

# ENERGÍA GEOTÉRMICA

## “EL CALOR ROBADO A LA TIERRA”

PROYECTO FIN DE GRADO



T18

EFICIENCIA ENERGÉTICA

Autor: JUANA HEREDIA BENITO

Tutores: ISABEL TORT AUSINA  
ANDREA SALANDIN

JULIO 2012



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
INGENIERÍA DE  
EDIFICACIÓN

## RESUMEN

La Energía Geotérmica está considerada como renovable, y es muy conocida en países donde existe una gran demanda de calefacción como Alemania o los países nórdicos. Sin embargo en España destacan otros tipos de energías renovables como la solar, y la energía geotérmica no está tan extendida.

En el presente proyecto “**Energía Geotérmica: El calor robado a la Tierra**” se plantea un Proyecto Fin de Grado, en el que se pretende dar una visión más práctica del principal uso que tiene esta energía, la climatización de edificios.

Para ello se ha realizado una *Introducción* en la que se muestra el recorrido de la energía geotérmica a lo largo de la historia, se vincula estrechamente con el desarrollo sostenible y se da a conocer la repercusión que puede tener en el futuro el uso de esta energía en edificación.

En la realización del apartado *Energía Geotérmica* se ha consultado una gran cantidad de documentación en la que se comenta a grandes rasgos las principales características que definen esta energía, así como diferentes tipos de sistemas geotérmicos y su funcionamiento.

En esta parte de teoría también se trata la relación que tiene la energía geotérmica con el medio ambiente y los efectos tanto positivos como negativos de la misma. Se incluyen además algunas notas sobre la energía geotérmica en el territorio español (datos sobre las zona idóneas para su explotación, valores de producción...).

A continuación se realiza la parte técnica del proyecto, el *Diseño de un Sistema Geotérmico* para satisfacer las demandas de calefacción y refrigeración de un edificio situado en la localidad de Canals en Valencia.

Cada apartado, parte de una pequeña introducción y se comenta la metodología aplicada para a continuación exponer los cálculos realizados y los resultados obtenidos. Se estudia un sistema de climatización, utilizando energía geotérmica con intercambio de calor con el subsuelo mediante una bomba de calor. La climatización se ha diseñado utilizando suelo radiante en invierno y fan-coil en verano. Tanto a nivel técnico como a nivel económico, el sistema basado en una bomba de calor geotérmica unido al sistema de climatización propuesto, puede sustituir perfectamente a un sistema tradicional de radiadores y aire acondicionado, proporcionando además un confort térmico mayor.

En el último apartado de *Conclusiones*, se hace una reflexión personal sobre los conocimientos adquiridos a lo largo de la realización del proyecto y las motivaciones del mismo.

## ÍNDICE DEL PROYECTO

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN A LA GEOTERMIA .....</b>	<b>5</b>
1.1	Antecedentes históricos .....	6
1.2	Energía Geotérmica y Desarrollo Sostenible .....	10
1.3	Hacia la Geotermia .....	17
<b>2</b>	<b>ENERGÍA GEOTÉRMICA .....</b>	<b>23</b>
2.1	Definición .....	24
2.2	Recursos geotérmicos .....	25
	2.2.1 Alta entalpía .....	26
	2.2.2 Media entalpía.....	26
	2.2.3 Baja entalpía .....	27
	2.2.4 Muy baja entalpía .....	27
2.3	Uso de la Energía Geotérmica en Edificación .....	28
	2.3.1 Geotermia Somera .....	29
	2.3.2 Aplicaciones .....	34
	2.3.3 Proyectos Emblemáticos .....	35
<b>3</b>	<b>INSTALACIÓN GEOTÉRMICA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR .....</b>	<b>38</b>
3.1	Autorizaciones administrativas .....	39
3.2	Normativa de aplicación .....	40
3.3	Metodología de instalación .....	44
	3.3.1 Diseño .....	44
	3.3.2 Perforaciones .....	46
	3.3.3 Colectores .....	49
	3.3.4 Instalación y puesta en marcha de BCG .....	53
3.4	Instalación geotérmica de baja entalpía en vivienda unifamiliar .....	55
	3.4.1 Descripción de la instalación .....	56
	3.4.2 Sistema geotérmico .....	56
	3.4.3 Emplazamiento geográfico y descripción del edificio .....	57
	3.4.4 Geología de la zona .....	57
	3.4.5 Sistema de intercambio .....	58
	3.4.6 Intercambiadores de calor .....	58
	3.4.7 Depósitos de inercia .....	59
	3.4.8 Filtros .....	59

3.4.9 Vasos de expansión .....	60
3.4.10 Purga de aire .....	61
3.4.11 Vaciado .....	61
3.4.12 Valvulería .....	62
3.4.13 Equipos generadores de energía térmica .....	62
3.4.14 Elementos integrantes de la instalación .....	63
3.4.15 Descripción de los sistemas de transporte de los fluidos .....	63
3.4.16 Sala de máquinas según norma une aplicable .....	64
3.4.17 Declaración de cumplimiento del rd 1.027/2007 .....	66
3.4.18 Análisis del periodo de retorno de la instalación .....	72
3.4.19 Calefacción por suelo radiante .....	75
3.4.20 Refrigeración por Fan Coils .....	81
<b>4 CONCLUSIONES.....</b>	<b>83</b>
<b>5 DOCUMENTACIÓN .....</b>	<b>86</b>
<b>6 ANEXOS.....</b>	<b>91</b>
Anexo 1 Planos.....	92
Anexo 2 Cálculos justificativos de instalación .....	98
Anexo 3 Pliego de Condiciones.....	111
Anexo 4 Características BCG .....	129
Anexo 5 Características Suelo Radiante.....	133
Anexo 6 Características Fan Coils .....	139

## **1. INTRODUCCIÓN A LA GEOTERMIA**

## 1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El planeta Tierra no es un cuerpo inerte y frío perdido en el espacio y arrastrado pasivamente por la fuerza gravitacional del Sol. Desde el punto de vista energético constituye un sistema activo que recibe y comunica energía al medio que le rodea, y el calor es una parte de esa energía.

Todos los procesos geodinámicos que suceden en la Tierra, desde los procesos más superficiales, hasta los volcanes, las intrusiones, los terremotos, la formación de cordilleras y el metamorfismo, son controlados por la transferencia y generación de calor en su interior.

El calor es también el motor de la tectónica de placas, que involucra a la litosfera y a la astenosfera, y de otros procesos a mayor profundidad, como los movimientos de convección entre el manto y el núcleo externo.

La presencia de volcanes, fuentes termales y otros fenómenos termales debieron haber inducido a nuestros ancestros a suponer que el interior de la Tierra estaba caliente; sin embargo, no fue hasta los siglos XVI y XVII, cuando se excavaron las primeras minas a algunos cientos de metros de profundidad, observándose que la temperatura se incrementaba con la profundidad.

Pasemos a hacer un breve recorrido por la historia de la energía geotérmica resaltando los hitos que se consideran más importantes en el desarrollo actual de la misma:

- 1000 a.C.**
- En China la Dinastía Qin construye importantes balnearios
  - Los griegos y los romanos utilizan aguas termales para el baño como fuente de calefacción.



Figura 1. Termas romanas

- 1000**
- Los colonos polinesios en Nueva Zelanda, utilizan el vapor geotérmico para cocinar y calentarse durante los últimos mil años.

- 1400**
- En el corazón de Francia, en Chaudes-Aigues, se desarrolla en el siglo XIV la que puede considerarse como la primera red de distrito geotérmica del mundo.

- 1510**
- En Agua Hedionda, Méjico, el caudillo azteca Moctezuma pasaba temporadas recuperándose del estrés producido por su cargo.

- 1740**
- Primeras mediciones con termómetros en una mina cerca de Belfort, en Francia.

- 1777** - En Toscana, detección de ácido bórico en fuentes termales observándose que la concentración aumentaba con la temperatura del agua; comienzo de la explotación del boro por evaporación mediante la combustión de maderas.
- 1827** - Francisco Larderello desarrolla un sistema para utilizar el calor de los fluidos en el proceso de evaporación, en vez de quemar madera.
- 1850-1875** - La planta de Larderello mantiene en Europa el monopolio de la energía geotérmica.
- 1870** - Se utilizan modernos métodos científicos para estudiar el régimen termal de la Tierra.
- 1892** - Comienza a funcionar la primera calefacción geotérmica de distrito en Boise (Idaho, EEUU).
- 1904** - El primer experimento para producir electricidad a partir de la geotermia fue desarrollado por el príncipe Piero Ginori Gonti en la Toscana italiana.
- 1911** - Se construye en Larderello, Italia), el conocido Valle del Diablo (denominado así por la expulsión de vapor humeante en toda la zona), la primera planta de producción de energía eléctrica (250KWe) mediante geotermia en el mundo.
- 1919** - Se perforan los primeros pozos geotérmicos de Japón en Beppu.
- 1921** - Se comienzan los pozos en The Geysir (California, EEUU) y en Talio (Chile).
- 1928** - Islandia, otro país pionero en la utilización de la energía geotérmica, inicia la explotación de sus fluidos geotérmicos (principalmente agua caliente) para calefacción doméstica.
- 1930** - Exitoso experimento de utilización en Reykjavik para la calefacción de 70 casas, dos piscinas municipales, una escuela y un hospital.
- 1910-1940** - El vapor de agua de baja presión se utiliza para calefactar invernaderos, edificios industriales y residenciales en Toscana.



Figura 2. Generados geotérmico 10Kw (Larderello)

**1945** - Existen referencias de circuitos abiertos en aguas subterráneas y bomba de calor en funcionamiento en EEUU.

**1958** - Entra en operación una pequeña planta geotérmica en Nueva Zelanda.

**1959** - Inicio del funcionamiento de planta geotérmica en Méjico.

**1960** - Se empieza a utilizar la energía geotérmica en Estados Unidos usando el vapor seco de los geiseros al norte de San Francisco para generar 11MW de energía eléctrica.



Figura 3. Planta de Sonoma en "The Geysers"

**1970-1980** - Las sucesivas crisis del petróleo de los 70, así como el desarrollo de los plásticos comerciales en los primeros años de los 80, acercan los sistemas geotérmicos someros a costes de mercado. Se desarrollan en paralelo en dos focos principales: Suecia y EEUU. Estos países, seguidos muy de cerca por Alemania, Suiza, Austria y Canadá, conocen un desarrollo con numerosos altibajos a lo largo de los 80.

**1970-1985** - Las crisis energéticas son las que provocan la inclusión por primera vez en España de la investigación geotérmica dentro de los planes nacionales de energía, dando como primer fruto en 1974 el Inventario General de Manifestaciones Geotérmicas en el Territorio Nacional, elaborado por el Instituto de Geológica y Minero de España(IGME).

**1973-1978** - Se desarrolla con éxito en Los Ángeles (EEUU), el primer experimento científico mundial de aprovechamiento geotérmico a partir de roca caliente seca.

**1989-2008** - Se desarrolla el proyecto científico de geotermia estimulada, de Soultz-sous-Forêts, que es el germen de los actuales proyectos geotérmicos de generación eléctrica a nivel comercial en Europa.

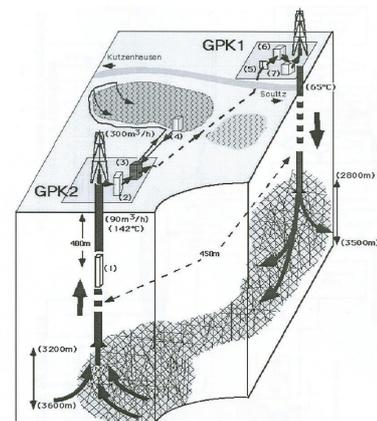


Figura 4. Esquema planta geotermal Soultz-sous-Forêts

**2005-Actual** - A principios del siglo XXI la crisis del modelo energético es evidente. Los análisis desde todas las perspectivas del panorama energético: de Europa en general y de España en particular, convergen en la necesidad de fomentar el desarrollo y uso de las energías renovables, así como del ahorro y eficiencia energética. Como consecuencia se reactiva el sector geotérmico tanto en España, como en Europa y en el resto del mundo.

## 1.2. ENERGÍA GEOTÉRMICA Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Se calcula que entre un tercio y la mitad de la energía consumida a nivel mundial se destina a las edificaciones. En gran medida, esto se debe a unos usos sociales basados en la existencia inagotable de energía barata, causa de un sistemático despilfarro de los recursos disponibles en un uso irracional de las distintas fuentes de energía cuya demanda crece a medida que lo hace el nivel de vida de una población cada vez mayor de nuestro planeta.

Consideremos que del total de la energía utilizada hoy, aproximadamente el 84% procede de combustibles fósiles, el 7% de combustibles nucleares, ambos no renovables, y sólo el 9% restante de fuentes renovables, como la eólica, solar o biomasa. (Miller, 2005)

Con los esquemas de consumo actuales se puede cifrar en un 16% la energía aprovechada del total de la consumida. Esta sexta parte del total consumido va destinado a cubrir las necesidades globales, tanto en la producción de energía eléctrica como en combustibles o materiales de alto consumo energético como el acero, cementos, cerámicas, etc. El resto de los recursos gastados, hasta el 84% restante, se desaprovecha en los procesos de captura, transformación, transporte, almacenamiento o empleo. En el momento actual disponemos de tecnología adecuada para recuperar la mitad de esta energía desaprovechada mientras que sería irrecuperable la otra mitad.

Según la organización US Green Building Council, en los Estados Unidos, los edificios suponen:

- 36% del total de energía.
- 70% de la electricidad.
- 38% de las emisiones de efecto invernadero.
- 30% del consumo de los materiales básicos.
- 30% de la generación de desperdicios.
- 12% del consumo de agua potable.

Si las razones ecológicas, sociales o de futuro no han variado sustancialmente estos hábitos de consumo, el compromiso de Kyoto puede suponer costes directos muy significativos para los encargados de adoptar las decisiones tanto políticas como empresariales.



Figura 5. Efecto invernadero

En recientes análisis, España se muestra como el país de la Unión Europea más alejado de la cota admisible en la emisión de gases de efecto invernadero y, por tanto, aquel donde el coste de la contaminación generada puede influir más negativamente en la competitividad de sus productos y en su futuro desarrollo. ([www.usgbc.org](http://www.usgbc.org))

En este punto cabe remarcar que bastaría recuperar, con tecnologías existentes o por desarrollar, una pequeña fracción de ese enorme 84% de energía desaprovechada para cubrir ampliamente los compromisos adquiridos en Kyoto, poniendo los medios para consumir menos energía manteniendo una misma calidad de vida.

Dentro del grupo de las energías renovables, la energía geotérmica es muchas veces ignorada. Sin embargo, ya existía antes de que la expresión fuese inventada y mucho antes de que se hablara de desarrollo sostenible, de gases de efecto invernadero o de lucha contra el cambio climático. A pesar de su antigüedad, o tal vez a causa de ella, no se beneficia de todo el interés que merece.

El calor terrestre es una fuente de energía duradera para la producción de calor y de electricidad, que no depende de las condiciones climatológicas, de la estación anual, del momento del día ni del viento.

La diversidad de temperaturas de los recursos geotérmicos permite un gran número de posibilidades de utilización. La energía geotérmica representa una respuesta local, ecológica y eficiente para reducir costes energéticos.



Figura 6. Circulación de lava

### 1.2.1. Energía renovable

A la escala del planeta, la energía geotérmica es el recurso energético más grande que existe. Aunque la Tierra se enfría, pues evacua más calor que el que produce, el ritmo de ese enfriamiento es de unos 130 °C cada mil millones de años. A causa de la lentitud del mecanismo de difusión térmica, la Tierra está perdiendo hoy en superficie el calor que ella misma produjo en el pasado.

El calor de la Tierra es ilimitado a la escala humana y estará disponible muchos años en sus yacimientos para las generaciones futuras, siempre que la explotación de los recursos geotérmicos se haga de forma racional. Todo lo contrario que las energías fósiles que se agotan a medida que se extraen.

Por lo que respecta a la vida de las explotaciones, entre 20 y 40 años, hay que tener en cuenta que el calor está siempre contenido en la roca o en el terreno. Si el medio de extracción es agua subterránea, ésta se renueva de forma natural por recarga con aguas superficiales o por inyección artificial en el subsuelo.

### 1.2.2. Energía limpia

Ninguna instalación que emplee energía geotérmica precisa quemar combustibles, por consiguiente, no contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero.

Las instalaciones que emplean bombas de calor geotérmicas para calefacción, refrigeración y producción de agua caliente sanitaria sólo consumen energía eléctrica para el funcionamiento de los compresores eléctricos, de las bombas de circulación y de los ventiladores del interior del edificio.

Las emisiones equivalentes de gases son únicamente las correspondientes a la producción en origen de esa energía, muy inferiores a las de los sistemas tradicionales, pues el consumo de electricidad se reduce notablemente.

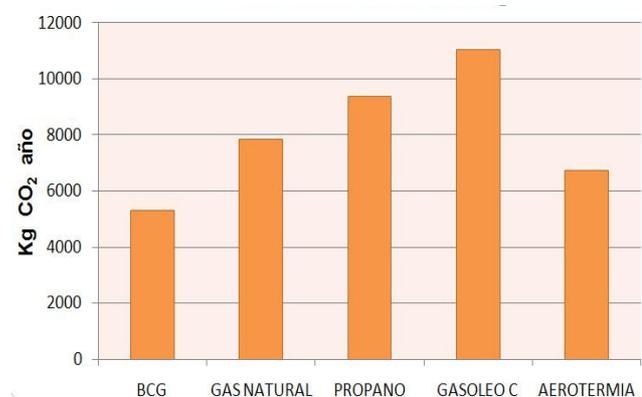
Las bombas de calor geotérmicas (BCG) utilizan sistemas de refrigeración sellados en fábrica, con menos cantidad de refrigerante que los sistemas de aire acondicionados, que rara vez o nunca son recargados, por lo que no contribuyen a la destrucción de la capa de ozono.

En el resto de aplicaciones directas del calor y en la producción de energía eléctrica, las emisiones pueden llegar a ser casi nulas, reinyectando las aguas geotermales a sus acuíferos.

Los fluidos geotermales que se emplean en las plantas de producción de energía eléctrica pueden contener gases disueltos, sales, en ocasiones en concentraciones elevadas, arenas y otros sólidos en suspensión.

De forma general, se puede decir que las centrales emiten a la atmósfera pequeñas cantidades de CO<sub>2</sub>, muy pequeñas cantidades de SO<sub>2</sub>, y no emiten óxidos de nitrógeno.

La cantidad media de CO<sub>2</sub> emitida por las centrales geotermoeléctricas en el mundo, es 10 veces menor que la emitida por una central de gas natural.



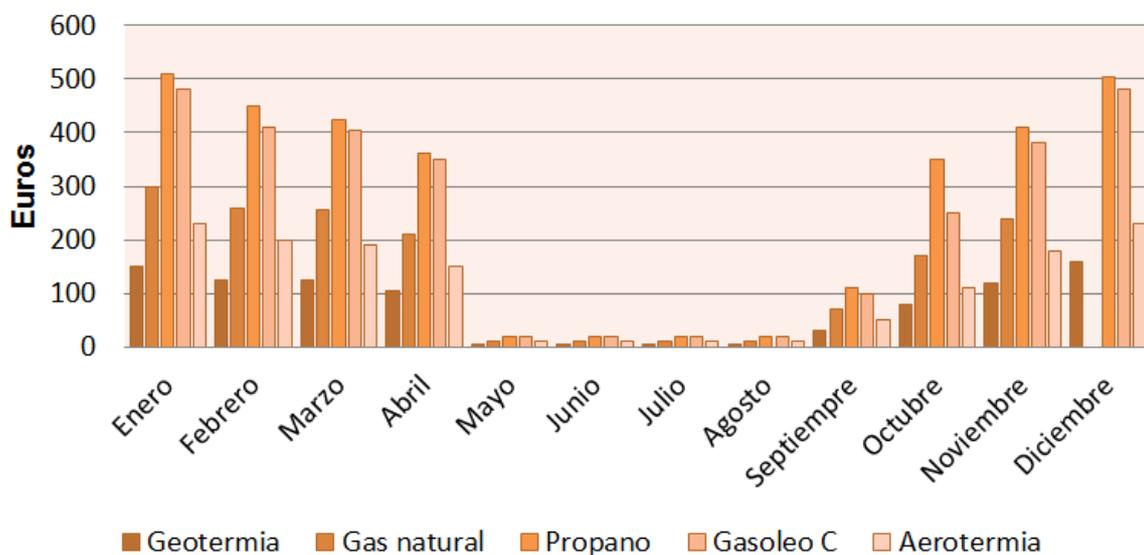
Gráfica 1. Emisiones anuales de CO<sub>2</sub>

Las sales y los minerales disueltos son reinyectados, con el agua sobrante del proceso, en sus acuíferos. Las arenas y sólidos en suspensión son filtrados, secados y depositados como lodos en lugares apropiados. Algunos de esos sólidos, como por ejemplo cinc, sílice y azufre, pueden recuperarse como subproductos y comercializarse.

Las centrales geotérmicas eléctricas modernas son muy compactas, ocupan entre 0,5 y 3,5 ha/MW frente a 2,2–4,5 ha/MW de una central nuclear, y alrededor de 8,5 ha/MW de una central de carbón. Al no necesitar transportar, almacenar ni quemar combustibles, pueden ser integradas fácilmente en el paisaje.

### 1.2.3. Energía económica

Un sistema con bomba de calor geotérmica para una casa individual supone un coste de inversión elevado, por regla general del doble de una instalación clásica de calefacción y refrigeración. Sin embargo, los costes de explotación son mucho más bajos que los de estos otros equipos, pues los costes de mantenimiento son generalmente muy reducidos y, fundamentalmente, porque su rendimiento energético elevado reduce el consumo de la energía de pago.



Gráfica 2. Comparativa económica anual de consumos y sistemas

Si la calefacción es la necesidad principal de la vivienda, la opción geotérmica se ve favorecida por el menor consumo de electricidad, y por no consumir gas natural o fuel-oil, más caros.

Si las necesidades que prevalecen son las de refrigeración, el consumo de energía eléctrica es muy inferior al de los climatizadores clásicos, que son menos eficaces.

Si se necesita calefacción y refrigeración, la opción geotérmica tendrá un menor coste de energía eléctrica, pues al ser los equipos de menor potencia, el consumo en las horas pico de demanda, cuando las tarifas son más elevadas, es menor. Además, el periodo de retorno de la inversión se acorta al estar funcionando más horas al año.

El acceso a un recurso geotérmico de baja, media o alta temperatura necesita de una inversión inicial elevada. Particularmente caras resultan las fases de exploración en terrenos desconocidos, y la realización de uno o varios sondeos de investigación. La inversión disminuye a medida que se reduce el área a investigar y se lleva a cabo el desarrollo del yacimiento. Nada que sea ajeno a los sectores minero y petrolero, que no por ello dejan de investigar yacimientos minerales y de hidrocarburos en cualquier parte del mundo con posibilidades de explotación de recursos.

Siendo la inversión inicial elevada, el coste de explotación es bajo y cada vez será más competitivo con la explotación de las energías fósiles, donde los precios irán creciendo con el agotamiento de los recursos y las restricciones ambientales.

#### **1.2.4. Energía eficiente**

Las instalaciones para calefacción y climatización de edificios se diseñan, generalmente, para condiciones extremas. Gracias a la energía geotérmica, por la mayor estabilidad de las temperaturas del subsuelo, se podrán instalar bombas de calor de menor capacidad que si tuviesen que utilizar la temperatura ambiente exterior.

En climas con variaciones de temperatura importantes, las bombas de calor geotérmicas tienen mejores prestaciones que las bombas de calor que utilizan aire exterior, cuyo rendimiento baja considerablemente con las temperaturas extremas.

Un sistema geotérmico utiliza la electricidad para activar el compresor de la bomba de calor, los ventiladores del interior del edificio, las bombas de circulación de los circuitos de intercambio con el subsuelo y en el edificio, y los sistemas de control. En general, se produce entre 2 y 4 veces más energía térmica o frigorífica que la energía eléctrica que se consume. Eso significa que estos sistemas tienen rendimientos de 200 a 400%, muy superiores a las resistencias eléctricas, donde el rendimiento máximo es del 100%.

También son superiores a los sistemas clásicos de climatización. Una instalación que utilice energía geotérmica, comparada con instalaciones clásicas de bombas de calor o de climatización, permite ahorros de energía de 30 a 70% en calefacción y de 20 a 50% en climatización.

Un sistema geotérmico también compite ventajosamente con otros sistemas de calefacción, incluso con los sistemas con mejores prestaciones de gas natural.

La tecnología que emplean las bombas de calor geotérmicas ha sido calificada por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos como la más eficiente para calefacción y refrigeración existente hoy en día.

El Departamento de Energía de EE.UU. considera que la bomba de calor geotérmica es ideal para aplicaciones en edificios residenciales, comerciales y gubernamentales.



Figura 7. Bomba de calor geotérmica

### 1.2.5. Energía continua

Contrariamente a la energía solar o a la eólica, la energía geotérmica no depende del clima, de la radiación solar ni del viento. Está disponible 24 horas al día, 365 días al año.

La energía geotérmica depende de las características intrínsecas del subsuelo (gradiente geotérmico, permeabilidad de las rocas, etc.), constantes para cada caso concreto, lo cual asegura una gran regularidad en su utilización. Los coeficientes de disponibilidad de las centrales geotérmicas eléctricas son del 90% de media, y en redes de calefacción se puede alcanzar el 100%.

### 1.2.6. Energía para todo el mundo

A diferencia de las energías fósiles, las más utilizadas hoy en día, los recursos geotérmicos no están localizados en lugares concretos, frecuentemente desérticos o en el fondo de los mares. El calor del subsuelo está presente en todos los continentes a disposición de la humanidad.

Dependiendo de las formaciones geológicas o de la composición de las rocas, y del gradiente geotérmico, la energía geotérmica será de mayor o menor temperatura, y más o menos fácil de extraer, pero las técnicas existentes hoy en día permiten un desarrollo planetario de la energía geotérmica.

Por su propia naturaleza, la energía geotérmica es una energía local, para consumir sobre el propio terreno. Es la respuesta más próxima para satisfacer las necesidades energéticas de calefacción, refrigeración y producción de agua caliente sanitaria.

Reduce la dependencia de importaciones energéticas y asegura la regularidad en el abastecimiento. Disminuye las pérdidas energéticas derivadas del transporte de electricidad y la contaminación que provoca el transporte de combustibles por carretera.

La relación entre el calor del subsuelo y su aprovechamiento en superficie es de doble sentido, de forma que es posible adaptar los recursos geotérmicos a las necesidades y las necesidades a los recursos geotérmicos.

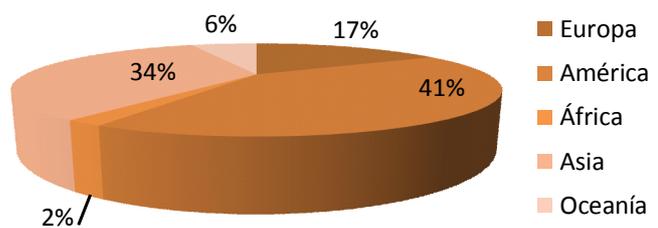
La energía geotérmica ofrece oportunidades económicas para la implantación de nuevas industrias y favorece el desarrollo local.

## 1.3. HACIA LA GEOTERMIA

### 1.3.1 Contexto mundial

El actual sistema energético a nivel mundial está basado en la generación de energía a partir de combustibles fósiles como el petróleo, el carbón vegetal y mineral, y el gas. La generación de energía a partir de estas materias está siendo ampliamente replanteada por varias razones: son recursos limitados que se encuentran en puntos concretos del planeta, su uso a gran escala está provocando graves efectos sobre el medio ambiente y la salud de los seres humanos, y se están agotando las reservas naturales comprometiendo el futuro de las nuevas generaciones.

La población está cada vez más concienciada sobre la necesidad de proteger el medio ambiente y emplear métodos no contaminantes de producción de energía. Esto se debe en parte al amplio consenso alcanzado en la comunidad científica internacional sobre la existencia del cambio climático.



Gráfica 3. Distribución mundial de la potencia geotérmica

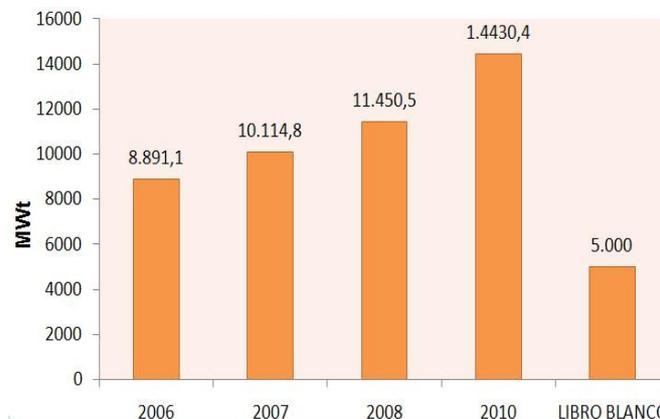
Se ha constatado que la temperatura media de la Tierra ha sufrido un aumento durante el siglo XX de  $0,6 \pm 0,2$  °C, además de que existe una disminución real de la cobertura del hielo ártico y un aumento de la frecuencia e intensidad de los denominados desastres naturales como huracanes, sequías y lluvias torrenciales. Estos hechos han provocado que en las dos últimas décadas se firmen una serie de compromisos políticos internacionales que apuestan por alcanzar un modelo de desarrollo sostenible:

- Cumbres de las Naciones Unidas de Río de Janeiro (1992) y de Johannes-burgo (2002).
- Protocolo de Kioto, adoptado en la Convención Marco del Cambio Climático de las Naciones Unidas de 1997 y ratificado en febrero de 2005.
- Declaración del Milenio (2000).
- Plan de Acción de la Conferencia de Bonn sobre Energías Renovables de junio de 2004.

A diferencia de otras fuentes de energía renovables, la geotérmica no tiene su origen en la radiación solar sino en la diferencia de altas temperaturas que existen en el interior de la Tierra y que van desde los 15°C de la superficie a los 4.000°C que rigen en el núcleo. Después de la Segunda Guerra Mundial muchos países fueron atraídos por la energía geotérmica, considerándola económicamente competitiva respecto de otras fuentes energéticas. Ésta no requiere ser importada y, en algunos casos, es la única fuente de energía local.

Muchas regiones tienen recursos geotérmicos accesibles, especialmente aquellos países en el “Anillo de Fuego” alrededor del océano Pacífico, en zonas de expansión oceánica, en zonas de ruptura cortical y puntos calientes.

La Unión Europea tiene como objetivo prioritario la promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables. Esto es por razones de seguridad y diversificación del suministro de energía, protección del medioambiente y cohesión económica y social. El marco legislativo de las Energías Renovables en la Unión Europea está basado en el “Libro Blanco para una Estrategia Común y un Plan de Acción para las Energías Renovables”, desarrollado en 1997 por parte de la Comisión de las Comunidades Europeas.



Gráfica 4. Tendencia actual de producción del calor geotérmico

En este año se promulgó la Directiva 2001/77/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de septiembre, relativa a la promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el mercado interior de la electricidad. En esta Directiva se proponen objetivos indicativos para cada Estado miembro, que en el caso de España coinciden con los objetivos del Plan de Fomento de las Energías Renovables 2000-2010, asumidos por el Plan de Energías Renovables 2005-2010.

El objetivo general fijado por la Unión Europea marca la aportación de fuentes de energías renovables en un porcentaje del 12% de la energía primaria demandada en la UE en el año 2010.

En la Unión Europea, las aplicaciones ligadas al uso directo del calor de la energía geotérmica se han desarrollado en 16 de los 25 países. Hungría es el primer país en utilización directa del calor proveniente de energía geotérmica seguido de Italia y Francia. Los principales usos por orden de relevancia son baños termales y piscinas, seguido de calefacción de distrito y calefacción para invernaderos. Con respecto a la producción de calor, las estimaciones y previsiones futuras de la geotermia de baja y media temperatura son mucho más complicadas de realizar, sobre todo en casos como baños termales, piscinas e invernaderos, donde la energía utilizada para estas aplicaciones no es sistemáticamente contabilizada.

Las previsiones para la geotermia, son mucho más favorables y se espera un importante despegue en los próximos años, pues la Unión Europea está apostando por este tipo de aplicación en el mundo. Suecia es el país de la UE con mayor capacidad geotérmica instalada, seguido de Alemania y Francia.

### 1.3.2. La energía geotérmica en España

Se trata de una energía renovable disponible, a priori, en cualquier emplazamiento en el que este previsto construir un edificio. Las limitaciones de esta tecnología son principalmente de índole económica y están relacionadas con el coste de ejecución de sistema de intercambio geotérmico, la demanda energética del edificio y los precios de la energía. Con la relación actual de costes se esta trabajando en una horquilla de periodos de retorno comprendidos entre los 5 y 15 años.

El contexto energético actual, con una imperiosa necesidad de reducir la dependencia exterior y de mejorar el aprovechamiento de los recursos disponible, y la creciente sensibilización ambiental de la sociedad convierten a las energías renovables, junto con el ahorro y la eficiencia energética, en respuestas estratégicas a los importantes problemas planteados.

La siguiente tabla nos muestra el análisis comparativo entre la energía geotérmica y las diferentes energías renovables que tenemos al alcance en nuestro país.

CARACTERÍSTICAS	GEOTÉRMICA	EÓLICA	MINIHIDRÁULICA	SOLAR
<b>VENTAJAS</b>	Supone un ahorro de las energías fósiles, allí donde se pueda usar. Inagotable. Su impacto ambiental es mucho menor que el de las energías fósiles.	Gratuita. Inagotable. Limpia.	Suministra energía cuando hace falta (horas punta u olas de frío). Inagotable. Limpia.	Gratuita (sólo cuesta instalación). Inagotable. Limpia. Tiene una elevada calidad energética.
<b>INCONVENIENTES</b>	Es de aplicación local (sólo donde es posible). No puede transmitirse a grandes distancias (el agua caliente se enfría y el vapor condensa). La elevada humedad origina una fuerte corrosión en las instalaciones.	Dispersión (no está concentrada en una zona). Aleatoria (cuando las condiciones climatológicas lo permiten). Difícil de almacenar. Necesita máquinas grandes y caras.	Es aleatoria (uso en año hidrológico es bueno). Es cara, ya que además de las grandes inversiones, para construir la central hidráulica, es necesario transportar la energía, a través de costosas redes.	Llega a la Tierra de manera dispersa y semialeatoria (depende de algunos factores no previsible como el estado atmosférico y la contaminación). No puede ser almacenada o utilizada directamente, siendo necesario realizar una transformación energética.
<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>	Requiere grandes extensiones de terreno. Provoca erosión en el suelo, hundimiento del terreno e inducción a la actividad sísmica. Contaminación ambiental (gases incondensables) y ruido. Modificación de las fuentes de agua. Alteración del ecosistema.	Ruido del giro del rotor. Impacto visual, poco estético. Produce interferencias en las transmisiones de TV y radio.	Cambios en el ecosistema. Pérdida de suelos, debido a la erosión. Variación del caudal, río abajo. Alteración del microclima. Las minicentrales hidráulicas apenas producen impacto ambiental en el entorno.	<b>Uso térmico:</b> Sólo el uso de media y alta temperatura puede originar algún impacto ambiental, en el suelo y en el paisaje, ya que requieren grandes extensiones de terreno. <b>Uso fotovoltaico:</b> El efecto paisajístico y el uso de grandes extensiones de terreno, en las grandes centrales solares. En las pequeñas instalaciones el único problema es el efecto visual.
<b>APLICACIONES</b>	Producción de energía eléctrica (yac. alta T). Para usos directos del calor y/o vapor de agua [procesos industriales, calefacción viviendas, invernaderos, granjas (yac. baja temperatura)].	Producir electricidad, para la red. Aerogeneradores para faros, bombeo y electrificación de viviendas. Bombeo de agua.	Producir electricidad para la red eléctrica, o para autoabastecimiento de fábricas o pequeños núcleos urbanos, alejados de las redes eléctricas de suministro.	Para producción de calor. Para producción de electricidad. Para producir biomasa.
<b>ZONAS DE ESPAÑA</b>	Alta temperatura.: Tenerife. Media temperatura: Pirineo, Cataluña, Galicia y Sureste Peninsular.	Canarias. Noroeste de Galicia (A Coruña). Zona de Estrecho (Tarifa). Valle del Ebro.	En el norte de la Península.	<b>Térmica:</b> En toda España, excepto en Galicia, Cantabria, Extremadura y La Rioja. <b>Fotovoltaica:</b> En toda España, excepto La Rioja.

Tabla 1. Comparativa de energías renovables

La energía térmica que las bombas de calor transfieren entre el edificio y el terreno multiplica la energía eléctrica consumida por un factor entre 3 y 5. Técnicamente resultaría posible, mediante mejora tecnológica de elementos e integración de los componentes mas avanzados disponibles en el mercado, incrementar dicho efecto multiplicador hasta un rango entre 6 y 8, hasta el límite teórico próximo a los 14. Siguiendo la filosofía de la Directiva Europea de Energías Renovables, la diferencia entre el flujo de energía térmica útil generada por el sistema geotérmico y la energía primaria consumida se considera como energía térmica renovable a efectos de la consecución de los objetivos de la Directiva.

Por todo ello, queda patente que el elevado potencial de ahorro energético o de generación de energía renovable de los sistemas geotérmico.

España ocupa una posición privilegiada en el ámbito de las energías renovables debido fundamentalmente a su localización geográfica y sus condiciones geofísicas. Esto, junto con un marco normativo adecuado para el desarrollo de estas nuevas fuentes de energía, ha facilitado importantes avances en la producción de energía eléctrica a partir de recursos renovables. Además se ha producido el despegue en paralelo de una industria propia capaz de promover el desarrollo tecnológico y de ser referente internacional.

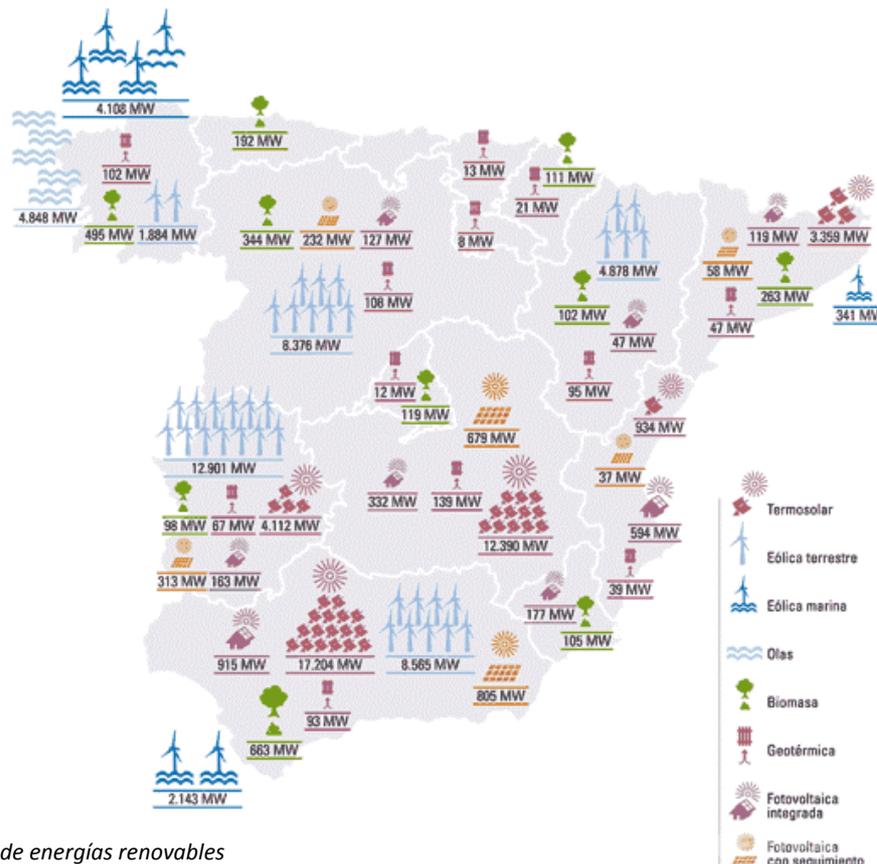


Figura 8. Mapa de energías renovables

La energía geotérmica en España presenta todavía una escasa penetración, a pesar de su gran potencial de utilización, tanto para usos térmicos a escala doméstica como a escala industrial para generación de energía eléctrica.

La energía geotérmica se comenzó a investigar en España tras la crisis energética de 1973. La evaluación del potencial geotérmico del subsuelo en España es acometida por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), que elaboró en 1975 el primer avance que constituye el Inventario General de Manifestaciones Geotérmicas en el Territorio Nacional en el que se aborda la evaluación del potencial geotérmico del subsuelo.

Hasta mediados de los 80, la fase investigadora llevada a cabo por el IGME y otras entidades, se concentra en la delimitación de las zonas en las que se localizan los tres tipos clásicos de yacimientos geotérmicos, sin entrar en los temas de Roca Caliente Seca. A finales de los 90, los esfuerzos de los inversores declinaron y el único organismo que ha seguido activo en el tema ha sido el IGME.

Con estos amplios conocimientos de los recursos geotérmicos en España, disponibles a finales de los 80, se plantearon distintos proyectos basados en el uso de la energía geotérmica para calefacción (viviendas, locales, agricultura,...) que utilizaban fluidos con elevadas salinidades a profundidades del orden de los 2.000 m, similares a los que en esos momentos se llevaban a cabo en otros países de la UE, lo que encareció notablemente los proyectos y quebró la rentabilidad económica de los mismos, máxime en una situación de clara competencia con otras fuentes de energía y en una época de precios energéticos no excesivamente elevados. Tan solo cabe destacar la puesta en marcha de pequeños proyectos geotérmicos en instalaciones ligadas a balnearios partiendo del propio fluido termal.

Finalmente, el desarrollo de esta área geotérmica acabó paralizándose, no debido a factores del subsuelo, sino a la deficiente planificación y gestión de los proyectos de aprovechamiento, probablemente por desconocimiento de las peculiaridades del recurso y por planteamientos empresariales y financieros inadecuados.

Actualmente, en España sólo existen proyectos de aprovechamiento geotérmico para uso térmico en instalaciones balnearias, calefacción en invernaderos o para calefacción de viviendas con una potencia en el año 2006 de 22,3 MWt, lo que supone 8,3 Ktep para aplicaciones directas del calor, según fuentes del Euroserv´Er.



Figura 9. Aprovechamiento térmico en España

Resulta extraña la escasa implantación que tienen las bombas de calor geotérmicas en España, alrededor de 300, aún más si se compara, no ya con los países del norte de Europa, con inviernos muy fríos, sino con nuestro vecino Francia, de clima más benigno, que con 28.500 unidades, en 2005 ocupaba el cuarto lugar dentro de la Unión Europea, por detrás de Suecia, Alemania y Austria.

Si hubiese que señalar los motivos, se podrían apuntar entre otros:

**Clima y población:** la mayor parte de la superficie interior de España está sometida a un clima continental con inviernos largos y fríos, con veranos frescos en el norte y cálidos en el sur. Las mayores concentraciones de población se dan, principalmente, en Madrid y su área de influencia, y una parte importante de la misma, la Meseta Norte, está muy despoblada.

En toda la Zona Mediterránea, Zona Atlántica Andaluza e Islas Baleares cuentan con temperaturas suaves todo el año, ya sea con precipitaciones abundantes, como en Galicia y la Zona Cantábrica, o con precipitaciones escasas, como en las Islas Canarias.

El periodo de utilización de calefacción en muchos hogares es muy corto, y la refrigeración o aire acondicionado, hasta hace relativamente pocos años, se ha considerado un lujo por una gran mayoría de españoles.

**Falta de promoción:** la gran demanda de bombas de calor geotérmicas habida en los países del centro y norte de Europa en los últimos años ha originado que los principales fabricantes de Suecia, Estados Unidos, Francia e Italia, no hayan tenido capacidad de exportación a nuestro país hasta hace pocos años. Las primeras bombas de calor geotérmicas empezaron a instalarse en España en 2000-2001.

**Poco interés:** por parte de los promotores inmobiliarios, y por parte de los compradores de vivienda nueva, más preocupados por la evolución del "euribor" que por la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, y no dispuestos a ver incrementadas sus hipotecas con el coste adicional, no desdeñable, que representa una instalación para aprovechamiento de energía geotérmica de muy baja temperatura.

**Falta de apoyo institucional:** los organismos competentes de la Administración Central han apoyado la construcción de parques eólicos y solares fotovoltaicos, y la implantación de paneles solares para la producción de ACS en los hogares, llegando a hacerlo obligatorio en los edificios de nueva construcción, olvidándose de la energía geotérmica.

**Ausencia de reglamentación específica:** relativa a la perforación de sondeos para instalar sondas geotérmicas. Instaladores, usuarios potenciales y, particularmente, empresas de sondeos, han visto retrasarse sus proyectos porque la persona responsable de conceder la autorización no disponía de reglamentación pertinente, o porque no la ha considerado de su competencia.

## **2. ENERGÍA GEOTÉRMICA**

## 2.1. DEFINICIÓN

La energía geotérmica es la energía natural almacenada en la Tierra a profundidades lo suficientemente cercanas a la superficie en forma de calor, para que pueda salir y utilizarse en la generación de energía eléctrica, o bien, para usarla como energía térmica.

La geotermia se puede considerar como el conjunto de técnicas que permiten utilizar y aprovechar el calor generado en el interior de la Tierra.

Se sabe que la temperatura de la corteza terrestre aumenta a medida que se profundiza en la misma; la existencia de este calor se manifiesta directamente en las erupciones volcánicas en las que hay una proyección de rocas fundidas (lava) y de gas, y en forma menos brutal, pero no por ello menos espectacular, en el fenómeno del géiser, que consiste en el ascenso de vapor de agua a presión a lo largo de una fractura, a una temperatura que varía entre los 200 °C y 250 °C.

Este tipo de energía está almacenada en forma de vapor de agua seco, agua caliente, agua caliente con gas metano disuelto y en roca seca caliente.

Desde el centro hasta la superficie, el globo terrestre está constituido por tres capas sucesivas de temperatura decreciente:

- El **núcleo**, sólido en su parte interna y líquido en su parte exterior. Su temperatura puede alcanzar los 4.200 °C.
- El **manto** que lo envuelve, con temperaturas que van desde los 3.000 °C a 1.000 °C. De textura plástica hacia el centro, se vuelve sólido hacia la superficie.
- La **corteza**, que corresponde a la envoltura superficial. Su temperatura varía desde los 1.000 °C en su contacto con el manto, hasta los 15-20 °C de la superficie terrestre. Su espesor varía desde 5 a 20 km en las profundidades oceánicas, y desde 30 a 70 km bajo los continentes. Con la parte sólida del manto constituye la litosfera, fragmentada en varias placas litosféricas que se desplazan lentamente, unas con relación a otras, pudiendo dar lugar a importantes anomalías térmicas en sus bordes.

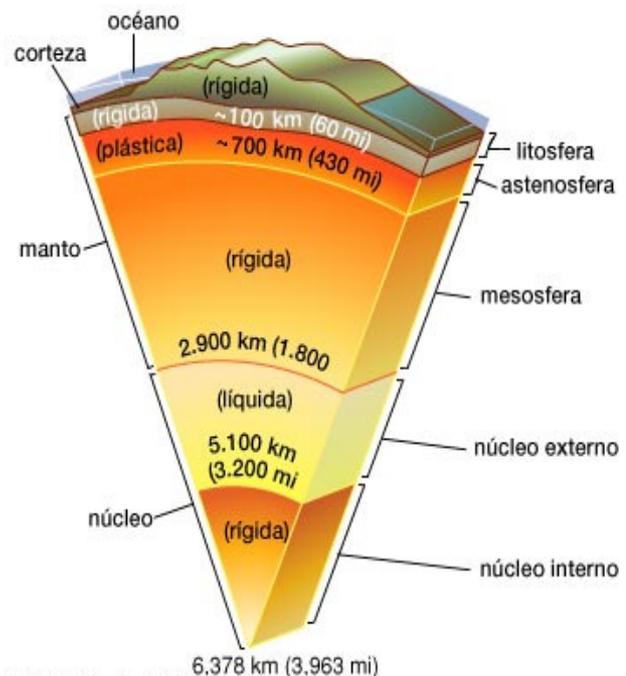


Figura 10. Capas de la Tierra

## 2.2. RECURSOS GEOTÉRMICOS

Se denomina recurso geotérmico a la porción de calor desprendido desde el interior de la Tierra que puede ser aprovechado por el hombre en condiciones técnicas y económicas. Es decir, tan sólo la fracción de calor del globo, que las técnicas que en cada momento estén disponibles permitan un aprovechamiento en condiciones económicas adecuadas, se considera como recurso geotérmico.

Cuando se dan las circunstancias adecuadas para que unos materiales permeables llenos de agua intercepten el flujo de calor desde el interior del globo, y a su vez estos materiales se encuentren suficientemente “sellados” en su parte inferior y superior por materiales impermeables, se dan las condiciones favorables para la existencia de un yacimiento geotérmico.

De este modo, las condiciones clásicas para la existencia de un yacimiento geotérmico son la presencia de:

- un foco de calor activo,
- un material permeable con su base impermeable (el almacén geotérmico) por el que circula un fluido (en general agua de origen meteórica, en fase líquida o vapor),
- y una cobertera o sello que impida (o al menos limite) el escape del fluido.

Se conoce así como yacimiento geotérmico el espacio de la corteza terrestre en el que se localizan materiales permeables que albergan un recurso geotérmico susceptible de ser aprovechado por el hombre.

Los yacimientos geotérmicos convencionales se clasifican de acuerdo con los niveles energéticos de los recursos que albergan, es decir, de los fluidos en ellos contenidos. La explotación de esta fuente de energía se realiza perforando el suelo y extrayendo el agua caliente. Si su temperatura es suficientemente alta, el agua saldrá en forma de vapor y se podrá aprovechar para accionar una turbina.

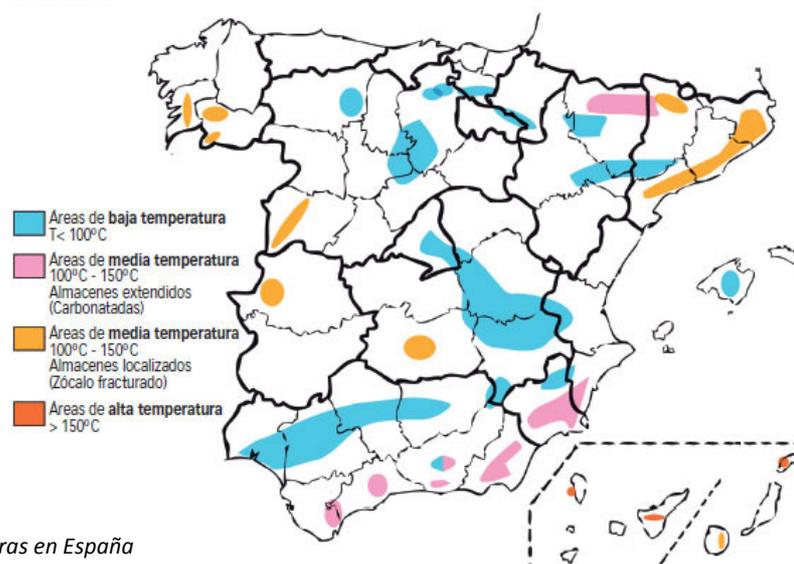


Figura 11. Temperaturas en España

### 2.2.1. Yacimientos de alta temperatura

La energía geotérmica de alta temperatura existe en las zonas activas de la corteza. Su temperatura está comprendida entre 150 y 400°C, se produce vapor en la superficie que enviando a las turbinas, genera electricidad.

Se requieren varios parámetros para que exista un campo geotérmico: un techo compuesto de un cobertura de rocas impermeables; un depósito, o acuífero, de permeabilidad elevada, ente 300 y 2.000 metros de profundidad; rocas fracturadas que permitan una circulación convectiva de fluidos, y por lo tanto la transferencia de calor de la fuente a la superficie, y una fuente de calor magmático, entre 3 y 10 kilómetros de profundidad a 500-600°C. La explotación de un campo de estas características se hace por medio de perforaciones según técnicas casi idénticas a las de la extracción del petróleo.

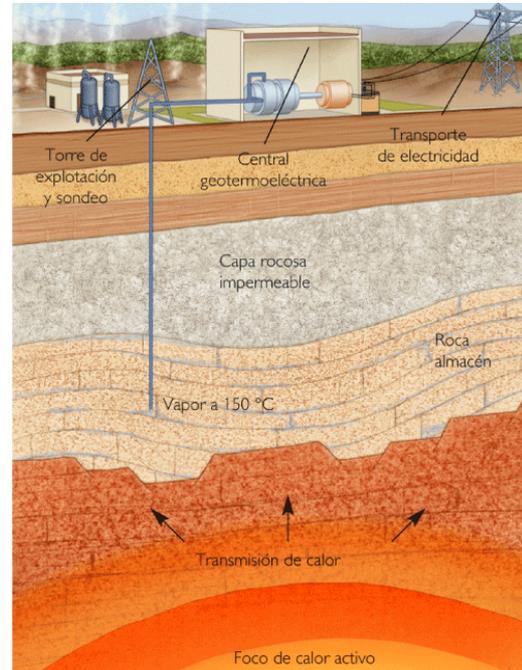


Figura 12. Yacimiento geotérmico alta temperatura

La localización de yacimientos de alta temperatura y su explotación constituiría una ayuda apreciable para el autoabastecimiento energético de una zona.

Sin embargo, los recursos geotérmicos de alta temperatura son muy escasos comparados con los de baja temperatura, e incluso estos últimos.

### 2.2.2. Yacimientos de media temperatura

La energía geotérmica de temperaturas medias es aquella en que los fluidos de los acuíferos están a temperaturas menos elevadas, normalmente entre 70 y 150 ° C. Por consiguiente, la conversión vapor-electricidad se realiza con un rendimiento menor, y debe explotarse por medio de un fluido volátil. Estas fuentes permiten explotar pequeñas centrales eléctricas, pero el mejor aprovechamiento puede hacerse mediante sistemas urbanos de reparto de calor para su uso en calefacción y en refrigeración (mediante máquinas de absorción).

### 2.2.3. Yacimientos de baja temperatura

La energía geotérmica de temperaturas bajas es aprovechable en zonas más amplias que las anteriores; por ejemplo, en todas las cuencas sedimentarias. Es debida al gradiente geotérmico. Los fluidos están a temperaturas de 50 a 70 °C.

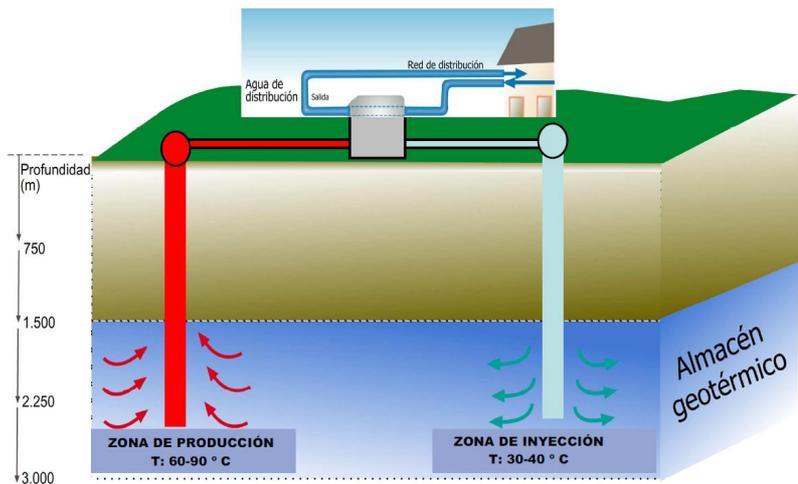


Figura 13. Yacimiento geotérmico baja temperatura

### 2.2.4. Yacimientos de muy baja temperatura

La energía geotérmica de muy baja temperatura se considera cuando los fluidos se calientan a temperaturas comprendidas entre 20 y 60°C.

Esta energía se utiliza para necesidades domésticas, urbanas o agrícolas. La frontera entre energía geotérmica de media temperatura y la energía geotérmica de baja temperatura es un poco arbitraria; es la temperatura por debajo de la cual no es posible ya producir electricidad con un rendimiento aceptable 120°C a 180°C.

## 2.3. USO DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN LA EDIFICACIÓN

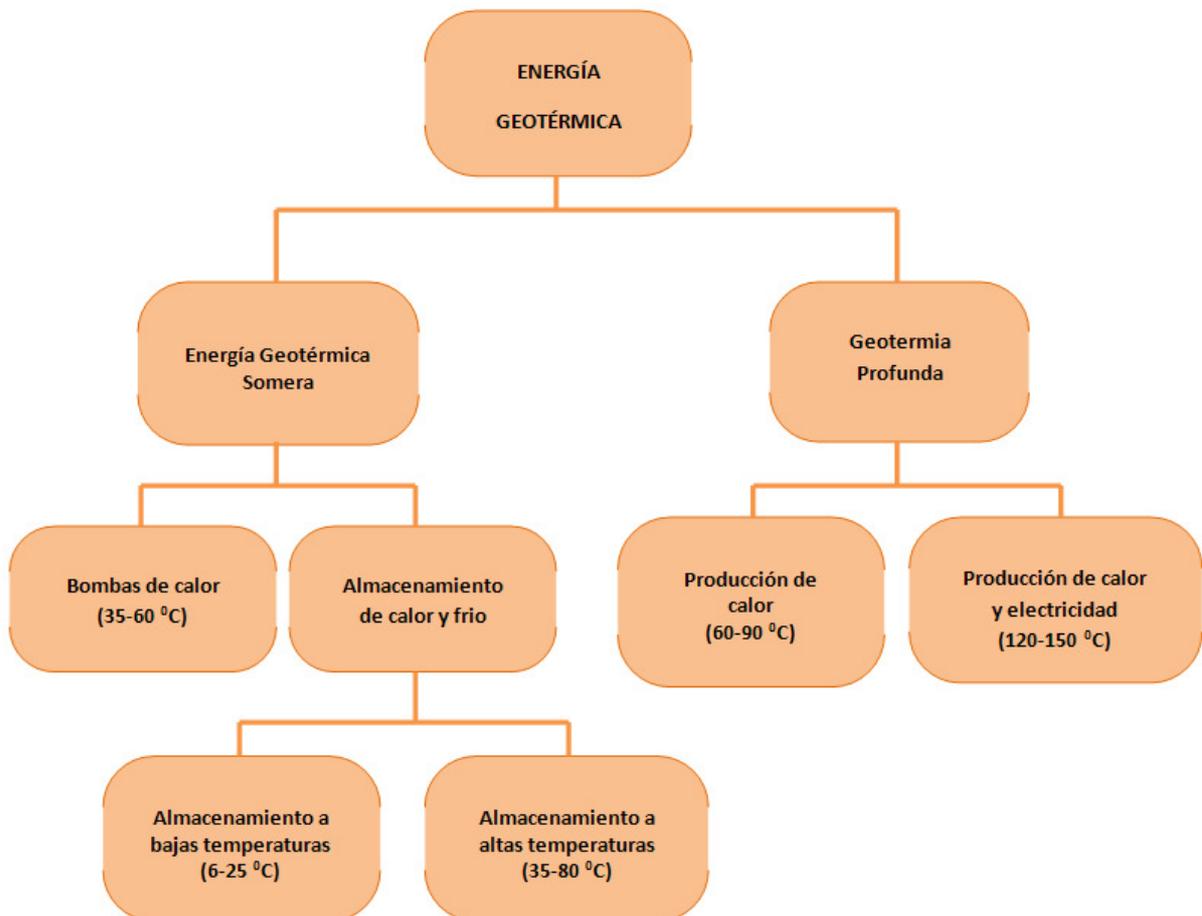
Los recursos de muy baja temperatura reúnen dos características que los diferencian del resto, y que hacen que su investigación se aparte de los cánones clásicos de investigación geológico-minera de recursos minerales.

La primera es que se trata de un recurso energético que está debajo de cualquier terreno de cualquier lugar habitado del planeta, próximo a la superficie. La segunda, que su posibilidad de aprovechamiento está supeditada al uso forzoso de bombas de calor geotérmicas.

Gracias a esas dos circunstancias, son los recursos que mejor se adaptan a las necesidades de climatización de viviendas unifamiliares y de edificios de pequeñas o grandes dimensiones.

Más que investigar la forma de localizar el recurso que, al fin y al cabo, ya se sabe que está bajo el terreno, a poca profundidad, y en espera de ser extraído, lo que se investiga es cuál es la mejor forma de explotarlo para que, sin llegar a agotarlo, pueda satisfacer la demanda energética que se necesita para mantener el confort térmico en el interior de los edificios a los que va a dar servicio.

Los sistemas geotérmicos se pueden clasificar en varios tipos dependiendo de las profundidades empleadas.



Esquema 1. Clasificación Energía Geotérmica

Los sistemas a poca profundidad se pueden dividir en sistemas de extracción de calor (con una bomba de calor geotérmico) y sistemas de almacenamiento de energía (frío y calor).

Los sistemas geotérmicos profundos extraen calor terrestre del subsuelo y se instalan a profundidades hasta de 4000 metros por debajo de la superficie. Si las temperaturas sobrepasan los 120 °C se puede generar electricidad.

La diferenciación entre energía geotérmica somera y energía geotérmica profunda se suele establecer, arbitrariamente, en una profundidad de 400 m por debajo de la superficie. Los recursos geotérmicos de muy baja temperatura se enmarcan en el primero de los dos dominios.

### 2.3.1. Geotermia somera

La aplicación principal de la geotermia somera es la climatización eficiente de edificios. Es una tecnología respetuosa con el medio ambiente, reduciendo el consumo de energía primaria y las emisiones de CO<sub>2</sub>.

La energía geotérmica combinada o no con bombas de calor presenta un elevado nivel de ahorro energético y económico frente a la condensación convencional en aire, o en torre de refrigeración debido a: la temperatura del foco exterior (subsuelo) tiene menores fluctuaciones, y en general está más próxima a la temperatura interior de los edificios, por lo que el COP (Coefficient Of Performance) y la EER (Energy Efficiency Ratio) son mayores que con sistemas basados en aire; menores costes de mantenimiento que las torres de refrigeración, ya que no hay riesgo de legionela; y existe la posibilidad de almacenar energía térmica (calor y frío) para su uso posterior.

Podemos obtener la energía geotérmica mediante diferentes tipos de captación:

#### Sistema horizontal de poca profundidad

Es de fácil instalación y su coste reducido. Hay que contar con una superficie de 1'5-2 veces superior a la superficie total de la vivienda a calefactar. Este sistema no precisa rebajar toda la superficie de terreno ya que aprovecha el 100% de la misma.



Figura 14. Sistema horizontal de poca profundidad

Sistema horizontal de gran profundidad

Muy apropiado y productivo cuando disponemos de superficie de gran terreno. Une las ventajas del sistema vertical en producción y el bajo coste de instalación de un sistema horizontal. Con este sistema se tiene un control de la temperatura independiente para cada espacio además de poder optar a la refrigeración para el verano.



Figura 15. Sistema horizontal gran profundidad

Sistema vertical de sondas

Permite la producción de calor y frío. El sistema no tiene mantenimiento; puede realizarse en cualquier espacio de terreno o vivienda; una vez instalado no ocupa lugar. Es el sistema por excelencia de la Geotermia aunque solo es compatible con suelo radiante, fancoils.



Figura 16. Sistema vertical de sondas

Sistema vertical de aguas subterráneas

Permite producir calor y frío, a muy bajo coste, freecooling en periodo estival. Es muy rentable y al tratarse de un sistema abierto tiene mantenimiento en parte de sus componentes. Utiliza un flujo subterráneo o un afloramiento de agua como fuente de energía. En caso de que la superficie del suelo disponible sea insuficiente se recurrirá aun captador vertical (antena).



Figura 17. Sistema vertical de aguas subterráneas

### Sistema vertical de pozo existente

Permite el aprovechamiento de aguas de niveles freáticos sin o escasos usos. Produce tanto calor como frío. Su instalación tiene un coste muy reducido y al ser un sistema cerrado no requiere mantenimiento alguno.

Es necesaria una estabilidad del nivel freático para poder aprovechar una fuente de energía existente sin modificar el terreno.



Figura 18. Sistema vertical de pozo existente

### Sistema vertical de aprovechamiento de estructuras

Permite a través de las estructuras de soporte en edificio y construcciones instalar pilas de energía para la producción de calor y frío y ACS. Al ser un sistema cerrado y su instalación ejecutarse en el mismo transcurso de la obra resulta económico y sin mantenimiento.



Figura 19. Sistema vertical de aprovechamiento de estructuras

Se pueden distinguir dos tipos de sistemas geotérmicos someros: bomba de calor geotérmica y almacenamiento subterráneo de energía térmica; en ambos se realiza un intercambio de energía térmica con el subsuelo pero con diferencias en su funcionamiento lo que hace que cada uno sea más adecuado según las características del proyecto a realizar.

#### **2.3.1.1. Bomba de calor geotérmica (BCG)**

Una bomba de calor geotérmica es una bomba de calor que utiliza el subsuelo como fuente de calor, funcionando a modo de calefacción, o como disipador de calor a modo de refrigeración. Las aplicaciones se basan en la temperatura natural del subsuelo. La bomba de calor geotérmica extrae calor del subsuelo en invierno e inyecta calor en verano.

Para el intercambio de energía térmica se conecta la bomba de calor con el subsuelo. La conexión más común es un bucle cerrado, existiendo tubos en forma de "U" de polietileno de alta densidad insertados en perforaciones de 50 a 200 metros de profundidad. El principio de funcionamiento se muestra en la figura inferior

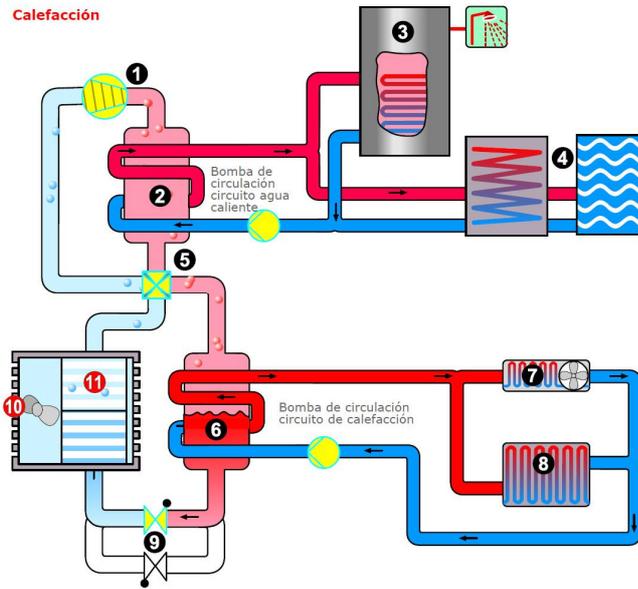


Figura 20. BCG para calefacción

- 1 El compresor eleva el nivel de presión del medio refrigerante que circula dentro de un circuito cerrado. De este modo sube la temperatura del medio refrigerante gaseoso.
- 2 Un intercambiador de calor en el gas caliente del circuito de refrigeración permite la alimentación de diferentes consumidores de calor a un nivel de temperatura más elevado.
- 3 Producción centralizada de agua caliente durante la calefacción con temperaturas de alimentación elevadas.
- 4 Alimentación de consumidores de calor adicionales mediante amortiguador y/o intercambiador de calor de piscina.
- 5 La válvula de conmutación de cuatro vías dirige el medio refrigerante aún caliente al sistema de calefacción donde cede el calor.
- 6 En el licuefactor (intercambiador de calor) el calor se transmite al agua de calefacción. El medio refrigerante se refresca y se licua.
- 7 El ventilador es atravesado por agua de calefacción y cede el calor controladamente al aire ambiental. Los ventiladores integrados permiten una circulación del aire con varios niveles de regulación.
- 8 Una calefacción de superficie (p.ej. calefacción por suelo radiante) es atravesada por agua de calefacción y cede el calor controladamente al aire ambiental.
- 9 En la válvula de expansión el medio refrigerante se expande (caída de presión) y sigue refrescándose.
- 10 Un ventilador sopla aire del exterior por el evaporador frío.
- 11 Mediante un evaporador (intercambiador de calor) la energía captada en la sonda geotérmica se transmite a un medio refrigerante. El medio refrigerante se calienta y se evapora.

- 1 El compresor eleva el nivel de presión del medio refrigerante que circula dentro de un circuito cerrado. De este modo sube la temperatura del medio refrigerante gaseoso.
- 2 Un intercambiador de calor en el gas caliente del circuito de refrigeración facilita el uso del calor perdido producido durante la refrigeración.
- 3 Producción eficiente de agua caliente durante la refrigeración usando el calor perdido.
- 4 Uso del calor perdido mediante amortiguador y/o intercambiador de calor de piscina.
- 5 La válvula de conmutación de cuatro vías dirige el calor residual del medio refrigerante al aire exterior, donde cede el calor.
- 6 En caso necesario, un ventilador aspira aire del exterior a través del licuefactor caliente para desviar el calor perdido no utilizable.
- 7 Mediante un licuefactor (intercambiador de calor) el calor perdido no utilizable se cede al aire exterior. El medio refrigerante se refresca y se licua.
- 8 En la válvula de expansión el medio refrigerante se expande (caída de presión) y sigue refrescándose.
- 9 En el evaporador (intercambiador de calor) el medio refrigerante frío extrae calor del agua de calefacción.
- 10 El ventilador es atravesado por agua de calefacción refrescada y extrae calor del aire ambiental. Temperaturas de alimentación bajas resultan en una temperatura debajo del punto de rocío y en una deshumidificación del aire ambiental. Los ventiladores integrados permiten una circulación del aire con varios niveles de regulación.
- 11 El agua refrescada que atraviesa un sistema de tubos instalado en el suelo, en la pared o en el techo refresca la superficie del elemento. Esta funciona como intercambiador de calor que extrae calor del ambiente.

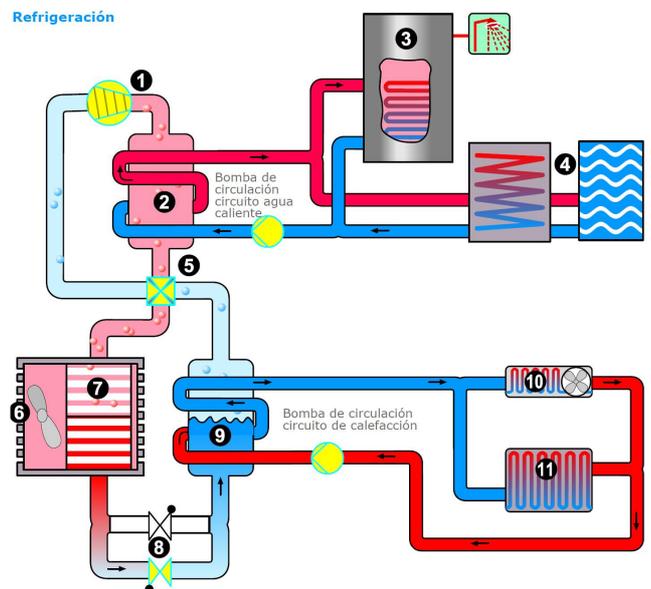


Figura 21. BCG para refrigeración

### 2.3.1.2. Almacenamiento Subterráneo de Energía Térmica (ASET)

Mientras que una bomba de calor geotérmica extrae o inyecta calor, un ASET se basa en la acumulación de calor y frío para su uso posterior. En la mayoría de los casos se aplica un sistema ASET como almacenamiento estacional (verano e invierno). La energía almacenada se puede usar para calefacción o refrigeración directa, pero también en combinación con bombas de calor. En general se pueden distinguir dos tipos de ASET:

#### - Almacenamiento Subterráneo de Energía Térmica en Acuíferos (ASET-A)

Un sistema ASET-A es un sistema de bucle abierto, perfeccionado y gestionado para efectuar almacenamiento térmico estacional, es decir, se invierten los pozos de extracción e inyección estacionalmente.

El principio se muestra en la animación inferior. En verano, se extrae agua del pozo "frío" usándolo para refrigerar edificios. El calor del edificio calienta el agua que se inyecta en el pozo "caliente". En invierno, el proceso es inverso. El agua es bombeada desde el pozo "caliente" y se utiliza como fuente de calor, por ejemplo para bombas de calor. Las bombas de calor suministran la calefacción parcial o totalmente y como consecuencia la temperatura del agua extraída desciende, esta agua enfriada se inyecta en el pozo "frío".

#### - Almacenamiento Subterráneo de Energía Térmica en Sondeos (ASET-B)

El sistema ASET-B consiste en una serie de sondeos. En lugar de penetrar el acuífero como en el sistema abierto ASET-A, el sistema ASET-B es, por el contrario, un sistema de bucle cerrado. En la perforación del sondeo se introduce un bucle de polietileno. Para obtener un buen contacto térmico con el subsuelo circundante se rellena el espacio sobrante con un material con una alta conductividad térmica. El principio se muestra en la figura inferior. Los bucles en los sondeos funcionan como un intercambiador de calor terrestre. En invierno dicho intercambiador se utiliza para extraer calor del subsuelo; por ejemplo, para una bomba de calor geotérmica.

Mientras el fluido del circuito pasa a través de la bomba de calor, el fluido se enfría. El fluido enfriado vuelve al intercambiador terrestre y la "energía fría" se almacena en el subsuelo alrededor de los sondeos.

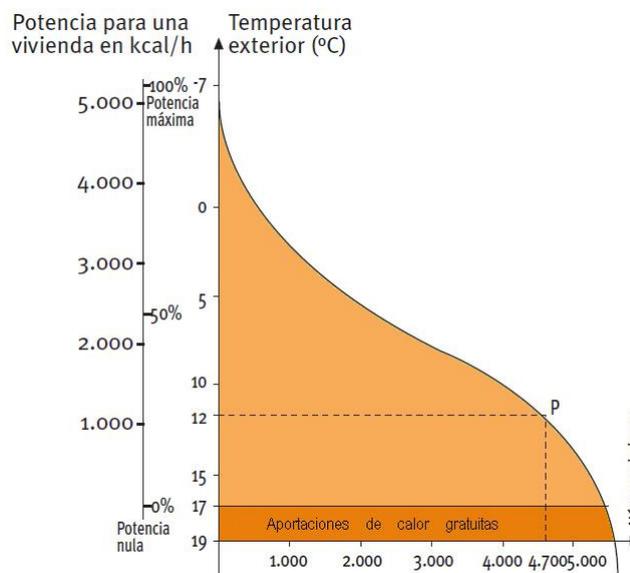
### 2.3.2. Aplicaciones

Los fluidos geotérmicos de baja temperatura (<100°C), tal como se ha visto con anterioridad, pueden ser utilizados para la aplicación directa del calor.

Las principales aplicaciones de este tipo, excluido el uso balneario, se concentran en el sector residencial (calefacción y ACS) y en la calefacción de invernaderos. En cualquier caso, debido al elevado coste de los sistemas de transporte del calor, se requiere una importante demanda a poca distancia del aprovechamiento geotérmico.

Como energía de base, la geotermia se adapta de forma muy adecuada a sistemas que tengan un consumo energético lo más constante posible a lo largo del año.

. De esta forma el consumo de ACS, o consumos de calor similares, permiten rentabilizar la explotación geotérmica de modo muy favorable. Sin embargo, las necesidades de calefacción no son constantes a lo largo del año. La curva de carga o de potencia térmica demandada, que se obtiene para cada localización a partir de las temperaturas en cada sitio y el número de horas que se registran estas temperaturas, permite conocer el número de horas que se demanda una cierta potencia.



Gráfica 5. Aplicaciones de la Energía Geotérmica

Pretender cubrir las puntas de demanda energética mediante la energía geotérmica conlleva un incremento muy elevado de inversiones y una disminución fuerte del número de horas de utilización de la geotermia y, por tanto, de una merma en su rentabilidad. Con objeto de adecuar el empleo de la geotermia a unas determinadas condiciones de la demanda energética, se suele adoptar una solución que consiste en utilizar la geotermia como energía de base para el suministro energético y una fuente de apoyo (que suministre las puntas de demanda. Como orden de magnitud se habla de la cobertura mediante geotermia del 50% de la potencia máxima demandada, lo que equivale a cubrir mediante la geotermia el 80% de la demanda energética total.

En cuanto al resto de las características de los sistemas de distribución del calor, etc., se puede decir básicamente que son similares a los de centrales térmicas convencionales utilizadas en los sistemas de calefacción de distrito. En todo caso, es conveniente señalar que los sistemas geotérmicos se adaptan de manera más favorable a los sistemas de calefacción de baja temperatura que a los sistemas más antiguos que utilizan radiadores con agua a muy alta temperatura.

### 2.3.3. Proyectos emblemáticos

La energía geotérmica aparece como una tecnología, no suficientemente conocida, pero que puede jugar un papel relevante en cuanto a su impacto en la mejora del suministro energético actual.

Con estos proyectos se pretende mostrar la evolución y desarrollo que está sufriendo el aprovechamiento de este tipo de energía en nuestro país.

#### Sistema de bombas de calor geotérmico para la estación de Pacífico de Metro de Madrid

Lugar: C/ Doctor Esquerdo esquina C/ Pedro Bosch Municipio: Madrid

Fecha de puesta en marcha: las perforaciones y conexiones horizontales fueron realizadas de marzo a diciembre de 2008. La instalación de la sala técnica y la puesta en marcha se realizó desde el principio del verano de 2009, y se terminó a finales de septiembre de este mismo año.



Figura 22. Tendido horizontal

Descripción:

Este proyecto consiste en la implantación de una instalación de intercambio energético basado en bombas de calor geotérmico para la climatización de las futuras oficinas subterráneas y los dos andenes de la estación de Pacífico de Metro de Madrid.

Debido al gran volumen de instalaciones de las que dispone, Metro de Madrid está planeando alternativas en cuanto al suministro energético de las mismas, con un doble propósito: incrementar la eficiencia en el uso de la energía y aumentar la seguridad del abastecimiento.

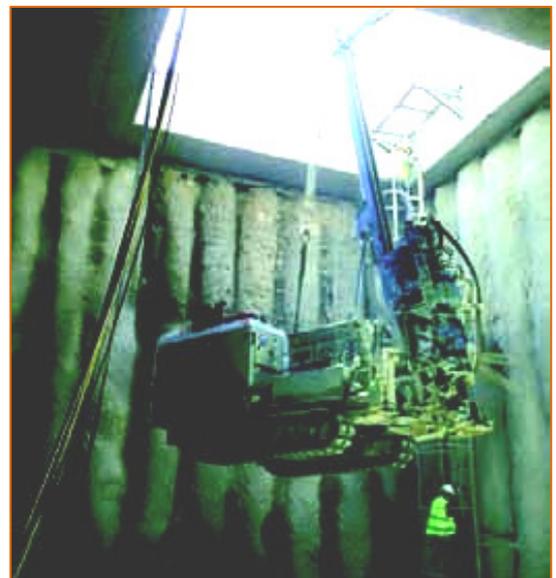


Figura 23. Introducción de maquinaria perforadora

### Aprovechamiento geotérmico en la factoría de EADS en Getafe

Lugar: Vereda de San Marcos s/n

Municipio: Getafe

Fecha de puesta en marcha: 2010

Descripción:

El complejo consta de dos hangares de unos 7.300 m<sup>2</sup> c/u y un edificio de oficinas de cuatro alturas, con capacidad para 800 personas.

Todo el complejo edificado comprende una superficie construida de unos 30.000 m<sup>2</sup>.

El método elegido para el aprovechamiento de la energía geotérmica es la denominada cimentación termo activa. Con este método se aprovecha la excavación necesaria para la realización de los pilotes de cimentación que soportan las cargas de la estructura.



Figura 24. Edificio con estructura de pilotes



Figura 25. Sondas geotérmicas unidas a estructura

### Instalación geotermia tierra-agua en Cataluña

Lugar: C/ Cornellà 639

Municipio: Cabrera Igualada

Fecha de puesta en marcha: 2008

Descripción:

Se trata de una instalación de ACS y calefacción geotérmica con tecnología gas-agua (el fluido refrigerante expande en la tierra) de lazo horizontal. La bomba de calor es de 7kW en modo calor y calienta un circuito hidráulico en el interior de la vivienda que transmite las calorías mediante fancoils. El COP de la bomba de calor es de aprox. 3,6, es decir, por cada kW eléctrico consumido aporta 3,6 de calor.



Figura 26. Sondas horizontales superficiales

### Instalación de climatización con bomba de calor geotérmica en la ETSII

Lugar: Camino de Vera s/n - Edificio 5F

Municipio: Valencia

Fecha de puesta en marcha: 2008

Descripción:

En el jardín rodeado por los edificios de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial (ETSII) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) se ha instalado un intercambiador enterrado conectado a una bomba de calor agua-agua. El proyecto ha sido realizado por el Instituto de Ingeniería Energética (IIE).

El sistema está acoplado a una bomba de calor de nuevo diseño cuya capacidad nominal en modo calefacción es de 17,5 kW, mientras que en modo refrigeración su capacidad es de 17,6 kW. Según los resultados preliminares – disponibles, el 70% de dicha energía proviene del aprovechamiento del calor residual del suelo – de carácter renovable – mientras que sólo un 30% se toma directamente de la red eléctrica.



Figura 27. Conducciones verticales profundas



Figura 28. Conducciones en la periferia de edificio

### **3. INSTALACIÓN GEOTÉRMICA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR**

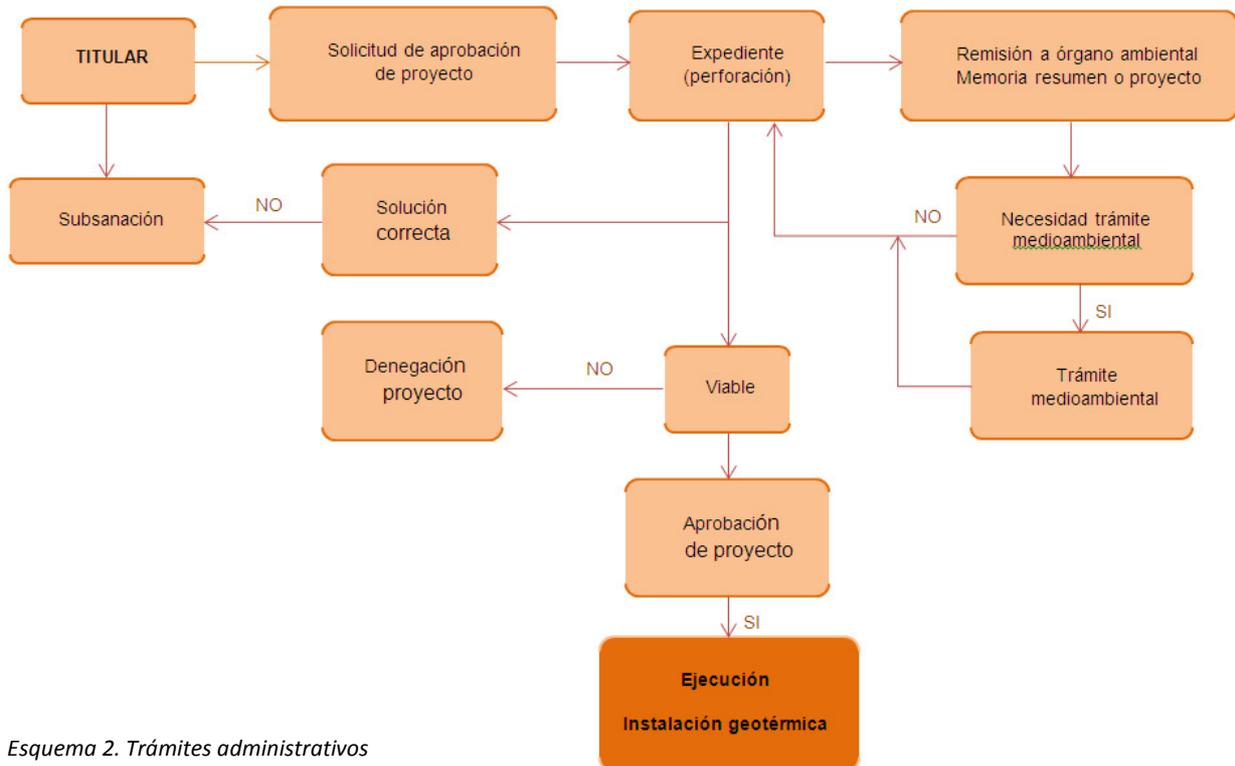
### 3.1. AUTORIZACIONES ADMINISTRATIVAS

Con independencia de las licencias y permisos que corresponda otorgar a las Corporaciones Locales, una instalación geotérmica de baja entalpía cuya finalidad sea la de dotar a los edificios de servicios de calefacción, climatización o ACS, tiene los siguientes requisitos legales:

- La instalación térmica o de ACS deberá ser registrada siguiendo las pautas de cualquier instalación de este tipo que utilice una fuente de energía convencional.
- La realización de la perforación requiere la autorización desde el punto de vista de seguridad minera mediante la presentación de un proyecto según las prescripciones recogidas en las normas básicas de seguridad minera.
- Las características particulares que puede suponer la perforación requerirá previamente que el organismo competente en materia medioambiental se pronuncie sobre los trámites a seguir según su afección al medio ambiente.

La primera de las exigencias requerirá la tramitación administrativa que, según las características de la instalación, se establece en la legislación vigente para las instalaciones térmicas en edificios, mientras que para la segunda y la tercera será necesaria la presentación de un proyecto y una memoria resumen, respectivamente.

Para la instalación de un sistema geotérmico de baja temperatura será necesario seguir los siguientes trámites en los ámbitos de la minería y ambiental:



Esquema 2. Trámites administrativos

### 3.2. NORMATIVA DE APLICACIÓN

Todos los yacimientos de origen natural y demás recursos geológicos existentes en el territorio nacional, mar territorial y plataforma continental, son bienes de dominio público, cuya investigación y aprovechamiento podrá asumir el Estado directamente, o ceder en la forma y condiciones que se establecen en la legislación vigente.

El Estado podrá reservarse zonas de cualquier extensión en el territorio nacional, mar territorial y plataforma continental en las que el aprovechamiento de uno o varios yacimientos minerales y demás recursos geológicos pueda tener especial interés para el desarrollo económico y social o para la defensa nacional.

La instalación de un sistema geotérmico se regirá por el siguiente marco normativo:

#### Normativa minera

- **Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas**
  - Establece que los lodos de yacimientos de origen natural y demás recursos geológicos existentes en el territorio nacional, mar territorial y plataforma continental, son bienes de dominio público, cuya investigación y aprovechamiento el Estado podrá asumir directamente o ceder.
  - Se establece un régimen de permisos de exploración e investigación, así como de concesiones de explotación.
- **Ley 54/1980, de 5 de noviembre, que modifica la Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas.**
  - Engloba a los recursos geotérmicos en la "Sección D": carbones, minerales radioactivos, recursos geotérmicos, rocas bituminosas y cualquier yacimiento mineral o recurso geológico de interés energético.
- **Real Decreto 863/1985, de 2 de abril, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.**
  - Establece las reglas generales mínimas de seguridad a que se sujetarán las explotaciones de minas, canteras, salinas marítimas, aguas subterráneas, recursos geotérmicos, depósitos subterráneos naturales o artificiales, sondeos, excavaciones a cielo abierto o subterráneas.

#### **APLICACIÓN DE LA NORMATIVA**

- La *geotermia profunda* se rige por todas las normas anteriores.
- Vacío legal para la *geotermia somera*, aplicándose únicamente en la actualidad el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.

### Normativa de aguas

- **Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.**
  - Se establece el régimen de concesiones y autorizaciones de extracción y vertido.
- **Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.**
  - Regula la investigación, aprovechamiento y afecciones de aguas subterráneas.
  - Autorizaciones de vertidos.

#### **APLICACIÓN DE LA NORMATIVA**

- La *geotermia de circuito abierto* (profunda o somera) se rige por todas las normas anteriores, siendo necesario obtener las concesiones de extracción e inyección/vertido del agua.
- Vacío legal para la *geotermia somera en circuito cerrado*.
- **Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero. Texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos.**
- **Ley 11/2003 de 8 de abril de 2003. Ley de Prevención Ambiental de Castilla y León.**
  - Establece las obras o actividades sujetas a los procedimientos de Comunicación Ambiental, Licencia Ambiental o Evaluación de Impacto Ambiental.

#### **APLICACIÓN DE LA NORMATIVA**

- A las *instalaciones geotérmicas profundas*, ya sean para generación eléctrica como para su aprovechamiento térmico directo.
- Vacío legal para la *geotermia somera en circuito cerrado*, ya que en *circuito abierto* la Ley de aguas si contempla este trámite.

### Normativa energética

- **Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.**
  - Establece las exigencias de eficiencia energética y de seguridad de las instalaciones térmicas en edificios destinadas a atender la demanda de bienestar e higiene de las personas, desde el momento de su diseño al de utilización.
  - Establece que toda instalación térmica en edificios debe ser registrada.

- **Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.**
  - Establece el régimen económico y jurídico de las instalaciones que pueden acogerse al régimen especial de productores de energía eléctrica.
  - La geotermia queda encuadrada en el grupo b.3, instalaciones que únicamente utilicen como energía primaria la geotermia y las rocas calientes o secas.

#### **APLICACIÓN DE LA NORMATIVA**

- El RITE es de aplicación a las *instalaciones geotérmicas para climatización de edificios y suministro de ACS* (el RITE no contempla a las bombas de calor geotérmicas específicamente).
- El RD 661/2007 resulta de aplicación a las *instalaciones de aprovechamiento eléctrico* de yacimientos geotérmicos.

#### **INSTALACIONES GEOTÉRMICAS DE BAJA TEMPERATURA**

Con independencia de las licencias y permisos que corresponda otorgar a las Corporaciones Locales, una **instalación geotérmica de baja temperatura** tiene los siguientes requisitos legales:

El proyecto deberá incluir:

- La instalación térmica o de ACS deberá ser registrada siguiendo las pautas de cualquier instalación de este tipo que utilice una fuente de energía convencional. Tramitación Administrativa (legislación vigente para instalaciones térmicas en edificios)
- La realización de la perforación requiere la autorización desde el punto de vista de seguridad minera mediante la presentación de un **proyecto** según las prescripciones recogidas en las normas básicas de seguridad minera.

#### **Memoria descriptiva**

- Objeto del proyecto
- Legislación aplicable
- Datos generales
- Emplazamiento geográfico
- Geología de la zona
- Perforaciones a realizar
- Principales alternativas
- Espacios protegidos y acuíferos existentes
- Posibles afecciones al medio ambiente
- Vigilancia y seguimiento ambiental
- Identificación de la dirección facultativa
- Programa de mantenimiento

**Presupuesto del proyecto**

- Planos
  - Anexos
- 
- Las características particulares que puede suponer la perforación requerirá previamente que el organismo competente en materia medioambiental se pronuncie sobre los trámites a seguir según su afección al medio ambiente.

**Memoria resumen**

- Definición, características y ubicación del proyecto
  - Descripción del proyecto
  - Características
  - Ubicación
- Principales alternativas estudiadas
- Breve análisis de potenciales impactos sobre el medio ambiente.

### 3.3. METODOLOGÍA DE INSTALACIÓN

Una instalación geotérmica ha de estar muy bien diseñada para poder alcanzar los siguientes objetivos:

- **Economía:** Sin un buen diseño, los consumos energéticos finales podrían ser superiores a lo que el sistema es capaz de ofrecer; por tanto, un correcto dimensionamiento de todo el sistema es fundamental para conseguir ahorros importantes.
- **Ecología:** Cuanto más ahorremos en nuestro consumo de energía menos afectaremos al medio ambiente
- **Confort:** si proyectamos un buen diseño del sistema de climatización, tendremos durante todo el año la temperatura deseada y el ACS necesaria sin tener que estar pendiente del sistema de climatización.

#### 3.3.1. Diseño

Sin un buen diseño de principio, probablemente el sistema de climatización en el mejor de los casos podrá llegar a funcionar, pero el objetivo de una instalación geotérmica no es solo esto, sino también el ahorro.

Por tanto son varios los datos que debemos saber para llevar a cabo el dimensionamiento de los sistemas de captación y de las bombas de calor geotérmicas.

Los datos que debemos conocer del edificio o vivienda son los siguientes:

- **Localización.** No solo es importante conocerla por razones climatológicas, lógicamente, sino por ir definiendo qué tipo de captación se va a poder realizar: vertical (no existan impedimentos en el subsuelo), horizontal (exista superficie disponible), lagos o ríos, etc.
- **Superficie a climatizar.** Hay que definir cuál va a ser la superficie de la edificación que se va a calefactar y cual a refrigerar. Es importante distinguirlas ya que no es recomendable refrigerar muchas zonas de la casa como por ejemplo cuartos de baño, cocinas, pasillos, etc. que sin embargo sí estarán calefactados.
- **Potencia necesaria.** Es siempre recomendable, si no necesario, disponer de un estudio de pérdidas de carga de la vivienda para tener un dato que nos indique el grado de aislamiento de la edificación. Gracias a él sabremos los  $w/m^2$  que se necesitan. Es importante decir en este punto que la potencia que se instala con una bomba de calor geotérmica es inferior a la potencia que se instala con otros sistemas de calefacción (calderas de gas o gasóleo) ya que se trata de sistemas de mucha inercia térmica.

- Necesidades de ACS. Hay que saber cuál va a ser la demanda de agua caliente sanitaria para lo cual deberemos conocer el número de personas, número de cuartos de baño y de otros elementos tales como jacuzzis, etc.
- Temperaturas de consigna. Hay que establecer qué temperatura tendrá el interior de la edificación. Lo recomendable son 22 °C en invierno y 25 °C en verano manteniendo la humedad relativa en torno al 50%.
- Sistema de distribución. El mejor sistema de distribución para la geotermia es el suelo radiante ya que trabaja con saltos térmicos menores a la vez que proporciona una calefacción más homogénea y de mayor inercia térmica. Se pueden emplear también radiadores de baja temperatura. En el caso de reformas de viviendas o edificios que ya disponen de radiadores, habrá de asegurarse que serán capaces de suministrar la potencia necesaria para hacer frente a las pérdidas de carga de los locales teniendo en cuenta la nueva temperatura de suministro.

Para el dimensionamiento del sistema de captación se tendrán que conocer los siguientes datos:

- Geología. Se tendrá que conocer qué tipo de materiales existen en el lugar donde se va a realizar la captación energética. Si ésta va a ser horizontal, tendremos que saber si será posible técnica y económicamente viable ejecutar las zanjas (si es material rocoso que obligue a utilizar martillo y la superficie es muy grande, es posible que sea más rentable las perforaciones). Si se trata de captación vertical, tendremos que saber si se trata de materiales blandos y/o sueltos o si se trata de materiales duros y estables. En el primer caso se tendrá que emplear sistemas a rotación y en el segundo, sistemas a rotopercusión.
- Conductividad térmica del terreno. En caso de realizarse captación vertical - perforaciones- es conveniente conocer la conductividad térmica efectiva que presenta la roca. Este dato se expresa en W/mK y nos determina la potencia térmica que podemos extraer de la perforación. Para proyectos con pocas perforaciones se tendrá que estimar este valor ya que un estudio de conductividad térmica suele ser costoso por lo que solo se realizará en aquellos proyectos con elevado número de perforaciones.
- Superficie disponible. En el caso de captación horizontal es un parámetro determinante ya que suele ser necesaria bastante superficie para llevar a cabo la captación energética. Además dicha superficie no podrá ser utilizada para la construcción de soleras u otros elementos que impidan la aportación energética del sol ni se podrán plantar árboles o cualquier tipo de vegetación que pueda en el futuro romper los colectores de energía. Si

se trata de captación vertical, la superficie ocupada es sensiblemente inferior pero si el número de perforaciones es grande habrá de tenerse en cuenta la separación mínima que hay que tener entre ellas para calcular la distribución de las mismas dentro de la parcela. Un valor aproximado de separación entre perforaciones es de 10 m. Este valor dependerá del tipo de terreno presente y de las necesidades de la edificación.

Existen programas informáticos que, a partir de los datos antes mencionados, calculan la energía requerida por la edificación y en el cual se puede elegir la bomba de calor geotérmica más adecuada. Una vez seleccionada dicha bomba, el programa calcula la captación necesaria para hacer frente a la demanda energética.

Así mismo aporta datos acerca de los rendimientos de la bomba de calor -COPs-, consumos reales del compresor y de las bombas de circulación, ahorros energéticos, rango de cobertura, etc., y una serie de gráficos en los que se muestran los consumos y ahorros conseguidos.

### 3.3.2. Perforaciones

En el caso de instalaciones con sistema horizontal, se utilizarán los mismos equipos necesarios para la realización de una cimentación superficial.

En cambio, para la realización de las perforaciones requeridas en los sistemas verticales de captación energética, será necesaria una inversión inicial mu importante, pudiendo llegar en algunas ocasiones hasta el 60% sobre el total de la instalación.

Dependiendo del terreno estas perforaciones puedes ser:

#### Terreno Consolidado

La selección del sistema más adecuado depende de las características del terreno:

- Abrasividad.
- Resistencia a la compresión.
- Grado de fracturación.



Fases de la perforación e inyección del sondeo:

1. Perforación hasta la profundidad máxima del sondeo.
2. Extracción de la sarta de perforación.
3. Introducción de la sonda y tubo de inyección.
4. Relleno del sondeo en sentido ascendente desde el fondo del taladro.

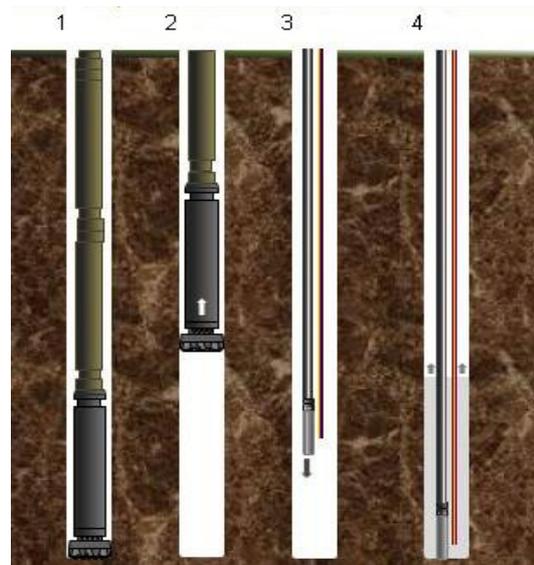


Figura 29. Perforación en terreno consolidado

**Formación Inestable + Terreno Consolidado**

En este caso debemos tener en cuenta no solo las características de la formación estable, sino también la naturaleza de la formación no consolidada. En ésta es necesaria la perforación con revestimiento simultáneo con uno de las siguientes alternativas en la sarta de perforación interior:



Fases de la perforación e inyección del sondeo:

1. Perforación con revestimiento simultáneo hasta la formación consolidada.
2. Extracción de la sarta de perforación con boca retráctil o excéntrica.
3. Perforación sin revestimiento hasta la profundidad máxima del sondeo.
4. Extracción de la sarta interior de perforación.
5. Introducción de la sonda y tubo de inyección.
6. Relleno del sondeo en sentido ascendente desde el fondo del taladro.
7. Extracción de la tubería de revestimiento.

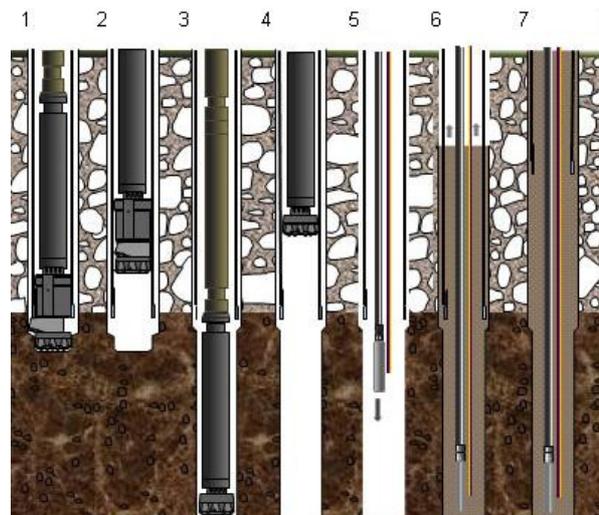


Figura 30. Perforación en terreno consolidado inestable

### Terreno no consolidado

La selección del sistema más adecuado depende de la profundidad máxima del sondeo y de las características del terreno:

Sistemas de perforación con revestimiento simultáneo, hasta una profundidad máxima de 150 - 200 metros, con:



Circulación directa con bomba de lodos para profundidades superiores a 180 – 200 metros.

Fases de la perforación e inyección del sondeo:

1. 0Perforación con revestimiento hasta la profundidad máxima del sondeo.
2. Extracción de la sarta interior de perforación.
3. Introducción de la sonda y tubo de inyección.
4. Relleno del sondeo en sentido ascendente desde el fondo del taladro.
5. Extracción de la tubería de revestimiento.

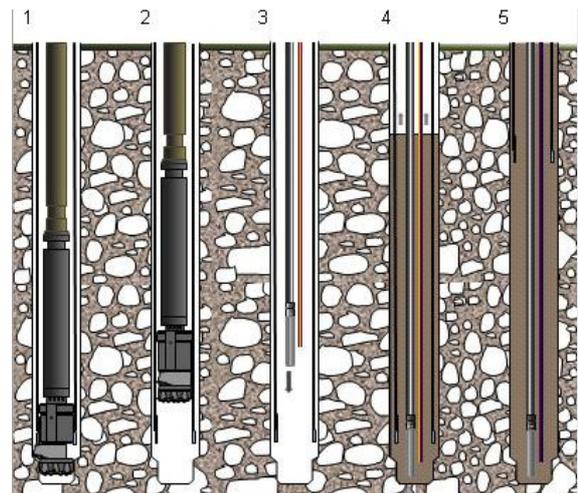
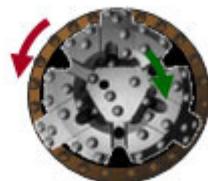


Figura 31. Perforación en terreno no consolidado

### Alternancia de formaciones consolidadas y no consolidadas

La única forma de llevar a cabo este tipo de perforación con garantía y seguridad es mediante la utilización de un equipo con doble unidad de rotación:



Fases de la perforación e inyección del sondeo:

1. Perforación con revestimiento simultaneo hasta la profundidad máxima de sondeo.
2. Extracción de la sarta interior de perforación.
3. Introducción de la sonda y tubo de inyección.
4. Relleno del sondeo en sentido ascendente desde el fondo del taladro.
5. Extracción de la tubería de revestimiento.

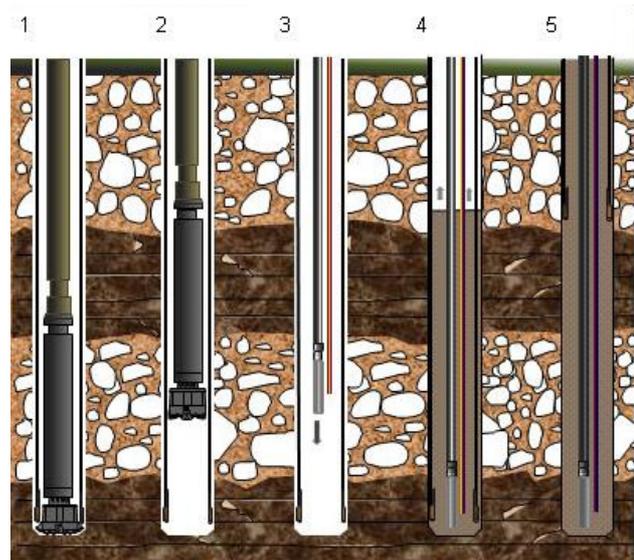


Figura 32. Perforación en terreno consolidado-no consolidado

### 3.3.3. Colectores

La introducción de los captadores de energía tiene que ser una actuación que se realice en el menor tiempo posible y de la manera más segura posible y siempre justo después de acabar la perforación.

Ha de ser rápida ya que de esta forma evitaremos posibles derrumbes o atascos dentro de la perforación que nos impidan descender hasta la cota marcada en proyecto.

Se debe hacer de forma tal que se garantice en todo momento la integridad de los colectores ya que una introducción brusca podría dañar los tubos.

Se tendrá en cuenta que se está manipulando unos colectores que están rellenos de agua con anticongelante por lo que pueden llegar a pesar más de 500 kg, que al ser introducidos en la perforación, si no se toman las medidas de seguridad oportunas, puede llegar a producir un accidente, sobre todo si se trabaja con elementos en altura.

Por último, ha de tenerse en cuenta, en caso de ser necesario, la influencia que tiene el relleno de las perforaciones sobre los colectores. No es lo mismo introducir un colector lleno de agua con anticongelante en una perforación llena de agua que con bentonita, por ejemplo.

A continuación se ilustra una instalación con bomba de calor geotérmica y colectores verticales.

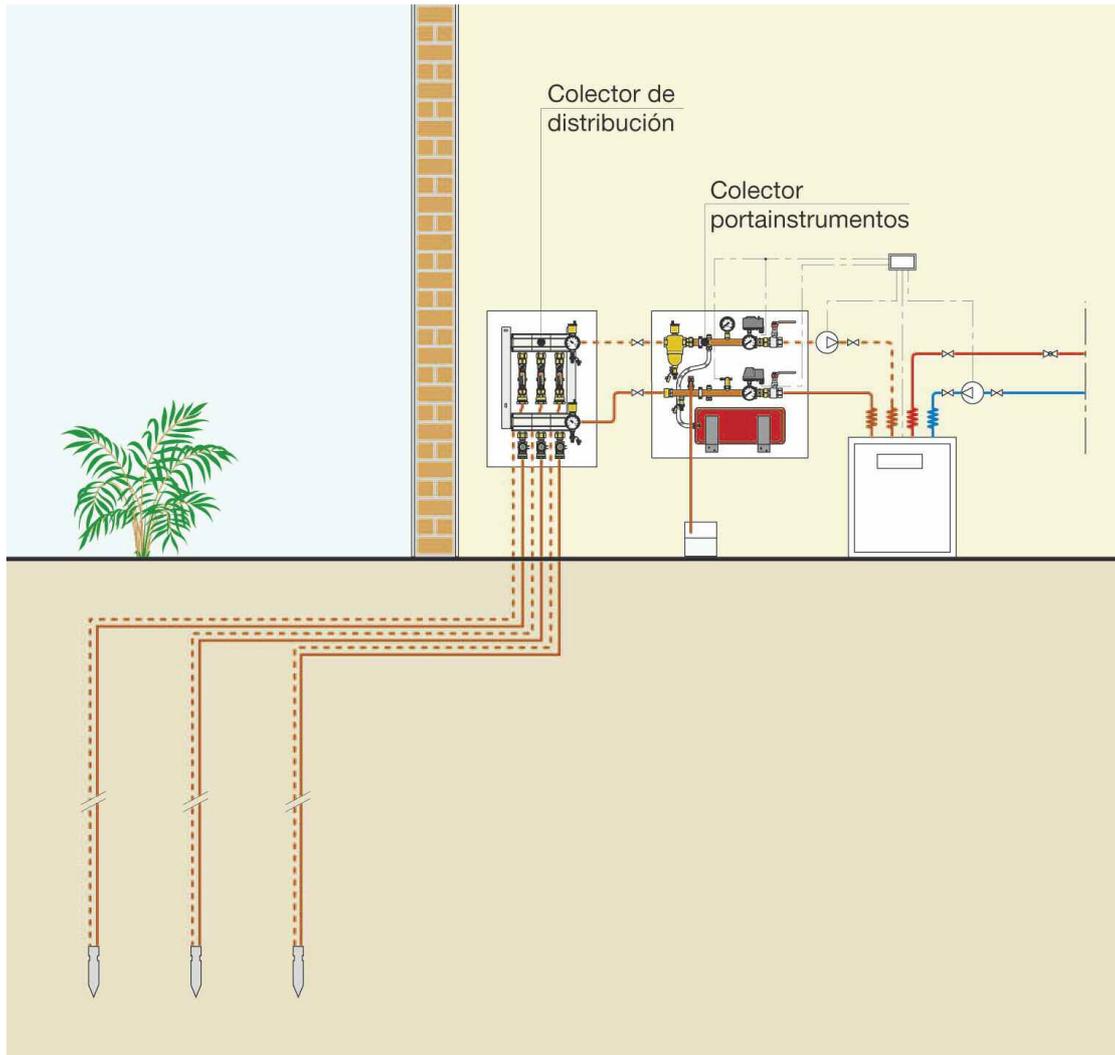


Figura 33. Esquema de colectores

El colector de distribución y el colector portainstrumentos deben permitir:

- Que el fluido caloportador circule por las sondas de modo equilibrado y con bajas pérdidas de carga.
- Que haya una instrumentación adecuada (de control, seguridad y expansión) para garantizar el funcionamiento correcto de la bomba de calor.

Los pasos a seguir en la colocación e introducción de los captadores de energía son los siguientes:

1. Se coloca el colector encima del carrusel con las aspas interiores bajadas, una vez que el colector está en su sitio, se suben las aspas interiores para que el colector quede estable.

Se coloca el carrusel a una distancia de unos 5 a 10 metros de la boca de la perforación con el brazo guía apuntando de tal forma que el colector corra libremente en dirección de la perforación. Esto es importante hacerlo antes de llenar el colector ya que después el peso hace prácticamente imposible mover el carrusel.



Figura 34. Descarga de colector

2. Se llena el colector con BRINE (mezclando el agua -70%- y el anticongelante -30%- antes de meter la mezcla en el colector) hasta que circule por todo el colector. Observar si hay fugas causado por daños del transporte.

Cuando esté lleno de BRINE se prueba con presión (3-5 bar), si no hay fugas se tapan las puntas del colector con las tapas amarillas y cinta aislante. El colector está listo para su colocación.

Cuando hay necesidad se monta un peso guía adicional en la punta del colector: los colectores se entregan con un retorno que incluye el peso necesario para su introducción en la perforación.



Figura 35. Fijación de colectores

Es imprescindible que el captador este lleno de líquido para que no flote al entrar en la perforación. Si la perforación está hecha en terrenos blandos puede ser aconsejable agregar un peso para enderezar la punta que de otra forma puede ir rozando las paredes y derrumbando la perforación.

3. Hay que asegurarse que hay agua a unos 20 m de la superficie como mínimo en la perforación antes de introducir el colector; si no hay se llena con una manguera de agua. Se coloca la guía mecánica y en ella el colector y se mete el colector en la perforación.

En caso de que no se dispone de esa máquina se mete el colector a mano desenrollándolo lentamente entre varias personas sin que se dañe. La razón de por qué tiene que tener agua la perforación es que el captador necesita presión exterior que compense la presión interior. Ésta es generada por el BRINE en el interior del colector. También es importante para que el colector no se caiga en la perforación causando posibles daños al mismo y a los que están manipulando el carrusel.



Figura 36. Introducción del colector en la perforación

Si es posible es aconsejable dejar el colector al sol un corto tiempo para que no esté muy frío ya que mientras más frío este el colector, más difícil será manipularlo a la hora de colocarlo.

Antes de introducir el colector dentro de la perforación, es recomendable realizar una prueba de carga para comprobar que no ha sufrido daños durante el transporte. Esta prueba se realizará con agua a una presión entre 3 y 5 bares.

**4.** El material de relleno que se emplee dependerá de las características geológicas e hidrogeológicas presentes en las perforaciones.

- Si existen acuíferos a diferentes profundidades o la perforación no dispone de agua, se tendrá que realizar un relleno a base de una mezcla de cemento-bentonita que selle la perforación y garantice un contacto homogéneo y continuo entre los tubos del colector y las paredes de la perforación.
- Si por el contrario, disponemos de un material homogéneo a lo largo de toda la perforación (p.e. granitos) y existe agua más o menos permanente a lo largo del año, el relleno se puede realizar mediante el propio detritus procedente de la perforación o mediante la introducción de arena silícea.

En este caso hay que asegurarse de aislar la boca de la perforación mediante la colocación de un tubo de acero hasta la roca y en la superficie una tapa que sella herméticamente la boca del sondeo.



Figura 37. Tapa de la perforación

**5.** En caso de que hay más que una perforación hay que regular los caudales de cada colector de forma tal que cada perforación capte la misma energía que el resto con el fin de tener un campo de captación energética equilibrado. Algunos fabricantes producen tubos divisores individuales para instalarse dentro del cuarto de máquinas y arquetas para instalaciones más grandes para instalaciones externas, ambas con llaves de corte y caudalímetros. Estas soluciones permiten instalaciones profesionales desde dos perforaciones hasta todas las que sean necesarias colocando las arquetas en serie uniendo todas las perforaciones que desee.

Las uniones de los tubos han de ser siempre electrosoldadas para asegurar una perfecta unión entre los diferentes elementos de la instalación. Esta es una parte crítica de la instalación que tiene que garantizar su buen funcionamiento año tras año.

### 3.3.4. Instalación y puesta en marcha BCG

La instalación de una bomba de calor geotérmica de hasta 16 KW es sencilla debido a que las incorporan las bombas de circulación, sensores y ordenador de control. Esto facilita al instalador la puesta en marcha y garantiza la calidad de la instalación.

En la parte de la captación de energía una buena instalación lleva un vaso de expansión con una válvula de seguridad de 1,5 bar, una válvula de llenado con filtro incorporado y regulación de caudales si son múltiples perforaciones. La mezcla del BRINE tiene que ser de unos  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  para asegurarnos de que no se reviente en condensador en condiciones extremas de funcionamiento.



Figura 38. Preparación de colectores

La instalación del circuito primario lleva latiguillos para conectar la máquina, un filtro bola en el retorno de la calefacción y su correspondiente vaso de expansión con una válvula de seguridad de 3 bares. Para asegurarse de que no haya problemas con la presión del agua de red, hay que poner una válvula de seguridad para el tanque de ACS de 9 bares.

La ubicación de la bomba de calor geotérmica se puede realizar en cualquier lugar de la vivienda o edificio, ya que no requiere de ningún sistema de ventilación al no existir combustión alguna. El área que ocupa una instalación de hasta 16 kW es aproximadamente de un metro cuadrado.

En caso de instalaciones de mayor potencia y complejidad se requiere más experiencia, más espacio y un estudio de necesidades energéticas del edificio detallado.



Figura 39. Instalación BCG

La puesta en marcha de una bomba de calor geotérmica se realiza el día en que la instalación eléctrica e hidráulica está finalizada. Los técnicos de la empresa instaladora comprobarán que toda la instalación se ajusta al proyecto, tanto la parte hidráulica como la eléctrica. Una vez comprobado esto, se arranca la bomba de calor geotérmica y se hace un diagnóstico del funcionamiento del equipo por medio del ordenador de cada equipo: se prueban todas las funciones y componentes y se hace un primer ajuste de los parámetros de funcionamiento.

Una vez hecho esto, se explica al usuario cómo utilizar su nueva bomba de calor geotérmica y qué tiene que hacer para que el sistema casa-bomba de calor funcionen al unísono (ajuste de la/las curva/s de calor). La vida útil de una bomba geotérmica es de por lo menos 20 años con una revisión periódica para controlar las temperaturas y limpiar los filtros del sistema hidráulico.

El usuario solo tiene que ajustar la temperatura deseada en la vivienda.



Figura 40. Puesta en marcha BCG

Las instalaciones geotérmicas son seguras y estables siempre y cuando se ejecuten por personal capacitado.

Independientemente de la marca o instalador que el cliente decida utilizar en su vivienda, es importante asegurarse de que existe experiencia y apoyo del fabricante. En el crecimiento de la geotermia en España surgirán todo tipo de empresa instaladoras que busquen sacar beneficios de la creciente demanda de esta tecnología.

### **3.4. INSTALACION GEOTÉRMICA DE BAJA ENTALPÍA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR**

Para llevar a cabo la realización de una instalación geotérmica mediante bombas de calor y colectores de captación, se hace necesario la realización de una perforación para el intercambio de calor/ frío con el subsuelo y, de esta manera, obtener un recurso energético renovable que será utilizado en una vivienda unifamiliar.

El presente proyecto de ejecución de las perforaciones pretende describir los distintos factores que intervienen en la ejecución de los mismos, las características técnicas de la obra de perforación, la metodología de trabajo y controles a efectuar tanto durante la ejecución como durante su funcionamiento para, así, poder establecer los criterios técnicos más adecuados para su realización de forma práctica y segura, y de esta forma cumplir con la reglamentación aplicable tanto en materia de medio ambiente como en materia minera.

Cabe mencionar que se trata de la explotación de un recurso geotérmico de baja entalpía, por lo que no se trabajará en ningún momento con fluidos geotérmicos en estado gaseoso de alta entalpía y alta presión, ni se procederá a la extracción de ningún recurso hídrico.

El intercambio geotérmico se realiza por medio de un circuito cerrado instalado en los sondeos que perforan el terreno junto al edificio. De esta forma, se produce un intercambio de calor entre el agua-anticongelante que circula y la tierra. En invierno, la tierra transfiere al agua el calor que almacena y se utiliza para calefacción, ya que la bomba geotérmica eleva esta temperatura con su eficaz compresor a más de 55 °C si es necesario. En verano, el agua transfiere al terreno el exceso de calor del edificio de forma que se obtiene refrigeración.

Los rayos del sol calientan la corteza terrestre, especialmente en verano. Como la tierra tiene una gran inercia térmica, es capaz de almacenar este calor, y mantenerlo incluso estacionalmente. La corteza de la tierra se calienta constantemente con el sol y el agua de lluvia. Una instalación geotérmica es, por eso, una fuente de energía renovable interminable y limpia.

En el subsuelo, a partir de unos 5 metros de profundidad, los materiales geológicos permanecen a una temperatura estable, independientemente de la estación del año o las condiciones meteorológicas.

En España es alrededor de 15 grados. Entre los 15 y 20 metros de profundidad, la estabilidad térmica es de unos 17 grados todo el año, que se puede considerar una verdadera fuente de calor. A su vez, esta estabilidad térmica supone que, en verano, el subsuelo esté considerablemente más fresco que el ambiente exterior.

El refrigerante que circula es conducido a la bomba de calor geotérmica para generar la energía suficiente para la completa climatización de una vivienda. Si en invierno la bomba

geotérmica saca calor de la tierra, en verano se deshace de él transfiriéndolo al pozo. La bomba geotérmica es reversible, por lo que el calor de la vivienda en verano es extraído y transferido al subsuelo a través de los mismos colectores. Si se cuenta con una piscina, puede mandar el calor sobrante para calentar el agua, consiguiendo así alargar la temporada de piscina unos meses.

Las ventajas energéticas y medioambientales del uso de esta tecnología son notables, ya que se aprovecha un recurso renovable ampliamente disponible y que, además, ofrece una gran eficiencia energética. Permite obtener unos ahorros constatados de hasta un 75% en modo calefacción y de un 50% en refrigeración activa. En refrigeración pasiva, donde el fluido del circuito enfría la casa sin pasar por el compresor de la bomba de calor con un consumo de electricidad debido exclusivamente a la bomba de circulación, el ahorro es aún mayor. Esto reduce considerablemente las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del uso de combustibles fósiles para la climatización.

### 3.4.1. Descripción de la instalación

Se decide climatizar el recinto mediante una instalación de bombas de calor geotérmicas a cuatro tubos, por medio del cual se puede suministrar en cualquier época del año tanto calefacción como refrigeración en función del tipo de demanda. Si se dan las condiciones adecuadas, la disipación se realizará contra el depósito pertinente en función del tipo de demanda existente, generando el estado térmico de forma gratuita, o se realizará por medio del intercambiador geotérmico.

Las premisas de cálculo que se van a adoptar para lograr el bienestar térmico son las indicadas en la IT 1 referente a las condiciones interiores de diseño y dimensionado.

#### **Temperaturas.**

- Temperatura seca verano: 24 °C.
- Temperatura seca invierno: 21 °C.

#### **Humedad relativa.**

- Humedad relativa verano: 60 %.
- Humedad relativa invierno: 40 %.

#### **Intervalos de tolerancia sobre temperaturas y humedades.**

- Temperatura seca (verano / invierno): 23-25 °C / 21-23 °C.
- Humedad relativa (verano / invierno): 40-60 % / 40-50 %.

### 3.4.2. Sistema geotérmico

El sistema de climatización mediante bomba de calor geotérmica, se basa en una bomba de calor conectada a la tierra mediante el uso intercambiadores de polietileno enterrados por los que circula agua con anticongelante (20% de monoetilenglicol). Este sistema tiene una eficiencia mucho mayor que los sistemas convencionales puesto que intercambian con un foco de temperatura constante (el terreno) que tiene temperatura en este caso constante e aproximadamente igual a 14,1 °C.

El sistema geotérmico consta por lo tanto de los siguientes elementos:

Bomba de calor agua-agua, colectores de PE de alta densidad, bombas de circulación, deposito de expansión y todos elementos de fontanería necesarios (válvulas, filtros, manómetros, etc...)

El agua se repartirá en diferentes circuitos dependiendo del tamaño de la zona a servir y de la orientación.

### 3.4.3. Emplazamiento geográfico y descripción del edificio

La vivienda donde se realizará la perforación se encuentra ubicada en el término municipal de Canals, Valencia. Concretamente la ubicación de la vivienda ocupa las Parcelas 108 y 111 del Polígono 2 pertenecientes a la Partida de "Rech Nou".

Se trata de un edificio aislado que forma parte de una parcela, de acuerdo con las alineaciones existentes en caminos rurales, sobre terreno calificado como No Urbanizable. El edificio consta de planta sótano para garaje-local, planta baja para vivienda y aprovechamiento bajo cubierta para buhardilla. En el anexo 1 Planos queda perfectamente situada la localización de la vivienda, así como la ubicación del sondeo a realizar.

### 3.4.4. Geología de la zona

En nuestro caso de estudio, y partiendo de que se disponen de datos fiables, determinaremos la conductividad del terreno según datos geotécnicos, para de esa manera afinar más en los cálculos. Según datos obtenidos del estudio geotécnico realizado en la zona, se obtienen las siguientes conclusiones referentes al tipo de terreno en la ubicación del proyecto.

La zona de estudio se sitúa dentro del acuífero 50.1.02.01 Zona Norte. Ibérica. Prebético Valencia-Alicante.Subsistema de Sierra Grosa. Acuífero de Canals.

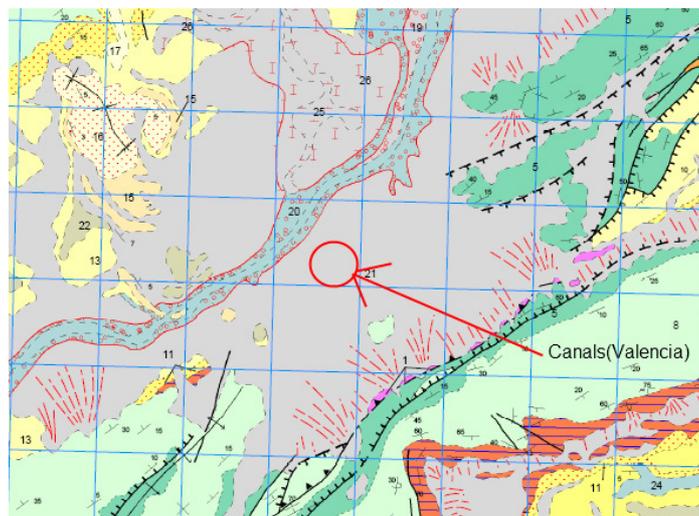


Figura 41. Plano geológico zona de Canals (Valencia)

Esta zona está constituida en este sector, principalmente por Terrazas. A su vez las terrazas se componen de cantos, arcillas y arenas.

En este caso, se hace imprescindible el estudio más a fondo del terreno realizando un TRT con el que obtendríamos con mayor precisión la temperatura y conductividad del terreno.

### 3.4.5. Sistema de intercambio

El número de perforaciones total de esta instalación es de 6 con 120 metros de profundidad y una separación de 7 metros (ver anexo 1).

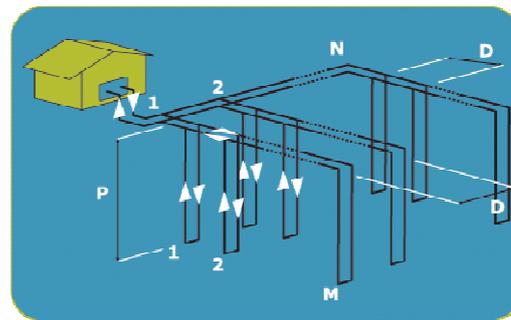
Configuración: Vertical

M: 2

N: 3

D: 7,00 m

Double U: No



Cada una de las perforaciones irá unida a un colector de ida y vuelta que se situará en la parte más alta de los pozos, para facilitar el purgado de la instalación. Además a la entrada del colector se dispondrán válvulas de regulación para asegurar el equilibrado de los colectores.

Cabe destacar que, como se ha comentado en el apartado anterior, estos resultados se basan en ciertas suposiciones sobre las características del terreno por lo que se recomienda la realización de un estudio del terreno TRT para poder ser más precisos en estos cálculos.

### 3.4.6. Intercambiadores de calor

Se instalarán intercambiadores de calor justo antes de la entrada a los depósitos de calefacción y refrigeración para separar los circuitos que trabajan con agua glicolada de los circuitos que trasiegan solo agua. Esto se realiza como medida de seguridad.

Los cálculos obtenidos para 6 intercambiadores son los siguientes:

### Calefacción

Datos del intercambiador		Datos de funcionamiento						Otros	
Nº de sondeos	Profundidad (m)	CO P	Pc (kW)	Pa (kW)	T Sal (°C)	Caudal(m³/h)	Pérd.(mca)	Área (m²)	Volumen (m³)
6	31,43	3,77	19,99	5,30	-6,00	5,54	3,42	98,00	3,33
6	36,32	4,01	21,27	5,30	-4,00	5,54	3,45	98,00	3,85
6	42,65	4,29	22,74	5,30	-2,00	5,54	3,50	98,00	4,52
6	50,94	4,57	24,21	5,30	0,00	5,54	3,55	98,00	5,40
6	62,17	4,75	25,68	5,40	2,00	5,54	3,63	98,00	6,59
6	95,73	5,35	28,91	5,40	5,00	5,29	3,46	98,00	10,15
6	113,34	5,42	29,79	5,50	6,00	5,29	3,58	98,00	12,02
6	138,57	5,58	30,67	5,50	7,00	5,29	3,74	98,00	14,69
6	177,80	5,74	31,56	5,50	8,00	5,29	3,99	98,00	18,85
6	396,35	5,97	33,42	5,60	10,00	5,29	5,41	98,00	42,02
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 2. Características intercambiadores en calefacción

### Refrigeración

Datos del intercambiador		Datos de funcionamiento						Otros	
Nº de sondeos	Profundidad (m)	EE R	Pf (kW)	Pa (kW)	T Sal (°C)	Caudal(m³/h)	Pérd.(mca)	Área (m²)	Volumen (m³)
6	197,33	5,49	26,89	4,90	30,00	5,30	3,81	98,00	20,92
6	120,73	4,64	25,51	5,50	35,00	5,30	3,35	98,00	12,80
6	87,66	3,96	24,13	6,10	40,00	5,30	3,16	98,00	9,29
6	69,04	3,35	22,75	6,80	45,00	5,30	3,05	98,00	7,32
6	57,46	2,80	21,28	7,60	50,00	5,30	2,98	98,00	6,09
6	49,32	2,31	19,60	8,50	55,00	5,30	2,94	98,00	5,23

Tabla 3. Características intercambiadores en refrigeración

#### 3.4.7. Depósitos de inercia

Tanto el circuito de calefacción como el de refrigeración dispondrán de un depósito de inercia de 1500 litros dimensionado para poder almacenar el volumen de agua necesario para poder suministrar a la instalación interior el estado térmico solicitado por esta.

#### 3.4.8. Filtros

Cada circuito hidráulico se protegerá mediante un filtro de 1 mm de paso como máximo, dimensionándose para una velocidad del fluido inferior al de las tuberías contiguas. En el caso de los elementos de precisión, el tamiz máximo de los filtros será de 0.25 mm.

### 3.4.9. Vasos de expansión

El diseño de la instalación deberá prever un sistema que absorba la dilatación del fluido y asegure un valor mínimo de la presión en el circuito. Los vasos de expansión preferentemente se conectarán en la aspiración de la bomba.

En particular, tanto el vaso de expansión del circuito primario como del secundario, se dimensionarán para absorber los siguientes fenómenos:

–Aumentos de temperatura (y por tanto volumen).

–En épocas de invierno, poseer una reserva para evitar el efecto contrario, es decir, que a bajas temperaturas disminuya la presión con el riesgo de formación de bolsas de aire.

Para el cálculo de los vasos de expansión cerrados de esta instalación utilizaremos la Instrucción UNE 100-155-88:

$$V_e = V \cdot C_e \cdot C_p$$

Donde:

$V_t$ : Volumen total del vaso.

$V$ : Volumen de fluido.

$C_e$ : Coeficiente de expansión

$C_p$ : Coeficiente de presión.

El coeficiente de expansión de la mezcla de agua y etilenglicol es a la temperatura del fluido entre 30°C y 120°C:

$$C_e = (3,24 \cdot t^2 + 102,13 \cdot t - 2708,3) \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{K}^{-1}$$

Al ser el fluido caloportador una mezcla de agua con monoetilenglicol dicho coeficiente debe de multiplicarse por el siguiente factor de corrección:

$$f_c = a \cdot (1,8 \cdot t + 32)^b$$

Donde:

$$a = -0,0134 \cdot (G^2 - 143,8 \cdot G + 1918,2)$$

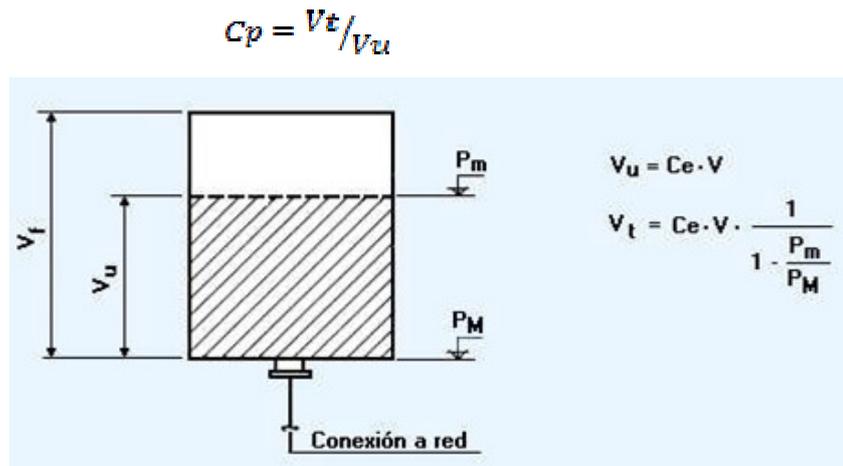
$$b = 3,5 \cdot 10^{-4} \cdot (G^2 - 94,57 \cdot G + 500)$$

Válido para un contenido en glicol entre el 20% y el 50 % en volumen.

El coeficiente de expansión es siempre positivo y menor que la unidad y representa la relación entre el volumen útil del vaso y el volumen del fluido contenido en la instalación.

El coeficiente de presión para el cálculo del volumen total de los vasos de expansión cerrados sin trasiego de fluido al exterior del sistema se halla partiendo de la evacuación de estado para gases perfectos, considerando que la variación de volumen tenga lugar a temperatura constante (Ley de Boyle y Mariotte).

Este coeficiente, positivo y mayor que la unidad, representa la relación entre el volumen total y el volumen útil del vaso de expansión.



En nuestro caso, el vaso de expansión posee diafragma por lo que dicho coeficiente se puede calcular con la fórmula siguiente:

$$C_p = \frac{P_M}{P_M - P_m}$$

$P_M$ : la presión máxima de funcionamiento en el vaso de expansión (valores absolutos).

$P_m$ : la presión mínima de funcionamiento en el vaso de expansión (valores absolutos)

El valor mínimo de la presión se fija de forma que:

Se mantenga en el punto más alto del sistema una presión superior a la atmosférica (1.5 kg/cm<sup>2</sup>).

Los vasos de expansión dispondrán de válvula de seguridad.

#### 3.4.10. Purga de aire

En los puntos altos de la instalación y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgadores manuales o automáticos.

#### 3.4.11. Vaciado

Todos los circuitos de la instalación, así como baterías de captadores y acumuladores, poseerán un sistema que permita vaciar por gravedad la instalación en su totalidad, con una sección mínima nominal de 20 mm. La conexión entre la llave de vaciado y el desagüe se realizará de forma que el paso de agua sea visible.

### 3.4.12. Valvulería

La elección de las válvulas se realizará de acuerdo con la función que desempeñen y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura) siguiendo preferentemente los criterios que a continuación se citan:

- a) Para aislamiento: válvulas de esfera.
- b) Para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento o dinámicas.
- c) Para vaciado: válvulas de esfera.
- d) Para llenado: válvulas de esfera.
- e) Para seguridad: válvula de resorte.
- f) Para retención: válvulas de disco.

Para evitar la circulación inversa se colocarán válvulas antiretorno en los circuitos primario y secundario.

Se montarán válvulas de corte para facilitar la sustitución o reparación de componentes sin necesidad de realizar el vaciado completo de la instalación.

### 3.4.13. Equipos generadores de energía térmica

Se relacionan a continuación las características de los diferentes equipos de generación térmica del local:

#### BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA

EQUIPO	
Marca:	AGEO
Modelo:	100HT
Potencia útil (KW)	36
Pabs compresor (KW)	6,5
Caudal evaporador (m <sup>3</sup> /h)	6,6
Caudal condensador (m <sup>3</sup> /h)	5,160
Compresores Tipo	Scroll
Refrigerante	R410 A

Tabla 4. Características BGC



Figura 42. BCG AGEO 100HT

### 3.4.14. Elementos integrantes de la instalación

#### *Almacenamiento de combustible*

La instalación proyectada no necesita almacenar ningún tipo de combustible.

#### *Equipos generadores de energía térmica.*

Se han descrito en el apartado anterior.

#### *Sistema de transporte de fluidos*

El sistema geotérmico estará constituido por un sistema de tuberías de PE de alta densidad PN16 por las que circulará una mezcla de agua con anticongelante (20% de monoetilenglicol). Las sondas del material descrito que serán introducidas en las perforaciones serán dobles (dos por perforación) y su diámetro será de 32mm, dichas sondas serán recogidas mediante una Y por una única tubería (una ida y una de retorno) de diámetro 40 mm. Este sistema constituye el condensador de la bomba de calor geotérmica y realiza el intercambio térmico entre la bomba de calor agua-agua y el terreno.

#### *Unidades terminales.*

No son objeto de estudio de este proyecto, serán descritas en el proyecto de climatización realizado por la ingeniería adjudicataria de dicho proyecto.

#### *Sistemas de renovación de aire.*

No son objeto de estudio de este proyecto, serán descritas en el proyecto de climatización realizado por la ingeniería adjudicataria de dicho proyecto.

#### *Unidades de tratamiento de aire con indicación de los parámetros de diseño de sus componentes.*

No son objeto de estudio de este proyecto, serán descritas en el proyecto de climatización realizado por la ingeniería adjudicataria de dicho proyecto.

#### *Sistemas de control automático y su funcionamiento.*

No es objeto de estudio de este proyecto.

### 3.4.15. Descripción de los sistemas de transporte de los fluidos caloportadores de energía

#### *Redes de distribución de aire.*

No se contempla.

#### *Redes de distribución de agua.*

El material utilizado en los pozos, en la conexión horizontal y en el tramo desde el colector a la bomba es polietileno PE100 PN16 SDR11.

El material utilizado en la sala de máquinas será multicapa, aislando la instalación mediante coquilla elastomérica tipo Armaflex SH o similar según RITE.

Para evitar el fallo o rotura de la instalación por culpa de las posibles dilataciones provocadas por el cambio de temperatura del agua, se cumplirá todo lo expuesto en la IT 01.3, poniendo dilatadores en aquellos tramos de longitud mayor de 20 metros y utilizando sujeciones flexibles para permitir la libre dilatación de las tuberías en toda la instalación. Las sujeciones no se situarán cerca de los codos de las tuberías, dejando una distancia prudencial, para no evitar de este modo el libre movimiento de las tuberías.

### **3.4.16. Sala de máquinas según norma una aplicable**

#### *Características comunes.*

Se considera sala de máquinas al local técnico donde se alojan los equipos de producción de frío o calor y otros equipos auxiliares y accesorios de la instalación térmica, con potencia superior a 100 kW. Los locales anexos a la sala de máquinas que comuniquen con el resto del edificio o con el exterior a través de la misma sala se consideran parte de la misma.

Las exigencias de este apartado deberán considerarse como mínimas, debiendo cumplirse, además, con la legislación de seguridad vigente que les afecte.

Los locales que tengan la consideración de salas de máquinas deben cumplir las siguientes prescripciones, además de las establecidas en la sección SI-1 del Código Técnico de la Edificación:

- a) No se debe practicar el acceso normal a la sala de máquinas a través de una abertura en el suelo o techo.
- b) Las puertas tendrán una permeabilidad no mayor a  $1 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$  bajo una presión diferencial de 100 Pa, salvo cuando estén en contacto directo con el exterior.
- c) Las dimensiones de la puerta de acceso serán las suficientes para permitir el movimiento sin riesgo o daño de aquellos equipos que deban ser reparados fuera de la sala de máquinas.
- d) Las puertas deben estar provistas de cerradura con fácil apertura desde el interior, aunque hayan sido cerradas con llave desde el exterior.
- e) En el exterior de la puerta se colocara un cartel con la inscripción "Sala de Máquinas: Prohibida la entrada a toda persona ajena al servicio":
- f) No se permitirá ninguna toma de ventilación que comunique con otros locales cerrados.
- g) Los elementos de cerramiento de la sala no permitirán filtraciones de humedad.
- h) La sala dispondrá de un eficaz sistema de desagüe por gravedad o, en caso necesario, por bombeo.

- i) El cuadro eléctrico de protección y mando de los equipos instalados en la sala o, por lo menos, el interruptor general estará situado en las proximidades de la puerta principal de acceso. Este interruptor no podrá cortar la alimentación al sistema de ventilación de la sala.
- j) El interruptor del sistema de ventilación forzada de la sala, si existe, también se situará en las proximidades de la puerta principal de acceso.
- k) El nivel de iluminación medio en servicio de la sala de máquinas será suficiente para realizar los trabajos de conducción e inspección, como mínimo, de 200 lux, con una uniformidad media de 0,5.
- l) No podrán ser utilizados para otros fines, ni podrán realizarse en ellas trabajos ajenos a los propios de la instalación.
- m) Los motores y sus transmisiones deberán estar suficientemente protegidos contra accidentes fortuitos del personal.
- n) Entre la maquinaria y los elementos que delimitan la sala de máquinas deben dejarse los pasos y accesos libres para permitir el movimiento de equipos, o de partes de ellos, desde la sala hacia el exterior y viceversa;
- o) La conexión entre generadores de calor y chimeneas debe ser perfectamente accesible.
- p) En el interior de la sala de máquinas figurarán, visibles y debidamente protegidas, las indicaciones siguientes:
  - i. Instrucciones para efectuar la parada de la instalación en caso necesario, con señal de alarma de urgencia y dispositivo de corte rápido.
  - ii. El nombre, dirección y número de teléfono de la persona o entidad encargada del mantenimiento de la instalación.
  - iii. La dirección y número de teléfono del servicio de bomberos más próximo, y del responsable del edificio.
  - iv. Indicación de los puestos de extinción y extintores cercanos;
  - v. Plano con esquema de principio de la instalación.

#### *Ventilación.*

La ventilación será natural y en la medida de lo posible cruzada, cumpliendo las dimensiones de las rejillas con el mínimo de 5 cm<sup>2</sup>/kW indicado por la norma.

#### *Accesos.*

La puerta de acceso comunicará directamente con el exterior o a través de un vestíbulo con el resto del edificio.

Ningún punto de la sala estará a más de 15 metros de una salida.

Las puertas de acceso abrirán siempre hacia fuera.

Las puertas tendrán una permeabilidad no superior a 1 l/(sxm<sup>2</sup>) bajo una presión diferencial de 100 Pa, salvo cuando estén en contacto directo con el exterior.

La resistencia ante el fuego de los elementos delimitadores y estructurales será RF-180.

La clase de combustibilidad de los materiales empleados en los cerramientos y acabados de la sala será MO.

Cada salida estará señalizada por medio de un aparato autónomo de emergencia.

El resto de requisitos necesarios para el acceso se rigen según UNE 100.020 y UNE 60.601.

### **3.4.17. Declaración de cumplimiento del rd 1.027/2007 de 20 de julio, por el que se aprueba el reglamento de instalaciones térmicas en los edificios.**

De acuerdo con lo indicado en el artículo 16, número 3, del Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, el proyecto redactado por el técnico que suscribe describe la instalación térmica en su totalidad, sus características generales y la forma de ejecución de la misma, con el detalle suficiente para que pueda valorarse e interpretarse inequívocamente durante su ejecución y que se ajusta y contiene la siguiente información:

#### ***Justificación de cumplimiento de las exigencias de bienestar térmico e higiene, eficiencia energética y seguridad del RITE.***

Justificación de que las soluciones propuestas cumplen las exigencias de bienestar térmico e higiene, eficiencia energética y seguridad del RITE y demás normativa aplicable, tal y como se contempla en la siguiente documentación contenida en el proyecto:

#### **Cumplimiento de la Exigencia de Bienestar Térmico e Higiene según IT 1.1:**

##### **a) Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente del apartado 1.4.1.**

La exigencia de calidad térmica del ambiente se considera satisfecha en el diseño y dimensionado de la instalación térmica. Por tanto, todos los parámetros que definen el bienestar térmico se mantienen dentro de los valores establecidos.

En la siguiente tabla aparecen los límites que cumplen en la zona ocupada.

PARÁMETROS	LÍMITE
Temperatura operativa en verano (°C)	$23 \leq T \leq 25$
Humedad relativa en verano (%)	$45 \leq HR \leq 60$
Temperatura operativa en invierno (°C)	$21 \leq T \leq 23$
Humedad relativa en invierno (%)	$40 \leq HR \leq 50$
Velocidad media admisible con difusión por mezcla (m/s)	$V \leq 0.14$

Tabla 5. Límites ambientales de la zona

**b) Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del aire interior del apartado 1.4.2.**

No es objeto de estudio de este proyecto.

**c) Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad acústica del apartado 1.4.4.**

Los niveles sonoros del ambiente interior no deben superar los valores máximos admisibles derivados de la aplicación de la IT 1.1.4.4, el cumplimiento de la exigencia del documento DB-HR Protección frente al ruido del CTE y la ordenanza municipal correspondiente.

**d) Justificación del cumplimiento de la exigencia de higiene del apartado 1.4.3.**

No es objeto de estudio de este proyecto.

**Cumplimiento de la Exigencia de Eficiencia Energética según IT 1.2.**

En virtud de la normativa vigente y con el fin de obtener el máximo ahorro energético, se establecen las siguientes medidas:

**a) Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en la generación de calor y frío del apartado 1.2.4.1.**

La potencia que suministran las unidades de producción de calor que utilizan energías convencionales se ajustará a la carga máxima simultánea de las instalaciones servidas, considerando las ganancias o pérdidas de calor a través de las redes de tuberías de los fluidos portadores, así como el equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de los fluidos.

En virtud de la normativa vigente y con el fin de obtener el máximo ahorro energético, se establecen las siguientes medidas:

- Como primera medida de ahorro, se excluyen de cualquier tipo de climatización los locales de los edificios normalmente desocupados, como pueden ser almacenes y locales de instalaciones.
- Por otra parte, las conducciones que transportan fluidos termotransportadores (conductos y tuberías frigoríficas en este caso) se aislarán convenientemente siguiendo las instrucciones de la UNE 100.171, para minimizar las pérdidas que se producen a lo largo de su recorrido.
- La instalación de climatización se ha realizado con bombas de calor geotérmicas. Estos sistemas alcanzan unos rendimientos muy elevados y son independientes de la variación de la temperatura exterior. Como la temperatura a cierta profundidad se mantiene constante a lo largo del tiempo, el intercambio con el terreno siempre se realiza en términos de altos rendimientos y eficiencia energética.

**b) Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 1.2.4.2.**

*Aislamiento térmico tuberías.*

Todas las tuberías y accesorios, así como equipos, aparatos y depósitos de las instalaciones térmicas dispondrán de un aislamiento térmico.

Cuando las tuberías o los equipos estén instalados en el exterior del edificio, la terminación final del aislamiento deberá poseer la protección suficiente contra la intemperie. En la realización de la estanquidad de las juntas se evitará el paso del agua de lluvia.

Los equipos y componentes y tuberías, que se suministren aislados de fábrica, deben cumplir con su normativa específica en materia de aislamiento o la que determine el fabricante. Para evitar condensaciones intersticiales se instalará una adecuada barrera al paso del vapor; la resistencia total será mayor que  $50 \text{ MPa}\cdot\text{m}^2 \cdot \text{s/g}$ .

En toda instalación térmica por la que circulen fluidos no sujetos a cambio de estado, en general las que el fluido caloportador es agua, las pérdidas térmicas globales por el conjunto de conducciones no superarán el 4 % de la potencia máxima que transporta.

Para el cálculo del espesor mínimo de aislamiento se opta por el procedimiento simplificado.

*Procedimiento simplificado.*

Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías que tengan un funcionamiento todo el año, como redes de agua caliente sanitaria, deben ser los indicados en las tablas anteriores aumentados en 5 mm.

Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías de retorno de agua serán los mismos que los de las redes de tuberías de impulsión.

Los espesores mínimos de aislamiento de los accesorios de la red, como válvulas, filtros, etc., serán los mismos que los de la tubería en que estén instalados.

El espesor mínimo de aislamiento de las tuberías de diámetro exterior menor o igual que 20 mm y de longitud menor que 5 m, contada a partir de la conexión a la red general de tuberías hasta la unidad terminal, y que estén empotradas en tabiques y suelos o instaladas en canaletas interiores, será de 10 mm, evitando, en cualquier caso, la formación de condensaciones.

Cuando se utilicen materiales de conductividad térmica distinta a  $\lambda_{ref} = 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  a  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ , se considera válida la determinación del espesor mínimo aplicando las siguientes ecuaciones:

Para sección circular:

$$d = \frac{D}{2} \cdot \left[ \text{EXP} \left( \frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln \left( \frac{D+2 \cdot d_{ref}}{D} \right) \right) - 1 \right]$$

$d$ : Espesor mínimo de aislamiento (mm).

$d_{ref}$ : Espesor mínimo de aislamiento en las tablas del RITE(mm).

$D$ : Diámetro interno de la superficie de sección circular (mm).

$\lambda$ : Conductividad térmica del material (W/(m·K)).

$\lambda_{ref}$ : Conductividad térmica de referencia (0,040 W/(m·K)).

#### *Eficiencia energética de los equipos para el transporte de fluidos*

La selección de los equipos de propulsión de los fluidos portadores se realizará de forma que su rendimiento sea máximo en las condiciones calculadas de funcionamiento.

Para sistemas de caudal variable, el requisito anterior deberá ser cumplido en las condiciones medias de funcionamiento a lo largo de una temporada.

Se justificará, para cada circuito, la potencia específica de los sistemas de bombeo, denominado SFP y definida como la potencia absorbida por el motor dividida por el caudal de fluido transportado, medida en W/(m<sup>3</sup>/s).

Se indicará la categoría a la que pertenece cada sistema, considerando el ventilador de impulsión y el de retorno, de acuerdo con la siguiente clasificación:

SFP 1 y SFP 2 para sistemas de ventilación y de extracción

SFP 3 y SFP 4 para sistemas de climatización, dependiendo de su complejidad

Para los ventiladores, la potencia específica absorbida por cada ventilador de un sistema de climatización, será la indicada en la tabla siguiente.

Categoría	Potencia específica W/(m <sup>3</sup> /s)
SFP 1	Wesp ≤ 500
SFP 2	500 < Wesp ≤ 750
SFP 3	750 < Wesp ≤ 1.250
SFP 4	1.250 < Wesp ≤ 2.000
SFP 5	Wesp > 2.00

Tabla 6. . Potencia específica de ventiladores

Para las bombas de circulación de agua en redes de tuberías será suficiente equilibrar el circuito por diseño y, luego, emplear válvulas de equilibrado, si es necesario.

### *Redes de tuberías*

El trazado de las tuberías se ha diseñado teniendo en cuenta el horario de funcionamiento de cada subsistema, la longitud hidráulica del circuito y el tipo de unidades terminales servidas.

### *Eficiencia energética de los motores eléctricos*

La selección de los motores eléctricos se justificará basándose en criterios de eficiencia energética.

En instalaciones térmicas en las que se utilicen motores eléctricos de inducción con jaula de ardilla, trifásicos, protección IP 54 o IP 55, de 2 o 4 polos, de diseño estándar, de 1,1 a 90 kW de potencia, el rendimiento mínimo de dichos motores será el indicado en la tabla 2.4.2.8 del RITE.

La eficiencia deberá ser medida de acuerdo a la norma UNE-EN 60034-2.

### **c) *Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en el control de instalaciones térmicas del apartado 1.2.4.3.***

La instalación térmica proyectada está dotada de los sistemas de control automático necesarios para que se puedan mantener en los recintos las condiciones de diseño previstas.

### *Control de las condiciones termohigrométricas*

El equipamiento mínimo de aparatos de control de las condiciones de temperatura y humedad relativa de los recintos, según las categorías descritas en la tabla 2.4.2.1, es el siguiente:

#### *THM-C1:*

Variación de la temperatura del fluido portador (agua) en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.

#### *THM-C2:*

Como THM-C1, más el control de la humedad relativa media o la del local más representativo.

#### *THM-C3:*

Como THM-C1, más variación de la temperatura del fluido portador frío en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.

#### *THM-C4:*

Como THM-C3, más control de la humedad relativa media o la del recinto más representativo.

#### *THM-C5:*

Como THM-C3, más control de la humedad relativa en locales.

**d) Justificación del cumplimiento de la exigencia de contabilización de consumos del apartado 1.2.4.4.**

La instalación térmica debe de disponer de un dispositivo que permite efectuar la medición y registrar el consumo de energía eléctrica de forma separada del consumo a otros usos del edificio, además de un dispositivo que registra el número de horas de funcionamiento del generador.

**e) Justificación del cumplimiento de la exigencia de recuperación de energía del apartado 1.2.4.5.**

El diseño de la instalación ha sido realizado teniendo en cuenta la zonificación, para obtener un elevado bienestar y ahorro de energía. Los sistemas se dividirán en subsistemas, considerando los espacios interiores y su orientación, así como su uso, ocupación y horario de funcionamiento.

**f) Justificación del cumplimiento de la exigencia de limitación de la utilización de energía convencional del apartado 1.2.4.7.**

Locales sin climatizar:

En dicho edificio solamente se van a climatizar los locales habitables.

**Cumplimiento de la Exigencia de Seguridad según IT 1.3.**

**a) Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en generación de calor y frío del apartado 3.4.1.**

Los generadores de calor y frío utilizados en la instalación cumplen con lo establecido en la instrucción técnica 1.3.4.1.1 Condiciones generales del RITE.

### 3.4.18. Análisis del periodo de retorno de la instalación

El siguiente estudio analiza el periodo de retorno estimado de la inversión de la instalación geotérmica objeto de estudio frente a otros sistemas con fuentes de calor convencionales.

Considerando las inversiones iniciales y unos determinados índices de incremento de precio de la electricidad y el combustible correspondiente, la inversión inicial realizada con el sistema de captación geotérmica se recuperará a lo largo del año correspondiente en función de las variables consideradas.

La estimación del periodo de retorno de la inversión inicial para la implantación del sistema geotérmico variará en función del tipo de combustible con el que se compare, de la cuantía de las posibles subvenciones, del incremento anual en el precio de los combustibles y de la electricidad considerados,...

Además del evidente ahorro económico anual que supone este tipo de instalaciones no se deben olvidar otra serie de ventajas como son la ausencia de olores, la ausencia de ruidos, la no necesidad de tener que disponer de un tanque de almacenamiento (depósito) de combustible, que no necesita de mantenimiento alguno, que no son necesarios conductos de evacuación de humos, que no se producen ni humos ni hollines y que, por tanto, no son necesarias las limpiezas anuales de estos componentes.

Se verán primeramente los resultados de este análisis sin considerar subvención alguna por parte de la Comunidad Autónoma correspondiente. Posteriormente se realizará este mismo análisis considerando una **subvención del 30% del total de la instalación**.

Debe tenerse en cuenta que en este análisis se incluye, de forma aproximada, el coste de las perforaciones necesarias para realizar el sistema de captación geotérmica.

A continuación se ve gráficamente como la inversión inicial de la bomba de calor geotérmica se va amortizando a lo largo de los años.

Se parte de un coste inicial que resulta de restar el coste inicial de inversión de la Bomba de Calor Geotérmica (con y sin subvención) y el del sistema convencional.

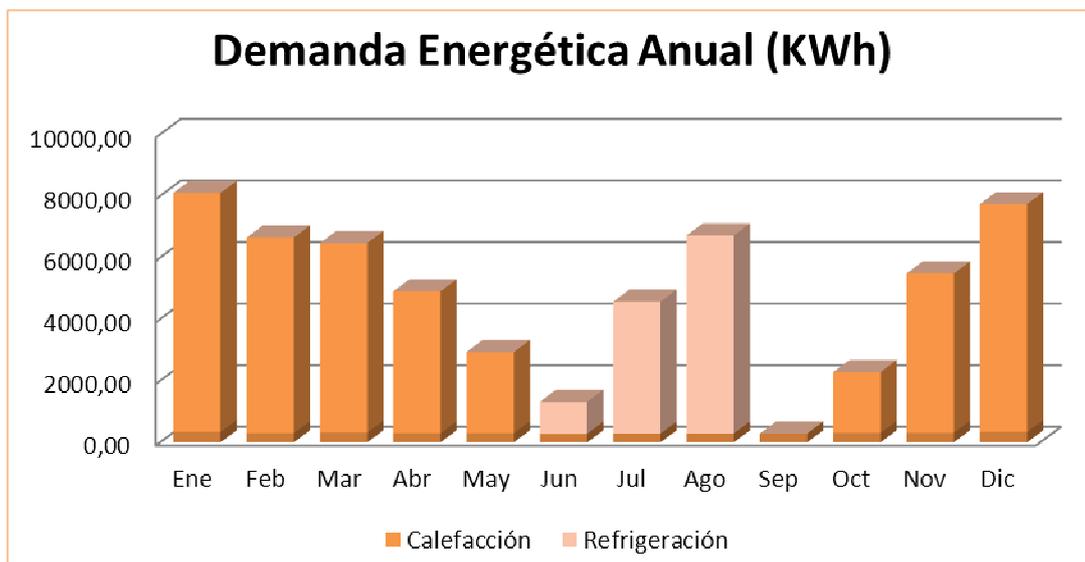
A partir de este coste inicial cada año se va obteniendo un ahorro económico teniendo en cuenta los costes anuales de operación de la gráfica de la página anterior.

PRESUPUESTO ORIENTATIVO	SIN SUBVENCIÓN	CON SUBVENCIÓN
DETALLE	TARIFA (€)	
PERFORACION	39.705,62 €	21.838,09 €
CONEXION HORIZONTAL	10.160,10 €	5.588,05 €
SALA DE MÁQUINAS	17.610,99 €	17.610,99 €
<b>TOTAL</b>	<b>67.476,71 €</b>	<b>45.037,14 €</b>

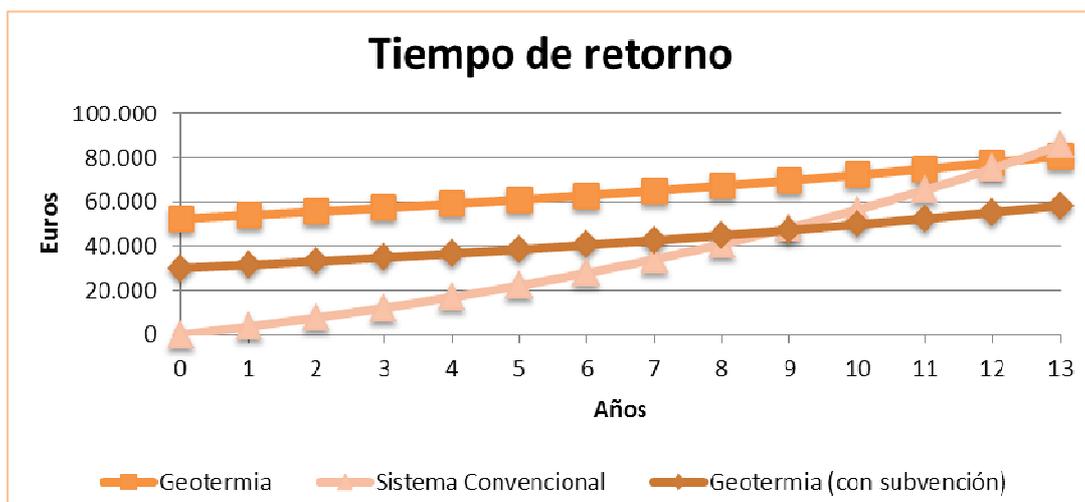
Tabla 7. Presupuesto de perforaciones

PRESUPUESTO ORIENTATIVO	SIN SUBVENCIÓN	CON SUBVENCIÓN
BOMBA DE CALOR (KW)	31,3	
INVERSION DE LA INSTALACION (€)	67.476,71 €	45.037,14 €
SOBRE COSTE INVERSION GEOTERMICA (€)	52.505,72 €	30.066,14 €
ENERGIA AHORRADA (KWh/año)	56.536,83	
AHORRO ANUAL CONSEGUIDO (€/año)	2.201,09	
TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSION (años)	12	9
EMISIONES DE CO <sub>2</sub> EVITADAS (Tn/año)	23,75	

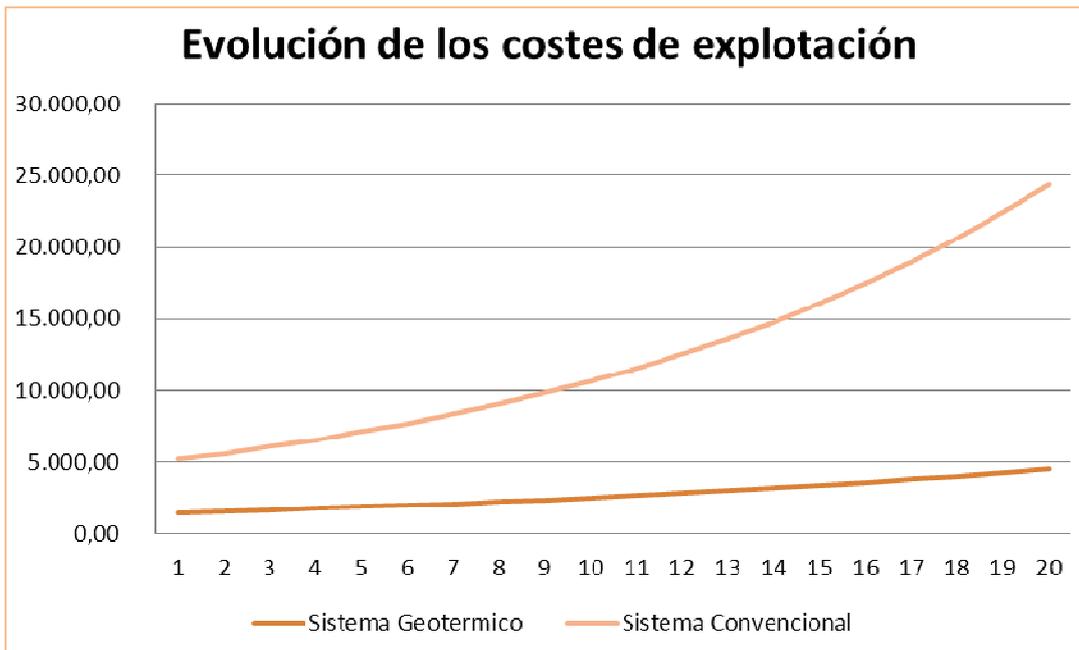
Tabla 8. Presupuesto instalación BCG



Gráfica 6. Demanda energética anual de sistema geotérmico

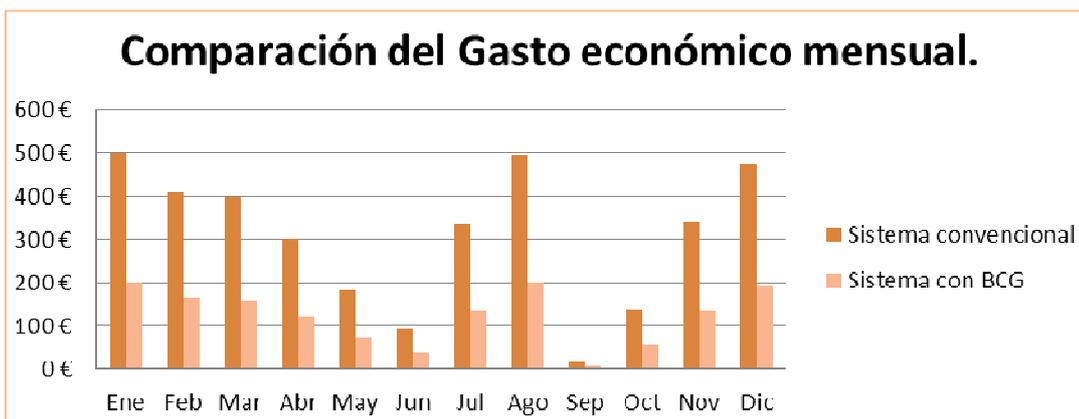


Gráfica 7. Amortización del sistema



Gráfica 8. Evolución de los costes de explotación

Coste de explotación año 1	
Sistema Convencional	3.694 €
BCG	1.493 €
Ahorro	2.201 €



Gráfica 9. Comparación gasto mensual con sistema convencional

### 3.4.19. Calefacción por Suelo Radiante.

Este sistema de calefacción es el elegido para este proyecto, por ser el sistema que más energía ahorra y más eficiente resulta, con el inconveniente de un encarecimiento económico, que en el estudio de viabilidad analizará.

La calefacción por suelo radiante consiste en una tubería empotrada en la capa de mortero que discurre por toda la superficie del local a calefactar. Esta tubería conduce agua caliente (a baja temperatura respecto a otros sistemas) producida en nuestro caso por una bomba de calor. El agua cede el calor al suelo a través de la tubería, y el suelo a su vez lo transmite al ambiente del edificio.

Contrariamente a los sistemas de calefacción por radiadores, que necesitan una temperatura media del agua de 80 °C, en los circuitos de calefacción por suelo radiante es suficiente una temperatura media del agua de 40 °C - 45 °C. Al trabajar a baja temperatura, se reducen las pérdidas de calor en las conducciones generales, tuberías que enlazan la fuente de calor con los circuitos, y así podemos producir el agua caliente mediante la bomba de calor.

A continuación se muestra una gráfica general del sistema de calefacción por suelo radiante:

- A - Gres (10 mm)
- B - Cemento cola (5 mm)
- C - Mortero encima de tubería (40 mm)
- D - Tubería (20 mm)
- E - Aislamiento (20 mm)

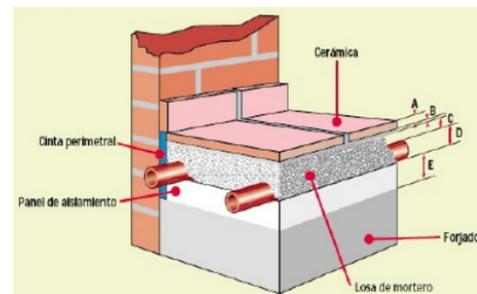


Figura 43. Esquema suelo radiante

#### 3.4.19.1. Ventajas y desventajas del suelo radiante

##### Ventajas

- Distribución ideal de la temperatura: para las personas existe una distribución ideal de la temperatura en un local. Si interpretamos la gráfica, vemos que es conveniente conseguir una mayor temperatura en el suelo que en el techo ya que el calor en los pies produce bienestar mientras que un fuerte calor al nivel de la cabeza se traduce en malestar.

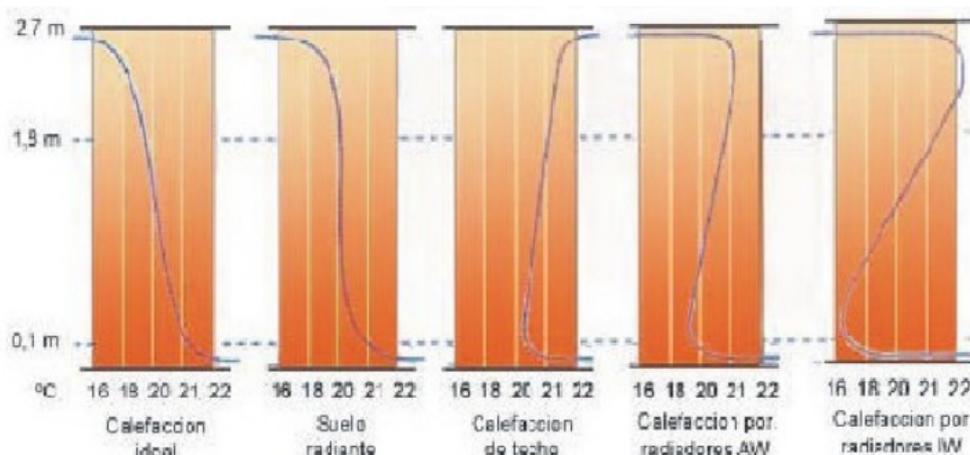


Figura 44. Curva de temperatura

- Estética: Con el suelo radiante desaparecerán de su vivienda los radiadores, que hasta ahora limitaban las posibilidades de decoración del hogar y que suponen un foco donde se acumula polvo y cuyos huecos resultan siempre tan difíciles de limpiar.
- Humedad: Al no recalentar el aire, prácticamente no se modifica la humedad relativa.
- Por ser muy baja la diferencia entre la temperatura del suelo y el ambiente, el movimiento de aire por convección es casi nulo, lo que facilita la no acumulación de calor en las partes altas.
- La calefacción por suelo radiante a baja temperatura, no ensucia las paredes ni ocupa espacio (como los radiadores).
- Temperatura Uniforme en toda la vivienda: Con la calefacción por suelo radiante, se obtiene una temperatura uniforme en toda la superficie de la vivienda (unos 22 °C) desapareciendo así las zonas frías y calientes características de la calefacción por radiadores.

#### Desventajas

- Elevada inversión inicial: este tipo de calefacción puede llegar a ser hasta un 30% más caro que la calefacción convencional.
- Efecto Desfavorable frente a una variación súbita de la temperatura de consigna (temperatura marcada en el termostato) o un cambio repentino del valor atribuido a una variable perturbadora, como es el caso de las aportaciones gratuitas (radiación solar, aumento del número de personas, etc.).

#### 3.4.19.2. Cálculos del sistema

Al tener la demanda energética del edificio  $Q$  13460W, se procede a calcular los metros de tubo necesarios en la instalación y el caudal que demanda el sistema para saber el material que precisamos para la colocación del suelo radiante y su coste para un posterior análisis global.

El método elegido de colocación del tubo es el habitual y más eficiente de todos los sistemas, el sistema en espiral. Como su nombre indica, se realiza en forma de espiral de forma cuadrada o rectangular empezando por un extremo y avanzando de fuera a dentro dejando huecos para volver al punto de partida al llegar al centro del local. Este sistema iguala perfectamente la temperatura del suelo ya que se alterna un tubo de ida con un tubo de retorno.

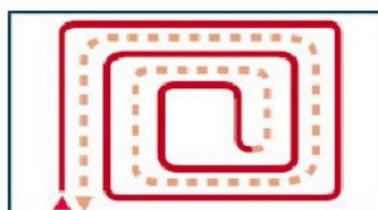


Figura 45. Suelo radiante en espiral

El procedimiento a seguir para los cálculos del suelo radiante es el siguiente:

### Tª de impulsión

La temperatura de impulsión es uno de los primeros datos a tener en cuenta en los cálculos. En nuestro caso al utilizar bomba de calor, la variación de temperatura es de 5°C, por lo que la temperatura de impulsión estará comprendida entre 37,5°C – 42,5°C. Esto se debe a que se toma como temperatura media de referencia en la impulsión los 40°C.

Tª de impulsión 37,5°C – 42,5°C

Por razones de confort, la temperatura del suelo no debe exceder de 29°C en calefacción e inferior a 19°C en refrigeración, salvo en zonas de no permanencia.

### Espaciado del tubo (Paso)

En zonas en las que las pérdidas o ganancias de calor son importantes, por ejemplo en las proximidades de superficies acristaladas, es apropiado incrementar la cantidad de tubo disminuyendo la distancia entre los mismos. De esta forma se incrementa la cantidad de calor aportada por m<sup>2</sup> en esas habitaciones. Para el cálculo del espacio entre tubos o paso, utilizamos unas equivalencias como se indica en la siguiente tabla:

Cálculo aproximado de los circuitos (Tubo 16mm)				
Paso	75mm	150mm	225mm	300mm
Superficie estancia	9m <sup>2</sup>	18m <sup>2</sup>	27m <sup>2</sup>	36m <sup>2</sup>

Por lo que en cada estancia quedaría un paso de:

Estancia	Superficie útil m <sup>2</sup>	Paso del tubo(mm)
Salón	52.4	2x200mm
Aseo	4.47	100mm
Distribuidor	21.04	200mm
Dormitorio 1	21.77	200mm
Despensa	8.78	100mm
Cocina	48.61	2x200mm
Distribuidor-Paso	32.35	2x150
Dormitorio 2	20.27	200mm
Pasillo	2.08	75mm
Dormitorio P	27.86	225mm
Vestidores p	14.64	100mm
Baño P	18.85	150mm
Bajo cubierta	75.82	2x300mm

Estos son los pasos aproximados que demanda cada estancia para una correcta calefacción por suelo radiante.

## Longitud del tubo

Con la superficie de cada estancia y el paso que hemos calculado con anterioridad, podemos sacar fácilmente la longitud del tubo con las equivalencias de la siguiente tabla:

Cálculo aproximado de los circuitos (Tubo 16mm)				
Paso	100mm	150mm	200mm	225mm
Longitud (m)	Área 11,25	Área 6,7	Área 5,15	Área 4,4

Para cada tipo de paso tenemos una equivalencia en longitud de tubo, que se deduce de multiplicar el área de la estancia por un factor. Realizando los oportunos cálculos deducimos las longitudes de cada estancia como se muestra en la gráfica siguiente:

Estancia	Superficie útil m <sup>2</sup>	Paso del tubo(mm)	Longitud (m)
Salón	52.4	2x200mm	560.32
Aseo	4.47	100mm	50.28
Distribuidor	21.04	200mm	108.35
Dormitorio 1	21.77	200mm	112.11
Despensa	8.78	100mm	98.77
Cocina	48.61	2x200mm	500.68
Distribuidor-Paso	32.35	2x150	433.49
Dormitorio 2	20.27	200mm	104.4
Pasillo	2.08	75mm	23.4
Dormitorio P	27.86	225mm	122.58
Vestidores p	14.64	100mm	165.7
Baño P	18.85	150mm	126.3
Bajo cubierta	75.82	2x300mm	454.92

Total longitud de tubo 2734,92≈ 2735m. Al total calculado, hay que añadir un 10% de mermas, por lo que nos quedaría un dato final de 3008m de tubo, siendo esta es la longitud total que necesitaríamos para abastecer nuestra calefacción por suelo radiante.

### 3.4.19.3. Elementos constitutivos

Para formar un sistema de calefacción por suelo radiante se tienen en cuenta los siguientes elementos.

- **El Forjado:**  
Se compone de bovedilla y viguetas y forma de estructura que separa una planta de otra, siendo la base del suelo radiante.
- **El Panel Aislante:**  
Las tuberías van colocadas encima de un material de aislamiento que desempeña un papel clave para conseguir el necesario aislamiento térmico y acústico. Es por ello muy importante que se utilice un material de la mayor calidad. En nuestro caso utilizamos un panel aislante en rollo que presenta muchas ventajas respecto a las placas de aislamiento moldeadas que hasta ahora se venían utilizando.
- **Las Grapas de Sujeción y la Grapadora de Montaje:**  
Para la sujeción de la tubería sobre los paneles aislantes se utilizan unas grapas de sujeción especiales que fijan el tubo hasta el momento del vertido definitivo del mortero. Estas grapas se fijan sobre los paneles aislantes con la ayuda de una práctica grapadora de pie, que facilita enormemente la tarea de sujetar las tuberías, respecto a los sistemas tradicionales.
- **La Tubería:**  
El elemento fundamental de un sistema de calefacción por suelo radiante son los circuitos de tuberías de agua caliente que se instalan bajo el suelo de la vivienda. La función de las tuberías es conducir el agua caliente generada por la caldera hacia los distintos circuitos, logrando así transmitir el calor al pavimento. Estas tuberías, fabricadas en un material plástico de alta tecnología denominado polietileno reticulado, soportan con total garantía la circulación continua de agua caliente.
- **La Banda Perimetral:**  
Se trata de una cinta fabricada en un material espumoso cuya función es absorber las dilataciones del suelo, además de evitar los ya mencionados puentes térmicos y acústicos. Está fabricada en espuma de polietileno, cuenta con un faldón de estanqueidad que se adhiere al panel aislante gracias a una cinta autoadhesiva y se sirve precortada para facilitar la eliminación del sobrante tras su instalación.
- **El Aditivo Fluidificante y Retardante:**  
Se trata de un líquido especial que se añade al mortero para aumentar su fluidez. Una mayor fluidez del mortero hace que se requiera menor cantidad de agua para el amasado y se reduzca la porosidad del mortero una vez fraguado, con lo que se optimizan las características del mortero haciéndolo más resistente a la compresión y más maleable. El mortero así envolverá perfectamente el tubo sin dejar celdillas de aire que dificultarían la transmisión del calor. El resultado final es un mortero con una mayor resistencia mecánica y una mejor transmisión del calor. El aditivo fluidificante es también un gran reductor de agua.
- **El Sistema de Colectores:**  
Se trata de un conjunto de accesorios que se colocan normalmente en una caja de registro y cuya función es distribuir el agua caliente que se recibe de la caldera a cada uno de los circuitos de tubería correspondientes a cada habitación de la vivienda. El sistema

de colectores permite la regulación independiente de las temperaturas de cada una de las habitaciones de la vivienda en función de sus respectivas necesidades caloríficas.

- Termostatos y actuadores electrotérmicos:  
Son un sistema para regular manualmente la temperatura de cada estancia para garantizar el confort térmico en cada una de las habitaciones a gusto de cada persona.

#### 3.4.19.4. Flujo calorífico por m<sup>2</sup>

Los datos previos a considerar para el cálculo del flujo calorífico del suelo radiante son la potencia demandada por la vivienda y la superficie total de la misma. La potencia demandada Q de la vivienda es de:

$$\text{La superficie útil de la vivienda es de: } f = Q / S \quad 21630\text{W} / 386.89\text{m}^2 = 55,9\text{W/m}^2$$

#### 3.4.19.5. Caudales

Para expresar el caudal de cada circuito nos encontramos la siguiente fórmula:

$$C = A \times f \times 0,86 \text{ en Kcal/h; } q = A \times f \times 0,86 \text{ (At) en l/hq}$$

$$\text{Salón} = (52,40 \times 55,9)/5 \times 0,86 \times 1/3600 = 0,09 \text{ l/segq}$$

$$\text{Aseo} = (4,47 \times 55,9)/5 \times 0,86 \times 1/3600 = 0,007 \text{ l/segq}$$

$$\text{Distribuidor} = (21,40 \times 55,9)/5 \times 0,86 \times 1/3600 = 0,04 \text{ l/seg}$$

$$\text{Dormitorio 1} = (21,77 \times 55,9)/5 \times 0,86 \times 1/3600 = 0,04 \text{ l/segq}$$

$$\text{Cocina} = (48,61 \times 55,9)/5 \times 0,86 \times 1/3600 = 0,08 \text{ l/segq}$$

$$\text{Distribuidor-Paso} = (32,35 \times 55,9)/5 \times 0,86 \times 1/3600 = 0,05 \text{ l/segq}$$

$$\text{Dormitorio 2} = (20,27 \times 55,9)/5 \times 0,86 \times 1/3600 = 0,03 \text{ l/seg}$$

$$\text{Pasillo} = (2,08 \times 55,9)/5 \times 0,86 \times 1/3600 = 0,003 \text{ l/seg}$$

$$\text{Dormitorio P} = (27,86 \times 55,9)/5 \times 0,86 \times 1/3600 = 0,05 \text{ l/seg}$$

$$\text{Vestidores P} = (14,64 \times 55,9)/5 \times 0,86 \times 1/3600 = 0,03 \text{ l/seg}$$

$$\text{Baño P} = (18,85 \times 55,9)/5 \times 0,86 \times 1/3600 = 0,03 \text{ l/seg}$$

$$\text{Bajo cubierta} = (75,82 \times 55,9)/5 \times 0,86 \times 1/3600 = 0,13 \text{ l/seg}$$

$$\text{Caudal total} = 0,58 \text{ l/seg}$$

#### 3.4.19.6. Presupuesto

A continuación se detalla el presupuesto estimado de la instalación de suelo radiante del edificio que nos ocupa. Para poder ver la distribución deberíamos remitirnos al anexo 1 del presente proyecto.

Datos de referencia		
Superficie a aislar total	386,89	m <sup>2</sup>
Superficie de tubo en baños a paso 7,5 cm	28,12	m <sup>2</sup>
Superficie de tubo a paso 15 cm	358,77	m <sup>2</sup>

COMPONENTES BÁSICOS PARA LA INSTALACIÓN					
Código	Artículo	Ud. Venta	Uds.	PVP	Total
10 02 02 01	Panel aislante liso de EPS	m2	408	8,78 €	3.582 €
10 01 01 01	Tubería Multicapa (Bobina 18x2x500)	m	3000	1,17 €	3.510 €
10 03 01 01	Banda perimetral autoadhesiva 150x6 mm	m	450	1,10 €	495 €
10 05 00 00	Fluidificante (envase 5 litros)	l	15	3,59 €	54 €
10 05 00 01	Fluidificante (envase 30 litros)	l	30	3,46 €	104 €
10 04 08 01	Racor para tubo plástico d=18 mm	Ud	66	2,11 €	139 €
10 06 00 09	Colector universal de 11 vías	Ud	3	405,73 €	1.217 €
10 06 01 02	Armario de ancho 1000 (10 a 12 vías)	Ud	3	134,49 €	403 €
10 04 00 00	Grapa fijatubo (plancha lisa)	Ud.	8400	0,06 €	504 €
PRECIO PVP PARA LOS COMPONENTES BÁSICOS					10.009 €

COMPONENTES OPCIONALES PARA LA INSTALACIÓN					
Código	Artículo	Ud. Venta	Uds.	PVP	Total
10 04 03 00	Codo guía para tubo 16/18 mm	Ud.	100	1,39 €	139 €
10 03 00 00	Barrera antivapor (film de polietileno)	m2	600	0,79 €	474 €
10 04 05 00	Tubo protección aislante (16-18 mm)	Ud.	150	0,45 €	68 €
10 03 02 00	Junta de dilatación 150x8 mm	m	250	1,20 €	300 €
10 05 01 00	Desincrustante (envase 1 litro) para tubo de 18 mm	l	5	21,60 €	108 €
10 04 04 00	Carril guía	m	400	2,52 €	1.008 €
10 08 01 00	Actuador térmico (24 V)	Ud.	33	27,75 €	916 €
10 08 04 03	Regulador de presión diferencial 1 1/4"	Ud.	3	81,75 €	245 €

Control de la temperatura ambiente vía cable					
Código	Artículo	Ud. Venta	Uds.	Precio	Total
10 10 00 01	Termostato con visualizador (Frio-Calor)	Ud.	15	49,12 €	737 €
10 10 02 01	Módulo relé vía cable de ocho canales para accionamientos 24 V	Ud.	2	129,81 €	260 €

Componentes básicos instalación = 10,009 €  
 Componentes adicionales instalación = 3,258 €  
 Control de temperatura ambiente vía cable = 997 €  
**Total instalación = 14,264 €**

### 3.4.20. Refrigeración por Fan Coil

El Fan-Coil es un sistema de acondicionamiento y climatización de tipo mixto; resulta ventajoso en edificios donde es preciso economizar el máximo de espacio. Suple a los sistemas centralizados que requieren de grandes superficies para instalar sus equipos.

Son Unidades Individuales situadas en cada ambiente a acondicionar, a los cuales llega el agua. Allí el aire es tratado e impulsado con un ventilador al local a través de un filtro. De este modo, cuando el aire se enfría es enviado al ambiente transmitiendo el calor al agua que retorna siguiendo el circuito.

#### 3.4.20.1. Justificación de los aparatos elegidos

Para este tipo de vivienda se ha optado por unas unidades de acondicionamiento de aire no autónomas, alimentadas de agua fría, destinada a la climatización de las estancias. Tanto los conductos de agua, como los Fan Coil estarán dispuestos en el falso techo, por lo que se ha escogido el modelo Mayor2 NCHY de CIATESA.

Para cada estancia se selecciona un aparato con la potencia requerida como se muestra en la siguiente tabla:

Estancia	Potencia requerida (W)	Potencia frigorífica(kW)	Modelo	Caudal (m3h)	Potencia consumida	Precio
Salón	324,88	0,5	Mayor 425	155	59	379,46
Aseo	152,8	0,3	Mayor 423	67	42	324,76
Distribuidor	701,87	0,8	Mayor 428	255	76	426,5
Dormitorio 1	528,99	0,8	Mayor 428	255	76	426,5
Cocina	232,84	0,4	Mayor 424	85	48	346,98
Dormitorio 2	528,99	0,8	Mayor 428	255	76	426,5
Dormitorio P	528,99	0,8	Mayor 428	255	76	426,5
Vestidores p	335,26	0,5	Mayor 425	155	59	379,46
Baño P	152,8	0,3	Mayor 423	67	42	324,76
Bajo cubierta	521,39	0,8	Mayor 428	255	76	426,5

**Total instalación = 3887,92 €**

Características específicas:

- NCH: Modelo no carrozado horizontal. Este equipo dispone de un cajón de expansión insonorizado en la impulsión, y puede cubrir una presión estática de hasta 90Pa, que responde a las necesidades de todos los sistemas de impulsión. La rejilla de impulsión es rectangular.



Figura 46. Fan coil Mayor CIATESA

- Bandeja de recuperación de condensados: Bandeja de plástico, sin retención de aguas y evacuación de las mismas al nivel del fondo de la bandeja. Los manguitos de evacuación se sitúan en la parte posterior.
- Dispone de grupo motoventilador de 7 velocidades con protección térmica y suspensión elástica. Los Fan Coil se disponen tal y como se representan en los planos de climatización del anexo 1.

## **4. CONCLUSIONES**

Una vez terminados los diferentes apartados de los que consta este proyecto se llega a las conclusiones finales sobre este sistema geotérmico en particular y la geotermia de muy baja temperatura en general.

De la elaboración del proyecto que se presenta, se pueden deducir las siguientes conclusiones:

- La calidad de los cerramientos, y en concreto la de su aislamiento térmico, es un factor muy importante a tener en cuenta en la construcción de un edificio, dado que constituye la base para un uso racional y eficiente de la energía. Se deduce de ello la importancia de **concienciar a los distintos agentes que intervienen en el diseño y construcción de un edificio**, y en especial a los compradores o usuarios finales del mismo, quienes tienen la potestad de seleccionar aquellas construcciones que posean mejor grado de aislamiento. En este sentido, la implantación del Sistema de Calificación Energética de los Edificios contribuirá a poner en práctica lo comentado.
- La instalación de calefacción de este proyecto ha sido concebida teniendo en cuenta el confort y el ahorro energético. La configuración a caudal variable permite ajustarse mejor en cada momento a las necesidades térmicas y permite ahorrar energía. Los fan coils y suelo radiante en cada sala, se podrían regular de manera individualizada, lo cual resulta muy ventajoso tanto para el confort como económica y ecológicamente. Todo ello ha contribuido a conseguir una instalación de calefacción que garantiza el confort necesario y más ecológico.
- La utilización de la energía geotérmica, frente a otras fuentes de energía convencionales, se postula como **alternativa real** para equipar los sistemas de climatización en edificios de tipo residencial.
- Además de los ahorros descritos, la energía geotérmica **no requiere para su utilización de infraestructuras específicas previas**, tales como redes de distribución para el caso de gas natural o GLP canalizado o depósitos de almacenamiento para el caso del Gasóleo C, pudiendo ser utilizada en cualquier zona geográfica, lo que la hace especialmente recomendable en lugares aislados que carecen de infraestructuras mínimas. En el caso de edificios ya construidos, la energía geotérmica presenta el inconveniente de necesitar terrenos contiguos donde se puedan realizar las perforaciones para ubicar las sondas de captación, cuestión que en ocasiones no resulta sencilla.
- Desde el punto de vista de impacto medioambiental, la utilización de la energía geotérmica resulta **más limpia**, dado que **se reduce la emisión de CO<sub>2</sub>** a la atmósfera en, al menos, un **60%** con respecto a las fuentes de energía convencionales, tal y como queda reflejado en el apartado de *Introducción* de este proyecto.
- La energía geotérmica proviene de una **fuerza de energía inagotable**, como es la capacidad de la Tierra de absorber o ceder calor, no estando sujeta a régimen tarifario, a excepción de la energía eléctrica consumida por el equipo frigorífico de las bombas de calor geotérmicas y los circuladores asociados a ellas, que suponen un 28% aproximadamente de la energía entregada al edificio, por lo que las oscilaciones de precios energéticos le afectan en mucha menor medida.

- Para la instalación de un sistema geotérmico, la inversión a realizar inicialmente es más elevada, fundamentalmente por la perforación del terreno donde se ubica el campo geotérmico, pero resulta **muy rentable en términos económicos** si se analiza en el contexto de la vida útil del edificio, que se puede estimar en torno a 50 años.
- Los equipos que utilizan energía geotérmica son **capaces de proporcionar todos los servicios**: calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, mientras que en caso de utilizar otras energías como gas natural, GLP o gasóleo C, es necesario disponer unos equipos para el servicio de agua caliente sanitaria y calefacción y otros para el servicio de refrigeración.

En el plano personal, la confección del proyecto ha permitido poner de relieve los siguientes aspectos:

- Ser capaz de aplicar a un caso práctico, perfectamente realizable, los conocimientos adquiridos en la carrera, y en especial, los contenidos de orden técnico, que me han permitido asimilar la información que he necesitado cotejar para redactar este proyecto.
- Gracias a este proyecto he conocido la aplicación objetiva del ciclo frigorífico de la bomba de calor geotérmica y su eficiencia como sistema para generar calor o frío; además, he visto lo que significa en la realidad utilizar el caudal y las pérdidas de carga para seleccionar una bomba de circulación.
- Utilizar la lógica y establecer un criterio basado en los conocimientos y apoyado en el sentido común que me ha permitido determinar la coherencia de los resultados obtenidos, comprobando si corresponden con la realidad.
- Tomar conciencia de lo que supone en términos reales el consumo energético de un edificio, el importe económico del mismo y el coste de las instalaciones a realizar.
- Finalmente, la realización de este proyecto ha permitido poner a prueba mi capacidad de trabajo, traducida en tiempo dedicado al mismo. Además debido a que para la realización de este proyecto he necesitado la ayuda de una empresa instaladora de energía geotérmica, he podido tener contacto en primera persona con este campo. Esto ha despertado en mí un mayor interés y no descartaría la posibilidad de continuar mis estudios en la rama de las energías renovables y en concreto la energía geotérmica en el ámbito de la edificación.

## **5. DOCUMENTACIÓN**

## BIBLIOGRAFÍA

-  **“Manual de Geotermia”**. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA) e Instituto Geológico y Minero de España (IGME). 2008.
-  **“Guía Técnica de Sondeos Geotérmicos Superficiales”**. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (Fenercom).
-  **“Guía Técnica sobre Pilotes Geotérmicos”**. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (Fenercom).
-  **“Guía de la energía geotérmica”**. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (Fenercom).
-  **“Ahorro de energía, aprovechamiento de la energía geotérmica en las instalaciones de climatización”**. CIATESA.
-  **“Eficiencia Energética en Calefacción y Refrigeración: Aprovechamientos Geotérmicos mediante Bomba de Calor”**. Centro Tecnológico de eficiencia y Sostenibilidad Energética.
-  **“Guía Técnica de bombas de calor geotérmicas”**. Fundación de la energía de la Comunidad de Madrid.
-  **“Código Técnico de la Edificación”**. Ministerio de vivienda. 2006.

## CONSULTA DE PROYECTOS EXISTENTES

-  **“Anàlisi i minimització del consum energètic en climatització d'un edifici d'oficines amb suport solar i geotèrmic”** [Recurso electrónico-CD-ROM]  
Biosca Taronger, Javier pfc  
Valencia : Universidad Politécnica de Valencia , 2008
-  **“Desarrollo de una herramienta de estimación de costes para la implantación de un sistema de climatización geotérmica en el sector residencial”** [Recurso electrónico-CD-ROM]  
Badenes Badenes, Borja pfc  
Valencia: Universidad Politécnica de Valencia , 2010

## PÁGINAS WEB

-  Instituto Geológico y Minero de España [www.igme.es](http://www.igme.es)
-  Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía [www.idae.es](http://www.idae.es)
-  Empresa de instalaciones geotérmicas [www.ingelco.com](http://www.ingelco.com)
-  Empresa instaladora de energías renovables [www.enertres.com](http://www.enertres.com)
-  Empresa de instalaciones geotérmicas [www.girod.com](http://www.girod.com)

 Empresa de Alternativas energéticas y Medioambiente	<a href="http://www.aemaenergia.es">www.aemaenergia.es</a>
 Información Geotérmica	<a href="http://www.energeotermica.es">www.energeotermica.es</a>
 Comisión Nacional de Energía.	<a href="http://www.cne.es">www.cne.es</a>
 Ministerio de economía y hacienda.	<a href="http://www.meh.es">www.meh.es</a>
 Ministerio de Medio Ambiente.	<a href="http://www.mma.es">www.mma.es</a>
 Ciatesa - Empresa de climatización.	<a href="http://www.ciatesa.es">www.ciatesa.es</a>
 Barbi - empresa de suelo radiante.	<a href="http://www.barbi.es">www.barbi.es</a>
 Saunier Dubal - empresa de climatización.	<a href="http://www.saunierdubal.es">www.saunierdubal.es</a>
 Distribuidor energía solar y geotérmica.	<a href="http://www.immosolar.com">www.immosolar.com</a>
 Carrier – empresa de climatización.	<a href="http://www.carrier.com">www.carrier.com</a>
 Sistemas geotérmicos ibergeotermia.	<a href="http://www.ibergeotermia.com">www.ibergeotermia.com</a>
 Web de arquitectura bioclimática.	<a href="http://www.arquibio.com">www.arquibio.com</a>

## SOFTWARE

-  Autocad
-  Ener-Desing
-  GEO2 CIATESA

## LISTADO DE FIGURAS Y TABLAS

### *Figuras*

- [1]. Termas romanas
- [2]. Generados geotérmico 10Kw (Larderello)
- [3]. Planta de Sonoma en “The Geysers”
- [4]. Esquema planta geotermal Soutz-sous-Forêts
- [5]. Efecto invernadero
- [6]. Circulación de lava
- [7]. Bomba de calor geotérmica
- [8]. Mapa de energías renovables
- [9]. Aprovechamiento térmico en España
- [10]. Capas de la Tierra
- [11]. Temperaturas en España
- [12]. Yacimiento geotérmico alta temperatura
- [13]. Yacimiento geotérmico baja temperatura
- [14]. Sistema horizontal de poca profundidad
- [15]. Sistema horizontal gran profundidad
- [16]. Sistema vertical de sondas
- [17]. Sistema vertical de aguas subterráneas

- [18]. Sistema vertical de pozo existente
- [19]. Sistema vertical de aprovechamiento de estructuras
- [20]. BCG para calefacción
- [21]. BCG para refrigeración
- [22]. Tendido horizontal
- [23]. Introducción de maquinaria perforadora
- [24]. Edificio con estructura de pilotes
- [25]. Sondas geotérmicas unidas a estructura
- [26]. Sondas horizontales superficiales
- [27]. Conducciones verticales profundas
- [28]. Conducciones en la periferia de edificio
- [29]. Perforación en terreno consolidado
- [30]. Perforación en terreno consolidado inestable
- [31]. Perforación en terreno no consolidado
- [32]. Perforación en terreno consolidado-no consolidado
- [33]. Esquema de colectores
- [34]. Descarga de colector
- [35]. Fijación de colectores
- [36]. Introducción del colector en la perforación
- [37]. Tapa de la perforación
- [38]. Preparación de colectores
- [39]. Instalación BCG
- [40]. Puesta en marcha BCG
- [41]. Plano geológico zona de Canals (Valencia)
- [42]. BCG AGEO 100HT
- [43]. Esquema suelo radiante
- [44]. Curva de temperatura
- [45]. Suelo radiante en espiral
- [46]. Fan coil Mayor CIATESA

### **Tablas**

- [1]. Comparativa de energías renovables
- [2]. Características intercambiadores en calefacción
- [3]. Características intercambiadores en refrigeración
- [4]. Características BGC
- [5]. Límites ambientales de la zona
- [6]. Potencia específica de ventiladores
- [7]. Presupuesto de perforaciones
- [8]. Presupuesto instalación BCG

**Gráficas**

- [1]. Emisiones anuales de CO<sub>2</sub>
- [2]. Comparativa económica anual de consumos y sistemas
- [3]. Distribución mundial de la potencia geotérmica
- [4]. Tendencia actual de producción del calor geotérmico
- [5]. Aplicaciones de la Energía Geotérmica
- [6]. Demanda energética anual de sistema geotérmico
- [7]. Amortización del sistema
- [8]. Evolución de los costes de explotación
- [9]. Comparación gasto mensual con sistema convencional

**Esquemas**

- [1]. Clasificación Energía Geotérmica
- [2]. Trámites administrativos

## **6. ANEXOS**

## **ANEXO 1 ÍNDICE DE PLANOS**

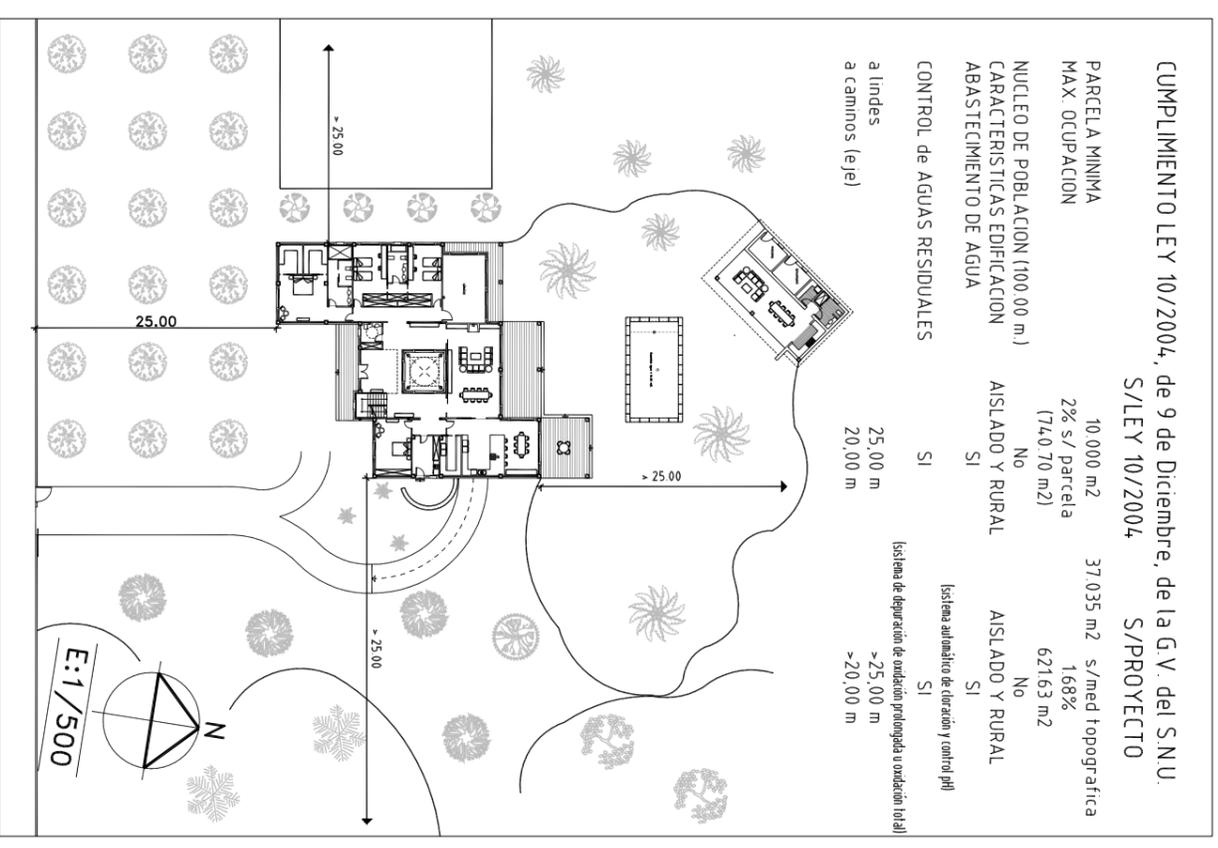
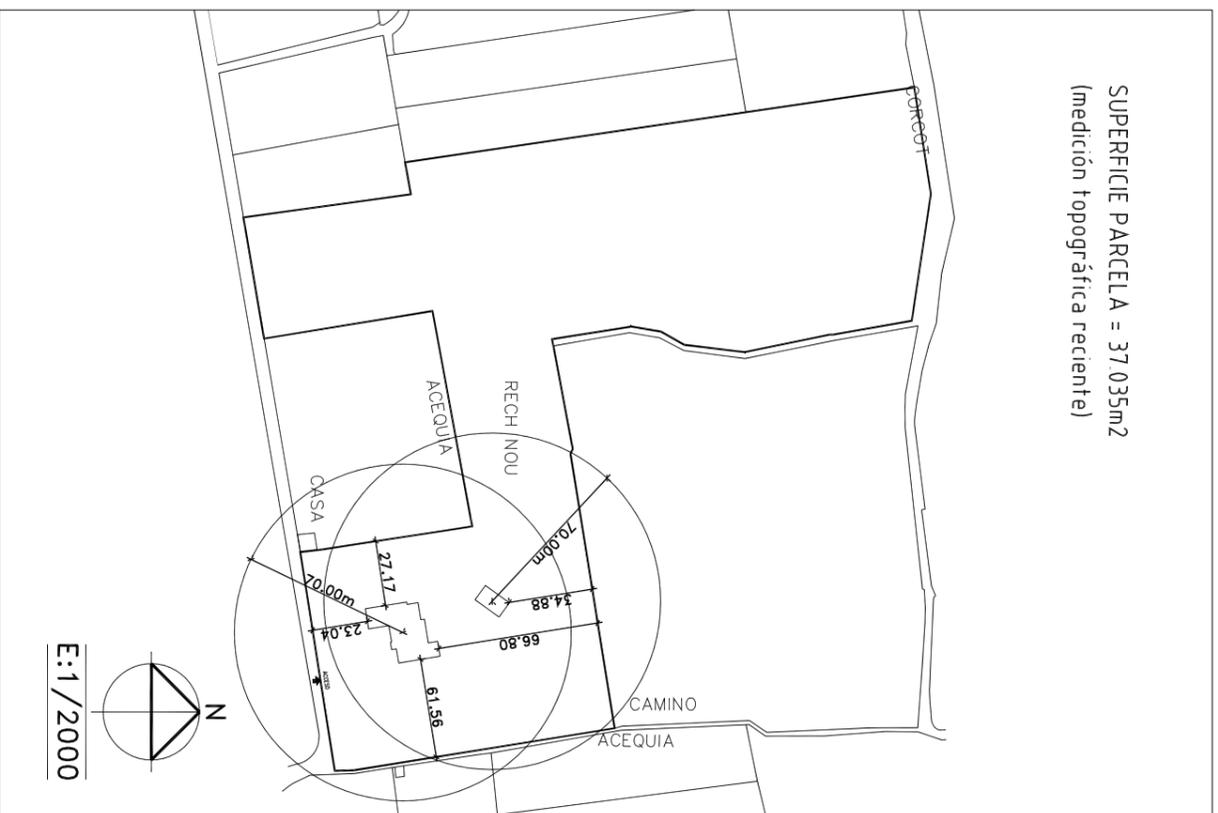
01 PLANO DE SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

02 SONDAS Y CONEXIÓN CON B.C.G.

03 ESQUEMA B.C.G CON CLIMATIZACIÓN

04 SISTEMA DE CALEFACCIÓN – SUELO RADIANTE

05 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN – FAN COILS



SUPERFICIE PARCELA = 37.035m<sup>2</sup>  
(medición topográfica reciente)

CUMPLIMIENTO LEY 10/2004, de 9 de Diciembre, de la G.V. del S.N.U.

S/LEY 10/2004 S/PROYECTO

PARCELA MINIMA	10.000 m <sup>2</sup>	37.035 m <sup>2</sup>	s/med topografica
MAX. OCUPACION	2% s/ parcela (1740.70 m <sup>2</sup> )	1.68%	621.63 m <sup>2</sup>
NUCLEO DE POBLACION (100.00 m <sup>2</sup> )	No	No	
CARACTERISTICAS EDIFICACION	ABASTECIMIENTO DE AGUA	ABASTECIMIENTO DE AGUA	
ABASTECIMIENTO DE AGUA	SI	SI	SI
CONTROL de AGUAS RESIDUALES	SI	SI	SI
a linderos	25.00 m	Sistema de depuración de aguas residuales y control (o 2)	
a caminos (e/e)	20.00 m	a 25.00 m	
		a 20.00 m	

**CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES BIENES INMUEBLES DE NATURALEZA RÚSTICA**  
Municipio de CAMÚS Provincia de VALENCIA

REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE: 46083A002001080000RE

**DATOS DEL INMUEBLE**

Parcela nº Parcela 108  
RECH NOU CANALS (VALENCIA)

Parcela Agrario: Labor o labranza regado 011

Superficie construida: 108.000000 m<sup>2</sup>

**DATOS DE LA FINCA A LA QUE PERTENECE EL INMUEBLE**

Parcela nº Parcela 108  
RECH NOU CANALS (VALENCIA)

Superficie construida: 33.202 m<sup>2</sup>

Esta información no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del acceso a datos catastrales no protegidos de la SGC.

Mérida, 20 de Junio de 2012

**CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES BIENES INMUEBLES DE NATURALEZA RÚSTICA**  
Municipio de CAMÚS Provincia de VALENCIA

REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE: 46083A002001100000RE

**DATOS DEL INMUEBLE**

Parcela nº Parcela 111  
RECH NOU CANALS (VALENCIA)

Parcela Agrario: Labor o labranza regado 011

Superficie construida: 3.351 m<sup>2</sup>

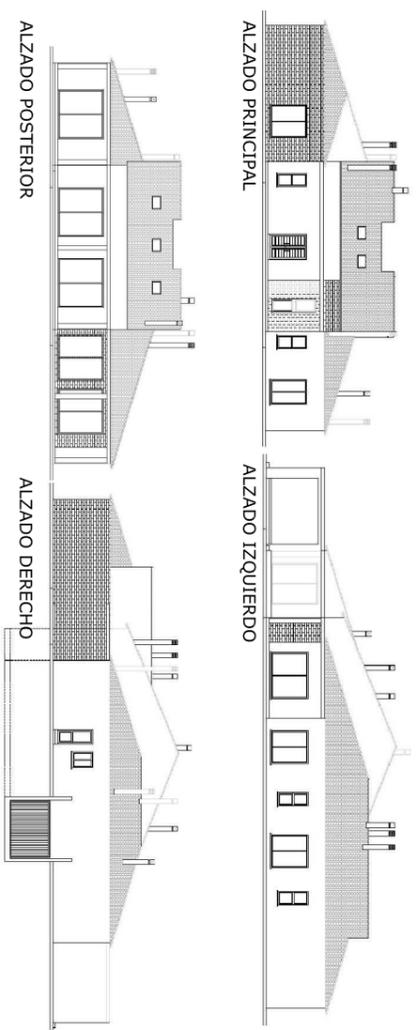
**DATOS DE LA FINCA A LA QUE PERTENECE EL INMUEBLE**

Parcela nº Parcela 111  
RECH NOU CANALS (VALENCIA)

Superficie construida: 3.351 m<sup>2</sup>

Esta información no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del acceso a datos catastrales no protegidos de la SGC.

Mérida, 20 de Junio de 2012



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

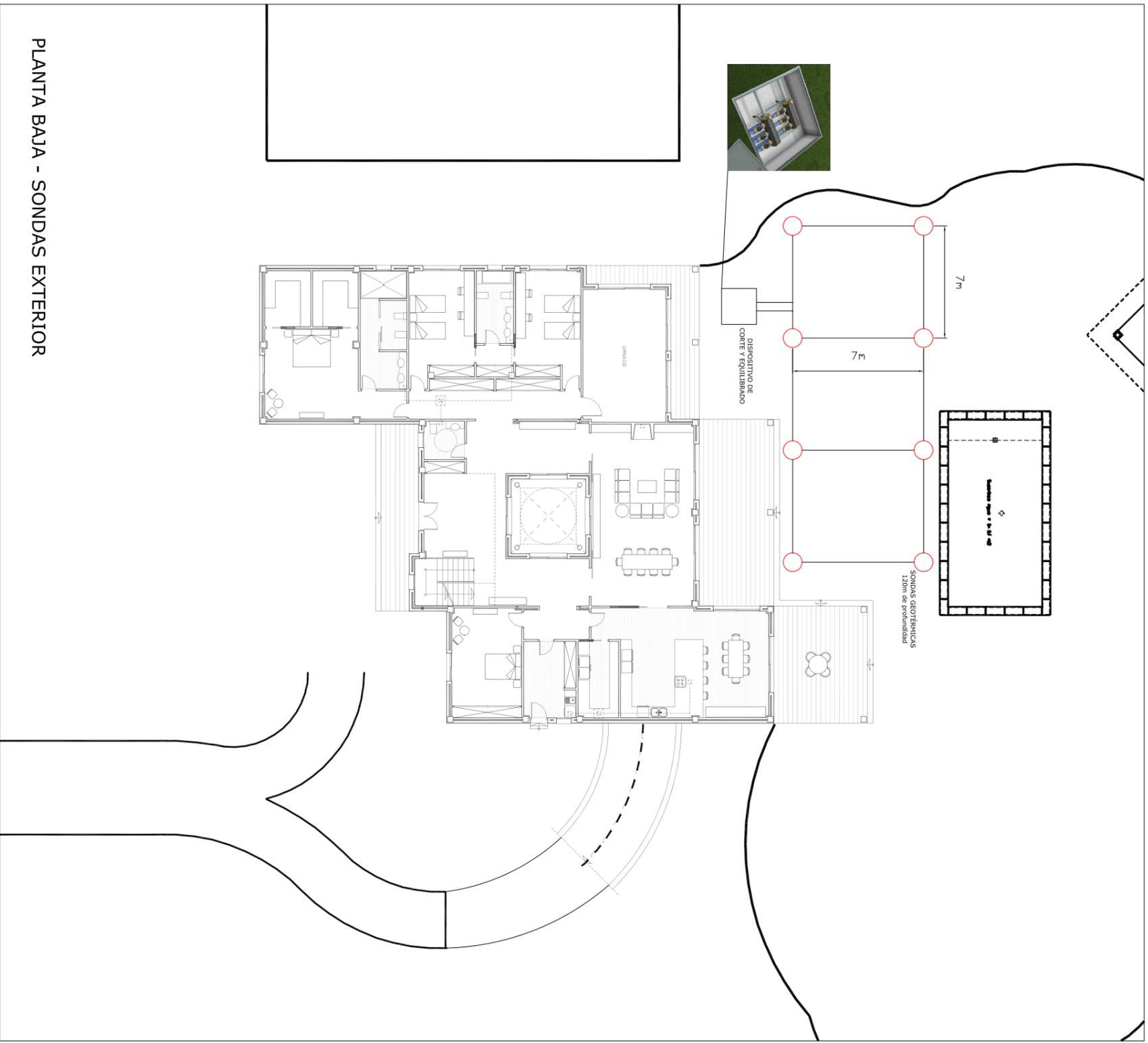
E.T.S.I.E  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

INGENIERÍA SUPERIOR DE EDIFICACIÓN

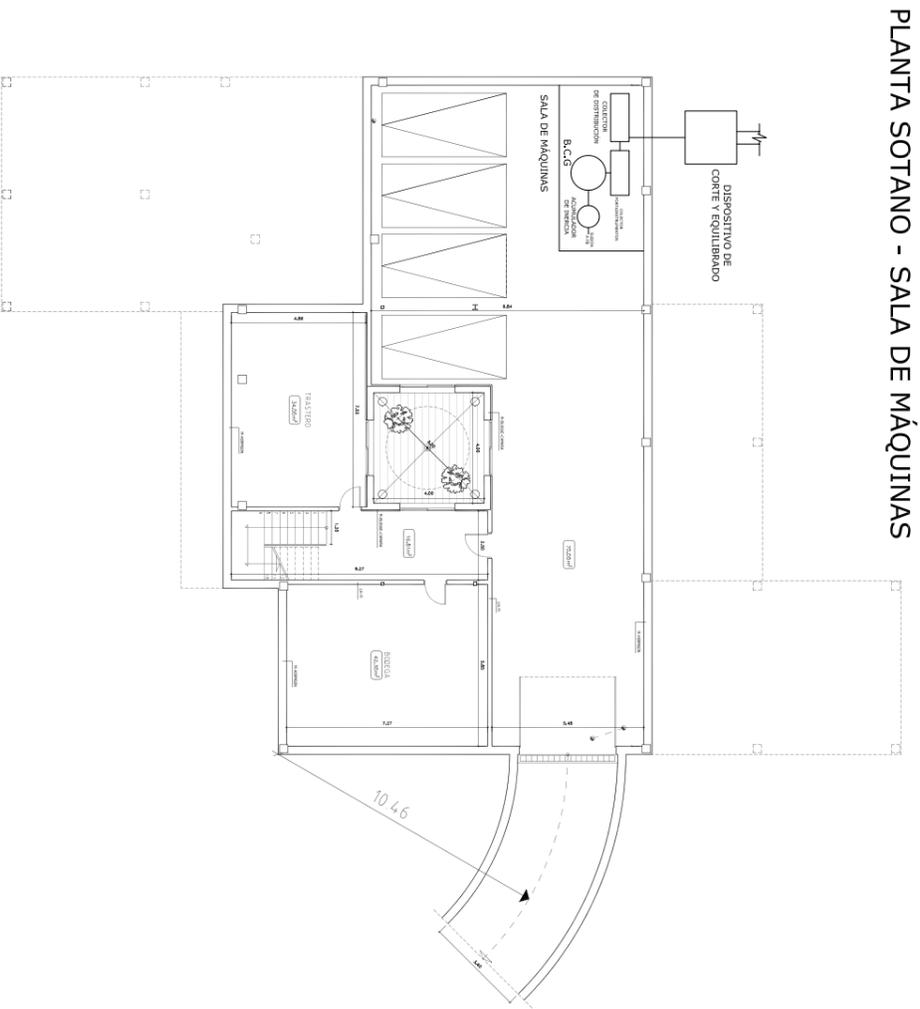
**PROYECTO FIN DE GRADO: ENERGÍA GEOTÉRMICA: EL CALOR ROBADO A LA TIERRA**

INSTALACIÓN GEOTÉRMICA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA

TALLER 18	ALUMNO	JUANA HEREDIA BENITO	ESCALA
EFICIENCIA ENERGÉTICA			1:500
FECHA	JUNIO 2012	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	1:2000
			Nº PLANO
			01



PLANTA BAJA - SONDAS EXTERIOR



PLANTA SOTANO - SALA DE MÁQUINAS

**COMPONENTES**

**SONDAS GEOTÉRMICAS**

**DISPOSITIVO DE CORTE Y EQUILIBRADO**

**COLECTOR DE DISTRIBUCIÓN**

**COLECTOR PORTAINSTRUMENTOS**

**ACUMULADOR DE INERCIA**

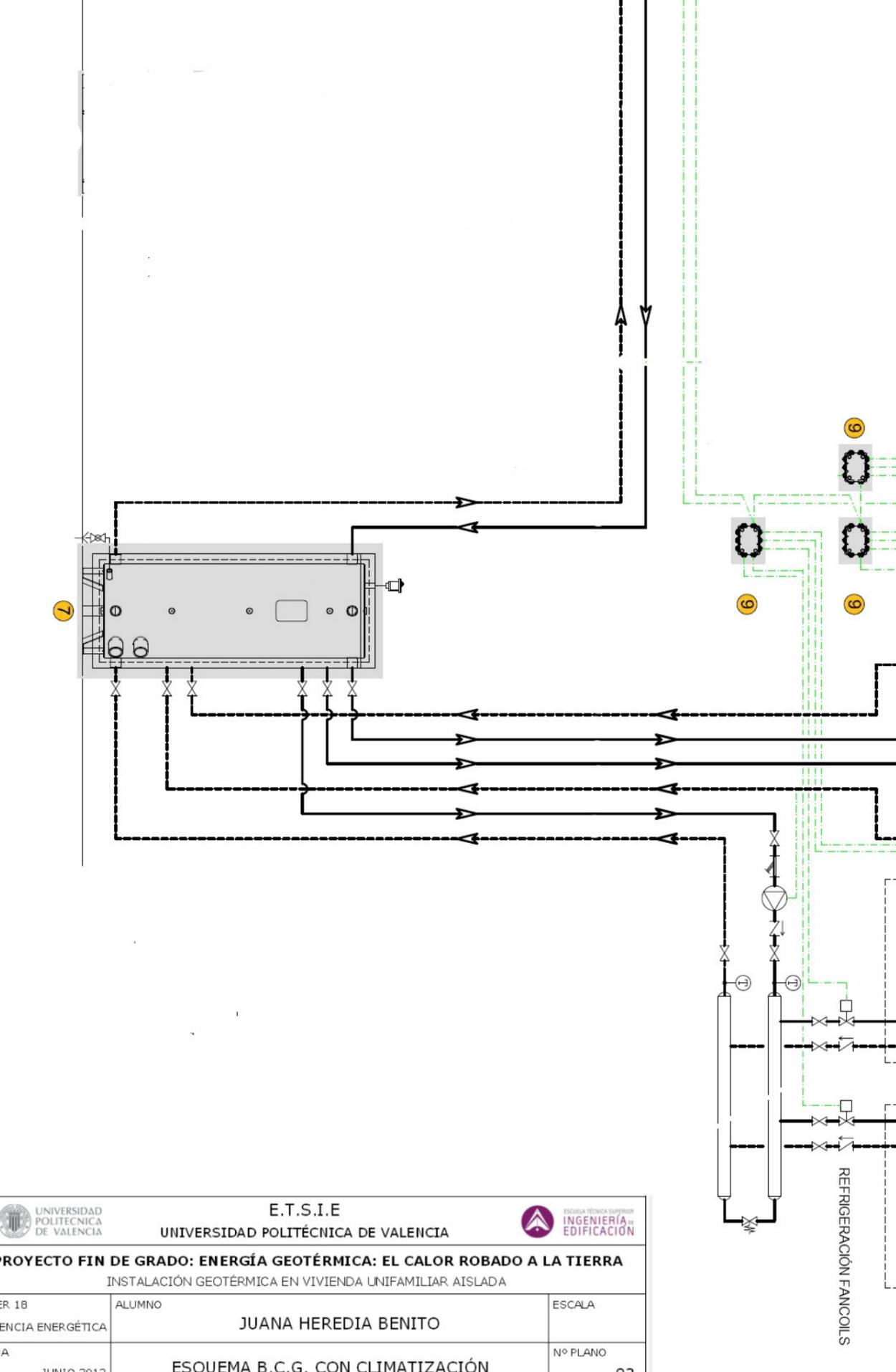
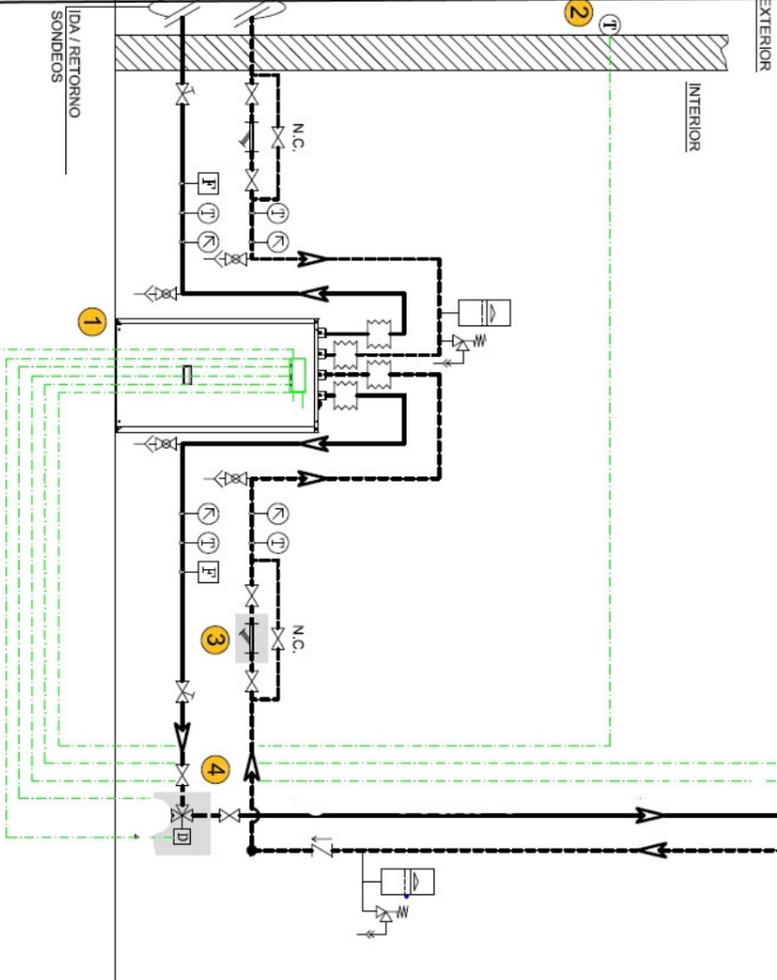
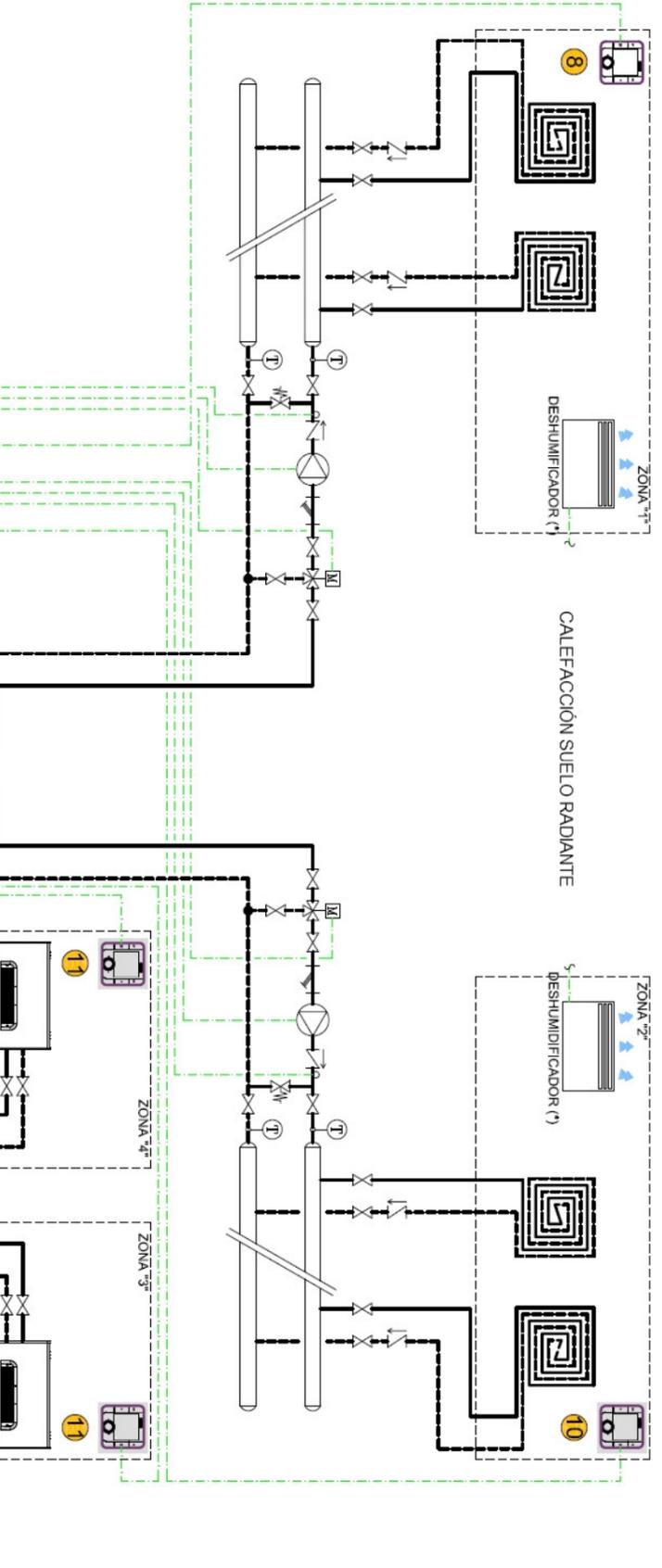
**B.C.C.G.**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA		E.T.S.I.E. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA		ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN		
<b>PROYECTO FIN DE GRADO: ENERGÍA GEOTÉRMICA: EL CALOR ROBADO A LA TIERRA</b>						
INSTALACIÓN GEOTÉRMICA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA						
TALLER 18	ALUMNO	JUANA HEREDIA BENITO		ESCALA	1:250	
EFICIENCIA ENERGÉTICA	SONDAS Y CONEXIÓN CON B.C.G				Nº PLANO	02
FECHA	JUNIO 2012					

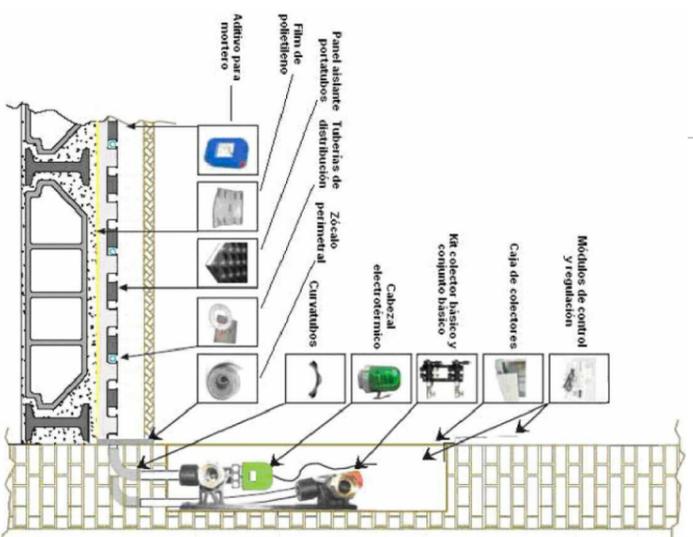
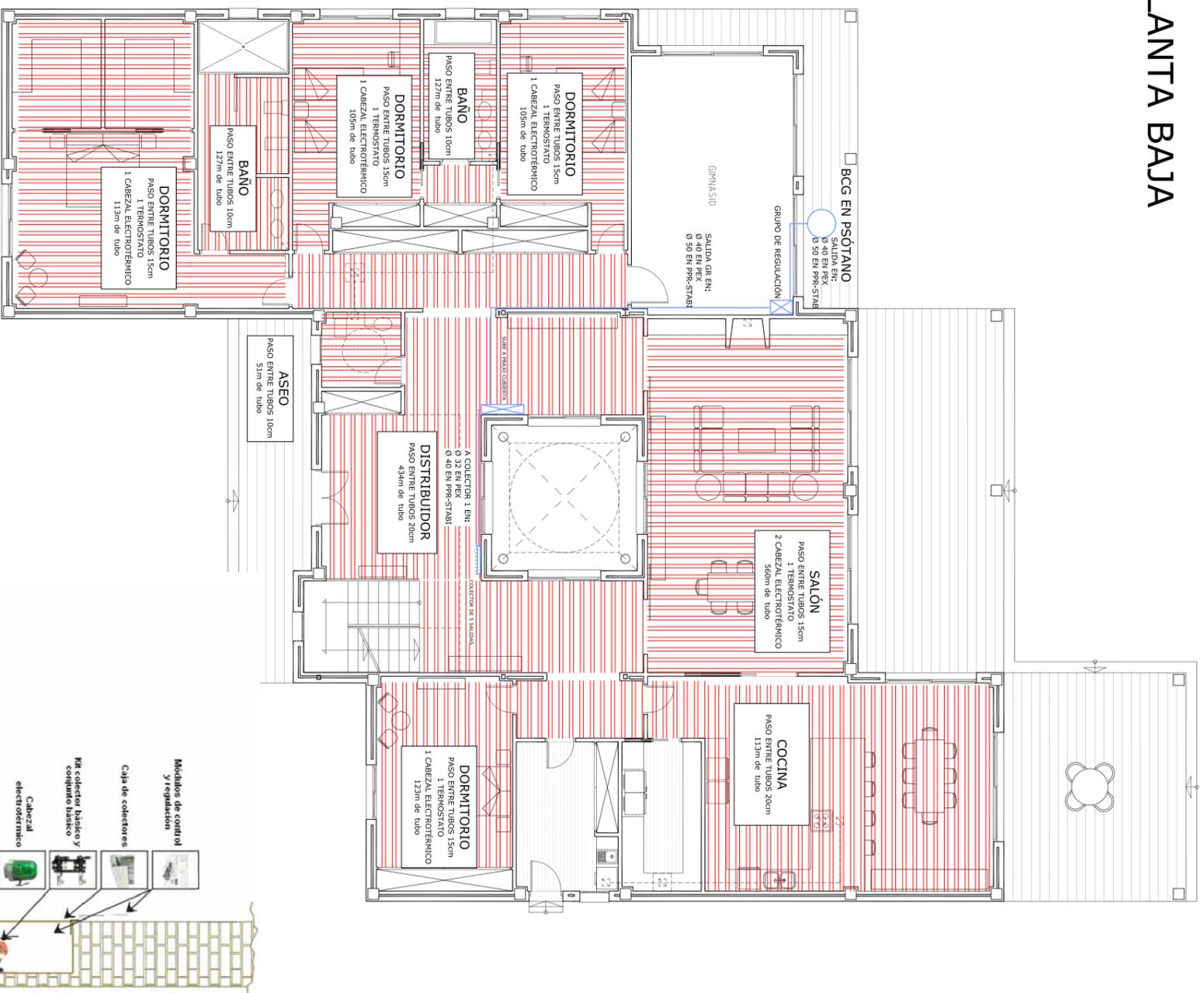
SÍMBOLOS	
MANÓMETRO	VALVULA ANTI-RETORNO
TERMÓMETRO	VALVULA DE EQUILIBRADO
INTERRUPTOR DE FLUJO	VALVULA TERMOSTATICA
ANTIVIBRATORIOS	PURGADOR
VALVULA DE CORTE	VALVULA DE DESCARGA
FILTRO	VASO DE EXPANSION
VALVULA DE SEGURIDAD	
IMPULSION BOMBA DE CALOR	
RETORNO BOMBA DE CALOR	
ACS	
AGUA FRIA	
RECIRCULACION ACS	
CONEXIONES ELECTRICAS	
ACCESORIOS SUMINISTRADOS POR BUDERUS	

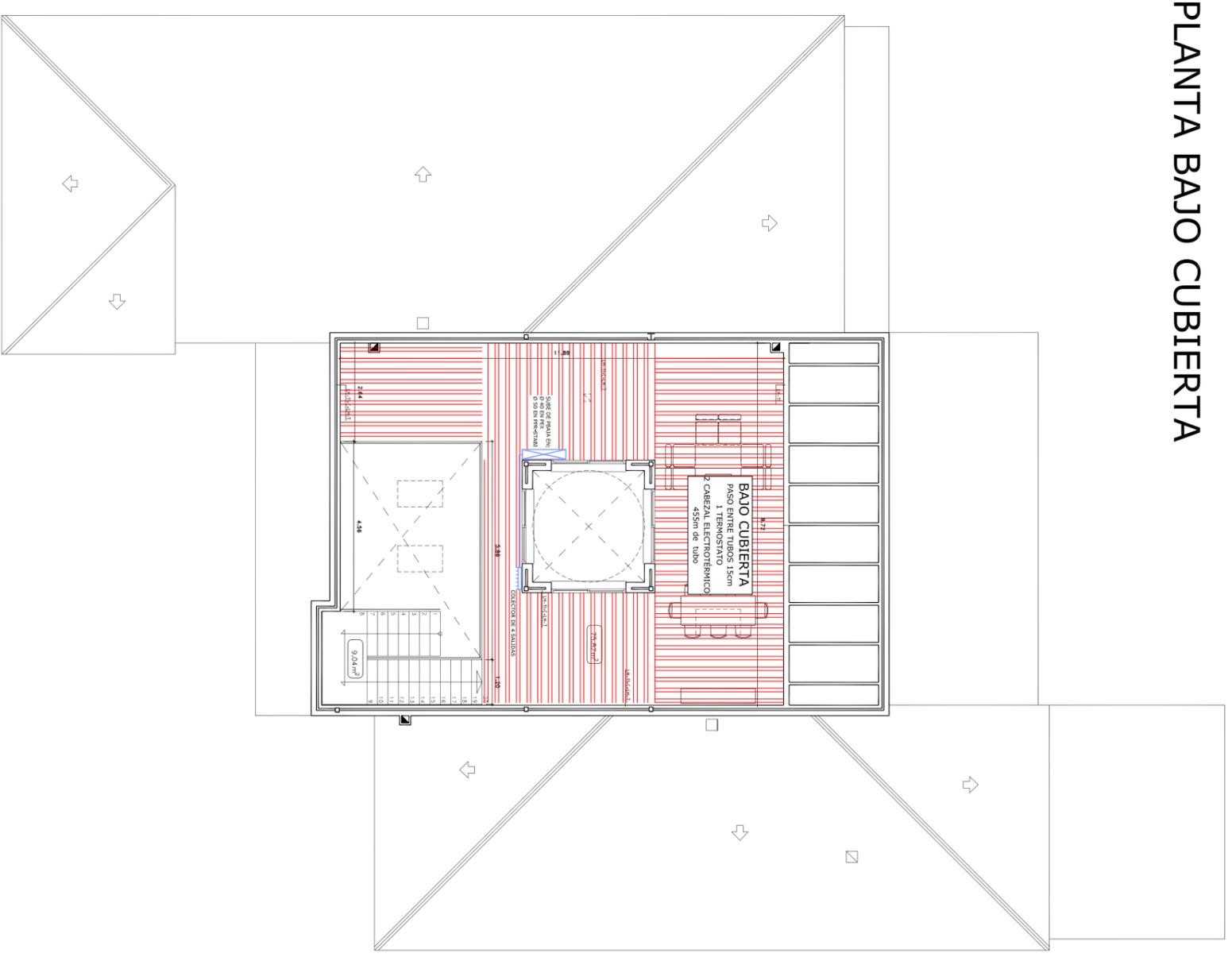
1 BOMBA DE CALOR
2 Sonda Tª EXTERIOR (SUMINISTRADA CON LA BOMBA DE CALOR)
3 FILTRO DE AGUA CON MALLA DESMONTABLE (1"1/4, 1"1/2 OR 2")
4 VALVULA DE TRES VIAS 1"1/4 PARA ACS
7 DEPÓSITO DE INERCIA P95, P100, P200 DEW
8 REGULADOR Y CONTROLADOR TEMPERATURA Y HUMEDAD (SUMINISTRADO CON LA BOMBA DE CALOR)
9 MÓDULO DE EXPANSIÓN REGULADOR Y CONTROLADOR TEMPERATURA Y HUMEDAD (ACCESORIOS)
10 REGULADOR Y CONTROLADOR TEMPERATURA Y HUMEDAD (ACCESORIOS)



# PLANTA BAJA



# PLANTA BAJO CUBIERTA

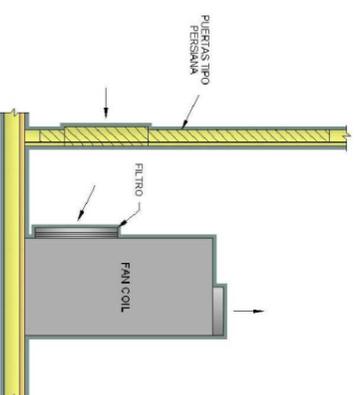
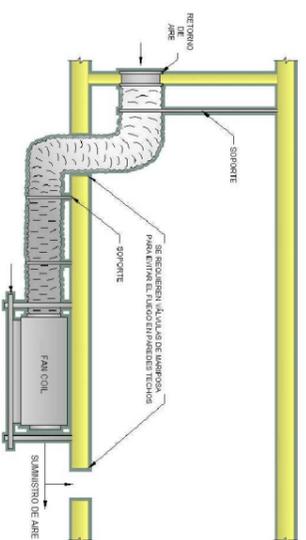


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA		E.T.S.I.E. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN	
<b>PROYECTO FIN DE GRADO: ENERGÍA GEOTÉRMICA: EL CALOR ROBADO A LA TIERRA</b> INSTALACIÓN GEOTÉRMICA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA			
TALLER 18	ALUMNO	JUANA HEREDIA BENITO	ESCALA
EFICIENCIA ENERGÉTICA			1:150
FECHA	JUNIO 2012	SISTEMA DE CALEFACCIÓN SUELO RADIANTE	Nº PLANO
			04

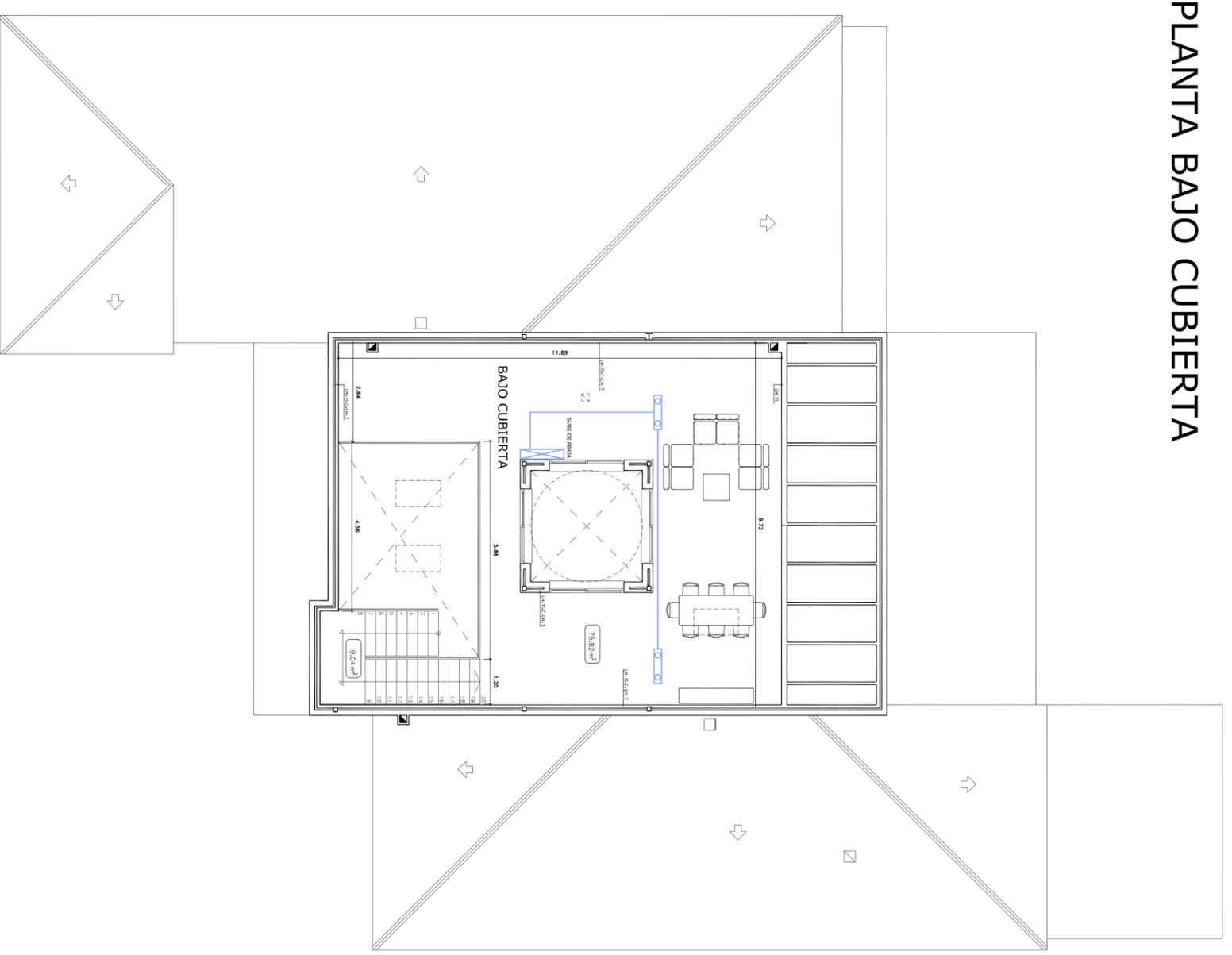
# PLANTA BAJA



COLOCACIÓN FAN COILS EN FALSO TECHO



# PLANTA BAJO CUBIERTA



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

E.T.S.I.E  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN

**PROYECTO FIN DE GRADO: ENERGÍA GEOTÉRMICA: EL CALOR ROBADO A LA TIERRA**

INSTALACIÓN GEOTÉRMICA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA

TALLER 18

ALUMNO

EFICIENCIA ENERGÉTICA

JUANA HEREDIA BENITO

FECHA

JUNIO 2012

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

FAN COILS

ESCALA

1:150

Nº PLANO

05

## ANEXO 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

### ÍNDICE

<b>1</b>	<b>CONDICIONES INTERIORES DE CÁLCULO SEGÚN IT 01.</b> ....	99
<b>2</b>	<b>CONDICIONES AMBIENTALES EXTERIORES</b> .....	100
<b>3</b>	<b>CALCULO DEL CIRCUITO HIDRAULICO Y BOMBAS</b> .....	100
3.1	Cálculo de las tuberías. ....	101
3.2	Cálculo de los espesores del aislamiento en superficies de sección circular:.....	104
3.3	Cálculo de la bomba de circulación.....	107
3.4	Cálculo del volumen del depósito de inercia. ....	108
3.5	Cálculo vaso de expansión .....	109
3.6	Cálculo de los intercambiadores de calor. ....	109
3.7	Calculo de los sistemas de tratamiento del agua.....	110
3.8	Calculo de los sistemas de ventilación mecánica. ....	110
3.10	Calculo de cuadros y líneas eléctricas. ....	110

## 1 CONDICIONES INTERIORES DE CÁLCULO SEGÚN IT 01.

Para lograr el bienestar térmico aplicaremos la IT 01 referente a las condiciones interiores de diseño y dimensionado, por lo que tendremos en cuenta todo lo que especifica la UNE-EN ISO 7730 donde se determinarán las condiciones en función de la actividad metabólica de las personas y su grado de vestimenta, debiendo estar la temperatura interior comprendida entre 23 y 25 °C y la humedad relativa interior entre los valores del 40 al 60%.

Se define Bienestar Térmico con aquellas características que condicionan los intercambios térmicos del cuerpo humano con el ambiente, en función de la actividad de la persona y del aislamiento térmico de su vestimenta, y que afectan a la sensación de bienestar de los ocupantes.

De esta manera los valores serán:

### **Temperaturas.**

- Temperatura seca verano: 24 °C.
- Temperatura seca invierno: 21 °C.

### **Humedad relativa.**

- Humedad relativa verano: 60 %.
- Humedad relativa invierno: 40 %.

### **Intervalos de tolerancia sobre temperaturas y humedades.**

- Temperatura seca (verano / invierno): 23-25 °C / 21-23 °C.
- Humedad relativa (verano / invierno): 40-60 % / 40-50 %.

### **Velocidad del aire.**

- No aplica en lo que respecta a la instalación de climatización con bombas de calor con distribución de agua.
- El cálculo de los conductos se ha realizado en el proyecto de climatización.

### **Ruidos y vibraciones.**

- La instalación se ha diseñado con el fin de evitar vibraciones y ruidos. Para conseguirlo las unidades térmicas asientan sobre bancadas adecuadas con soportes antivibratorios.
- Los cerramientos de las salas de calderas serán tales que eviten los ruidos en los locales colindantes.
- Se van a instalar manguitos antivibratorios en las conexiones entre las tuberías y todo elemento mecánico susceptible de provocar vibraciones.
- Para el cálculo de las tuberías, la velocidad será de entre 0,5-2 m/s evitando así ruidos y caídas de presión, los acoplamientos serán elásticos para evitar vibraciones, así como las sujeciones de las tuberías para evitar la transmisión de ruidos y vibraciones.

**Contaminación ambiental interior.**

No se permitirán en las zonas ocupadas, concentraciones de contaminación superiores a las indicadas a continuación:

Monóxido de carbono CO: 1/10.000

Anhídrido carbónico CO<sub>2</sub>: 50/10.000

Partículas: 30 mgr/m<sup>3</sup>

Ozono: 0,05 p.p.m.

**2 CONDICIONES AMBIENTALES EXTERIORES**

La exigencia de calidad térmica del ambiente se considera satisfecha en el diseño y dimensionado de la instalación térmica, ya que los parámetros que definen el bienestar térmico, como la temperatura seca del aire y operativa, humedad relativa, temperatura radiante media del recinto, velocidad media del aire en la zona ocupada e intensidad de la turbulencia se mantienen en la zona ocupada dentro de los valores establecidos en la IT 1.1.4.1.

Para el cálculo del sistema geotérmico se han tenido en cuenta los valores siguientes:

**Latitud y longitud**

- 8° 57' 40" N
- 0° 35' 6" E

**Altitud.**

- 160 metros sobre el nivel del mar.

**Temperatura terreno (cota inferior a 10m).**

- 14,1 °C

**3 CALCULO DEL CIRCUITO HIDRAULICO Y BOMBAS****3.1. Cálculo de las tuberías.****Características del fluido: densidad, composición, viscosidad, etc.**

El fluido transportado por las tuberías para el circuito primario de la bomba de calor geotérmica es una mezcla de agua con anticongelante (20% de monoetilenglicol).

Las características del etilenglicol son:

<b>Apariencia</b>	Líquido Transparente
<b>Color</b>	Amarillo-Fluorescente
<b>Punto de ebullición</b>	Aprox. 170°C
<b>pH a 20°C</b>	9,0-9,5
<b>Flash point</b>	>100°C
<b>Densidad a 20°C</b>	1,13-1,14 g/cc
<b>Viscosidad a 20°C</b>	27,0 mPas
<b>Capacidad Calorífica a 20°C</b>	2,30 KJ/KgK
<b>Coefficiente de expansión térmica</b>	0,00054 1/K
<b>Reserva alcalina</b>	min. 7 ml HCl 0,1N

La densidad dependerá de la temperatura del fluido, por ejemplo:

**Mezcla (80% agua +20% monoetilenglicol):**

Para 7°C es 1032 kg/m<sup>3</sup>.

Para 20°C es 1028 kg/m<sup>3</sup>.

Para 35°C es 1022 kg/m<sup>3</sup>.

La viscosidad cinemática dependerá de la temperatura del fluido, por ejemplo:

**Mezcla (80% agua +20% monoetilenglicol):**

Para 7°C es 2,536 mm<sup>2</sup>/seg.

Para 20°C es 1,69 mm<sup>2</sup>/seg.

Para 35°C es 1,17 mm<sup>2</sup>/seg.

En el resto de los circuitos de sala de máquinas, el fluido caloportador será el agua:

La densidad dependerá de la temperatura del fluido, por ejemplo:

Para 7°C es 999,96 Kg/m<sup>3</sup>.

Para 20°C es 999,52 Kg/m<sup>3</sup>.

Para 35°C es 994,1 kg/m<sup>3</sup>.

La viscosidad cinemática dependerá de la temperatura del fluido, por ejemplo:

Para 7°C es 1,428 mm<sup>2</sup>/seg.

Para 20°C es 1,004 mm<sup>2</sup>/seg.

Para 35°C es 0,724 mm<sup>2</sup>/seg.

**Parámetros de diseño.**

Los parámetros de diseño de los pozos son:

Velocidad máxima: 3 m/seg.

Re>2300

Los parámetros de diseño de la conexión horizontal que transcurre por el interior del edificio son:

Velocidad máxima: 2,5 m/seg.

Perdidas de carga: 40 mmca/m

Los parámetros de diseño de la red de tuberías de sala de máquinas son:

Velocidad máxima: 2,5 m/seg.

Perdidas de carga: 40 mmca/m

**Factor de transporte.**

No se contempla, al no ser la potencia térmica transportada en ningún caso superior a 500 Kw.

**Valvulería.**

La valvulería prevista para la red de tuberías, se compondrá de válvulas de corte para aislar tramos, purgadores automáticos, válvulas de equilibrado, válvulas de seguridad, válvulas mezcladoras de 3 vías motorizadas y demás elementos accesorios.

Todas las válvulas de corte de menos de 3" serán de ¼ de giro de bola.

Las válvulas mezcladoras de 3 vías serán de un diámetro inferior al del circuito que controlan para que, de esta manera, su autoridad dentro del circuito sea la correcta.

Las pérdidas de carga a tener en cuenta para cada válvula dependerán de su diámetro, material y caudal que trasiega. En este proyecto dichas pérdidas han sido obtenidas de los catálogos correspondientes.

**Elementos de regulación.**

Como elementos de regulación de la instalación se instalarán:

- Válvulas mezcladoras motorizadas de 3 vías para invertir el ciclo.
- Sondeas de temperatura y centralitas de regulación correspondientes.

**Sectorización.**

Se han colocado válvulas de corte en lugares estratégicos de la instalación para, en caso de necesidad, poder dejar sin servicio solamente la zona afectada sin que el resto de la instalación tenga que parar.

La situación de dichas válvulas se puede apreciar en los planos correspondientes.

**Parámetros de diseño.**

A continuación se muestra la tabla de cálculo de las tuberías, obtenida tras el cálculo de la instalación.

Determinación del caudal de cada tramo, de final a origen, en función de los emisores o receptores a los que alimenta:

Para el cálculo de las pérdidas de carga (h) en las tuberías se ha tenido en cuenta la fórmula de Darcy.

$$h = \frac{8 \cdot f \cdot l \cdot Q^2}{g \cdot D^5 \cdot \pi^2}$$

$f$ : Factor de fricción de Darcy- Weisbach

$l$ : Longitud crítica de la tubería.

$Q$ : Caudal.

$g$ : Aceleración de la gravedad.

$D$ : Diámetro de la tubería.

Para que el intercambio térmico entre el fluido y la tierra sea lo más eficiente posible, el fluido que circula por el interior de los pozos deberá de circular con un régimen turbulento, por lo que el numero de Reynolds deberá ser mayor de 2300.

Para el cálculo del factor de fricción utilizaremos la formula de Konakov, para régimen turbulento.

$$f = \frac{1}{(1,81 \cdot \log R_e - 1,5)^2}$$

Teniendo en cuenta la longitud y el número de puntos singulares se estima la perdida de carga accidental como el incremento de un 15% en la longitud de cada tramo

A continuación se muestra la tabla de cálculo de las tuberías, en la cual se ha tenido en cuando los accesorios de cada tramo.

TRAMO	D (mm)	espesor (mm)
Pozos	40	3,7
Pozo -colector	40	3,7
Primario BCG	63	6
Secundario BCG	50	4,5
2 x Primario BCG	75	7,5
2 x Secundario BCG	63	6

TRAMO	CAUDAL(m3/s)	D	V (m/s)	Re	FACTOR F	mmca/m
Primario BCG	0,0019	0,051	0,9	18212,2	0,026	21,2
2 x Primario BCG	0,0037	0,060	1,3	30960,7	0,023	33,1
Secundario BCG	0,0014	0,041	1,1	42392,0	0,021	31,0
2 x Secundario BCG	0,0029	0,051	1,4	68159,7	0,019	37,5

### 3.2. Cálculo de los espesores del aislamiento en superficies de sección circular:

Según el procedimiento simplificado de la IT 1.2.4.2.1, los espesores mínimos de aislamiento térmico, expresados en mm, en función del diámetro exterior de la tubería sin aislar y de la temperatura del fluido en la red y para un material con conductividad térmica de referencia a 10 °C de 0,040 W/(m.K) (como lo es el aislamiento térmico de coquilla Armaflex utilizado) son los indicados en las siguientes tablas 1.2.4.2.1 a 1.2.4.2.4 del Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	>100...180
D ≤ 35	25	25	30
35 < D ≤ 60	30	30	40
60 < D ≤ 90	30	30	40
90 < D ≤ 140	30	40	50
140 < D	35	40	50

Tabla 1. Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios

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

Tabla 2. Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	> -10...0	> 0...10	> 10
$D \leq 35$	30	20	20
$35 < D \leq 60$	40	30	20
$60 < D \leq 90$	40	30	30
$90 < D \leq 140$	50	40	30
$140 < D$	50	40	30

Tabla 3. Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el interior de edificios

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	> -10...0	> 0...10	> 10
$D \leq 35$	50	40	40
$35 < D \leq 60$	60	50	40
$60 < D \leq 90$	60	50	50
$90 < D \leq 140$	70	60	50
$140 < D$	70	60	50

Tabla 4. Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el exterior de edificios

Los espesores mínimos de aislamiento de equipos, aparatos y depósitos deben ser iguales o mayores que los indicados en las tablas anteriores para las tuberías de diámetro exterior mayor que 140 mm.

Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías que conduzcan, alternativamente, fluidos calientes y fríos serán los obtenidos para las condiciones de trabajo más exigentes.

Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías de retorno de agua serán los mismos que los de las redes de tuberías de impulsión.

Los espesores mínimos de aislamiento de los accesorios de la red, como válvulas, filtros, etc., serán los mismos que los de la tubería en que estén instalados.

El espesor mínimo de aislamiento de las tuberías de diámetro exterior menor o igual que 20 mm y de longitud menor que 5 m, contada a partir de la conexión a la red general de tuberías hasta la unidad terminal, y que estén empotradas en tabiques y suelos o instaladas en canaletas interiores, será de 10 mm, evitando, en cualquier caso, la formación de condensaciones.

Cuando se utilicen materiales de conductividad térmica distinta a  $\lambda_{ref} = 0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  a  $10^\circ\text{C}$ , se considera válida la determinación del espesor mínimo aplicando las siguientes ecuaciones:

Para superficies de sección circular:

$$d = \frac{D}{2} \left[ \text{EXP} \left( \frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln \frac{D + 2 \cdot d_{ref}}{D} \right) - 1 \right]$$

$\lambda_{ref}$  Conductividad térmica de referencia, igual a  $0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  a  $10^\circ\text{C}$ .

$\lambda$ : Conductividad térmica del material aislante empleado, en  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

$d_{ref}$  Espesor mínimo de referencia, en mm

$d$  Espesor mínimo del material empleado, en mm

$D$  Diámetro interior del material aislante, coincidente con el diámetro exterior de la tubería, en mm

El material aislante a emplear es Armaflex af, el cual tiene una conductividad térmica de  $0,036 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Con lo que los espesores del aislamiento calculados para cada tramo son:

TRAMO	D (mm)	dref	$\lambda_{ref}$	$\lambda$	d
Primario BCG	63	30	0,040	0,036	35
2 x Primario BCG	75	30	0,040	0,036	35
Secundario BCG	50	30	0,040	0,036	35
2 x Secundario BCG	63	30	0,040	0,036	35

### 3.3. Cálculo de la bomba de circulación

El caudal que debe suministrar la bomba de circulación viene dado por las especificaciones técnicas de las bombas de calor:

Para el cálculo del sistema hidráulico del secundario de las bombas de calor se ha tenido en cuenta el caudal especificado por el fabricante de la bomba de calor geotérmica y las características físicas del fluido portador (80% de agua +20% mono etilenglicol) a la temperatura media de funcionamiento, las características del material utilizado y el tipo de circuito.

Se estima que la pérdida de carga del colector y de las singularidades es de un 30% del total.

Por tanto el punto de funcionamiento de la bomba de circulación debe estar entorno a:

$$Q = 5160 \text{ l/h}$$

$$h = 8,53 \text{ mca}$$

Para el cálculo del sistema hidráulico de unión entre los pozos y el separador hidráulico se ha tenido en cuenta la suma de caudal especificado por el fabricante de las dos bombas de calor y las características físicas del fluido portador (80% de agua +20% mono etilenglicol) a la temperatura media de funcionamiento, las características del material utilizado y el tipo de circuito

$$Q = 13320 \text{ l/h}$$

$$h = 8 \text{ mca}$$

Para la bomba de circulación del circuito entre el depósito de inercia y el intercambiador de calor de frío se toma como punto de funcionamiento el máximo caudal recomendado por el fabricante, siendo el fluido caloportador el agua, comprobando que dichas bombas son aptas para esta instalación, por tanto el punto de funcionamiento de la bomba de circulación debe estar entorno a:

$$Q = 13320 \text{ l/h}$$

$$h = 6 \text{ mca}$$

Para la bomba de circulación del circuito entre el depósito de inercia y el intercambiador de calor se toma como punto de funcionamiento el máximo caudal recomendado por el fabricante, siendo el fluido caloportador el agua, comprobando que dichas bombas son aptas para esta instalación, por tanto el punto de funcionamiento de la bomba de circulación debe estar entorno a:

$$Q = 10320 \text{ l/h}$$

$$h = 6,2 \text{ mca}$$

### 3.4. Cálculo del volumen del depósito de inercia.

El motivo principal de la existencia de un depósito de inercia es el de evitar arranques y paradas continuas del compresor de la Bomba de Calor.

Los datos de partida necesarios para el cálculo de la inercia térmica son:

- El volumen total de la instalación.
- El escalón mayor de capacidad del sistema de enfriamiento.
- Incremento máximo de temperatura durante la parada de los compresores.

En el circuito de refrigeración:

- Volumen total 453 litros
- Etapas de capacidad: 1 (0-50-100)
- Escalón mayor de capacidad 30,5 kW

El tiempo de seguridad recomendado por los fabricantes de compresores entre arranques sucesivos es de 15 minutos, por tanto, la energía que debe quedar almacenada en la instalación es de:

$$(30,5/60) \cdot 15 = 7,625 \text{ kWh} = 6557,16 \text{ kcal}$$

El incremento máximo de temperatura durante la parada de los compresores es de 4°C, por lo que el volumen de agua necesario para almacenar la energía con ese diferencial es de:

$$6557,16/4 = 1639,29 \text{ litros}$$

Como tenemos un volumen en la instalación de 453 litros, hace falta un depósito con un volumen superior a  $1.639,29 - 453 = 1.186,29$  litros. Por lo tanto, tomando el volumen comercial se instalará un depósito de inercia de 1500 litros para estar del lado de la seguridad.

En el circuito de calefacción:

- Volumen total 567 litros
- Etapas de capacidad: 1 (0-50-100)
- Escalón mayor de capacidad 30,5 kW

El tiempo de seguridad recomendado por los fabricantes de compresores entre arranques sucesivos es de 15 minutos, por tanto, la energía que debe quedar almacenada en la instalación es de:

$$(30,5/60) \cdot 15 = 7,625 \text{ kWh} = 6557,16 \text{ kcal}$$

El incremento máximo de temperatura durante la parada de los compresores es de 4°C, por lo que el volumen de agua necesario para almacenar la energía con ese diferencial es de:

$$6557,16/4 = 1639,29 \text{ litros}$$

Como tenemos un volumen en la instalación de 567 litros, hace falta un depósito con un volumen superior a  $1.639,29 - 567 = 1.072,29$  litros. Por lo tanto, tomando el volumen comercial se instalará un depósito de inercia de 1500 litros para estar del lado de la seguridad.

### 3.5. Cálculo vaso de expansión

Para el cálculo de los vasos de expansión cerrados de esta instalación utilizaremos la la Instrucción UNE 100-155-88:

$$V_e = V \cdot C_e \cdot C_p$$

Siguiendo el método de cálculo descrito en la memoria los resultados son:

Se toma como volumen del circuito hidráulico 3000l, ya que es el volumen máximo y por lo tanto el más desfavorable.

Volumen de la instalación (l)	3000
T impulsión (°C)	45
T retorno (°C)	40
T media (°C)	42,5
Ce	0,00748448
Glicol?	Si
% de glicol	20
Factor de corrección	1,46997363
Ce de calculo	0,01100198

Presión de tarado VS (bar)	3
P max (bar)	4
P min (bar)	1,15
Cp	1,40350877
Vaso de expansión	46,32413

Tomando los volúmenes comerciales se instalaran vasos de expansión de 50 litros.

### 3.6. Cálculo de los intercambiadores de calor.

El cálculo y selección del modelo y número de placas necesarias para cada aplicación, se realiza mediante un programa de cálculo informático, determinando así el intercambiador idóneo en función de las distintas condiciones de trabajo de cada caso en particular.

Así pues los intercambiadores seleccionados se corresponden con las siguientes potencias de cálculo y numero de placas:

Circuito de calefacción = 57,25 kW. Superficie de intercambio = 4 m<sup>2</sup>

Circuito de refrigeración = 44,53 kW. Superficie de intercambio = 4,2 m<sup>2</sup>

**3.7. Calculo de los sistemas de tratamiento del agua.**

En la instalación que nos ocupa no hay sistemas de tratamiento de agua.

**3.8. Calculo de los sistemas de ventilación mecánica.**

No es ámbito de este proyecto

**3.9. Calculo de cuadros y líneas eléctricas.**

Dadas las características de las unidades integrantes de la instalación y aplicando las prescripciones generales para las instalaciones eléctricas en baja tensión, recogidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e instrucciones técnicas complementarias, se han calculado las secciones de los conductores, la protección frente a contactos indirectos y la protección contra sobrecorrientes y cortocircuitos.

Estos cálculos quedan reflejados en el proyecto de "Instalación eléctrica en baja tensión".

**ANEXO 3 PLIEGO DE CONDICIONES****ÍNDICE**

1	ALCANCE DEL PLIEGO .....	112
2	NORMATIVAS DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO .....	112
3	RESPONSABILIDADES DEL INSTALADOR.- .....	113
4	CONDICIONES GENERALES.- .....	114
4.1	Coordinación del trabajo con otros oficios .....	114
4.2	Inspección de los Trabajos.....	115
4.3	Modificaciones a los Planos, Materiales y Especificaciones .....	115
4.4	Documentación de Equipos .....	115
4.5	Protección durante la construcción y limpieza final .....	116
4.6	Medios auxiliares.....	116
4.7	Identificación de equipos.....	117
4.8	Accesibilidad.....	117
5	RECEPCIÓN DE UNIDADES DE OBRA .....	118
6	DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.....	118
6.1	Intercambiador de calor enterrado y colectores de conexión .....	118
6.2	Zanja.....	123
6.3	Pruebas .....	124
6.4	Grupos de Bombeo .....	125
6.5	Valvulería.....	126
7	DOCUMENTACIÓN FINAL DE OBRA.-.....	126

## 1 ALCANCE DEL PLIEGO

El alcance del presente documento comprende la descripción del suministro de materiales en obra, mano de obra, equipos y medios auxiliares necesarios para la instalación del **sistema geotérmico**, en lo que se refiere a:

- Las perforaciones
- La conexión horizontal, desde las perforaciones a la sala de maquinas, incluido el colector general y el equipo de bombeo para el sistema de intercambio.
- Las máquinas de producción, depósitos, etc.
- Las condiciones que han de exigirse para la realización de todas las operaciones precisas para conseguir el perfecto acabado y puesta en servicio de todos los sistemas comprendidos en el proyecto.
- Las pautas a seguir para la realizar una correcta recepción de las unidades de obra.
- La descripción detallada de las unidades de obra.
- La documentación final a entregar.

## 2 NORMATIVAS DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO

Todos los materiales empleados, así como la ejecución de todas las instalaciones cumplirán en toda su extensión con la reglamentación vigente y normas complementarias promulgadas por los Organismos o Entidades Internacionales y Compañías afectadas a los servicios.

En particular se recuerda la siguiente normativa:

- **Código Técnico de la Edificación:**
  - DB HE 1.- Limitación de demanda energética
  - DB HE 2.- Rendimiento térmico de las instalaciones
  - DB SI 1.- Seguridad en caso de incendio
  - DB SI 3.- Ocupación
  - DB HS 3.- Calidad del aire interior
  - DB HS 4.- Suministro de agua
  - DB HS 5.- Evacuación de aguas
  - DB HR.- Protección frente al ruido
- **Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE)** RD 1027/2007, de 20 de Julio y sus Instrucciones Técnicas.
- **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión** según R.D. 842/2002, de 2 de Agosto.
- **Norma Básica de la Edificación NBE CA-88 Condiciones Acústicas en los Edificios**, aprobada por el R.D. 1909/1981, modificada por el R.D. 2215/1982, Orden del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo de 29 de septiembre de 1988

- **Reglamento de Aparatos a Presión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-MIE-AP)**, aprobado por el R.D. 1244/1979, DE 4 DE Abril y modificado por el R.D. 507/1982, de 15 de Enero y el R.D. 1504/1990, de 23 de Noviembre.
- **Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (RBT) RD 842/2002**, de 2 de Agosto y sus Instrucciones Técnicas Complementarias
- **Ordenanza Municipal de Ruido y Vibraciones** (BOP 23 Julio 1996)
- Decreto 173/2000 de 5 de Diciembre, del Gobierno Valenciano, **Condiciones Higiénico – Sanitarias** para la prevención de legionela.
- Informe UNE 100030 IN Guía para la **prevención y control** de la proliferación y diseminación de **legionela** en instalaciones.
- Real Decreto 865/2003 de 4 de Julio por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- Ley 54/2003, 12 de Diciembre, Reforma marco normativo prevención **riesgos laborales**.

### 3 RESPONSABILIDADES DEL INSTALADOR

El montaje de las instalaciones sujetas a éste Proyecto deberán ser efectuadas por una empresa instaladora registrada de acuerdo a lo desarrollado en el Capítulo VIII del RITE.

El instalador es responsable de ejecutar correctamente el montaje de la instalación, siguiendo siempre las directrices y normas del director de obra, no pudiendo sin su autorización variar trazados, cambiar materiales o introducir modificaciones al proyecto especialmente a este pliego de condiciones.

Manifiestará expresamente que encuentra el proyecto correcto o no, o en su defecto se entiende que el proyecto es conocido y ha sido debidamente estudiado y que lo encuentra completo, correcto y acorde con las normativas oficiales vigentes en toda su extensión, para obtener las características que se fijan en los documentos de proyecto.

La oferta del instalador solo es válida a efectos de contrato, exclusivamente en la aplicación de precios unitarios y totales a la transcripción de los materiales indicados en los documentos de proyecto, lo que invalida otras cláusulas, notas, aclaraciones, etc. que incluya el instalador en su oferta o impresos normalizados, ateniéndose en este sentido a lo que indique el texto general del proyecto.

Es responsable de efectuar la instalación cumpliendo fielmente la legislación vigente, especialmente el apartado de Seguridad y Salud, así como la normativa relacionada en estas especificaciones.

Es responsable de efectuar las pruebas mínimas exigidas por la legislación, las especificadas en el apartado correspondiente de este documento y aquellas otras que el director de obra considere necesarias, asumiendo los costes de su realización.

Es responsabilidad del instalador asegurar al titular de la instalación las garantías especificadas y realizar las comprobaciones, reparaciones o sustituciones necesarias en el plazo mínimo posible.

El instalador es responsable de las averías, accidentes, daños o pérdidas que sufra la propiedad por falta o defectos de planificación, mal montaje, falta de calidad, sustracciones o desapariciones de material y equipos, errores de ejecución en los trabajos de instalación o en la realización de las pruebas de funcionamiento.

El instalador es responsable de realizar la limpieza durante la ejecución de la obra de su material, así como de una limpieza general de la obra al final de la misma, demoliendo las instalaciones auxiliares innecesarias, retirando los escombros, y materiales que sobran.

El instalador se responsabilizará de conocer en todos sus extremos y totalidad el proyecto, sobre la base de lo cual asumirá como completo, correcto y acorde con las normativas y los fines previstos, asumiendo igualmente la responsabilidad de los dimensionamientos, potencias, cálculos e idoneidad de los sistemas.

Igualmente asumirá las mediciones, extensión y definiciones de la relación de materiales y presupuesto, aceptando estos como correctos y suficientes para la estricta ejecución de la instalación, según proyecto y sujeto en todo caso a la interpretación que pueda realizar la Dirección Facultativa.

El instalador es responsable del fiel cumplimiento de estas especificaciones y de su aceptación que expresará mediante firma al final de las mismas en una copia, que será entregada al Director de Obra junto con un documento global de la oferta de adjudicación, antes del inicio de los trabajos.

Antes de comenzar los trabajos de montaje, la empresa instaladora deberá efectuar el replanteo de todos y cada uno de los elementos de la instalación. El replanteo deberá contar con la aprobación de la Dirección de Obra.

El instalador será responsable del mantenimiento de la instalación según las especificaciones del RITE, durante un año contado desde la fecha de recepción de la obra por parte de la dirección de obra.

El instalador es responsable de la confección en el modo, tiempo y forma de la documentación necesaria para la legalización del proyecto y la dirección de obra, en base al proyecto de instalaciones y según el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Ésta documentación a presentar en la Consellería de Industria o ante cualquier organismo que lo requiera, será firmada por el técnico competente de la empresa adjudicataria, tanto el proyecto como el certificado de dirección de obra.

El instalador gestionará ante los colegios profesionales, organismos oficiales, entidades y organismos colaboradores de la administración y compañías suministradoras, la documentación necesaria para obtener las correspondientes aprobaciones y puesta en servicio de la instalación. Así mismo correrán por su cuenta la presentación de toda la documentación y el pago de las tasas ante los organismos.

El instalador entregará la instalación autorizada y en funcionamiento al cliente final.

## **4 CONDICIONES GENERALES**

### **4.1. Coordinación del trabajo con otros oficios**

El instalador de climatización coordinará perfectamente su trabajo con la empresa constructora y los instaladores de otras especialidades, tales como mecánicas, electricidad, fontanería, etc., que pueden afectar su instalación y el montaje final de su equipo.

La terminación deberá ser limpia y estética, dentro del acabado arquitectónico del edificio, esmerando principalmente el montaje de tuberías, conductos, distribución de aire, etc., de forma que respeten las líneas de acabados de suelos, techos, falsos techos, paredes y demás elementos arquitectónicos.

El instalador suministrará a la Dirección de Obra, toda la información de construcción concerniente a su trabajo, tal como situación exacta de las bancadas de hormigón, anclajes, situación de huecos en forjados, dimensiones, materiales, soportes, patinillos, etc., dentro del plazo de tiempo exigido para no entorpecer el programa de acabado general por zonas o de los edificios completos.

Todas aquellas bancadas de bombas, motores, compresores, etc., que soportan equipos cuyas vibraciones puedan transmitirse a la estructura del edificio, deberán tratarse cuidadosamente para ser anuladas.

El instalador suministrará los planning y documentación gráfica necesaria o que se le requiera, referida a su actividad para la coordinación y planificación general de la obra.

#### **4.2. Inspección de los Trabajos**

La Dirección de Obra, podrá realizar las revisiones e inspecciones, tanto en el edificio como en los talleres, fábricas, laboratorios, etc., donde el instalador se encuentre realizando los trabajos relacionados con esta instalación, siendo estas revisiones totales o parciales según criterios de la Dirección de Obra para la buena marcha de ésta.

#### **4.3. Modificaciones a los Planos, Materiales y Especificaciones**

Sólo se admitirán modificaciones por los siguientes conceptos:

- a) Mejoras en calidad, cantidad o montaje de los diferentes elementos, siempre que no afecte el presupuesto o en todo caso disminuya de la posición correspondiente, no debiendo nunca repercutir el cambio en otros materiales.
- b) Variaciones en la arquitectura del edificio, siendo la variación de instalaciones, definida por la Dirección de Obra o por el instalador con la probación de ésta.
- c) Identificación a normativas vigentes en el modo y forma que se indica en el punto 2 de este documento.

#### **4.4. Documentación de Equipos**

El instalador exigirá a los proveedores y presentará a la Dirección de Obra la documentación de los equipos solicitados que incluirán dimensiones y pesos, características generales y técnicas, esquemas eléctricos y de conexionado, instrucciones de montaje, funcionamiento, regulación y mantenimiento, homologaciones exigidas u obtenidas.

Especial hincapié se tendrá con la presentación de las garantías de calidad, seguridad y consumo de energía, exigidos por la normativa vigente, pruebas de presión, etc.

Igualmente se exigirá a los instaladores y éstos a los fabricantes y suministradores, placas de características de todos los equipos, solidariamente unidas a éstos y de acuerdo con las normativas específicas en cada caso.

#### **4.5. Protección durante la construcción y limpieza final**

Los aparatos, materiales y equipos que se instalen, se protegerán durante el período de construcción con el fin de evitar los daños que les pudiera ocasionar el agua, basura, sustancias químicas, mecánicas o de cualquier otra clase.

Los equipos que por su tamaño sea indispensable almacenar a la intemperie, estarán perfectamente embalados sin tener ningún punto expuesto al exterior hasta su ubicación en su lugar de instalación.

Los extremos abiertos de los tubos se limpiarán por completo antes de su instalación, así como válvulas, sifones, tramos de tuberías, accesorios, etc.

La Dirección de Obra se reserva el derecho a eliminar cualquier material que por inadecuado acopiado, juzgase defectuoso.

A la terminación los trabajos, el instalador procederá a una limpieza general del material sobrante, recortes, desperdicios, etc., así como todos los elementos provisionales montados o de cualquier otro concepto relacionado directamente con su trabajo.

No podrá alegar justificación para la no-realización de estos trabajos (excepto causas de fuerza mayor. En ningún caso será causa de afectación de otros oficios o constructora.

El instalador absorberá a su cargo los daños y perjuicios que los equipos y materiales pudieran sufrir, así como las averías o desperfectos que se ocasionen antes de la recepción de la instalación, bien por agentes atmosféricos u otros intrínsecos a la obra.

Al final de la obra, el instalador deberá limpiar perfectamente de cualquier suciedad todas las unidades terminales, equipos de sala de máquinas, instrumentos de medida y control, cuadros eléctricos, etc., dejándolos en perfecto estado.

#### **4.6. Medios auxiliares**

Todos los medios materiales auxiliares utilizados en la obra estarán en perfectas condiciones de uso, dispondrán de todas las medidas de seguridad reglamentarias y cumplirán con los requisitos exigidos en el correspondiente Proyecto o Estudio de Seguridad.

##### *Aparejos y Maquinaria*

Todos los aparejos, herramientas y medios auxiliares de menor tamaño se recogerán y ordenarán diariamente, al final de cada jornada.

La maquinaria para la perforación y cualquier otro medio de montaje de gran tamaño permanecerá en la zona de actuación únicamente el tiempo que duren los trabajos, siendo retirada de la misma en cuanto no sean allí necesarios. Al final de cada jornada, la maquinaria quedará recogida y protegida contra acciones externas.

### Obras auxiliares de albañilería

Cuando las obras auxiliares de albañilería precisas para el montaje de la instalación, tales como apertura de huecos, recibido de soportes o marcos, bancadas de máquinas, etc., no estén incluidas dentro del contrato del Instalador, será responsabilidad suya facilitar toda la información precisa y con la antelación suficiente a la Dirección de Obra.

El Instalador verificará la ejecución de estos trabajos y la idoneidad de los mismos para los fines previstos.

### Energía eléctrica y agua

En función de la dimensión de la obra, se pondrá a disposición del Instalador una o más tomas de energía eléctrica y agua para su utilización durante el montaje.

El Instalador dispondrá de sus propios cuadros eléctricos de obra para conexión de sus herramientas de trabajo. Los cuadros dispondrán de los elementos de seguridad reglamentarios.

La acometida eléctrica desde el cuadro principal de obra hasta los cuadros secundarios del Instalador será por cuenta de este último.

No se permitirán conexiones eléctricas precarias, exigiéndose siempre clavijas de conexión normalizadas.

## **4.7. Identificación de equipos**

Al final de la obra los aparatos, equipos y cuadros eléctricos deben marcarse mediante una chapa de identificación.

## **4.8. Accesibilidad**

Los elementos de medida, control, protección y maniobra se instalarán en lugares visibles y fácilmente accesibles, sin necesidad de desmontar ninguna parte de la instalación, particularmente cuando cumpla funciones de seguridad.

Los equipos que necesiten operaciones periódicas de mantenimiento deben situarse en emplazamientos que permitan la plena accesibilidad de todas sus partes, ateniéndose a los requerimientos mínimos más exigentes entre los marcados por la reglamentación vigente y recomendaciones del fabricante.

Para aquellos equipos dotados de válvulas, compuertas, unidades terminales, elementos de control, etc., que por alguna razón, deban quedar ocultos, se preverá un sistema de acceso fácil por medio de puertas, mamparas, paneles u otros elementos. La situación exacta de estos elementos de acceso será suministrada durante la fase de montaje y quedará reflejada en los planos finales de la instalación.

## 5 RECEPCIÓN DE UNIDADES DE OBRA

### Suministros

El Contratista tiene la obligación de proveer materiales y equipos de los tipos y calidades especificados en el proyecto. El Director de Obra podrá inspeccionar los acopios, así como solicitar del Contratista la documentación, certificados y pruebas que considere necesario para acreditar que los materiales y equipos son de las calidades y características determinadas en el proyecto.

Los materiales procederán de fábrica correctamente embalada y sin muestras de golpes o malos tratos. El instalador presentará tantas muestras como le sean requeridas.

En el caso de equipos fabricados ex profeso para esta obra (unidades de tratamiento de aire, cuadros eléctricos, etc.) la Dirección de Obra podrá optar por su inspección en fábrica, antes de su envío a obra.

Los embalajes de materiales y equipos pesados o voluminosos dispondrán de refuerzos de protección y elementos de enganche que faciliten las operaciones de carga y descarga con la debida seguridad.

### Acopio de materiales

El acopio de materiales en obra se realizará de forma ordenada y controlada en la zona o zonas asignadas al efecto, y siempre bajo la exclusiva responsabilidad del Contratista, que se preocupará de protegerlos adecuadamente para evitar tanto deterioros como desapariciones.

Deberán protegerse los materiales contra golpes y humedades. Las aberturas de conexión de aparatos y equipos, al igual que los extremos de los tubos, permanecerán tapadas y protegidas hasta su montaje.

Se tendrá un cuidado especial con los materiales más frágiles y delicados, como aparatos de control y regulación, materiales aislantes, etc., que se mantendrán especialmente protegidos.

En general el Contratista solo mantendrá en obra acopiados aquellos materiales que vayan a ser montados en corto plazo de tiempo.

Previo a la recepción en obra de cualquier envío, el Contratista solicitará a la Dirección de Obra su autorización y el lugar donde deba permanecer provisionalmente o hasta su montaje definitivo.

## 6 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

### 6.1. Intercambiador de calor enterrado y colectores de conexión

#### Materiales

- ✓ Toda la tubería será de polietileno de alta densidad extraído PE 100 SDR 11/PN 1.
- ✓ Los diámetros, espesores y tolerancias de la tubería estarán de acuerdo a la norma ASTM D-3350 o ASTM D-2447.
- ✓ Los diámetros, espesores y tolerancias de los accesorios empleados estarán de acuerdo a la norma ASTM D-2683 para accesorios con unión por enchufe ("socket") o bien a la norma ASTM F-1055 para uniones a tope.

- ✓ Aislamiento térmico flexible para tuberías de polietileno de alta densidad de refrigeración, en coquilla de espuma de características técnicas: Factor resistencia a la difusión del vapor de agua ( $\mu$ )  $\geq 7000$  (promedio 10.000), Conductividad Térmica  $\lambda$  a 0°C  $\leq 0,035$  W/(m.K), Reacción al Fuego M1(UNE 23727), con marca de calidad AENOR, según RITE.

#### Normas de montaje horizontales: colectores

- ✓ Las tuberías que formen los colectores estarán instaladas de forma que su aspecto sea limpio y ordenado, dispuestas en líneas paralelas o a escuadra con los elementos estructurales del edificio o con tres ejes perpendiculares entre sí.
- ✓ Cuando las tuberías atraviesan muros, tabiques, forjados o cualquier albañilería, se dispondrán manguitos protectores. El aislamiento no se interrumpirá en el paso con el manguito.
- ✓ La tubería de ida de la conexión horizontal (unión entre pozos y colectores) deberá ir aislada térmicamente.
- ✓ La tubería deberá de ir conveniente mente señalizada por la parte superior a unos 20 cm con una cinta que indique "Tubería con fluido caloportador".
- ✓ Los tramos de tubería dispondrán de la mayor longitud con objeto de reducir al mínimo el número de uniones.
- ✓ En las uniones soldadas en tramos horizontales los tubos se enrasarán por su generatriz superior para evitar la formación de bolsas de aire.
- ✓ No se podrá realizar uniones en los cruces de los muros, forjados, etc.
- ✓ Las tuberías no estarán en contacto directo con ninguna conducción de energía eléctrica o de telecomunicación, con el fin de evitar los efectos de la corrosión.
- ✓ La distancia mínima a una conducción eléctrica de fuerza no será inferior a 30 cm y 3 cm a cualquier canalización de gas.
- ✓ Las tuberías no atravesarán chimeneas, conductos de aire acondicionado ni chimeneas de ventilación.
- ✓ En los tramos curvos, las tuberías no presentarán garrotas y otros defectos, ni aplastamientos y otras deformaciones en su sección transversal.
- ✓ Todas las tuberías llevarán una pendiente mínima del 0,5%, a fin de facilitar los vaciados y evitar la formación de bolsas de aire.
- ✓ Se utilizarán manguitos dieléctricos para evitar la formación de pares galvánicos entre tuberías metálicas de distintos materiales.
- ✓ Durante el montaje de tuberías, los extremos abiertos de éstas se protegerán con tapas que impidan la entrada de suciedad o escombros.

#### Uniones tuberías

Las uniones serán realizadas mediante termofusión con junta a tope. Ningún otro método de unión es aceptable.

La tubería de polietileno podrá ser termosoldada por los siguientes métodos:

- *Soldadura a tope (butt fusion)*

Se representa a continuación una figura soldada mediante soldadura a tope.



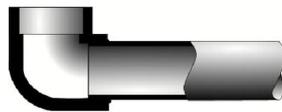
Sólo se permitirá el empleo de este tipo de soldadura si se emplea personal especializado así como utillaje, maquinaria y procedimientos aprobados por el fabricante de la tubería.

Los pasos para la realización de una soldadura a tope de polietileno mediante termofusión son los siguientes:

- ✓ Limpieza de las superficies de los tubos a unir.
- ✓ Sujeción firme de los componentes a unir
- ✓ Encarar los extremos a unir
- ✓ Alineación de las tuberías
- ✓ Aplicación de calor a las interfaces hasta su fusión
- ✓ Unión de los dos extremos
- ✓ Presionado de la unión.

- *Mediante manguitos de unión (Socket fusion)*

Se representa a continuación una figura soldada mediante soldadura por manguitos de unión.



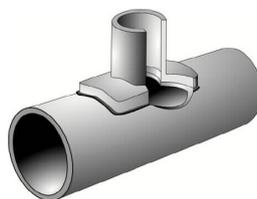
El procedimiento de soldadura se realiza aplicando calor a la superficie externa de la tubería así como a la superficie interna del manguito de unión (codo, te, etc.), se introduce el manguito en la tubería controlando la temperatura de fusión y finalmente se deja enfriar la unión.

Los pasos para la realización de una soldadura mediante manguitos de unión de polietileno por termofusión son los siguientes:

- ✓ Limpieza de las superficies de los tubos a unir.
- ✓ Selección del equipamiento.
- ✓ Preparación de los elementos a unir
- ✓ Calentamiento de los elementos
- ✓ Unión de los elementos
- ✓ Enfriamiento.

- *Sidewal*

Se representa a continuación una figura soldada mediante soldadura tipo Sidewall.



Sólo se permitirá el empleo de este tipo de soldadura si se emplea personal especializado así como utillaje, maquinaria y procedimientos aprobados por el fabricante de la tubería.

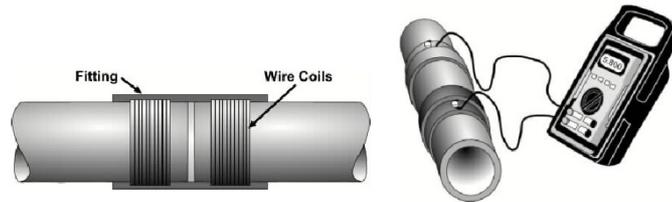
Los pasos para la realización de una soldadura tipo Sidewall de polietileno mediante termofusión son los siguientes:

- ✓ Limpieza de los elementos a unir

- ✓ Instalación de los calentadores en la tubería.
- ✓ Instalación de la máquina de soldadura en la tubería
- ✓ Preparación de las superficies de la tubería y de la pieza a unir
- ✓ Alineación de los elementos a unir
- ✓ Calentamiento de la tubería y de la pieza a unir.
- ✓ Presionado de las superficies
- ✓ Enfriamiento de la unión y retirada de la máquina de soldadura.

- *Electrofusión*

Se representa a continuación una figura soldada mediante soldadura por electrofusión



Esta técnica de electrofusión difiere en las anteriores técnicas descritas en el método de aplicación del calor. Los métodos anteriores emplean una herramienta especial para la aplicación directa del calor en las partes a unir. En este método de unión se emplea una junta de unión intermedia que permite la fusión de los dos elementos. Las formas de aplicar calor a la junta de unión son diversas y dependen del fabricante. En uno de los métodos, la junta es calentada internamente mediante una resistencia eléctrica. Otro método emplea juntas de polímero conductor que son calentadas mediante una corriente eléctrica aplicada sobre la pieza de unión.

Los pasos para la realización de una soldadura de polietileno mediante electrofusión son los siguientes:

- ✓ Limpieza de los elementos a unir
- ✓ Preparación de la tubería
- ✓ Amordazado de tubería y junta de unión
- ✓ Aplicación de corriente eléctrica
- ✓ Enfriamiento (unas veinte veces superior en tiempo que la aplicación de la corriente)

- *Uniones con elementos de polietileno con otros materiales*

Las uniones de polietileno de diferentes composiciones pueden realizarse con los métodos de unión descritos, no así con materiales diferentes al polietileno.

La transición de polietileno a cobre u a otro material se realizará mediante piezas adaptadoras termosoldables. Estas incorporarán una rosca (hembra o macho) a la que se roscará el accesorio de cobre mientras que serán termosoldadas a la tubería de polietileno mediante cualquiera de los métodos descritos. No se permite la conexión directa mediante rosca a la tubería de polietileno, ni las uniones mecánicas. Deben emplearse accesorios de transición.

Las uniones, en cualquier caso, se realizarán de acuerdo a los procedimientos especificados por el fabricante de la tubería empleando maquinaria y utillaje aprobado por dicho fabricante.

Todas las conexiones mecánicas deben estar accesibles.

Para la prevención de fugas se empleará sellante tipo Loctite PST 567 o similar aprobado por el fabricante de la tubería.

#### Disposición de los circuitos del intercambiador en el interior de la perforación

La perforación deberá ser acondicionada antes de la introducción del intercambiador en el interior de la misma. La introducción del intercambiador se realizará inmediatamente después de que la perforación esté acondicionada, con el objeto de evitar colapsos de las paredes del pozo.

La introducción de la tubería se realizará manualmente o con ayuda de un desenrollador; el peso que se coloca al final de los tubos, enganchado en la pieza en U hace que la tubería baje por gravedad.

#### Relleno

Los circuitos serán probados hidráulicamente antes de proceder al relleno de las zanjas. Estas pruebas deben ser avisadas con antelación suficiente y efectuadas ante la dirección facultativa. Las pruebas seguirán lo dispuesto en el apartado correspondiente de las presentes especificaciones técnicas.

El relleno de la perforación se efectuará mediante la ayuda de una tubería de polietileno, por la que se inyectará la mezcla de bentonita y cemento desde la parte inferior del pozo.

#### Manguitos pasamuros

Siempre que las tuberías atraviesen obras de albañilería o de hormigón, llevarán alrededor de las mismas manguitos pasamuros que permitirán el paso de las tuberías, sin estar en contacto con la obra de fábrica.

Estos manguitos serán de un diámetro suficientemente amplio para permitir el paso de la tubería aislada sin dificultad y deberán quedar enrasados con los pisos o tabiques en los que queden empotrados.

Se utilizarán manguitos de acero negro en paredes exteriores y forjados, en el resto según los casos podrán ser de PVC.

Los manguitos deberán sobresalir al menos tres milímetros (3 mm) sobre el paramento.

Cuando un manguito atraviese un elemento constructivo al que se le exija una determinada resistencia al fuego, la solución constructiva del conjunto debe mantener, como mínimo, las mismas condiciones de protección.

Los espacios libres entre tuberías y manguitos (cuya holgura radial no podrá ser superior a 0,5 cm) serán rellenados con espuma inyectada tipo ignífuga e impermeable.

Se instalarán escudos de acero prensado o latón cromado para cerramiento en todos los pasos de tubería a través de suelos, techos, zonas, acabadas, etc.

### Marcado de Tuberías

Toda la tubería así como accesorios vendrán marcados longitudinalmente con la norma dimensional al que está sujeta su fabricación así como con el diámetro y presión nominal.

### Pruebas

Ver apartado de Pruebas del presente documento.

## **6.2. Zanja**

En caso de que fuese necesaria deberá ser lo más reducida posible compatible con la estabilidad de las paredes de la zanja para mejorar el intercambio de calor de la tubería con el terreno.

### Procedimiento de apertura de las zanjas

La zanja se excavará de una sola vez debido a la posición de los tubos en una misma altura.

La zanja deberá estar perfectamente señalizada y protegida del acceso de personal ajeno a la obra mediante las correspondientes vallas metálicas.

### Preparación de la tubería

En caso de que fuera necesario realizar alguna unión en la tubería, éstas deberán realizarse siempre que sea posible fuera de la zanja en una zona limpia y siguiendo las prescripciones indicadas en el apartados correspondiente del presente documento.

Se extenderá longitudinalmente y horizontalmente en el terreno antes de ser introducida en la zanja.

### Introducción de la tubería en la zanja

Se retirarán las discontinuidades del terreno excavado tales como terrones, piedras, materiales extraños, etc.

Se dispondrá una primera capa muy diluida de material de relleno (lechada) que será vibrada mediante un vibrador de los empleados para el hormigón. Esta capa llegará hasta la tubería superior del bucle pero sin llegar a cubrirla.

Se esperará el tiempo suficiente para que el terreno se deposite en la parte inferior de la zanja por decantación y se seque el agua mediante evaporación.

Antes de verter la siguiente capa se realizarán las siguientes operaciones:

- ✓ Se remojará la superficie de la primera tongada con agua.
- ✓ Se vierte una segunda capa muy diluida de material de relleno que igual que en el proceso anterior será vibrada para lograr la compacidad necesaria. Esta capa no llegará hasta la

- superficie exterior sino que dejará espacio para el vertido de una capa vegetal de 20 cm de espesor.
- ✓ Se esperará el tiempo suficiente para que el terreno se deposite en la parte inferior de la zanja por decantación y se seque el agua mediante evaporación.

### 6.3. Pruebas

Antes de que sean rellenadas las perforaciones y las zanjas, en todas las tuberías se realizarán las siguientes operaciones:

#### Prueba hidráulica de estanqueidad

- ✓ Se realizará una prueba hidráulica de estanqueidad de todo el circuito.
- ✓ Previamente a la realización de esta prueba se procederá al purgado de la tubería
- ✓ La presión de prueba será 3 veces la presión de servicio siempre que ésta no exceda 1,5 veces la presión nominal de la tubería.
- ✓ El tiempo de duración de la prueba será de 30 minutos
- ✓ Se verificarán visualmente todas las uniones de la tubería y no deberá aparecer goteo ninguno.
- ✓ Se comprobará que la presión suministrada no ha descendido durante ese periodo.

Esta prueba se realizará:

- ✓ Antes de introducir la tubería en la perforación
- ✓ Después de introducir la tubería en la perforación
- ✓ En los colectores de unión con la bomba de calor

Si todas las comprobaciones han sido satisfactorias, la Dirección Facultativa firmará el conforme de la prueba presentado por el Instalador.

#### Informe de Pruebas e Inspección del Intercambiador de calor Geotérmico

**Nota:** Usar una Hoja diferente para cada sistema y prueba

<b>DATOS GENERALES</b>
Edificio:
Propiedad de:
Fecha de Inspección:
Inspector

## TEST DE ESTANQUEIDAD

Presión de la prueba \_\_\_\_\_ bar

Duración de la prueba \_\_\_\_\_ minutos

¿Se observaron goteos o fugas?                      Si      No

¿Es aceptable la prueba?                                      Si      No

Firmado

Jefe de obra

### 6.4. Grupos de Bombeo

#### Generalidades

La bomba deberá ser aislada térmicamente para evitar condensaciones en la superficie de la misma.

Todos los drenajes de prensaestopas deben ser conducidos convenientemente a un desagüe próximo mediante tubería de acero galvanizado DIN 2440.

Será fijada a una base inercial, que dispondrá de acolchados/tiras aislantes contra vibraciones para obtener una deflexión de al menos 5 mm.

Está dotada de conexiones flexibles en las conexiones de entrada y salida.

Los equipos deberán ser instalados manteniendo las distancias aconsejadas por el fabricante para realizar las labores de mantenimiento pertinentes.

La bomba cumplirá con todos los estándares de fabricación y uso de máquinas.

La fabricación de la unidad será realizada conforme a normas de calidad ISO 9000 o equivalentes.

#### Especificaciones técnicas

Características del motor:

- ✓ Velocidad de giro del motor de 1450 rpm.
- ✓ Protección: IP 55.
- ✓ Voltaje: 400V/50 Hz.

Deberán estar protegidos contra sobrecargas de intensidad, sobretensiones mínimas y caídas de fase.

Características de la bomba:

- ✓ Presión de trabajo: 10 bar.
- ✓ Temperatura máxima: 50°C.
- ✓ Temperatura mínima: -20°C.

Conexiones a la tubería deben realizarse mediante juntas roscadas o embridadas.

### Garantía

La unidad estará garantizada al menos 1 año desde su puesta en marcha.

### Pruebas y Puesta en Marcha

Se comprobará los siguientes parámetros de la bomba:

- ✓ Caudal entregado con la pérdida de carga estimada del sistema.
- ✓ Consumo eléctrico al 100% del caudal en el caso de bombas de caudal constante y al 100, 50 y 25 % del caudal en el caso de que dispongan de variador de frecuencia.
- ✓ Nivel de ruido máximo.

### Suministro de Documentación con los Equipos

En fase de puesta en marcha se entregará la siguiente documentación:

- ✓ Tres copias de los manuales en castellano con las características de funcionamiento de los equipos.
- ✓ Tres copias de los manuales en castellano con las instrucciones de instalación de los equipos.
- ✓ Resultados de los protocolos de pruebas realizados en fábrica de cada uno de los equipos.

### Marcado

El etiquetado de las máquinas debe aparecer en castellano. Los detalles del etiquetado, terminación, caracteres que deben aparecer, etc. serán aprobados por la Dirección Facultativa.

### Fabricantes Propuestos

Smedgaard, Sedical o WILO, o de similares calidades.

## **6.5. Valvulería**

Las válvulas serán del mismo material plástico que el empleado para las tuberías del intercambiador y del mismo fabricante. Asimismo, el método de unión será el mismo empleado para unir la tubería plástica. En aquellas válvulas especiales que el fabricante no suministre se acoplarán manguitos de adaptación a otros materiales tal y como se ha descrito anteriormente.

Suministro y Montaje de Valvulería

Todas las válvulas y accesorios, se instalarán de forma practicable para su reparación y recambio. Las válvulas se situarán para acceso y operación rápida, de forma que puedan accionarse sin estorbos ni interferencias con otros elementos.

Se dejará una distancia mínima de 5 cm entre cualquier instalación u obstrucción y las palancas o vástagos de actuación de las válvulas. Esta distancia se mantendrá constante en todo el ángulo necesario para realizar de forma completa a acción de apertura y cierre.

Las válvulas se montarán, preferentemente, en posición vertical.

No se permitirá montar válvulas con el vástago de accionamiento en posición hacia abajo.

Si no se indica lo contrario en cualquier documento del proyecto, la tipología de valvulería a utilizar será:

- ✓ Corte o aislamiento: Válvula de bola o mariposa.
- ✓ Regulación: Válvulas de equilibrado estático o dinámico, válvulas de asiento, y excepcionalmente de mariposa dotadas de palanca con posicionamiento.
- ✓ Vaciado: Válvulas de bola o grifos macho.
- ✓ Purgas: Válvulas de bola de acero inoxidable o de aguja tipo inoxidable.

Las válvulas dispondrán del mismo diámetro que la tubería a que sirven.

Podrán exceptuarse de este menester las válvulas para regulación pura, que se calcularán de acuerdo al margen de regulación o Kv necesario.

Con la válvula en posición abierta y circulando por ella el mismo caudal que por su tubería y siendo ambas del mismo diámetro, la pérdida de carga máxima que dispondrán las válvulas para una velocidad del agua en la tubería de 1,7 m/s será:

Tipo de válvula	Pérdida de carga equivalente en m/l de tubería del $\varnothing$ que sirve
Bola o mariposa	5
De asiento	10
Retención	20

No existirá ninguna válvula ni elemento que pueda aislar las válvulas de seguridad y tanques de expansión de las tuberías o generadores a que sirven. Al menos, en su fase de puesta en marcha deben retirarse las manetas de las mismas para evitar su operación.

Independientemente del acabado superficial que incorpore de fábrica la valvulería construida en hierro fundido o acero al carbono (tornillería, bridas, filtros, etc.), una vez instalada en su lugar de destino, deberá protegerse exteriormente mediante la aplicación de dos manos de fos-shop de EUROQUÍMICA.

Todas las válvulas deberán ser señalizadas mediante letreros aprobados por la Dirección Facultativa que contengan al menos la siguiente información:

- ✓ Tipo de Válvula.
- ✓ Diámetro.

- ✓ Circuito al que pertenece.
- ✓ Posición normal (Abierta/Cerrada).
- ✓ Caudal de cálculo circulante por la misma.
- ✓ Marca.
- ✓ Materiales.
- ✓ Última inspección de la válvula.

La señalización se realizará una vez terminadas todas las pruebas a la instalación y después de ejecutado el aislamiento de las válvulas.

Toda la valvulería de la instalación de climatización irá aislada térmicamente con el mismo material y acabado que el empleado para la tubería.

## 7 DOCUMENTACIÓN FINAL DE OBRA

Con anterioridad a la finalización de la obra y antes de la ejecución de las pruebas globales de funcionamiento de la instalación, el instalador presentará a la dirección de obra:

Manual de instrucciones (original y copia) que contendrá:

- Esquema de la instalación con identificación de equipos.
- Características, marcas y dimensiones de todos los elementos incluyendo esquemas de despiece.
- Instrucciones de instalación y desmontaje de los equipos.
- Instrucciones de funcionamiento, regulación, seguridad, operaciones de conservación y mantenimiento de los equipos.
- Condiciones de alimentación de energía, agua y otras fuentes.
- Hojas plastificadas con instrucciones de seguridad de equipos para su colocación junto a éstos.
- Esquemas de control automático y de maniobra.
- Esquema eléctrico de fuerza y protección.
- Diagnóstico de averías.
- Proyecto actualizado de la instalación (original y copia) reflejando estrictamente lo instalado.
- Planos con los lugares exactos de ubicación y ficheros en formato Autocad ó DXF.
- Esquemas de principio y de control, coloreados, enmarcados y plastificados para su colocación en la sala de máquinas.
- Contrato de Mantenimiento

(Espacio para fecha y firma del Ingeniero Industrial)

## ANEXO 4 CARACTERÍSTICAS BOMBA CALOR GEOTÉRMICA AGEO 100HT



### Bombas de calor reversibles agua / agua

*El gran confort de la compacidad  
Calentarse  
respetando el entorno  
Una solución que ofrece la mejor relación  
Confort - Ahorro - Ecología*



AGEO

Potencia frigorífica: de 5 a 28 kW

Potencia calorífica: de 7 a 36 kW



Frio



Calor



Módulo  
hidráulico



### UTILIZACIÓN

CIAT completa su oferta en el mercado de la calefacción del sector residencial. Ahora, el usuario dispone de un equipo de estética atractiva y de alta calidad técnica.

Este bomba de calor agua / agua reversible incluye todos los componentes hidráulicos de los circuitos captador y emisor.

Instalado en un local técnico, lavadero o garaje, protegido de la intemperie y el hielo, este equipo se entrega listo para funcionar (pruebas y ajustes realizados de fábrica).

Con la opción depósito ACS, la bomba de calor produce agua caliente sanitaria para toda la vivienda de forma indefinida.

### GAMA

La gama Ageo aprovecha el calor inagotable presente en el agua o el suelo y funciona con una eficiencia sorprendente comparándolo con las calefacciones tradicionales.

Las bombas de calor agua-agua generan unos gastos de funcionamiento y mantenimiento muy bajos.

Pueden conectarse a emisores de «baja temperatura», como un suelo refractario-refrigerante, o a unidades terminales (fan-coils, cassettes de agua, etc.)

Asimismo, ofrecen una triple ventaja con una sola inversión: calefacción, refrigeración y producción de ACS.

### DESCRIPCIÓN

Equipo compacto, con carrocería anti-corrosión de chapa galvanizada lacada y panel frontal en plástico ABS. La unión del chasis autoportante interior con la carrocería se logra por amortiguadores anti-vibratorios.

- Equipo estándar:
  - Compresor SCROLL
  - Intercambiadores agua / refrigerante de placas soldadas
  - Módulo hidráulico en cada uno de los 2 intercambiadores con cbomba de circulación y vaso de expansión.
  - Módulo de control por microprocesador Microconnect con un

terminal para mando remoto (2 hilos).

Estos grupos cumplen las directivas:

Baja tensión (2006/95/CE)

CEM (2004/108/CE)

DESP 9723 CEE:

categoría 1: modelos 20 a 80

categoría 2: modelos 100 a 120



## Bombas de calor reversibles agua / agua

### SELECCIÓN RÁPIDA

Ageo		20H	30H	40H	50H	20HT	30HT	40HT	50HT	65HT	80HT	100HT	120HT
Potencia frigorífica (1)	kw	5,0	6,9	9,2	11,3	5,0	6,7	9,2	12,7	15,5	18,4	23,2	27,6
Potencia absorbida compresor (1)	kw	1,51	1,94	2,64	3,04	1,47	1,92	2,51	3,25	3,88	4,71	5,73	7,06
EER		3,16	3,31	3,52	3,65	3,35	3,4	3,92	3,89	3,98	3,84	4	3,97
Potencia calorífica (2)	kw	6,95	8,84	12,13	15,31	6,89	8,95	11,93	16,06	19,83	24,46	30,90	36,34
Potencia absorbida compresor (2)	kw	1,6	2,1	2,6	3,1	1,5	2,0	2,6	3,2	3,9	4,8	5,8	6,9
C.O.P.		4,60	4,56	4,59	5,04	4,68	4,66	4,76	4,94	5,11	5,19	5,39	5,15
Nivel de potencia sonora (2)	dBA	53/30	53/30	54/31	57/33	53/30	53/30	54/31	57/33	58/36	59/36	61/38	63/41

(1) Potencias frigoríficas indicadas para agua fría 7 °C / 12 °C régimen condensador 30 °C / 35 °C

(2) Potencias caloríficas indicadas para agua caliente 35 °C / 30 °C régimen evaporador 10 °C

### COMPOSICIÓN

#### ■ 1 compresor hermético

- Rotativo de tipo SCROLL
- Compresión realizada por 2 espirales (una fija, una móvil con un movimiento orbital).
- Motor eléctrico incorporado, refrigerado por los gases aspirados.
- Protección interna del motor mediante sondas en el bobinado.
- Aislamiento acústico por chasis autoportante interior

#### ■ 2 intercambiadores de placas soldadas

- Placas exteriores y placas internas de acero inoxidable AISI 316.
- Perfil de las placas optimizado de alto rendimiento.
- Aislamiento térmico.

#### ■ Accesorios estándar

- Válvula de inversión de ciclo frigorífico.
- Válvula de expansión termostática bidireccional.
- Soportes anti-vibratorios montados en el chasis

#### ■ Cuadro eléctrico

- Conforme a las normas EN 60335-1 EN 60335-2-40
- Pantalla integrada en el panel frontal
- Terminal para mando remoto
- Sonda de temperatura exterior
- Protección del circuito de mando remoto.
- Contactor de motor de compresor.
- Toma de tierra general.
- Reducción de la intensidad de arranque (monofásico)

#### ■ Módulo electrónico con microprocesador Microconnect, que realiza las funciones siguientes:

- Regulación de la temperatura del agua fría o caliente (PAC reversible) con una compensación de la temperatura de consigna en función de la temperatura exterior.
- Control autoadaptativo del tiempo de funcionamiento de compresor en función del periodo de anti-corto-ciclo, con un del diferencial de etapa.
- Funcionamiento alternativo de la bomba de calor y de una caldera. La regulación gestiona automáticamente esta conmutación, utilizando un parámetro regulable en función de

la temperatura exterior.

Indicación de las temperaturas de salida de agua de los intercambiadores en el panel frontal

- Control de los parámetros de funcionamiento
- Indicación de las temperaturas en el terminal de control:
  - 1ª ambiente o de consigna del agua en modo unidades terminales
  - 1ª ambiente en modo suelo radiante (PCR)
- Control del grupo
- Control por mando remoto con una conexión sin polaridad (2 hilos).
- Control por entradas todo-nada (2 entradas: conexión/desconexión, calor-frío / ausencia demanda)
- Anti-corto-ciclo (5 min)
- Arranque por temperatura baja (temperatura, bucle de agua interior > 5°C) variación de la velocidad de la bomba de circulación en función de la temperatura de salida del agua.

#### ■ Equipos de regulación y seguridad

- Presostato de seguridad de alta presión con rearme automático.
- Sondas anti-hielo en los intercambiadores.
- Sonda retorno agua fría, salida agua caliente (en intercambiador interior).

#### ■ 2 módulos hidráulicos integrados (lado sensor y lado emisor) con los accesorios siguientes:

- 1 vaso de expansión.
- 1 desagüe
- 1 bomba de circulación multi-velocidades con válvulas de corte y envolvente (3 velocidades, 2 de ellas utilizables en algunos modelos).
- Presostato de agua diferencial.

#### ■ Opciones (a montar in-situ)

- Conexiones hidráulicas flexibles.
- Kit de filtro tamiz con válvulas de corte.
- Kit de llenado.
- Kit de arranque (modelos 20 a 120) TRI únicamente.
- Kit aislamiento acústico compresor.
- Calentador de bucle monofásico o trifásico.
- Kit de válvula manómetro.



## Bombas de calor reversibles agua / agua

**AGEO**

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Ageo		20H	30H	40H	50H	20HT	30HT	40HT	50HT	65HT	80HT	100HT	120HT	
Compresor	Número	1												
	Tipo	SCROLL												
	Regulación potencia	%												
	Velocidad de rotación	rpm												
	Fluido refrigerante R 410A	Kg	0,68	0,74	0,88	1,48	0,68	0,74	0,88	1,48	1,55	1,85	2,95	2,95
	Volumen de aceite POE	l	1,1	1,25	1,66	1,1	1,25	1,95	1,66	1,77	3,25	3,25		
Intercambiador interior	Número / circuito	1 / 1												
	Tipo	Placas soldadas												
	Volumen de agua	l	1,04	1,24	1,62	2,38	1,04	1,24	1,62	2,38	2,76	3,7	4,17	4,17
Módulo hidráulico interior	Volumen del vaso de expansión	l	8						12					
	Presión de llenado del vaso de expansión	bar	1,5											
	Capacidad de agua máx. de la instalación agua pura / agua glicolada	l	250 / 120						375 / 180					
	Capacidad de agua mín. de la instalación	l	38	40	52	66	40	52	66	83	102	127	148	
	Bomba de circulación número de velocidades / Presión disponible 30/35°C 10°C	Kpa	2 / 48		2 / 36	2 / 39	2 / 48	2 / 36	2 / 39	2 / 45	2 / 40	2 / 58	2 / 42	
Intercambiador exterior	Número / circuito	1 / 1												
	Tipo	Placas soldadas												
	Volumen de agua	l	1,04	1,24	1,62	2,38	1,04	1,24	1,62	2,38	2,76	3,7	4,17	4,17
Módulo hidráulico exterior	Volumen del vaso de expansión	l	8						12					
	Presión de llenado del vaso de expansión	bar	1,5											
	Capacidad de agua máx. de la instalación agua glicolada	l	214						321					
	Bomba de circulación número de velocidades / Presión disponible 30/35°C 10°C	Kpa	3 / 39	3 / 45	3 / 38	3 / 39	3 / 45	3 / 38	3 / 57	3 / 58	3 / 44	3 / 19		

### CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Ageo		20H	30H	40H	50H	20HT	30HT	40HT	50HT	65HT	80HT	100HT	120HT	
Alimentación eléctrica		230V - 1ph +neutro + Tierra - 50Hz					400V - 3ph +neutro + Tierra - 50Hz							
Intensidad nominal	Compresor	A	13,9	17,5	22,2	27	3,4	4,8	7,6	10,3	11,2	14,3	16,4	20,5
	Bomba circuito interior mín./máx.	A	0,57 / 0,96						0,65 / 1,10					
	Bomba circuito exterior mín./máx.	A	0,57 / 0,96		0,65 / 1,10		0,57 / 0,96		0,65 / 1,10		1,75 / 2,02			
	Regulación	A	0,18											
Intensidad máxima del grupo (In)		A	16	19,6	24,5	31,8	5,5	6,9	9,84	12,54	14,5	17,6	19,7	24,72
Intensidad de arranque de compresor con o sin kit de arranque		A	-/23	-/29	-/39	-/43	22/9	30/10	48/14	64/17	74/21	101/26	111/36	118/37
Acometida eléctrica			3G4	3G6	3G10	5G2,5	5G4				5G6			
Conexiones termostato, sonda exterior, sonda piscina, entradas T/N		mm²	0,2 - 1,5											
Conexiones válvula by-pass verano/invierno, bobina contactor bomba pozo, kits de control de circuitos		mm²	1,5											
Disyuntor (no incluido) ( curva C o D )		Am	20	25	32	10	16			20	25			

(1) Intensidad correspondiente a la intensidad máxima del compresor en funcionamiento

(2) Cable con 2 o 3 conductores cargados, tipo PVC, para temperaturas inferiores a 60°C

Nota: para condiciones diferentes, consulte las normas en vigor.

### Niveles sonoros

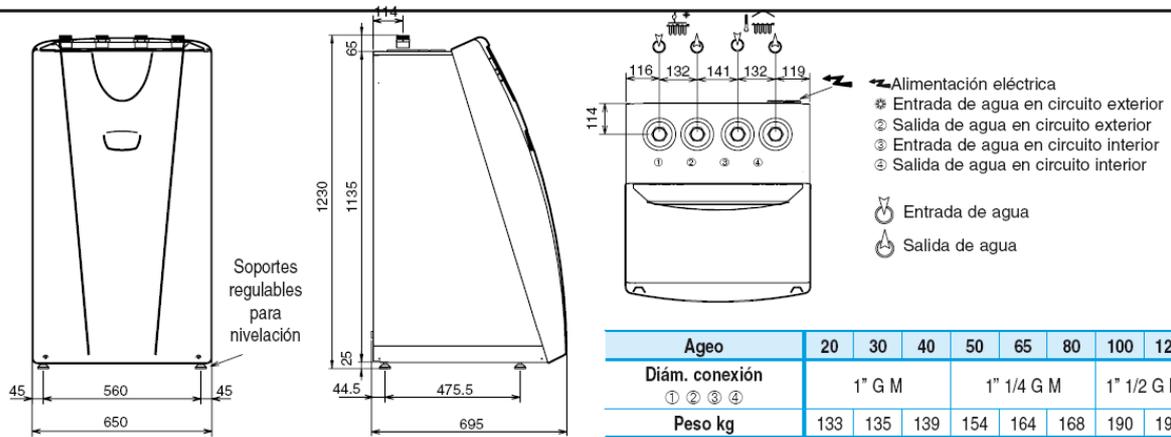
Ageo		20H	30H	40H	50H	20HT	30HT	40HT	50HT	65HT	80HT	100HT	120HT
Nivel de presión	dB(A)	53	54	57	53	54	57	58	59	61	63		
Nivel de presión con aislamiento fónico	dB(A)	30	31	33	30	31	33	36	36	38	41		



# Bombas de calor reversibles agua / agua

AGEO

## ENCOMBREMENTS



## CONSEJOS DE MONTAJE

### Ubicación

Las bombas de calor AGEO son equipos diseñados para ser instalados en un local técnico, lavadero o garaje, protegidos de la intemperie y el hielo.

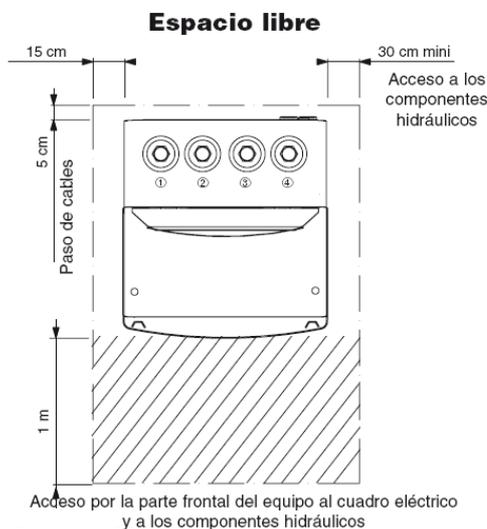
Estudie con detenimiento la ubicación del equipo dentro de la casa. Elija un lugar compatible con las exigencias acústicas deseadas (aleje el equipo de los dormitorios y evite las transmisiones de ruido por cualquier vía).

Debe dejar un espacio libre alrededor del equipo para acceder al cuadro eléctrico y a los demás elementos del grupo.

**NOTA:** para dla protección antihielo del circuito interior, deje el equipo bajo tensión para permitir que el agua circule por la red hidráulica. Glicolar la instalación en caso de paro prolongado del equipo.

Ageo no garantiza la protección antihielo del circuito exterior.

- Con captadores horizontales y sondas geotérmicas: glicol
- Con pozos y capas freáticas: coloque estas tuberías en zonas protegidas del hielo; si es preciso utilice cables calentadores.



### Conexiones hidráulicas

- Las conexiones hidráulicas deben realizarse.

Para evitar la transmisión de ruido por los conductos, debe utilizar mangueras para la conexión hidráulica.

Los intercambiadores de una bomba de calor son sensibles a la obstrucción, de modo que recomendamos limpiar cuidadosamente los circuitos antes de reconectarlos al equipo.

Debe prever los accesorios indispensables para cualquier circuito hidráulico:

- Desagüe en el punto bajo para el vaciado de los circuitos.
- Purgadores de aire en los puntos altos, etc.
- Válvulas de seguridad (calibrado 3 bars).
- Compruebe que el contenido de agua de la instalación sea suficiente (consulte la tabla de características técnicas).
- Si es preciso, utilice un depósito tampón.
- Es obligatorio que los intercambiadores interior y exterior mantengan un caudal de agua constante.
- Instale un filtro de tamiz en los 2 circuitos ( $\varnothing < 600 \mu$ ) para evitar que los intercambiadores de placas se obstruyan.
- Respete el sentido de circulación del agua en los intercambiadores.

### Conexiones eléctricas

- Toda la información necesaria para la conexión eléctrica aparece en el esquema eléctrico adjunto al equipo (debe respetarlo obligatoriamente).
- Estas conexiones deben ejecutarse correctamente y cumplir con las normas en vigor.
- Es obligatorio que el inicio de la línea de alimentación eléctrica disponga de un interruptor y un disyuntor (debe suministrarlos el instalador).

### Puesta en funcionamiento

- Consulte nuestras guías de montaje y mantenimiento.

### Mantenimiento

- Consulte el manual práctico.
- Suscriba un contrato de mantenimiento.

## ANEXO 5 CARACTERÍSTICAS SUELO RADIANTE

**BARBI**

INDUSTRIAL  
BLANSOË



PEX-a  
(BAO S-5)

### Tubería de Peróxido (PEX-a) con Barrera Antioxígeno (BAO)

Medidas	Tipo	Longitud	Unidad de Venta	Familia	Subfamilia	Artículo	Euros
● 16x1,5	PEX-a	300	Palet 12 Rollos	EVOH	PA	R161530	2,16
● 20x1,9	PEX-a	240	Palet 12 Rollos	EVOH	PA	R201924	3,04

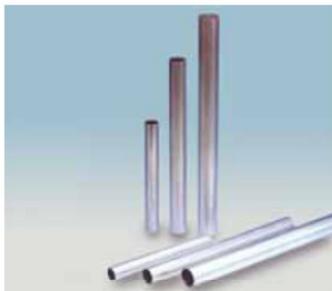
**NOTA** Se recomienda la utilización de tubería con barrera antioxígeno en las instalaciones de calefacción por suelo radiante para evitar problemas de corrosiones.



PEX-a S-5

### Tubería de Peróxido (PEX-a Serie 5)

Medidas	Longitud	Color	Unidad de Venta	Familia	Subfamilia	Artículo	Euros
● 16 x 1,5	200	Blanco	Palet 12 Rollos	PEXA	TB	B161520	1,52
● 20 x 1,9	120	Blanco	Palet 12 Rollos	PEXA	TB	B201912	2,17



### Tubo Exterior de Aluminio

Sirven para facilitar la curvatura de los tubos a la salida de la caja de colectores.

Medida	Familia	Subfamilia	Artículo	Unidad Venta	Euros
16/160	PRET	AC	TAR116	700	1,40
20/250	PRET	AC	TAR220	290	2,73



### Panel Aislante en Rollo **BARBI**

Aislamiento térmico y acústico. Rollo de poliestireno expandido recubierto, bien de compuesto de aluminio o de rafia plástica. La ventaja de la opción con papel aluminizado es que se disminuyen las pérdidas de calor hacia abajo y se consigue un óptimo reparto del calor.

Características	<b>Alukraft:</b> Papel Kraft + Film de Aluminio + Film de Polietileno
Recubrimiento	<b>Rafia:</b> Polipropileno trenzado irrompible
Dimensiones	12.000 mm. x 1.000 mm. x 20 mm.
Resistencia Térmica	R = 0,56 m <sup>2</sup> K/W
Densidad	20 Kg/m <sup>3</sup>
Rotura Puentes Térmicos y Acústicos	Posee una cinta autoadhesiva lateral que mantiene la continuidad del panel evitando así los puentes térmicos y acústicos.
Cuadrículado	Con cuadrículas de 5x5 cm. para facilitar la alineación de la tubería.

Descripción	Long. Rollo (m)	Familia	Subfamilia	Artículo	Euros/m
Rollo Alukraft	12	PRET	SR	ROLLOAL	22,30
Rollo Rafia	12	PRET	SR	ROLLOPA	18,76



### Panel Aislante de Tetones

Medida útil	1228 x 778 (paso entre tubos: 75 mm)
Altura	50 (base + tetón) / 20 (base)
Densidad	30 kg/m <sup>3</sup> (plastificada) / 25 kg/m <sup>3</sup> (sin plastificar)
Resistencia térmica	R = 0,89 m <sup>2</sup> K/W

Medida	Familia	Subfamilia	Artículo	Unidad Venta	Euros
● Plastificado	PRET	SR	PCF2030	12 placas	26,47
● Sin plastificar	PRET	SR	PSF2025	12 placas	19,06

BARBI

INDUSTRIAL  
BLANSOE**Desenrollador**

Descripción	Familia	Subfamilia	Artículo	Unidad Venta	Euros
● Desenrollador	PRET	SR	DESENA	1	688,91

**Grapadora para Panel Aislante en Rollo Barbi**

Descripción	Familia	Subfamilia	Artículo	Unidad Venta	Euros
Grapadora	PRET	SR	GRAPADO	1	797,58

**Grapa para Panel Aislante en Rollo**

Para sujetar el tubo sobre el Panel Aislante en Rollo Barbi.

Descripción	Familia	Subfamilia	Artículo	Unidad Venta	Euros
Grapa	PRET	SR	GRAPAPR	300	0,31

**Seta Fijación para Panel Aislante**

Para fijar el panel aislante al forjado y evitar que se levante.

Descripción	Familia	Subfamilia	Artículo	Unidad Venta	Euros
Seta	PRET	SR	SETAFIJ	1	0,60

**Banda Perimetral Barbi con Solapa Autoadhesiva y Precortada**

Con faldón de estanqueidad y cinta autoadhesiva para evitar que el mortero se cuele entre la banda perimetral y la placa de aislamiento.

<b>Funciones</b>	Absorber dilataciones de la losa de mortero y evitar puentes térmicos y acústicos.
<b>Dimensiones</b>	Longitud: 25 ml. / Altura: 120 mm. / Espesor: 8 mm.

Descripción	Familia	Subfamilia	Artículo	Unidad Venta	Euros/m
Banda	PRET	SR	BANDAPE	25 m.	3,46

**Aditivo Fluidificante para Mortero**

Fluidificante y reductor de agua para conseguir hormigones resistentes y fluidos. Dosificación: 1,5% del peso del cemento (1 bidón de 25 kg. de aditivo por cada 100 m2 de instalación de suelo radiante aprox.).

Descripción	Familia	Subfamilia	Artículo	Unidad Venta	Euros
Aditivo	PRET	SR	ADITIVO	Bidón 25 kg.	124,54

**Inhibidor de Corrosión**

<b>Utilidad</b>	Evita corrosiones y bacterias causantes de malos olores.
<b>Dosificación Recomendada</b>	1% de aditivo sobre el total de agua de la instalación.

Descripción	Familia	Subfamilia	Artículo	Unidad Venta	Euros
Inhibidor	PRET	SR	INCOR1L	Bote 1 litro	33,35

GARANTÍA  
BARBI  
15 AÑOS

**BARBI**

BLANSO

## SISTEMA DE COLECTORES EN LATÓN (1 1/4")



### Incluye

Colector de Ida con Detentor incorporado.  
Colector de Retorno con Válvulas Termostatzables incorporadas.  
2 Soportes para Colectores de Suelo Radiante de 1 1/4".  
2 Válvulas de Esfera con Racor Móvil y termómetro.  
Adaptadores para Tubo de Polietileno Reticulado Barbi.  
2 Racores con Purgador Automático y Grifo de Vaciado.

### No Incluye

Cajas - Cabezales Electrotérmicos - Medidores de Caudal

Tubería (Ø)	Nº Salidas	Longitud (mm)	Familia	Subfamilia	Artículo	Euros
16 / 20	3	365	PRET	SR	KCS1603 (20)	568,87
16 / 20	4	415	PRET	SR	KCS1604 (20)	626,51
16 / 20	5	465	PRET	SR	KCS1605 (20)	680,81
16 / 20	6	540	PRET	SR	KCS1606 (20)	768,74
16 / 20	7	590	PRET	SR	KCS1607 (20)	819,31
16 / 20	8	640	PRET	SR	KCS1608 (20)	887,44
16 / 20	9	690	PRET	SR	KCS1609 (20)	962,12
16 / 20	10	740	PRET	SR	KCS1610 (20)	1.016,43
16 / 20	11	815	PRET	SR	KCS1611 (20)	1.104,35
16 / 20	12	865	PRET	SR	KCS1612 (20)	1.185,80



### Colector de Retorno (1 1/4")

Medida	Salidas	Familia	Subfamilia	Artículo	Euros
1 1/4"	3	PRET	SR	COLRET3	87,16
1 1/4"	4	PRET	SR	COLRET4	107,96
1 1/4"	5	PRET	SR	COLRET5	127,25
1 1/4"	6	PRET	SR	COLRET6	166,09
1 1/4"	7	PRET	SR	COLRET7	183,64
1 1/4"	8	PRET	SR	COLRET8	210,31



### Colector de Ida (1 1/4")

Medida	Salidas	Familia	Subfamilia	Artículo	Euros
1 1/4"	3	PRET	SR	COLIDA3	98,30
1 1/4"	4	PRET	SR	COLIDA4	122,41
1 1/4"	5	PRET	SR	COLIDA5	144,68
1 1/4"	6	PRET	SR	COLIDA6	181,04
1 1/4"	7	PRET	SR	COLIDA7	201,32
1 1/4"	8	PRET	SR	COLIDA8	230,03



### Válvulas de Esfera con Racor Móvil (pareja)

Descripción	Colector Nº Salidas	Familia	Subfamilia	Artículo	Euros
1x1 1/4	3/4/5/6	PRET	SR	V001114	197,72
1 1/4x1 1/4	7/8/9/10/11/12	PRET	SR	V114114	197,72



### Grupo de Purgado y Vaciado

Racor con purgador automático y grifo de vaciado provisto de llave de cierre.

Diámetro	Familia	Subfamilia	Artículo	Unidad Venta	Euros
1 1/4"	PRET	SR	PURYVAC	1	48,28



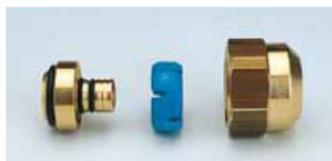
### Medidor de Caudal

Descripción	Familia	Subfamilia	Artículo	Unidad Venta	Euros
Medidor	PRET	SR	MCAUDAL	1	51,74

BARBI

INDUSTRIAL  
BLANSO**Soportes para Colectores de Suelo Radiante de 1 1/4"**

Descripción	Familia	Subfamilia	Artículo	Unidad Venta	Euros
Soporte	PRET	SR	SOPORTE	1 pareja	50,95

**Adaptador para Tubo PEX / Multicapa**

Descripción	Diámetro Tubería	Familia	Subfamilia	Artículo	Euros
Adaptador	16 x 1,5 / 17 x 2,0	PRET	SR	ADA1615	6,37
Adaptador	16 x 1,8 / 16 x 2,0	PRET	SR	ADA1618	6,37
Adaptador	20 x 1,9 / 20 x 2,0	PRET	SR	ADA2019	6,37

**Cajas Metálicas para Colectores de Suelo Radiante***Compatibles para colectores de latón y para colectores de plástico.*

Descripción	Hasta nº Salidas	Familia	Subfamilia	Artículo	Euros
600x400x110	3 (latón) / 4 (plástico)	PRET	SR	CMC0400	235,82
600x600x110	6 (latón) / 8 (plástico)	PRET	SR	CMC0600	255,03
600x800x110	10 (latón) / 10 (plástico)	PRET	SR	CMC0800	304,30
600x1000x110	13 (latón) / -	PRET	SR	CMC1000	403,28

**Cabezal Electrotérmico**

<b>Posición</b>	Normalmente cerrado				
<b>Corriente de Arranque</b>	230V	0,135 A (Máximo)			
<b>Potencia Absorbida</b>	2W				

Descripción	Familia	Subfamilia	Artículo	Voltios	Euros
Cabezal	PRET	SR	CAEL220	230	63,95

**SISTEMA DE COLECTORES EN PLÁSTICO PREMONTADO (1")**

Incluye	
Colector de Ida con Caudalímetro incorporado.	
Colector de Retorno con Válvulas Termostatazables incorporadas.	
2 Soportes para Colectores de Suelo Radiante de 1".	
2 Válvulas de Esfera con Racor Móvil.	
Adaptadores para Tubo de Polietileno Reticulado Barbi.	
2 Racores con Purgador Automático y Grifo de Vaciado.	
Termómetro Incorporado en el Colector de Ida y en el de Retorno.	

Tubería (Ø)	Nº Salidas	Longitud (mm)	Familia	Subfamilia	Artículo	Euros
16 / 20	3	365	PRET	SR	KCP1603 (20)	393,48
16 / 20	4	415	PRET	SR	KCP1604 (20)	441,32
16 / 20	5	465	PRET	SR	KCP1605 (20)	486,63
16 / 20	6	540	PRET	SR	KCP1606 (20)	551,03
16 / 20	7	590	PRET	SR	KCP1607 (20)	599,07
16 / 20	8	640	PRET	SR	KCP1608 (20)	647,22
16 / 20	9	690	PRET	SR	KCP1609 (20)	694,46
16 / 20	10	740	PRET	SR	KCP1610 (20)	739,91

**Termómetro Superficial para Tubería**

Descripción	Medida	Familia	Subfamilia	Artículo	Euros
Termómetro	-	PRET	SR	TERCOTU	10,79

GARANTÍA  
BARBI  
15 AÑOS

BARBI

BLANSOL

## REGULACIÓN INTEGRADA EN CAJA DE COLECTORES (A temperatura fija)



<b>Utilidad</b>	Esta regulación se suministra montada dentro de la caja de colectores con el ahorro de espacio que ello supone. Es especialmente adecuada para viviendas pequeñas donde haya limitaciones de espacio.
<b>Ventaja</b>	Permite utilizar tuberías de alimentación de diámetros inferiores a los necesarios en las instalaciones de Suelo Radiante tradicionales, con lo que se simplifica el montaje de las tuberías.
<b>Incluye</b>	Caja de colectores - Kit de colectores completo - Circulador de agua Grundfoss UPS 25-60 - Válvula termostática integrada - Termómetro - Caja de conexiones eléctricas.

Tubería (Ø)	Nº Salidas	Medidas Cajas (mm)	Familia	Subfamilia	Artículo	Euros
16	3	600 x 600 x 110	PRET	SR	RTFI603	1.885,01
16	4	600 x 600 x 110	PRET	SR	RTFI604	1.942,60
16	5	600 x 800 x 110	PRET	SR	RTFI605	1.996,94
16	6	600 x 800 x 110	PRET	SR	RTFI606	2.148,90
16	7	600 x 800 x 110	PRET	SR	RTFI607	2.206,52
16	8	600 x 1000 x 110	PRET	SR	RTFI608	2.261,49
16	9	600 x 1000 x 110	PRET	SR	RTFI609	2.318,45
16	10	600 x 1000 x 110	PRET	SR	RTFI610	2.423,62
16	11	600 x 1000 x 110	PRET	SR	RTFI611	2.535,30
16	12	600 x 1000 x 110	PRET	SR	RTFI612	2.592,90



### Sistema Wireless

*Sistema de control individualizado de la temperatura de cada habitación (sin cables por radiofrecuencia).*

<b>Componentes</b>	Regleta de conexiones - Antena exterior - Termostatos por radiofrecuencia.
<b>Utilidad</b>	El sistema Wireless permite el control de la temperatura de cada habitación evitando el cableado de toda la vivienda, ya que la interconexión entre los termostatos de cada habitación y la regleta de conexiones se efectúa vía radio.
<b>Instalación</b>	El sistema Wireless se puede instalar bien desde el comienzo o en cualquier momento posterior ya que no requiere ningún tipo de cableado y la caja de colectores Barbi está preparada para alojar la regleta de conexiones Wireless.
<b>Recomendación</b>	Blansol recomienda la instalación de termostatos en cada habitación ya que además de mejorarse el confort, se logra al mismo tiempo un ahorro notable de energía. Es decir, la mayor inversión que supone una instalación dotada de termostatos se rentabiliza en un breve período de tiempo.

Descripción	Familia	Subfamilia	Artículo	Euros
Regleta de conexiones	PRET	SR	BASEDSC	603,21
Termostato electrónico	PRET	SR	TEAMDSC	160,87



### Regleta de conexiones con cable

*Permite un conexionado ordenado de los cabezales electrotérmicos y de los termostatos. Dispone de contacto auxiliar de control de marcha de la bomba de recirculación.*

Descripción	Familia	Subfamilia	Artículo	Euros
Regleta de conexiones con cable	PRET	SR	BASEMCC	221,34



### Termostatos

*La ventaja del nuevo termostato electrónico es que controla al cabezal con una señal de tensión modulada que mejora el confort y la eficiencia de la instalación.*

Descripción	Familia	Subfamilia	Artículo	Euros
Termostato electrónico	PRET	SR	TEAMELE	35,76
Cronotermostato	PRET	SR	CRONOTE	154,29

BARBI

INDUSTRIAL  
BLANSOL

## REGULACIÓN A TEMPERATURA FIJA



### Kit Compacto con Circulador de Agua

<b>Componentes</b>	Válvula mezcladora de tres vías DN25 - Circulador de agua Wilo RS 25/7-3 130 2 Válvulas de by-pass - Sonda de ida - Termómetro de ida - Termómetro de retorno - Válvula de esfera de ida con dispositivo antiretorno - Válvula de esfera de retorno - Termostato de seguridad - Protección de aislamiento.
<b>Opciones</b>	Válvula Diferencial que actúa como elemento de seguridad para proteger la bomba en el caso de que todos los circuitos se encuentren en posición cerrada.

Descripción	Familia	Subfamilia	Artículo	Euros
DN25 Wilo RS 25/7	PRET	SR	RTFKC25	1.040,14
Válvula diferencial DN20	PRET	SR	RTFKCVD	73,95
Soporte	PRET	SR	RTFKCSO	62,71

## REGULACIÓN A TEMPERATURA VARIABLE



### Regulación Modulante (en función del consumo)

<b>Funcionamiento</b>	Este sistema de Regulación Modulante regula la temperatura de impulsión en función del consumo de la instalación.
<b>Componentes</b>	Grupo Hidráulico con Circulador de agua + Regulación Modulante.

Descripción	Familia	Subfamilia	Artículo	Euros
Grupo Hidráulico DN25	PRET	SR	GRUHI25	1.103,63
Grupo Hidráulico DN32	PRET	SR	GRUHI32	1.730,00
Grupo Hidráulico DN40	PRET	SR	GRUHI40	4.036,34
Regulación Modulante	PRET	SR	REGMODU	734,61



### Kit Compacto con Circulador de Agua

<b>Componentes</b>	Válvula Mezcladora de 4 vías en H de 1" - Circulador de Agua Válvula de by-pass - Regulador Programable - Sonda Exterior Sonda de Ida - Control de la Temperatura Máxima - Termómetro.
<b>Opciones</b>	Termostato de ambiente con selector Día/Noche/Programas que permite controlar de forma remota el modo de funcionamiento del bloque de regulación térmica.

Modelo	Familia	Subfamilia	Artículo	Euros
1" con Circulador UPS 25-60	PRET	SR	RTVKC25	2.826,05
1" con Circulador UPS 25-80	PRET	SR	RTVKC32	3.179,28
Termostato ambiente	PRET	SR	RTVKCTE	183,10

## REGULACION FRIO - CALOR



<b>Funcionamiento</b>	El grupo de regulación frío/calor cambia automáticamente de modo de funcionamiento invierno/verano en función de las condiciones climáticas detectadas. La sonda de control de humedad evita la formación de condensaciones.
<b>Componentes</b>	Válvula de 4 vías - Circulador de Agua - Válvula by-pass - Regulador Programable - Sonda Exterior - Sonda de Ida y de Retorno - Control de la Temperatura Máxima Termómetro de Ida y de Retorno - Sonda de control de la humedad

Modelo	Familia	Subfamilia	Artículo	Euros
1" con Circulador UPS 25-80	PRET	SR	RFRI032	4.082,69
Termostato ambiente	PRET	SR	RTVKCTE	183,10

GARANTÍA  
BARBI  
15 AÑOS

## ANEXO 6 CARACTERÍSTICAS FAN-COILS



### MAJOR LINE

Major Line es la última novedad en unidades de confort desarrolladas y fabricadas por el Grupo CIAT. Este equipo, diseñado para garantizar la calefacción y refrigeración, se encuentra disponible en 4 modelos (carrozado o no, horizontal o vertical) e incorpora numerosas opciones. Major Line se adapta a todo tipo de configuraciones de instalación y cumple los requisitos más exigentes. La polivalencia de Major Line, sus funciones y los distintos montajes posibles lo hacen adecuado para instalaciones

específicas como la rehabilitación de edificios, reforma de grandes bloques de oficinas, cadenas hoteleras, etc. Línea estética moderna y muy cuidada, excelentes niveles sonoros, rendimiento térmico optimizado y adaptabilidad técnica a todo tipo de arquitecturas... El Grupo CIAT se suma al reto energético y le ofrece esta solución que cuenta con un excelente compromiso entre confort, estética y ahorro en instalación y utilización.

#### CONCEPTO INNOVADOR

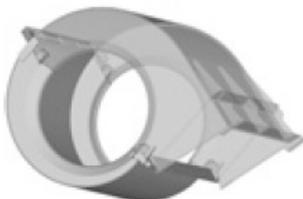
Auténtica evolución estilística, Major Line dispone de una línea muy marcada con un perfil fino y muy cuidado. Su aspecto estético moderno combina a la perfección con todo tipo de interiores.



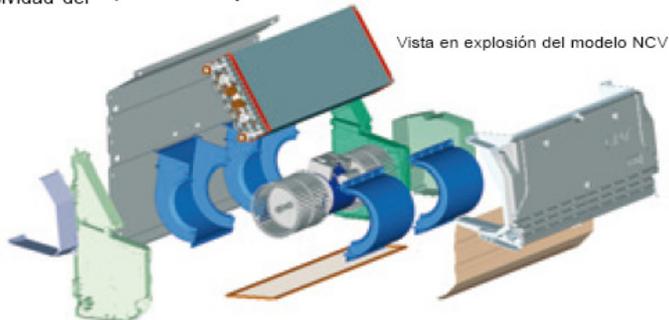
#### CONCEPTO INNOVADOR

- Nueva voluta de ABS (V0) perfilada y diseñada para conexiones y rendimientos óptimos.
- Turbina HEE 160 mm (Alta Eficiencia Energética), de palas perfiladas de ABS (V0) autoextinguible, una exclusividad del Grupo CIAT.

- Batería hidráulica con una superficie frontal aumentada de un 5 a un 15 % (según el tamaño y en comparación con los equipos de las gamas anteriores) para mejorar las prestaciones y el rendimiento.



Voluta perfilada de ABS



Vista en explosión del modelo NCV

#### AMPLIA GAMA DE POTENCIAS

- Rango de potencia de frío de 0,5 kW a 8 kW en régimen Eurovent (7/12 °C - 27 °C - 19°(BH))
- Rango de potencia de calor de 1 W a 12 kW en régimen Eurovent (agua: 50 °C - aire 20 °C - 19°(BH))
- Bandeja de ABS y aislamiento de PSE de más de 20 mm de grosor para adaptarse a las aplicaciones de países con todo tipo de climas.

- Soluciones para edificios del futuro con baja demanda (BBC) y respuestas para zonas geográficas de gran potencia.
- Amplia selección de baterías para adaptarse a regímenes de agua personalizados actuales y futuros.



Bandeja de recuperación de condensados con aislamiento reforzado.



Batería de intercambio térmico de agua

#### CONFORT DE NUEVA GENERACIÓN

- Nivel de confort acústico mejorado: ganancia media de 1 dB en la gama Major 2 y de 2 dB en la gama Major 300.
- Mejor control de la temperatura de impulsión para el aumento de periodos de confort.

- Rejilla de difusión optimizada en nuestro Centro de Investigación e Innovación para un mayor confort global acorde con las normas más exigentes.



## Unidades de confort - MAJOR LINE EASY COMFORT

MAJOR LINE

### DESCRIPCIÓN TÉCNICA

#### Carcasa

##### Modelo CV/CH

Carcasa de dos materiales y dos colores:

- Soporte, trampa y rejilla de impulsión de ABS PC de color gris RAL 7035
- Panel delantero de chapa pintada en blanco RAL 9010 y rejilla de retorno de aire frontal (1D, 41D) gris RAL 7035
- Punto de acceso central para el alojamiento de termostatos encastrados

#### Batería de agua (sistema 2 o 4 tubos)

- Nuevo diseño de batería de alto rendimiento
- Estructura de la batería de chapa galvanizada.
- Tubos de cobre, aletas continuas de aluminio.
- Tomas de batería de agua a la izquierda o a la derecha del equipo, mirando a la cara de impulsión (debe indicarse en el pedido).
- Batería principal de 2 ó 4 tubos equipada con conexiones giratorias de ½" ó ¾" con purgador de aire y orificio de vaciado.
- Batería adicional para 4 tubos equipada con conexiones giratorias de ½" con distancia entre ejes de 40 mm.
- Presión nominal 16 bar (a 20 °C)
- Presión de prueba 24 bar.
- T° agua máx.: 90 °C

#### Batería eléctrica (Sistema de 2 tubos + eléctrico)

- Elementos eléctricos monotubo 230 V monofásico 50/60 Hz insertados en el bloque de aluminio.
- Dos limitadores de temperatura con capilar y rearme manual y automático, insertados en el bloque de aluminio.
- Bornero de conexión eléctrica.

#### Bandeja de recuperación de condensados

- Bandeja de ABS V0
- Aislamiento reforzado para todo tipo de climas, panel PSE (20 mm de grosor) clase M1
- Bandeja auxiliar de ABS V0
- Salida de condensados elevada Ø exterior 22 mm

#### Grupo moto-ventilador

##### • Motor

- 5 velocidades cableadas de fábrica (trasladadas y disponibles en el bornero) para un ajuste personalizado.
- Tipo cerrado, tropicalizado, clase F con árbol protegido.
- Condensador permanente.
- Cojinetes de bolas
- Protector térmico automático con apertura en serie en el bobinado
- Suspensiones elásticas.
- Alimentación de 230 V monofásica de 50/60 Hz, consumo reducido.

##### • Ventiladores

- Volutas de ABS V0 en dos bloques para una total accesibilidad a las distintas piezas del grupo motoventilador.
- Turbinas HEE de 160 mm de palas perfiladas de ABS (V0) autoextinguible (exclusividad del Grupo CIAT).

#### Filtro de aire

- Situado en la aspiración del grupo.
- Filtro de fibras de poliéster regenerable.
- Eficiencia clase EN 779: G3.
- Resistencia al fuego: M1.
- Marco rígido.
- Montado sobre correderas para facilitar el mantenimiento.

#### Estructura

- Conjunto de estructura monobloque y costados de ABS PC V0
- Panel delantero/trasero de acero galvanizado con agujeros de montaje para facilitar la fijación.
- Conexión flexible rectangular en la impulsión para una difusión directa a la sala (opcional).

#### Cuadro eléctrico

- Caja incorporada en el lateral del bastidor
- Completamente cerrado por una cubierta de ABS V0
- Regleta de conexiones eléctricas en guala DIN según EN 50022 profundidad 7,5 mm
- Tope de cables para conexión del cliente
- Caja en el lado opuesto a las conexiones hidráulicas (posibilidad de colocarlo todo en el mismo lado opcional para el NCH)

#### ACCESORIOS

Consulte las páginas siguientes sobre Montajes y Tarifas.

##### Límite de funcionamiento de la bomba de evacuación:

Bomba de evacuación de los condensados con dispositivo de seguridad alta.

- Caudal máximo de 7 l/h para una altura de evacuación de 1 metro y una longitud máxima de tubería de 5 metros.
- Caudal máximo de 6 l/h para una altura de evacuación de 1 metro y una longitud máxima de tubería de 10 metros.

Consúltenos para alturas de evacuación superiores. Evacuación: tubo flexible Ø 6 mm int., unión Ø 8 mm. Este accesorio debe combinarse obligatoriamente con una regulación por válvula para condicionar la seguridad alta al cierre de la válvula (parada de los condensados).

Cálculo aproximado del caudal de agua condensada:

$$Qv(l/h) = \frac{P_{total} - P_{sensible} (W)}{680}$$

#### REGULACIONES

- Gama de termostatos electromecánicos RTR-E.
- Gama electrónica V30
- Gama electrónica V200
- Gama electrónica comunicante (KNX): V3000
- Gama electrónica comunicante (LON): V-LON

#### OPCIONES (CONSÚLTENOS)

- Motor de bajo consumo 
- Aletas de aluminio con protección específica (ambiente salino, por ejemplo).

**Nota:** para más información, consulte el manual de instalación.



## Unidades de confort - MAJOR LINE EASY COMFORT

### SOLUCIONES EASY COMFORT

MAJOR LINE

#### MODELO NO CARROZADO



#### Ventajas:

- Una solución económica
- Es fácil de colocar y ayuda a coordinar las obras
- Una solución muy polivalente con numerosos accesorios opcionales
- Uso flexible con diferentes rejillas del mercado para facilitar la elección del arquitecto
- El modelo no carrozado es la solución óptima para la renovación de Instalaciones con ventillo-convectores



Modelos	NCV: no carrozado vertical NCH: no carrozado horizontal
Principales mercados	Oficinas, hoteles
Construcción	Rehabilitación/reforma/sofíto
Instalación	En falso techo o en revestimiento personalizado en el alféizar



#### > Modelo NCV

El arquitecto podrá integrar el modelo no carrozado vertical en un recubrimiento especial para combinarlo con el resto de elementos decorativos del local.

El modelo NCV está especialmente pensado para obras de reforma.



#### > Modelo NCH

El modelo no carrozado horizontal está pensado para ser instalado en falso techo o en sofíto. En el modelo NCH se puede conectar en la impulsión una red de conductos de distribución de aire.

→ Presión disponible hasta 50 Pa



**Unidades de confort  
EASY COMFORT**

**MAJOR LINE**

**RENDIMIENTO – SISTEMA DE 2 TUBOS**

Régimen de agua fría: 7/12 °C, régimen de aire en refrigeración: 27 °C 50% HR - Régimen de agua caliente: 90/70 °C, régimen de aire en calefacción: 19 °C.

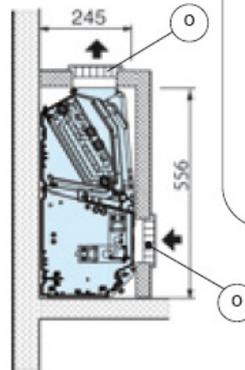
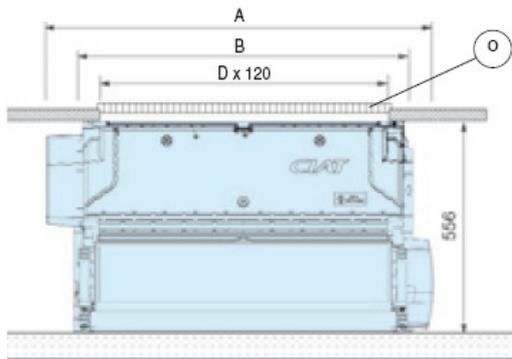
Major Line	Referencia motor	Caudal de aire (m³/h)	Potencia frigorífica (W)		Potencia calorífica Bateria de 2 tubos (W)	Nivel de confort ISO o NR	Elevación media de temperatura sobre el aire (en K) (1) Bateria eléctrica de apoyo 230/1/50			
			Total	Sensible			1 resistencia		2 resistencias	
							(W)	(°C)	(W)	(°C)
102A	V5	300	1 410	1 110	4 440	34	300	3,0	600	5,9
	V4	255	1 240	965	3 890	30		3,5		7,0
	V3	220	1 090	842	3 460	25		4,1		8,1
	V2	190	954	729	2 970	22		4,7		9,4
	V1	165	843	642	2 620	18		5,4		10,8
102C	V5	280	1 800	1 290	4 860	33	300	3,2	600	6,4
	V4	245	1 600	1 140	4 240	30		3,6		7,3
	V3	200	1 340	946	3 520	26		4,5		8,9
	V2	180	1 210	852	3 190	23		5,0		9,9
	V1	145	1 010	711	2 680	20		6,1		12,3
202A	V5	520	2 370	1 910	7 450	38	500	2,9	1 000	5,7
	V4	430	2 110	1 670	6 530	33		3,5		6,9
	V3	385	1 920	1 510	6 000	29		3,9		7,7
	V2	320	1 700	1 320	5 230	25		4,6		9,3
	V1	255	1 460	1 110	4 380	19		5,8		11,6
202C	V5	495	3 070	2 290	8 880	39	500	3,0	1 000	6,0
	V4	405	2 630	1 930	7 520	33		3,7		7,3
	V3	355	2 360	1 720	6 690	29		4,2		8,4
	V2	300	2 020	1 460	5 670	27		5,0		9,9
	V1	240	1 680	1 200	4 690	22		6,2		12,4
202D	V5	495	3 360	2 390	9 290	39				
	V4	405	2 910	2 050	8 140	33				
	V3	355	2 600	1 820	6 860	29				
	V2	300	2 210	1 530	5 570	27				
	V1	240	1 850	1 260	4 630	22				
302A	V5	840	3 530	3 070	12 300	40	800	2,8	1 600	5,7
	V4	710	3 200	2 720	10 600	37		3,3		6,7
	V3	565	2 790	2 310	8 680	30		4,2		8,4
	V2	405	2 060	1 630	6 340	22		5,9		11,7
	V1	250	1 380	1 040	4 040	<15		9,5		19,0
302B	V5	840	4 280	3 300	12 700	40				
	V4	710	3 880	2 860	11 000	37				
	V3	565	3 380	2 400	9 230	30				
	V2	405	2 460	1 730	7 050	22				
	V1	250	1 530	1 030	3 960	<15				
302C	V5	785	4 910	3 590	14 300	41	800	3,0	1 600	6,1
	V4	675	4 400	3 180	12 600	37		3,5		7,0
	V3	550	3 790	2 690	10 500	30		4,3		8,6
	V2	385	2 780	1 900	7 550	23		6,2		12,3
	V1	210	1 670	1 070	4 340	<15		11,3		22,6
402C	V5	1105	6 480	4 890	19 400	43	1 200	3,2	2 400	6,5
	V4	1025	6 210	4 660	18 300	42		3,5		7,0
	V3	825	5 400	3 950	15 300	35		4,3		8,6
	V2	655	4 590	3 270	12 700	29		5,4		10,9
	V1	475	3 590	2 460	9 640	21		7,5		15,0
502C	V5	1230	7 650	5 650	21 900	44	1 600	3,9	3 200	7,7
	V4	1125	7 190	5 240	20 300	40		4,2		8,4
	V3	920	6 220	4 430	17 100	34		5,2		10,3
	V2	760	5 390	3 770	14 600	28		6,3		12,5
	V1	530	4 060	2 760	10 600	22		9,0		17,9
602D	V5	1420	9 970	7 020	27 000	45				
	V4	1300	9 370	6 540	25 200	43				
	V3	1150	8 570	5 910	22 800	39				
	V2	935	7 310	4 970	19 200	33				
	V1	675	5 640	3 770	14 300	27				

**CIAT** Unidades de confort  
**EASY COMFORT**

**MAJOR LINE**

**MONTAJE Y DIMENSIONES – MODELO NCV (No CARROZADO VERTICAL)**

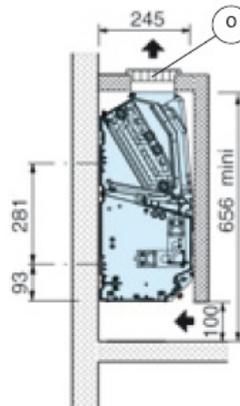
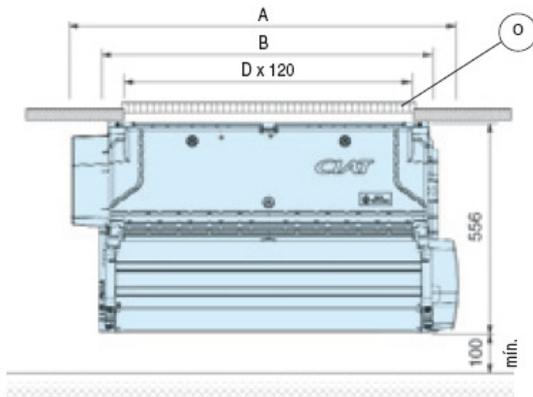
→ **Montaje 1VD:** Equipo con retorno frontal



**OPCIÓN DISPONIBLE PARA MONTAJES 1VD Y 1V:**  
- Rejilla de difusión de aluminio deflexión simple con marco para sellar (sin trampilla)

Nota: esta rejilla se puede usar tanto para el retorno como para la impulsión en el equipo

→ **Montaje 1V:** Equipo básico con retorno inferior



**OPCIÓN DISPONIBLE PARA MONTAJE 1V:**  
- Entrada de aire nuevo autorregulable (30 o 45 m³/h)

**Accesorios para la configuración del montaje (se entregan por separado)**

- o Rejilla de difusión o de retorno de aluminio de deflexión simple con marco para sellar (sin trampilla). Para otras aplicaciones, consúltenos.
- t Entrada de aire exterior autorregulable 30 o 45 m³/h

Tamaños MAJOR Line	A	B distancia entre ejes para fijación	D reserva rejilla	PESO (kg) *
10	652	525	355	15
20	812	665	515	18
30	1012	865	715	22
40	1212	1065	915	28
50	1412	1265	1115	32
60	1612	1465	1315	36

\* Peso del equipo más pesado de 4 tubos