bar |

Datos bomba

| | | |
|----------------------|--------------------------------|----|
| Marca | WILO | |
| Tipo | DPL 40/120-1,5/2 | |
| Tipo inst. | Bomba doble, principal+reserva | |
| Presión nominal máx. | PN10 | |
| Temp. mín. fluido | -10 | °C |
| Temp. máx. fluido | 120 | °C |

Datos hidráulicos (punto de trabajo)

| | | |
|-----------------------|------|-------------------|
| Caudal | 10,7 | m ³ /h |
| Altura de impulsión | 17,7 | m |
| Potencia en el eje P2 | 1,11 | kW |
| Velocidad | 2900 | 1/min |
| NPSH | 2,49 | m |
| Diámetro rodete | 124 | mm |

Materiales

| | |
|-------------------------|---------------------|
| Carcasa | EN-GJL-250 |
| Eje | X 20 Cr 13 (1.4021) |
| Rodete | Sintético |
| Cierre mecánico | AQ1EGG (Estándar) |
| Linterna | EN-GJL-250 |
| Eje partido | AISI 316L |
| Eje partido (versión N) | X 2 Cr NiMo 1810 |

Medidas

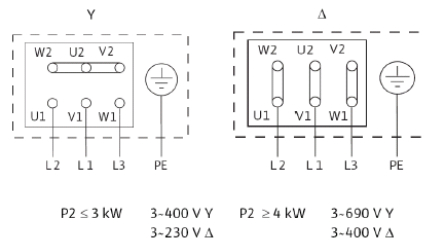
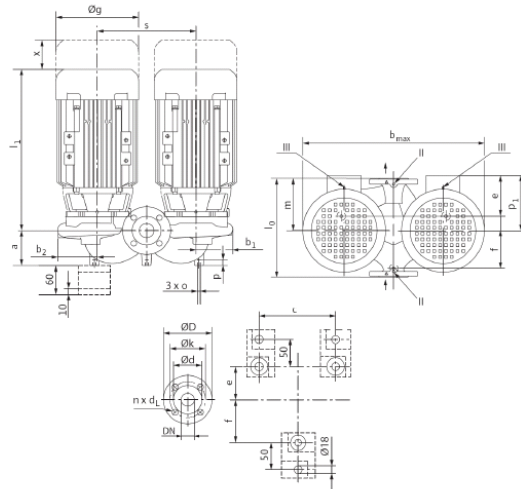
| | | | | | | | mm | |
|------|-----|----|-----|----|-----|--|----|--|
| l0 | 320 | øg | 193 | D | 150 | | | |
| a | 75 | l1 | 325 | dL | 19 | | | |
| b1 | 113 | m | 167 | n | 4 | | | |
| b2 | 119 | o | M10 | k | 110 | | | |
| bmax | 456 | p | 20 | | | | | |
| c | 240 | s | 224 | | | | | |
| e | 45 | x | 150 | | | | | |
| f | 135 | d | 84 | | | | | |

| | | |
|-----------------|--------------|----|
| Lado aspiración | DN 40 / PN10 | |
| Lado impulsión | DN 40 / PN10 | |
| Peso | 59 | kg |

Datos del motor

| | | |
|--------------------|----------------|-------|
| Pot. nominal P2 | 1,5 | kW |
| Velocidad nominal | 2900 | 1/min |
| Tensión nominal | 3~400 V, 50 Hz | |
| Intensidad máx. | 3,2 | A |
| Tipo de protección | IP 55 | |
| Tolerancia tensión | | |

Referencia versión estándar 2044154

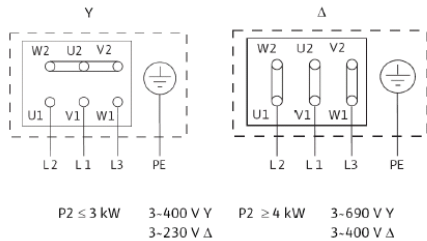
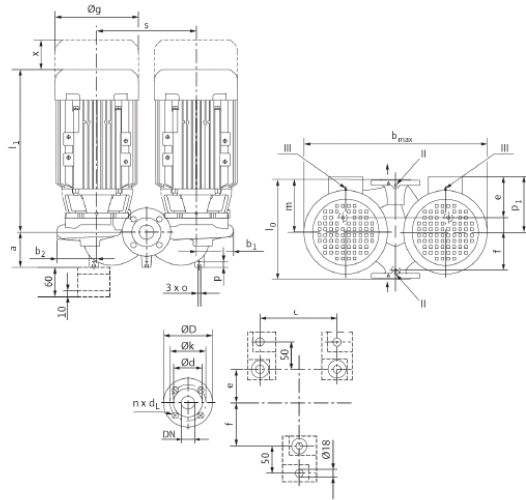
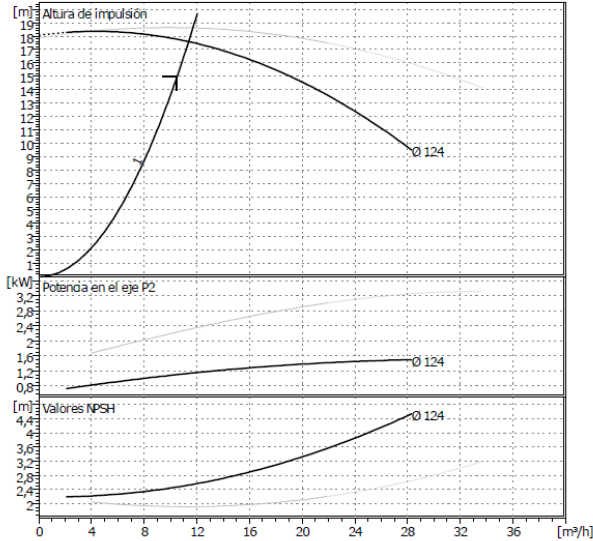


TELUR GEOTERMIA Y AGUA
 ALIENDALDE AUZUÑA, 6
 48200 DURANGO
 Teléfono
 Telefax

DPL 40/120-1,5/2
 Instalación: Bomba doble Inline



Cliete Proyecto Página 4 / 4
 Nº Cliete Nº proyecto
 Contacto Nº pos. Fecha 26.06.2012
 Elaborado por ANE SAINZ-TRAPAGA Location



Datos de trabajo teóricos

| | | |
|-----------------------|-------------|--------------------|
| Caudal | 10,5 | m ³ /h |
| Altura de impulsión | 15 | m |
| Fluido | Agua limpia | |
| Temperatura fluido | 20 | °C |
| Densidad | 0,9982 | kg/dm ³ |
| Viscosidad cinemática | 1,001 | mm ² /s |
| Presión de vapor | 0,1 | bar |

Datos bomba

| | | |
|----------------------|------------------------------|----|
| Marca | WILO | |
| Tipo | DPL 40/120-1,5/2 | |
| Tipo inst. | Bomba doble, principal+reser | |
| Presión nominal máx. | PN10 | |
| Temp. mín. fluido | -10 | °C |
| Temp. máx. fluido | 120 | °C |

Datos hidráulicos (punto de trabajo)

| | | |
|-----------------------|------|-------------------|
| Caudal | 11,4 | m ³ /h |
| Altura de impulsión | 17,6 | m |
| Potencia en el eje P2 | 1,14 | kW |
| Velocidad | 2900 | 1/min |
| NPSH | 2,53 | m |
| Diámetro rodete | 124 | mm |

Materiales

| | |
|-------------------------|---------------------|
| Carcasa | EN-GJL-250 |
| Eje | X 20 Cr 13 (1.4021) |
| Rodete | Sintético |
| Cierre mecánico | AQ1EGG (Estándar) |
| Linterna | EN-GJL-250 |
| Eje partido | AISI 316L |
| Eje partido (versión N) | X 2 Cr NiMo 1810 |

Medidas

| | mm | | | | | |
|------|-----|----|-----|----|-----|--|
| l0 | 320 | øg | 193 | D | 150 | |
| a | 75 | l1 | 325 | dL | 19 | |
| b1 | 113 | m | 167 | n | 4 | |
| b2 | 119 | o | M10 | k | 110 | |
| bmax | 456 | p | 20 | | | |
| c | 240 | s | 224 | | | |
| e | 45 | x | 150 | | | |
| f | 135 | d | 84 | | | |

| | | |
|-----------------|--------------|----|
| Lado aspiración | DN 40 / PN10 | |
| Lado impulsión | DN 40 / PN10 | |
| Peso | 59 | kg |

Datos del motor

| | | |
|--------------------|----------------|-------|
| Pot. nominal P2 | 1,5 | kW |
| Velocidad nominal | 2900 | 1/min |
| Tensión nominal | 3~400 V, 50 Hz | |
| Intensidad máx. | 3,2 | A |
| Tipo de protección | IP 55 | |
| Tolerancia tensión | | |

Referencia versión estándar 2044154