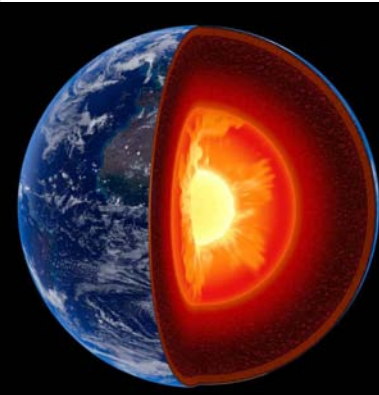




# Morcem<sup>®</sup> Geogrout

MORTERO TÉCNICO PARA GEOTERMIA





# prólogo

Desde el origen de los tiempos, el ser humano ha utilizado, tanto para su subsistencia como para la mejora de su calidad de vida, de manera consciente o indisciplinada, las distintas fuentes de energía y/o recursos que ofrece su hábitat.

El presente documento pretende aportar información acerca de una de las más florecientes tecnologías asociadas directamente al bienestar, y a su vez compatible con las inquietudes de la generación que nos ha tocado vivir: **La climatización y producción de agua caliente mediante un sistema eficiente y respetuoso con el medio ambiente, es decir, La Geotermia.**

No es objeto, y por lo tanto no se recomienda, la utilización de este texto para registrar una información específica que alcance al diseño, instalación y/o mantenimiento de instalaciones de este tipo.

A diferencia, se ha enfocado su objetivo hacia el conocimiento, justificación y comprensión de las principales ventajas que este tipo de sistemas ofrece, aprovechando para apuntar aquellas especificaciones que, desde la experiencia de quien escribe, han de tenerse en cuenta en las distintas etapas de diseño o instalación.

En cualquier caso, se recomienda encomendar los trabajos relacionados con este tipo de sistemas a personal específicamente cualificado y especializado en los distintos campos que se integran en este tipo de labores, con experiencia contrastable y con la capacidad de particularización que cada aplicación exige en virtud de sus requerimientos y posibilidades.

Por último, quisiera aprovechar estas líneas para agradecer a GRUPO PUMA su inquietud en Investigar, Desarrollar e Innovar materiales que nos permitan mantenernos en la cima de las últimas tecnologías de este sector a partir de la observancia, colaboración mutua y contraste 'a pie de obra', como es el caso de Morcem® Geogrout; una solución optimizada, y particularizada para este tipo de aplicación cuyo objeto es mantener y permitir el control sobre las premisas originales de diseño en el estado final de la instalación, garantizando sobre todo la continuidad térmica entre los emisores/receptores térmicos que interactúan con el subsuelo y la no alteración del medio natural mas allá de la propia instalación.

*Antonio Serrano Lorenzo-Arroyo*  
*Ingeniero Técnico Industrial*





# Índice

Prólogo	3
Un poco de Historia	6
· ¿Qué es la Energía Geotérmica?	7
· ¿Tipos de aplicaciones de la Energía Geotérmica?	8
· Climatización Geotérmica	10
· Nociones básicas sobre climatización	10
· Climatización y producción de calor mediante Geotermia	16
· Ventajas e Inconvenientes de la Climatización Geotérmica	20
· Etapas de ejecución para climatización Geotérmica	21
· Diseño de captación geotérmica cerrada	21
· Realización de las perforaciones o excavaciones para captación geotérmica cerrada	22
· Introducción de las sondas geotérmicas en el sondeo	22
· Relleno del espacio anular de la perforación: Morcem®GeogROUT	23
ANEXO I: FICHA TÉCNICA Morcem®GeogROUT	26
ANEXO II: TABLA DE SATURACIÓN REFRIGERANTE COMERCIAL R-407-C	27
ANEXO III: OBRAS REALIZADAS CON Morcem®GeogROUT	28

**GEOTERMIA**  
El calor de la madre tierra

## Un poco de Historia

Recientemente, como consecuencia de una creciente concienciación activa acerca de la sostenibilidad de nuestro medio ambiente, la humanidad ha protagonizado un aumento considerable en la difusión acerca del uso de distintas formas de energía renovable, y entre estas, de las distintas aplicaciones de la energía geotérmica. Sin embargo, ya desde antiguo, son numerosas las aplicaciones en las que el hombre ha utilizado las reservas naturales de energía que se encuentran en el seno de nuestro planeta.

En efecto, gracias a la presencia de volcanes, fuentes termales y otros fenómenos similares, el hombre antiguo llegó a suponer que el interior de la tierra poseía altas temperaturas, o con una definición más actual, energía. Sin embargo, el uso de la energía geotérmica fue previo a la comprensión de ella; como ejemplo de esto, hace ya más de 100 siglos desde que los nativos de la actual Norteamérica usaban las aguas termales para cocinar alimentos.

Otro importante ejemplo de la escala de este tipo de energía podemos encontrarlo en las antiguas civilizaciones griegas y romanas. En efecto, ambas culturas han dejado numerosos ejemplos de la aplicación de la energía geotérmica; calefacción urbana, termas y baños públicos... que en todos los casos alcanzaron en su momento cotas importantes de importancia social. Véase por ejemplo las termas romanas, algunas de las cuales contaban con aforos de varios miles de personas.

La aplicación tecnológica de la energía geotérmica también ha experimentado una abultada progresión a partir de su estudio y conocimiento. Algunos ejemplos cronológicos de este desarrollo se relacionan a continuación:



Manifestación natural de energía geotérmica (Géiser) en Islandia.



Reconstrucción modelo de las antiguas termas de Caracalla construidas entre 212 y 217 d.C en Roma.

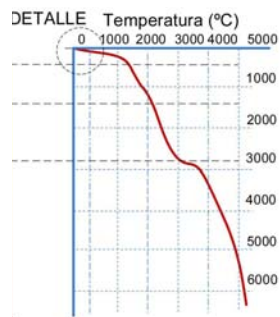
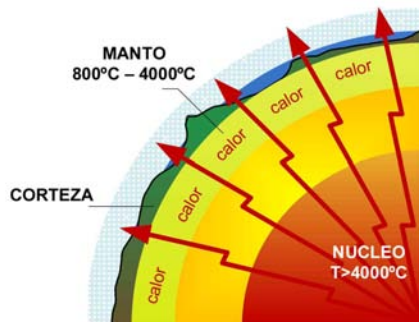
- En el siglo XIV ya se desarrolla la primera calefacción de distrito geotérmica (instalación que produce el calor y se canaliza por sus calles para que llegue a todos los hogares de una ciudad o barrio, al igual que el agua o el gas.), situada en Chaudes-Aigues, en la región de Auvernia.
- A partir de 1827 se aplica la geotermia en procesos industriales. En efecto, el vapor del Géiser fue utilizado para extraer ácido bórico del volcán de lodo en Larderello, Italia. Años después, el gobierno italiano impulsa la construcción en el lugar de la primera central eléctrica geotérmica con 250 kW de potencia en generación, que vino a sustituir el uso del carbón para la producción de electricidad.

En la actualidad, convertida ENEL GREEN POWER S.A opera 34 plantas de energía geotérmica en la zona de Toscana, con una capacidad neta de 722 MW, es decir en torno al 25% de la potencia necesaria consumida en toda la región, lo que significa que suministra energía a 2 millones de hogares y, lo que es mejor, con ello ahorra el equivalente a 1,1 millones de toneladas de petróleo, y 3,8 millones de toneladas de CO2 dejan de ser enviadas a la atmósfera, ayudando al país a cumplir con la reducción de los gases de efecto invernadero establecida por las Naciones Unidas.

- Es en 1892 cuando comenzó a funcionar la primera calefacción geotérmica de distrito en Estados Unidos, concretamente en el estado de Idaho.
- Ya en 1928, Islandia comienza a promover el empleo de recursos geotérmicos para la calefacción de viviendas.

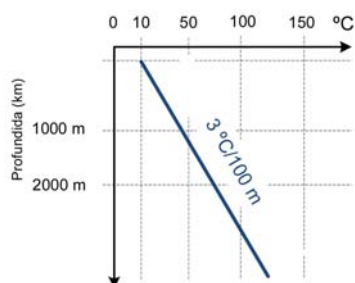
## ¿Qué es la Energía Geotérmica?

Por definición, la energía geotérmica es aquella que proviene del calor existente en el interior de la Tierra; como es sabido, este calor fluye desde el centro del planeta hasta el exterior. Este fenómeno se manifiesta a través de lo que se conoce como **gradiente geotérmico**, esto es un aumento de temperatura con la profundidad en el subsuelo terrestre.



Gradiente Geotérmico típico en el subsuelo terrestre.

Cómo se puede apreciar en la figura anterior, el gradiente geotérmico, incluso en valores típicos, no es un valor constante, variando para distintos rangos de profundidad. Incluso existen determinadas anomalías naturales (fisuras, geisers...), en las que la alta temperatura interior puede percibirse en forma de magma o roca fundida que aflora a través de los volcanes, y/o también en otros fenómenos naturales conocidos como son manantiales y aguas termales, fumarolas ...



Detalle de Gradiente Geotérmico típico en los primeros kilómetros de profundidad.

Un valor promedio del gradiente típico es de 30 °C/Km hasta una profundidad que ronda los 1000 km, siendo diferente a partir de este punto. En cualquier caso, el valor y la evolución del gradiente geotérmico va a depender de las características físicas del material, propias de cada zona del interior del planeta, o dicho de otro modo, de las condiciones geológicas locales, por ejemplo relación presión - temperatura, composición química y reacciones que producen, existencia de material radiactivo, presencia de movimientos convectivos y rozamientos, etcétera. En efecto, en determinadas zonas se han llegado a medir **gradientes anómalos de hasta 200 °C/km.**

Este calor puede ser usado por el hombre como recurso energético en distintos niveles. En definitiva, la utilización del gradiente geotérmico como fuente de energía es una de las posibles soluciones a los problemas energéticos actuales que ya se está aplicando en muchos países desarrollados.

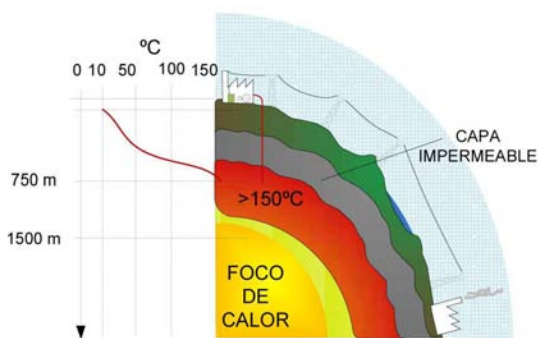


¿Qué es?



**Tipos de aplicaciones de la Energía Geotérmica**

En función del valor del Gradiente Geotérmico, algunos autores suelen referirse a distintos tipos de Energía Geotérmica. Sin embargo, esta clasificación hace referencia a las distintas posibilidades de explotación que un recurso energético puede ofrecernos a partir de los niveles energéticos que este alberga. En virtud de estos niveles, es habitual clasificar los yacimientos de energía geotérmica en las siguientes denominaciones:



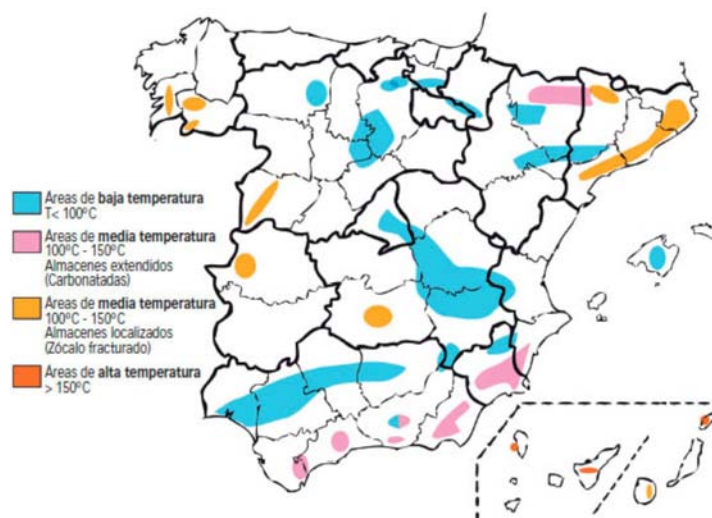
Aplicación de generación de electricidad en yacimiento de alta.

• **Yacimientos de alta entalpía:** el foco de calor permite que el fluido se encuentre en condiciones de presión y temperatura suficiente para producir energía eléctrica mediante ciclos de origen vapor y de manera rentable; generalmente se encuentran en zonas con gradientes geotérmicos anormales en los que es posible obtener o calentar fluido a más de 150 °C. Se localizan en zonas de escaso espesor litosférico o anomalías tectónicas (subducción, vulcanismo...).

• **Yacimientos de media entalpía:** en este tipo de yacimientos, la temperatura del fluido (entre 100 y 150°C) aun permite la generación de electricidad mediante ciclos binarios combinados que en general presentan menor rendimiento que los anteriores. Se encuentran en zonas con un contexto geológico y estructural favorable y un gradiente superior al normal aunque por debajo de los gradientes atípicos de yacimientos de alta. Otra aplicación de este tipo de yacimiento es la calefacción de distrito con uso directo (sin bomba de calor) y determinados procesos industriales (refrigeración por absorción con ciclo BrLi...)

• **Yacimientos de baja entalpía:** con temperaturas de entre 30 y 100°C y Gradientes térmicos cuasi normales, este tipo de yacimientos es habitualmente usado para calentamiento de distrito con uso directo (sin bomba de calor) y aplicaciones industriales y agrícolas particulares (cultivo de setas, secado de productos agrícolas y maderas...).

• **Yacimientos de muy baja entalpía:** En los casos en los que el flujo de calor no es almacenado bajo capas impermeables se produce una estabilidad térmica en el subsuelo que, con Gradientes Geotérmicos normales, da lugar a temperaturas moderadas en los primeros 250 metros (inferior a 30°C). Este tipo de yacimientos pueden hallarse en cualquier lugar, y su aprovechamiento, en los que se centra este documento, consiste principalmente en la refrigeración y producción de agua caliente mediante bomba de calor, con la posibilidad de reversibilidad. Como se verá más adelante, el gradiente geotérmico solo condiciona la eficiencia del sistema.



Distribución de yacimientos registrados a nivel nacional.  
Fuente: Instituto Geológico y Minero de España.



“...desde el origen de los tiempos nuestra madre naturaleza ha cuidado de nosotros, proporcionándonos calor desde lo más profundo de su seno, el calor de la madre tierra...”

**Climatización Geotérmica**

**Nociones básicas sobre climatización**

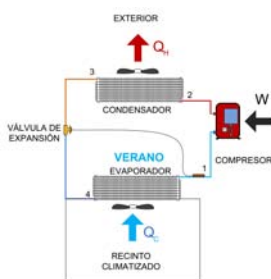
Como es sabido, una bomba de calor es una máquina térmica que permite transferir **energía en forma de calor** desde un ambiente frío hasta otro más caliente **con aporte de trabajo o energía externa**<sup>1</sup>. Este fenómeno de transferencia de energía calorífica se realiza mayoritariamente por medio de un sistema de refrigeración por compresión mecánica. Las siguientes figuras indican de manera resumida el objetivo de la bomba de calor en los distintos regímenes:

Durante el funcionamiento en INVIERNO, el sistema toma calor del foco frío o ambiente exterior (QC) y lo transporta (a partir de un fluido caloportador agua, gas refrigerante...) hasta el foco caliente o recinto climatizado (QH) o hacia el elemento consumidor de calor (por ejemplo, depósito de agua caliente, suelo radiante<sup>2</sup>). Para realizar esta transferencia se utiliza energía exterior (electricidad, diesel, propano...) aportada para el funcionamiento del propio compresor mecánico (W).



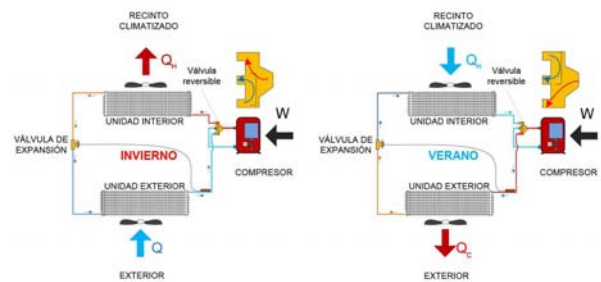
Esquema básico de sistema de climatización convencional en régimen invernal.

Durante el funcionamiento en VERANO, el sistema extrae calor del recinto climatizado o foco frío (QC) y lo transporta (a partir de un fluido caloportador) hasta el exterior o foco caliente (QH) o, en caso de necesidad, hacia un elemento deficitario de calor en este régimen. Una vez más, para realizar esta transferencia se utiliza energía exterior (electricidad, diesel, propano...) aportada para el funcionamiento del compresor mecánico.



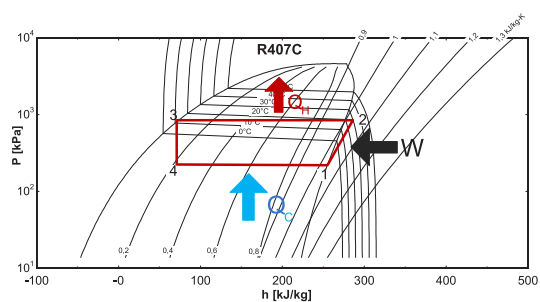
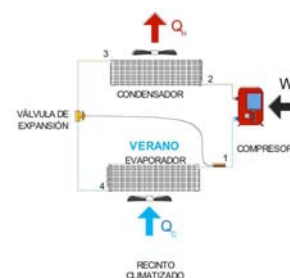
Esquema básico de sistema de climatización convencional en modo verano.

Esta es la explicación de la existencia de dos unidades diferentes (unidad interior y exterior) en los sistemas habituales de climatización. Obviamente, carecería de sentido práctico intercambiar la ubicación de las unidades interiores y exteriores para cada uno de los regímenes estacionales. Es por esto último que los sistemas habituales se completan a partir de la instalación de una válvula de reversible o inversora que controla el sentido del fluido caloportador en cada uno de los regímenes. Este elemento confiere al sistema la característica de reversibilidad.



Inversión del ciclo mediante válvula inversora o cuatro vías. Modo de funcionamiento en régimen invierno y en régimen verano.

Para comprender completamente las ventajas que ofrece los sistemas geotérmicos para esta aplicación, es necesario un previo conocimiento básico de los distintos procesos que tienen lugar en el ciclo de refrigerante. En la siguiente figura podemos observar el ciclo que sufre un gas refrigerante de tipo comercial R-407C, apto para aplicaciones de climatización.



Ciclo de refrigeración en modo verano. Ciclo de refrigerante.

<sup>1</sup>) De manera natural, sin aporte de energía externa y de acuerdo con la Segunda Ley de la Termodinámica, el calor fluye desde el foco de mayor temperatura hasta el foco de menor temperatura, al contrario que el proceso realizado por la bomba de calor. <sup>2</sup>) Obviamente, en estos casos el fluido caloportador secundario al que se le transfiere el calor sería agua con mezcla de anticongelante u otro fluido de transferencia.

**Climatización Geotérmica**

**Procesos del gas refrigerante**

En el diagrama P-h (presión versus entalpía<sup>3</sup>) de la derecha (ciclo frigorífico ideal) podemos observar los distintos procesos que experimenta el gas refrigerante:

• **Proceso 1-2 Compresión:**

En esta etapa el gas refrigerante en estado de vapor saturado es sometido a una compresión mecánica teóricamente adiabática o isoentrópica (sin aporte de calor). Este proceso se realiza a partir de la aplicación de energía exterior (electricidad, diesel ...).

La presión y temperatura del refrigerante se eleva hasta valores aptos para el intercambio con el medio exterior<sup>4</sup>. Efectivamente, a mayor temperatura de condensación del fluido le corresponde mayor presión de saturación (obsérvese tabla anexo I).

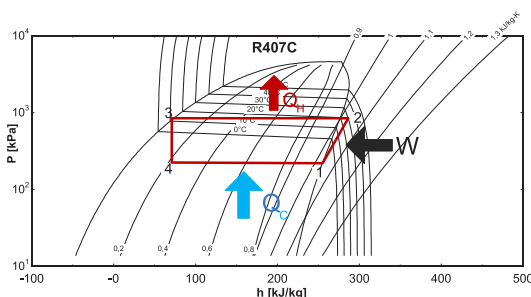
Si por ejemplo es necesario intercambiar con un medio exterior a una temperatura de 50°C será necesaria una condensación de refrigerante a 55°C para permitir la transferencia natural del calor hacia el medio (segunda ley de la termodinámica).

En este refrigerante, esta temperatura supone elevar la presión del gas hasta unos 2200 kPa. **La energía necesaria para la compresión es proporcional a la longitud del segmento 1-2. En efecto, cuanto menor es esta longitud, menor es la energía externa necesaria y por ende la potencia nominal útil del motor.**

• **Proceso 2-3 (Condensación):**

Durante este proceso, el gas refrigerante en estado vapor entra en el intercambiador de calor llamado condensador, sufriendo un cambio de estado de gas a líquido (condensación).

En el intercambio gas libera calor latente (no se modifica su temperatura durante el cambio de estado) hacia el exterior disminuyendo su nivel energético. **El calor emitido al foco caliente puede medirse a partir de la longitud del segmento 2-3.**



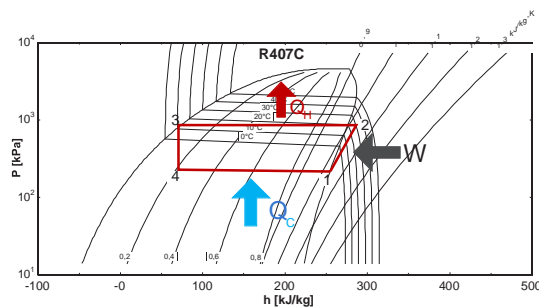
Ciclo de refrigerante. Trabajo de compresión 1-2 y condensación 2-3.

• **Proceso 3-4 (Expansión):**

Durante este proceso, el gas refrigerante sufre un estrangulamiento que disminuye su presión de manera drástica. El proceso es teóricamente isoentrópico, es decir, a la salida de la válvula de expansión o elemento de estrangulación obtenemos una mezcla de gas y líquido refrigerante con el mismo nivel energético que poseía a la entrada.

• **Proceso 4-1 (Evaporación):**

Como último proceso del refrigerante, este experimenta nuevamente su evaporación, esto es; la mezcla de gas y líquido entran en un intercambiador llamado evaporador en el que ocurre, a la presión correspondiente, un cambio de estado. Durante el proceso se extrae calor latente del foco en el que se encuentra el intercambiador. **La cantidad de energía extraída en el proceso puede medirse proporcionalmente a la longitud del segmento 4-1.**



Ciclo de refrigerante. Trabajo de compresión 3-4 y condensación 4-1.

Los parámetros habituales para medir la eficiencia de una bomba de calor en cada uno de los regímenes estacionales son dos:

**1. COP: 'Coefficient Of Performance' o coeficiente de desarrollo, usado para el modo calefacción:**

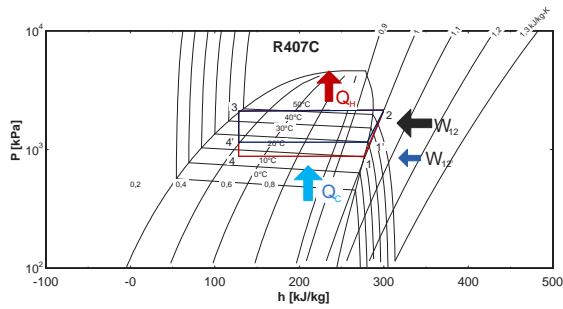
Es la relación entre el calor aportado al foco caliente o estancia (QH) y el trabajo aportado desde el exterior. Es decir, este parámetro es proporcional al cociente entre las longitudes de los segmentos de condensación y compresión. Por ejemplo, en una bomba de calor accionada con energía eléctrica, un COP de 3,5 kW/kW indica que el sistema genera 3,5 kW de calor por cada unidad de kW eléctrico consumido.

Del concepto indicado puede deducirse que, a igualdad de temperatura en el recinto, cuanto más alta sea la temperatura del medio exterior (foco frío) desde el que se pretende absorber el calor, **mayor será el rendimiento o COP y, consecuentemente, menor será la energía exterior necesaria.**

3) Se define la entalpía como la suma de la energía interna y la energía de presión de un fluido.  
4) Obviamente, en compromiso con lo indicado por la Segunda Ley de la Termodinámica, para que de manera natural ocurra intercambio entre un medio A y otro B debe haber una diferencia de temperatura entre ellos, fluyendo la energía hacia el medio con menor temperatura.

**Climatización Geotérmica**

**Procesos del gas refrigerante**



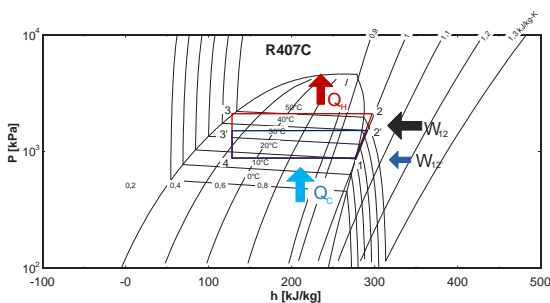
Ciclo de refrigerante. Disminución de trabajo de compresión mediante disminución en temperatura de calefacción.

Efectivamente, obsérvese como el segmento 1-2, correspondiente a una temperatura de evaporación más alta, es ahora menor que el caso 1-2 sin embargo, la transferencia de calor 2-3 sigue siendo la misma.

**En sentido puramente lógico este hecho es totalmente coherente: en efecto, a medida que la temperatura del foco frío aumenta (hace menos frío en el exterior), la transferencia de calor hacia el foco caliente es más sencilla y económica (es más barato el calentamiento del recinto<sup>5</sup>).**

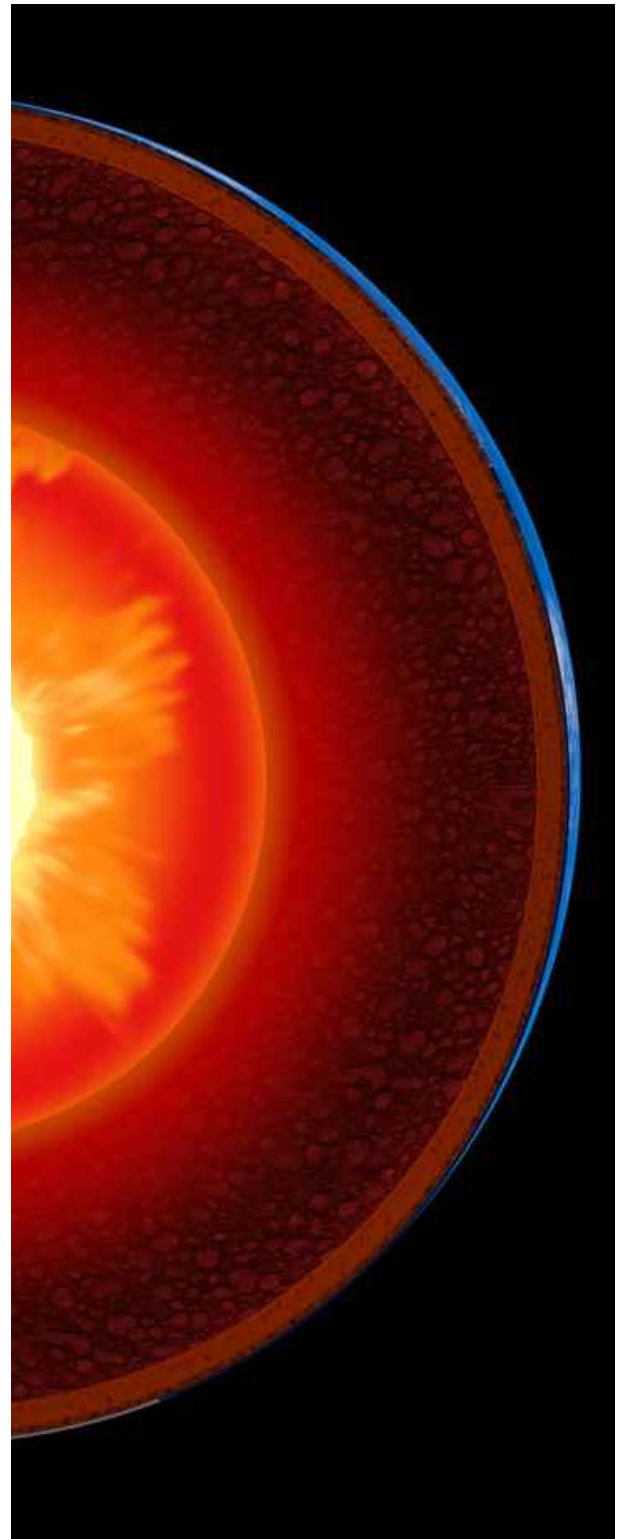
**2. EER 'Energy Efficiency Ratio' o ratio de eficiencia energética, usado para el modo refrigeración:**

Es la relación entre el calor extraído desde el foco frío o recinto climatizado (QC) y el trabajo aportado desde el exterior. Por ejemplo, en una bomba de calor accionada con energía eléctrica, un EER de 3,5 kW/kW indica que el sistema extrae 3,5 kW de calor por cada unidad de kW eléctrico consumido. Una vez más, este valor depende de las temperaturas de intercambio entre los focos caliente y frío.



Ciclo de refrigerante. Disminución de trabajo de compresión mediante disminución en temperatura de condensación.

**En efecto, si la temperatura del foco caliente sobre el que se emite calor disminuye, el EER aumenta mientras que el trabajo necesario disminuye.**



5) Debe destacarse que aunque cierto tipo de demandas caloríficas del recinto también son proporcionales a la temperatura exterior (ventilación, temperatura del terreno...), el aumento de eficiencia en el ciclo es un concepto independiente a la variación de esta demanda.



**“a partir de determinadas profundidades, las condiciones térmicas del subsuelo son independientes al ambiente exterior”**









Instalación de climatización geotérmica en vivienda unifamiliar



**Climatización y producción de calor mediante Geotermia**

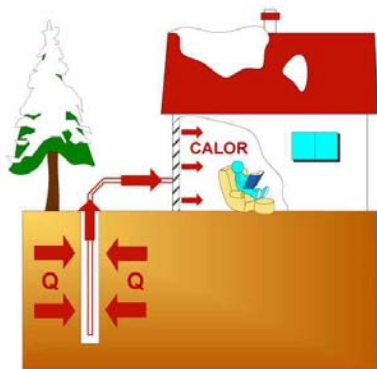
Denominamos con este nombre a aquellas aplicaciones que aprovechan yacimientos **geotérmicos de muy baja entalpía** para, a partir de una bomba de calor, obtener un sistema estable y eficiente de refrigeración, calefacción y producción de Agua Caliente Sanitaria.

La principal diferencia **en este tipo de climatización es el ambiente exterior utilizado para el intercambio, que es precisamente el subsuelo o las aguas subterráneas**. La gran ventaja que ofrecen este tipo de sistemas se basa en las moderadas temperaturas que existen en el medio exterior de intercambio durante todo el año, independientemente de la temperatura exterior. De esta forma, tal y como se desarrolla en el punto anterior es posible obtener sistemas de climatización con una eficiencia optimizada.

Básicamente podemos resumir el efecto geotérmico como un intercambio en el que la energía pasa del subsuelo al recinto de interés o viceversa; **en INVIERNO, el subsuelo aporta calor al recinto a calefactar o elemento receptor. En VERANO, el calor de la estancia es evacuado hacia el subsuelo.**



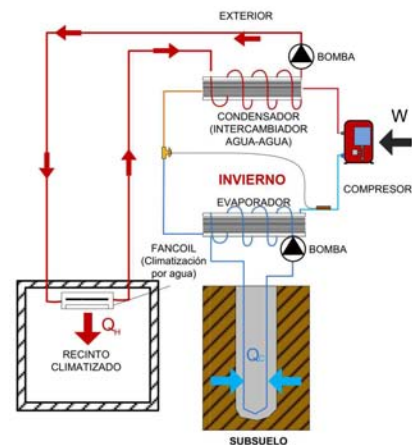
A partir de determinada profundidad, las condiciones térmicas del subsuelo son independientes al ambiente exterior.



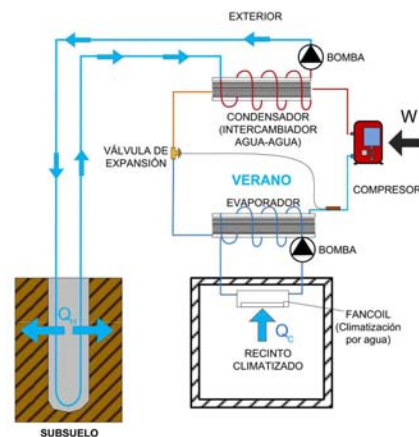
Intercambio de calor entre un edificio y el subsuelo en régimen invernal.



Intercambio de calor entre un edificio y el subsuelo en régimen estival.



Esquema básico de una unidad geotérmica.





## Climatización y producción de calor mediante Geotermia

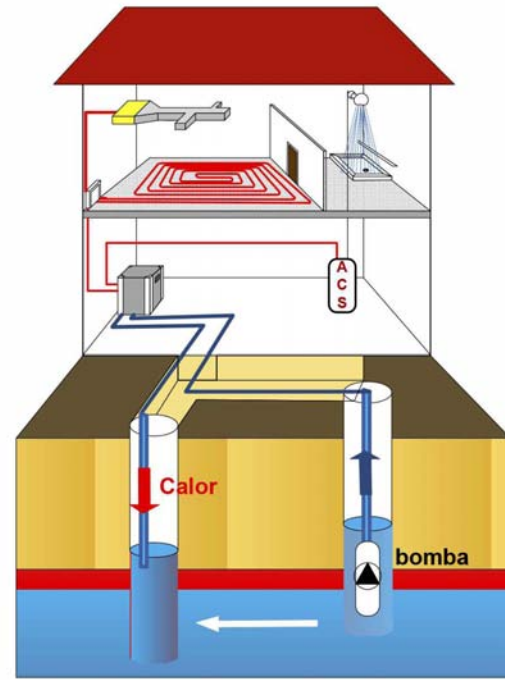
En la actualidad existen diversas tipologías de instalación o tecnologías para el intercambio de energía térmica con el subsuelo:

### • Instalación Geotérmica con captación abierta (acuífero somero)

Esta tipología aprovecha la existencia de una fuente natural de agua abundante. En estos casos si la calidad, cantidad y disposición del agua lo permiten, es posible el intercambio térmico directo con el mismo.

Aunque existen diversas subtipologías para estos sistemas, en cualquier caso son necesarias dos zonas bien diferenciadas:

- Foco/s de extracción o punto/s desde el cual se extrae el agua que realiza la caloportación hasta la unidad bomba de calor.
- Foco/s de inyección o punto/s al cual se devuelve el fluido una vez absorbido o cedido el calor de la carga térmica. En cualquier caso cualquiera de los focos podrán ser directos (ríos, manantiales, lagos...) o canalizados o pozos.



Esquema de captación en acuífero somero.

### • Instalación Geotérmica mediante cimientos termoactivados

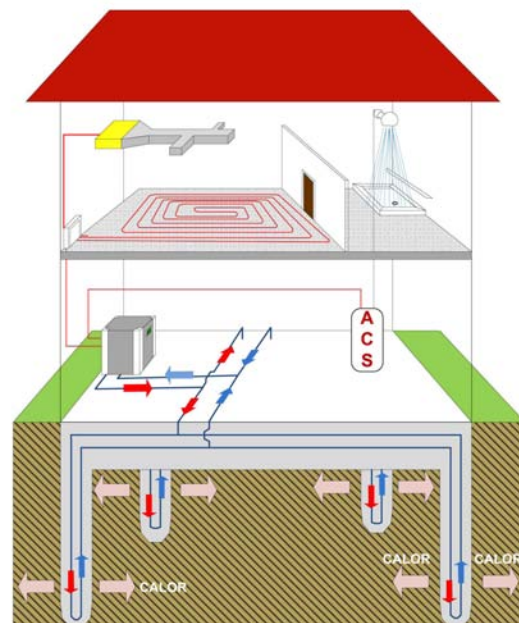
Tratándose de otra de las tecnologías de captación de energía geotérmica, consiste en el aprovechamiento de la estructura portante de un edificio para realizar simultáneamente el intercambio de energía térmica con el subsuelo.

Esta opción es generalmente utilizada para climatizar y producir Agua Caliente en edificios con dimensiones relativamente elevadas.

Dentro de esta tipología de captación geotérmica existen diversos submétodos aplicables; pilotes, pantallas subterráneas, muros de contención o losas ... fabricados en cualquier caso con hormigón armado que, además de transferir las cargas mecánicas del edificio a la base de apoyo, propician el intercambio de calor entre el subsuelo y el edificio.

Por ejemplo, en el caso de pilotes geotérmicos, los pilotes tradicionales son sustituidos por pilotes geotérmicos, en los que la base de hormigón armado es completada con la introducción de sondas geotérmicas<sup>6</sup> o canalizaciones de fluido caloportador en forma de 'U'.

Una vez más estas canalizaciones pueden ser de PVC, Propileno o Polietileno de alta densidad.



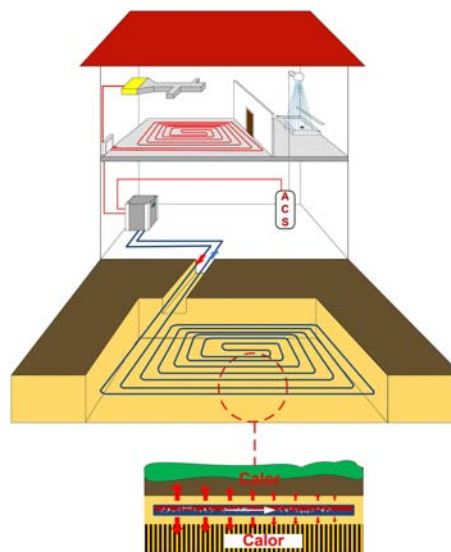
Esquema de captación mediante pilotes geotérmicos.

6) Se define 'Sonda Geotérmica' como cualquier transmisor/receptor vertical de energía hacia/desde el subsuelo, compuesto por una canalización apta para su introducción en el subsuelo y que conforma un circuito cerrado junto con el sistema de intercambio de la Bomba de Calor.

**Climatización y producción de calor mediante Geotermia**

**• Instalación Térmica Geotérmica con captación cerrada horizontal:**

Esta tecnología para la captación y/o disipación de energía con el subsuelo consiste en la instalación de varios circuitos de tuberías que, enterrados a una profundidad moderada (generalmente entre 70 y 200 cm), actúan como intercambiadores de calor con el terreno. Una vez más, en el interior de estas canalizaciones, como fluido caloportador, circula en circuito cerrado una mezcla de agua y anticongelante. El principal inconveniente de este tipo de captación es la necesidad de un espacio amplio de terreno que además depende de las condiciones del habitáculo a acondicionar. En general es necesario disponer de un espacio despejado de aproximadamente 1,5 veces la superficie habitable a acondicionar. Si la demanda térmica es alta (aislamiento térmico insuficiente, densidades de ocupación elevadas ...), este ratio puede aumentar considerablemente, pudiendo llegar a requerir hasta 3 veces la superficie acondicionada.

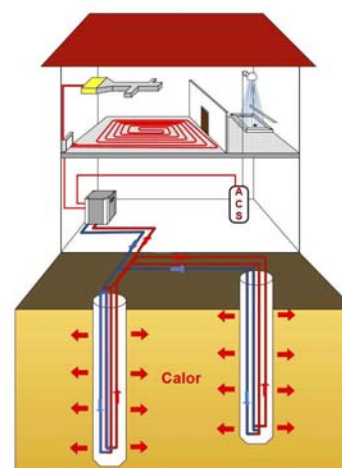


Esquema de captación cerrada horizontal.

**• Instalación Térmica Geotérmica con captación vertical:**

Siendo el tipo de instalación más utilizada, supone la única solución en aquellos casos en los que confluyen tres situaciones habituales:

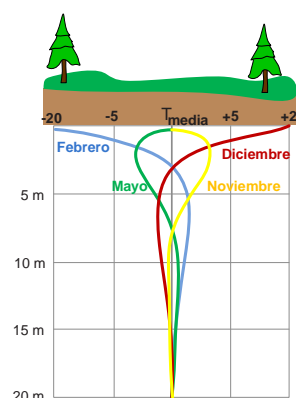
- Existen limitaciones en la superficie disponible (falta efectiva de terreno despejado, existencia de otras instalaciones en subsuelo...)
- No existen fuentes naturales de agua con acceso viable o **la normativa para su utilización es extremadamente estricta** como consecuencia de históricos de necesidad del recurso o conservación del medio.
- Las condiciones de demanda energética son relativamente elevadas, no siendo viable su cobertura mediante cualquiera de las otras tecnologías de captación.



Esquema de captación cerrada vertical.

En este caso, los colectores de calor son canalizaciones de fluido caloportador o **sondas geotérmicas** que, en posición vertical y circuito cerrado (forma de 'U'), son instaladas en el interior de uno o varios sondeos con diámetros reducidos (10÷25 cm), con profundidades que pueden alcanzar alrededor de 150 m. Una vez más, estas sondas están constituidas por material termoplástico, generalmente polietileno de alta densidad, en el interior de las cuales una mezcla de agua y anticongelante.

Este tipo de captación ofrece como principal ventaja una estabilidad demostrada en la temperatura del subsuelo. De manera genérica, a partir de los 10 metros de profundidad, esta se mantiene estable e independiente a los agentes externos (radiación, meteorología...) que puedan afectar en la superficie. El valor de temperatura alcanzado a esta profundidad, a falta de agentes anómalos, coincide con la temperatura media seca de localidad.



Curva de oscilación estacional del subsuelo. A partir de 10m la temperatura se mantiene constante e independiente al ambiente exterior.



“...se trata en la actualidad de una de las tecnologías más eficientes para climatización y/o producción de Agua Caliente Sanitaria, permitiendo consecuentemente altos ahorros económicos en el consumo de energía eléctrica.”



## Ventajas e Inconvenientes de la Climatización Geotérmica

Son muchas las ventajas que ofrece un sistema de climatización y/o producción de Agua Caliente Sanitaria mediante Geotermia. A saber:

- Se trata en la actualidad de la tecnología más eficiente para climatización y/o producción de Agua Caliente Sanitaria, permitiendo consecuentemente altos ahorros económicos en el consumo de energía eléctrica (en algunas aplicaciones es posible alcanzar hasta el 70% de ahorro).

- Evita la necesidad de placas solares, generalmente incompatibles con la estética de las construcciones. En efecto, la sección HE-4 del Real Decreto 314/2006, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE), establece el requisito de una contribución solar mínima en la producción del Agua Caliente Sanitaria) para edificios nuevos o rehabilitados, cuya cuantía depende de la zona climática, la demanda y el tipo de energía no renovable utilizada. Sin embargo, en esta sección también se establece que la energía solar térmica puede ser sustituida por otras fuentes de energía renovables, como es la **energía geotérmica**.

- Ofrece la máxima eficiencia en Climatización y generación de Agua Caliente Sanitaria, obteniéndose altas clasificaciones en los certificados de eficiencia energética de los edificios que la contienen.

- Permite una máxima integración arquitectónica al no necesitar de unidades exteriores visibles en fachadas, cubiertas técnicas o jardines de viviendas unifamiliares aisladas.

- Permite la máxima reducción de elementos en la instalación, centralizando en la misma unidad la producción de Agua Caliente Sanitaria y la Climatización. No son necesarias calderas auxiliares para el agua de consumo.

- Es compatible con la mayoría de sistemas de difusión para confort (suelo radiante, centralización mediante conductos, radiadores de baja temperatura, fancoil's murales de pared...).

- Se trata de una fuente de energía ilimitada y limpia: a escala humana el calor de la Tierra es ilimitado. Un uso racional permitirá la disposición de esta energía por parte de generaciones futuras. La energía geotermia también promueve la reducción efectiva en la emisión de gases de efecto invernadero al reducirse la utilización de energía primaria convencional y su producción. Este hecho también conlleva consecuencias económicas, reduciendo efectivamente el coste de explotación y la competitividad de las actividades que elijan este tipo de sistema ya que el precio de explotación de las energía fósiles aumentará con el agotamiento de los recursos y las restricciones ambientales.

- Esta energía renovable no depende de factores externos, contrariamente a la energía solar o a la eólica. Está disponible en cualquier momento del año independientemente del momento o el emplazamiento.

- Amplio abanico de uso: la energía geotérmica puede ser utilizada en aplicaciones domésticas, comerciales e incluso industriales.

El único inconveniente en este tipo de instalaciones es un mayor coste de inversión frente a sistemas convencionales. Sin embargo, en la actualidad existen incentivos y subvenciones estatales que ayudan a paliar este incremento, aunando así la instalación de este tipo de energía.

**En definitiva, son pocas las excusas que nos quedan para no aprovechar el calor de nuestra madre tierra.**





## Etapas de ejecución para climatización Geotérmica

En los siguientes párrafos se resumen las distintas etapas que componen la ejecución de una instalación geotérmica de tipo cerrada con captación vertical, destacando los principales aspectos prácticos y normativos a tener en cuenta. Se desarrolla esta tipología de captación geotérmica al considerar que en su ejecución se implementan casi todas las técnicas necesarias para cualquier otro tipo de captación. Se obvian las técnicas de instalación de la propia unidad de bomba de calor al no considerarse este el objetivo del presente documento. Se remite el lector a bibliografía especializada en caso de necesidad.

### Diseños de captación geotérmica cerrada

De manera genérica el diseño de un sistema de captación geotérmica consiste en determinar la longitud del intercambiador que, con cualquiera de las tecnologías de captación cerrada, habrán de instalarse en el subsuelo para conseguir el intercambio de energía necesario. En instalaciones de pequeña o mediana potencia (hasta 30 kW) el diseño del sistema de captación se realiza a partir de lo indicado en la directiva VDI 4640 ("Thermal use of the underground") part. 2, u otras guías contrastadas que generalmente se basan en aquella. En estas, los principales parámetros intervinientes del subsuelo suelen estar tabulados para los valores normalizados. El conocimiento de la composición del subsuelo en el que se pretende realizar la instalación permite diseñar el sistema mediante una serie de formulaciones que se suelen incluir en la guías.

Para potencias mayores, el criterio de diseño debe basarse en un ensayo previo en la zona conocido como TRT o 'Test de Respuesta Térmica'. Este consiste básicamente en la introducción de una cantidad de calor conocida en un sondeo piloto para obtener experimentalmente la respuesta y, con ello, los parámetros más importantes del subsuelo que van a intervenir en el diseño de la instalación.

Para el diseño son necesarios los siguientes datos, tomados como valor tabulado normal o, en algunos casos, como resultado del ensayo TRT:

- Conductividad térmica del subsuelo
- Capacidad térmica específica
- Acuíferos subterráneos
- Cantidad de humedad
- Número de horas de funcionamiento en invierno
- Número de horas de funcionamiento en verano
- Demanda térmica mínima simultánea en invierno
- Demanda térmica máxima simultánea en verano



- Coeficiente de desarrollo 'COP' medio de la unidad bomba de calor en las condiciones de diseño (temperaturas de agua en ida y retorno interior, temperaturas de agua en ida y retorno a sondeos).
- Ratio de Eficiencia 'EER' medio de la unidad bomba de calor en las condiciones de diseño (temperaturas de agua en ida y retorno interior, temperaturas de agua en ida y retorno a sondeos).

**De la formulación a partir de estos datos se obtiene como resultado la longitud de captación total necesaria para cada uno de los regímenes de funcionamiento (invierno, verano y/o generación ACS), así como la sección de los intercambiadores o sondas.**

## Etapas de ejecución para climatización Geotérmica

### Realización de las perforaciones o excavaciones para captación geotérmica cerrada

Una vez determinado el tipo de subsuelo y elementos naturales presentes (profundidad de acuíferos, niveles freáticos...), la profundidad, ubicación y el número de sondeos, la perforación se realizará por parte de una empresa especializada y debidamente registrada en la administración competente, que utilizará la tecnología más adecuada para cada tipo de terreno<sup>7</sup>.

Los diámetros de las perforaciones deben estar comprendidos entre 110 y 165 mm. En el caso de que las perforaciones no presenten consistencia durante el tiempo que dura la ejecución y pilotado, se debe encamisar o reforzar hasta la profundidad en que se obtenga estabilidad en la perforación.

Si esta camisa es plástica, por ejemplo PVC, debe ser extraída antes del pilotado del sondeo con el objeto de no crear pantalla aislante entre la sonda y el terreno. Si su extracción se prevé imposible será necesaria la introducción de encamisados metálicos.

Es importante destacar que, previo a la realización de cualquier trabajo de perforación geotérmica, es necesario la obtención de los permisos de la administraciones competentes y, en especial, la autorización por parte de Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo en su sección de minas.



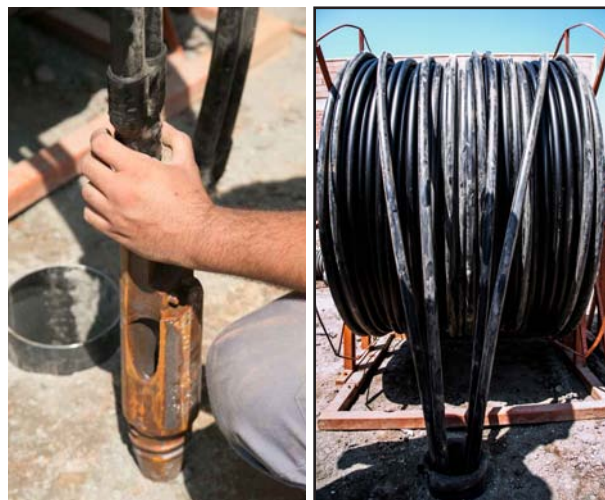
### Introducción a las sondas geotérmicas en el sondeo

Para la introducción de la sonda en la perforación, se recomienda la utilización de un desbobinador. En el extremo de la sonda que está siendo introducido debe colocarse un lastre para facilitar la instalación. En el caso de que exista presencia de agua en la perforación es aconsejable llenar la sonda de agua para evitar efectos de flotabilidad.

Si se pretende el relleno del sondeo mediante inyección, es necesario introducir una canalización de polietileno de alta densidad PE-100 con diámetro entre 20 y 25 mm simultáneamente a la introducción de la sonda. Con el objeto de mantener la distancia y el paralelismo entre las distintas canalizaciones que conforman la sonda, a la vez de asegurar la posición del tubo de inyección, es recomendable la instalación equidistante de varios distanciadores o elementos de posicionamiento.

Una vez introducida la sonda, y antes de la etapa de pilotado o relleno del sondeo, es primordial **la realización de una prueba de estanqueidad** a partir de un test de presión así como **comprobar la correcta circulación de fluido**.

Los extremos exteriores de las sondas deben protegerse de la entrada de cuerpos o partículas que pudieran colapsar e invalidar la canalización y/o perjudicar al sistema.



Desbobinador.  
Lastre en el extremo de la sonda.



Distanciadores.



## Etapas de ejecución para climatización Geotérmica

### Relleno de espacio anular de la perforación: Morcem® GeogROUT

El espacio anular entre la sonda y la pared de la perforación debe ser rellenado, garantizando así la ausencia de espacios huecos. Este proceso, aunque parezca obvio, **es determinante en el nivel de aprovechamiento de la energía renovable**. En efecto, es necesario garantizar una continuidad térmica entre la sonda y el subsuelo con el objeto de favorecer el intercambio.

El relleno del sondeo puede ser realizado mediante dos procedimientos:

- Inyección: este procedimiento consiste en el relleno de la perforación desde el fondo de la misma. Para ello se utiliza una bomba de inyección que, a partir de una canalización PE-100 instalada a través de los centros de los distanciadores, introduce el material de relleno desde abajo hacia arriba.

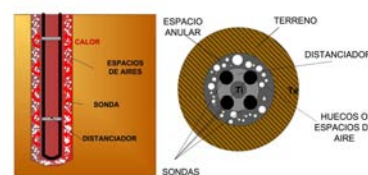


- Vertido por gravedad: mediante este procedimiento el material de relleno es vertido desde la superficie mediante una tolva canalizada a la boca de la perforación llegando al punto más profundo por efecto de gravedad. Para este método será necesario tener en cuenta la fluidez del material.



Es habitual, en los rellenos de perforaciones geotérmicas, la utilización de grava fina. Si bien esta solución puede ser válida en terrenos con humedad garantizada, **en terrenos secos o con niveles variantes de humedad la falta de compactación del relleno puede producir como se ha indicado huecos que actúan como aislantes, reduciendo importante y peligrosamente la conductividad térmica del espacio anular, disminuyendo consecuentemente la capacidad de absorción y/o disipación de la sonda.**

Además, en los rellenos mediante grava fina, la dilatación térmica de la sonda puede llegar a provocar redistribuciones del terreno del espacio anular y la aparición de cráteres en la zona de emboquillado. A su vez, el desprendimiento de grava provocado puede producir la introducción de gérmenes y bacterias en los acuíferos y la consecuencia contaminación de aguas subterráneas. Es importante tener en cuenta estos hechos ya que, frente a la Administración competente, **todos los agentes intervinientes en la instalación y, en primera instancia, el propietario de la misma, son responsables de los daños que la instalación pueda producir en el subsuelo y sobre los recursos naturales presentes en la zona.**



Esquema con gravas

Desde el punto de vista del sistema, la consecuencia directa de estos espacios de aire en el anillo es la **pérdida de eficiencia de la instalación**, pudiendo llegar incluso a producir **la inestabilidad en el sistema y el colapso en la bomba de calor**. Efectivamente, como se desarrolla en el apartado de climatización, la imposibilidad de intercambio con el terreno produciría un consecuente aumento en la temperatura de la unidad y en la presión de condensación necesaria (régimen verano) o un enfriamiento excesivo del agua en el régimen invernal. **'In extremis' la unidad puede sobrepasar los límites de diseño, produciéndose la actuación de los elementos de seguridad contra alta presión o el elemento de seguridad antihielo, provocando finalmente el colapso del sistema.**

Es necesario destacar que estos fenómenos pudieran aparecer **en tiempo posteriores a la puesta en funcionamiento** como consecuencia de un secado en el subsuelo circundante o el desprendimiento interanular.

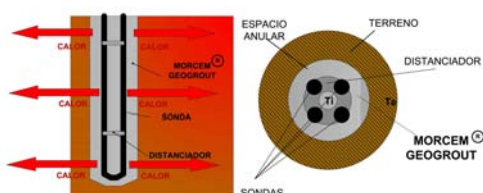
**Etapas de ejecución para climatización Geotérmica**



Para corregir este problema es altamente recomendable la utilización de Morcem®Geogrout para el relleno del espacio anular en los sondeos geotérmicos. Morcem®Geogrout es un mortero especial de alta conductividad ideal para el bombeo, inyección y relleno de perforaciones de sondeos geotérmicos.

**Su conductividad es superior a muchos de los valores tipificados más habituales de entre los**

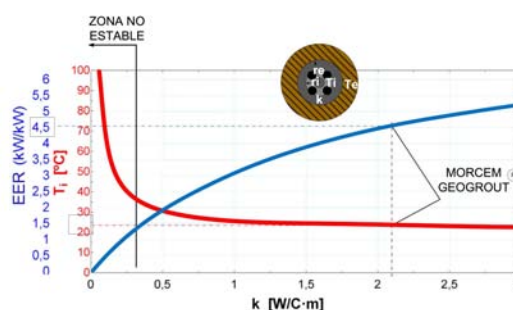
**subsuelos** caracterizados por la guía “Guía técnica de diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica” editada por IDAE (Valores de conductividad y capacidad térmica para distintos tipos de materiales tomados de Paud, D. Geothermal energy and heat storage. 2002), igualando el valor típicos de subsuelos con alto contenido en margas, esquistos arcillosos ...



Esquema con Morcem®Geogrout

Como se puede observar en la curva teórica de transmisión ilustrada en la figura anterior, en el E.E.R. de trabajo de un sondeo relleno con Morcem®Geogrout, se obtienen puntos de trabajo de alta eficiencia (COP en torno a 4,5). En efecto, para un intercambio estimado de 60 W/m, con una temperatura del terreno de 18°C se puede observar que la temperatura de emisión

necesaria para producir el ratio de intercambio es de unos 23°C. Por otro lado, también se observa en la figura anterior que para bajas conductividades, la temperatura de impulsión y con ello la presión de condensación se elevaría a valores de inestabilidad del sistema.



Por otro lado, sus características de alta fluidez y cohesión permiten su introducción por inyección o vertido por gravedad, **consiguiendo así un excelente sellado y garantizando la continuidad exenta de huecos de aire entre la sonda y las paredes de la perforación.**

Otras de las características de este material que lo confieren como solución ideal para aplicaciones geotérmicas son:

- Alta resistencia a las sales.
- No segrega
- No exuda
- Bajo contenido en sales solubles
- Elevada resistencia mecánica.

Con Morcem®Geogrout, Grupo Puma propone un avance real hacia un futuro de instalaciones geotérmicas más eficientes, seguras y completas durante toda su vida útil.

Aspecto	Polvo GRIS
Agua de amasado	37 - 42%
Densidad del producto amasado	1700 ± 200 kg/m <sup>3</sup>
Resistencia a compresión	> 10 N/mm <sup>2</sup>
Fluidez cono (sección 4 mm)	< 200 sg
Exudación	Exento
Resistencia a los sulfatos (90 días disolución Na So al 5%)	Sin pérdida
Rendimiento	1300 kg/m <sup>3</sup>
Conductividad Térmica	2.1 W/m.k

Etapas de ejecución



“el calor  
de la madre tierra”

## ANEXO I

### Ficha Técnica Morcem®GeogROUT

#### Producto

Mortero de alta conductividad para bombeo, inyección y relleno en intercambiadores térmicos de instalaciones geotérmicas.

#### Composición

Producto de ligantes hidráulicos, cargas minerales micronizadas, margas naturales y otros aditivos.

#### Características y aplicaciones

- Mezcla altamente fluida y cohesiva.
- Alta resistencia a las sales.
- Exento de segregación y exudación.
- Bajo contenido en sales solubles
- Elevada resistencia mecánica.
- Excelente sellado manteniendo la continuidad entre la sonda y las paredes de la perforación.



#### Soportes

- El soporte debe estar limpio, firme, rugoso y libre de aceites, grasas, pinturas, restos de aceites desenfocantes, polvo, etc.
- Las superficies deben ser estructuralmente sólidas.
- El soporte debe humedecerse para controlar la succión y prevenir una pérdida súbita de agua, pero sin que quede charcos en la superficie.
- Deberá tener una temperatura mínima de +5°C y máxima de +30°C.

#### Modo de empleo

- Realizar las perforaciones en el terreno e instalar las sondas.
- Relleno del espacio anular interior entre las sondas y las paredes interiores de la perforación con el mortero amasado mediante bomba equipada con sistema de mezcla adecuado y control de presión.
- Amasar mecánicamente con el agua indicada (5.5-6.3 l por saco) hasta obtener una consistencia fluida añadiendo gradualmente el producto en polvo sobre una parte del agua prevista.
- Si es necesario se puede reducir el agua de amasado aumentando la viscosidad de fluido para situaciones donde existan terrenos muy permeables, arenas gruesas o cavidades. Los equipos de inyección pueden encontrarse limitados en estas situaciones por las presiones de trabajo necesarias.

#### Precauciones y recomendaciones

- No recuperar el producto amasado en mezclas anteriores.
- No aplicar por debajo de 5°C ni por encima de 30°C.
- No aplicar con riesgo de heladas.

#### Presentación

Sacos de 15 Kg de papel plastificado.

Almacenamiento hasta 1 año en su envase original cerrado, al abrigo de la intemperie y la humedad.

#### Nota

Las instrucciones de forma de uso se hacen según nuestros ensayos y conocimientos y no suponen compromiso. No liberan al consumidor del examen y verificación de los productos para su correcta utilización. La responsabilidad de la empresa se limitará al valor de la mercancía usada.

ANEXO II

Tabla de saturación refrigerante comercial R-407-C

TABLA DE SATURACIÓN EXTINFRISA R-407C									
T (°C)	LÍQUIDO SATURADO				VAPOR SATURADO				Calor de Vaporización (kJ/kg)
	P. burbuja (bar)	Densidad (kg/m3)	Entalpía (kJ/kg)	Entropía (kJ/kg.K)	P. rocío (bar)	Densidad (kg/m3)	Entalpía (kJ/kg)	Entropía (kJ/kg.K)	
-70	0,237	1455,813	112,7	0,635	0,143	0,734	371,9	1,935	259,2
-65	0,322	1442,023	118,5	0,662	0,199	1,000	375,2	1,919	256,7
-60	0,431	1428,022	124,2	0,690	0,273	1,342	378,4	1,904	254,2
-55	0,567	1413,796	130,1	0,717	0,369	1,777	381,6	1,890	251,6
-50	0,735	1399,335	136,0	0,743	0,492	2,322	384,9	1,878	248,9
-45	0,939	1384,623	141,9	0,770	0,646	2,997	388,1	1,866	246,2
-40	1,187	1369,646	148,0	0,796	0,838	3,822	391,3	1,856	243,3
-35	1,483	1354,386	154,1	0,822	1,074	4,821	394,5	1,846	240,4
-30	1,833	1338,825	160,4	0,848	1,361	6,017	397,7	1,837	237,3
-25	2,246	1322,942	166,7	0,873	1,704	7,437	400,8	1,829	234,2
-20	2,728	1306,713	173,1	0,899	2,112	9,108	403,9	1,822	230,8
-15	3,288	1290,112	179,6	0,924	2,593	11,061	407,0	1,815	227,3
-10	3,933	1273,110	186,3	0,949	3,153	13,328	410,0	1,809	223,7
-5	4,673	1255,673	193,1	0,975	3,801	15,944	412,9	1,803	219,8
0	5,518	1237,761	200,0	1,000	4,545	18,947	415,7	1,797	215,7
5	6,475	1219,330	207,1	1,025	5,394	22,383	418,4	1,792	211,4
10	7,557	1200,329	214,32	1,051	6,357	26,299	421,1	1,788	206,8
15	8,772	1180,695	221,7	1,076	7,444	30,755	423,6	1,783	201,9
20	10,132	1160,357	229,3	1,102	8,663	35,817	426,0	1,779	196,7
25	11,647	1139,227	237,1	1,128	10,028	41,568	428,2	1,774	191,1
30	13,327	1117,197	245,2	1,154	11,549	48,108	430,3	1,770	185,1
35	15,182	1094,138	253,5	1,180	13,241	55,561	432,1	1,765	178,7
40	17,222	1069,880	262,1	1,207	15,119	64,088	433,8	1,760	171,7
45	19,455	1044,209	271,0	1,235	17,200	73,896	435,1	1,755	164,1
50	21,891	1016,836	280,3	1,263	19,504	85,269	436,0	1,749	155,7
55	24,535	987,363	290,1	1,292	22,055	98,596	436,5	1,742	146,5
60	27,394	955,216	300,4	1,322	24,880	114,451	436,5	1,734	136,1
65	30,471	919,510	311,4	1,354	28,010	133,723	435,6	1,724	124,2
70	33,767	878,753	323,3	1,387	31,483	157,934	433,6	1,711	110,3

Tabla de saturación

**GEOTERMIA**  
El calor de la madre tierra



ANEXO III

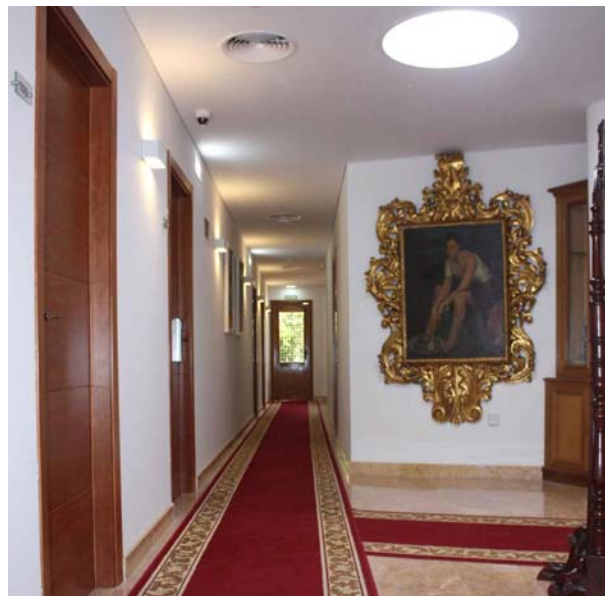
Obras realizadas con Morcem® GeogROUT

Hotel RIAD ARRUZAFÁ (Córdoba) - Año 2013

Este precioso hotel con encanto situado en la capital ha surgido tras la adaptación de una vivienda unifamiliar aislada preexistente, adecuándola a esta nueva actividad. En la nueva aplicación dispone de una instalación mediante Bomba de Calor Geotérmica para la climatización con refrigeración y calefacción mediante fancoils conducidos y difusión mediante rejillas (con aprovechamiento de parte de la instalación anterior), así como la producción del Agua Caliente Sanitaria que da cobertura a todo el aforo del hotel conforme a lo indicado en Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, Documento Básico HE 4, punto 2.2 apartado 4.

La instalación ha sido diseñada con compatibilidad con sistema de ventilación diseñado conforme a lo indicado en Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. En régimen nominal de funcionamiento el sistema alcanza un EER de hasta 4,89 y COP de hasta 4,61, permitiendo un ahorro de energía en torno al 43% con respecto a un sistema convencional con las mismas prestaciones. La clasificación de "Energía Renovable" obtenida para los recursos geotérmicos ha permitido obviar los colectores solares prescriptivos conforme a lo indicado en Real decreto 314/2006, documento Básico HE 4.

Como referencia de la bondad del sistema debemos destacar que el nuevo hotel ha obtenido una CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL tipo B, con un nivel de Emisiones de Dióxido de Carbono de 104,15 kgCO<sub>2</sub>/(m<sup>2</sup>·año). Por supuesto los indicadores parciales para la CALIFICACION PARCIAL DEL CONSUMO DE ENERGIA PRIMARIA en calefacción y refrigeración son tipo A. Este dato revela una suma importancia si se tiene en cuenta que la envolvente original no alterada fue construida en el año 1979.



También debe destacarse que esta instalación ha sido objeto de incentivo concedido por Agencia Andaluza de la Energía, conforme a lo indicado en la Orden de 4 de febrero de 2009, modificada por la Orden de 7 de diciembre de 2010, por la que se establecen las bases reguladoras de un programa de incentivos para el desarrollo energético sostenible de Andalucía y se efectúa su convocatoria para los años 2009 – 2014

*Diseño, Ejecución y Mantenimiento:*



Obras realizadas



ANEXO III

Obras realizadas con Morcem®Geogrout

Vivienda Unifamiliar Aislada - Año 2011

Se trata del sistema de refrigeración mediante fancoils conducidos y rejillas, calefacción mediante suelo radiante, y producción de Agua Caliente Sanitaria para una vivienda unifamiliar aislada, utilizando para ello una Bomba de Calor Geotérmica, es decir, energía renovable.

En este caso, en régimen nominal de funcionamiento el sistema puede alcanzar un EER de 5,43 y COP de 4,81, permitiendo un ahorro de energía en torno al 28% con respecto a un sistema convencional con las mismas prestaciones. Una vez más, la clasificación de "Energía Renovable" obtenida para los recursos geotérmicos ha permitido obviar los colectores solares prescriptivos conforme a lo indicado en Real decreto 314/2006, documento Básico HE 4, así como cualquier tipo de unidad exterior. También esta instalación ha optado a incentivo por parte de la Agencia Andaluza de la Energía, conforme a lo indicado en la Orden de 4 de febrero de 2009, modificada por la Orden de 7 de diciembre de 2010, por la que se establecen las bases reguladoras de un programa de incentivos para el desarrollo energético sostenible de Andalucía y se efectúa su convocatoria para los años 2009 – 2014.

Diseño y Ejecución:



Obras realizadas

ANEXO III

Obras realizadas con Morcem® GeogROUT

Complejo Deportivo Open Arena (Córdoba) - Año 2014

Se trata de una solución técnica de alta escala para un nuevo complejo deportivo de alto rendimiento situado en la localidad de Córdoba y que actualmente se encuentra en la etapa de finalización.

Mediante este sistema se aportará la climatización y calefacción necesaria para conseguir los parámetros de confort establecidos en todo el edificio de actividad deportiva, así como la producción del Agua Caliente Sanitaria simultánea conforme a lo indicado en Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, Documento Básico HE 4, punto 2.2 apartado 4.

La instalación ha sido diseñada y está ya ejecutada de manera compatible un también complejo sistema de ventilación y recuperación de energía, conforme a lo indicado en Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. En régimen nominal de funcionamiento se prevé alcanzar rendimientos en torno a cuatro puntos, permitiendo ahorros energéticos que rondan el

35% con respecto a un hipotético sistema convencional que permitiese las mismas prestaciones.

En este caso ha sido de máxima importancia la integración arquitectónica conseguida por todo el sistema ya que, por un lado y como consecuencia de la clasificación de "Energía Renovable" obtenida para los recursos geotérmicos, ha sido posible obviar una importante instalación de colectores solares que de otra manera serían prescriptivos conforme a lo indicado en Real decreto 314/2006, documento Básico HE 4. Por otro lado, y como ventaja adicional, todo el espacio exterior se ha convertido en aprovechable al disponer una sala de instalaciones interior sin necesidad de voluminosas unidades exteriores que penalizarían notablemente la estética a la postre de robar espacios con posible uso.

Diseño y Ejecución:



Obras realizadas





Teléfono de atención al cliente  
**901 11 69 12**  
 www.grupopuma.com  
 grupopuma@grupopuma.com

International service  
 Tel. **+34 957 76 40 40**  
 e-mail: gpx@grupopuma.com

Colaboramos con



 **GRUPO PUMA  
ESPAÑA**

**ALBACETE**

Pol. Ind. "B" Garysol, C/ Chopo - parcela 26  
 02110 LA GINETA (ALBACETE)  
 T. +34 967 27 54 58 - F. +34 967 27 54 58

**ALICANTE**

Pol. Ind. Tres Hermanas, C/ Canteros - parcelas 3 y 5  
 03680 ASPE (ALICANTE)  
 T. +34 965 49 56 31 - F. +34 965 49 56 30

**ALMERÍA**

Ctra. Viator km. 1,5  
 04120 LA CAÑADA (ALMERÍA)  
 T. +34 950 29 09 12 - F. +34 950 29 09 13

**ASTURIAS**

C/ Chopera, 15  
 33920 RIAÑO I-LANGREO (ASTURIAS)  
 T. +34 98 567 37 11 - F. +34 98 568 39 13

**BARCELONA**

Pol. Ind. Domenys II, C/ Enología, 15  
 08720 VILAFRANCA DEL PENEDÈS (BARCELONA)  
 T. +34 93 890 41 88 - F. +34 93 817 16 61

**BIZKAIA**

Polig. Ind. Neinver (Ugaldeguren), Iturritxualde Kalea 4  
 48160 DERIO (BIZKAIA)  
 T. 673 00 37 69 - F. +34 946 05 33 47

**CÁDIZ**

Pol. Ind. Zabal, C/ Veleró, s/n  
 11300 LA LÍNEA DE LA CONCEPCIÓN (CÁDIZ)  
 T. +34 956 64 51 58 - F. +34 956 64 51 62

**CÓRDOBA**

Avda. Agrupación Córdoba, 17  
 14014 CÓRDOBA  
 T. +34 957 26 62 01 - F. +34 957 26 48 07

**GRAN CANARIA**

Pol. Ind. Arinaga, C/ Las Mimosas, 128  
 35119 AGÜJMES (GRAN CANARIA)  
 T. +34 928 18 81 49 - F. +34 928 18 82 14

**GRANADA**

Pol. Ind. El Juncaril, C/ Monachil, parcelas 74-75  
 18210 PELIGROS (GRANADA)  
 T. +34 958 46 77 68 - F. +34 958 08 72 10

**MADRID**

Pol. Ind. El Guijar, Avda. El Guijar, 37  
 28500 ARGANDA DEL REY (MADRID)  
 T. +34 91 870 47 81 - F. +34 91 871 15 27

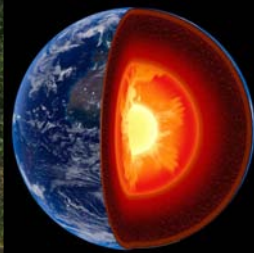
**MÁLAGA**

Pol. Ind. Trévez, C/ Conrado del Campo, 2  
 29590 CAMPANILLAS (MÁLAGA)  
 T. +34 952 35 47 00 - F. +34 952 34 43 91

**MALLORCA**

Pol. Ind. Son Llaüt, Vía Central, parcela 65  
 07320 SANTA MARIA DEL CAMÍ (MALLORCA)  
 T. +34 971 62 06 32 - F. +34 971 14 11 59

**Morcem® Geogrout**  
 MORTERO TÉCNICO PARA GEOTERMIA



**MÉRIDA**

Pol. Ind. El Prado - parcela 5, nave 8  
 06800 MÉRIDA (BADAJOZ)  
 T. +34 924 37 85 62 - F. +34 924 37 85 62

**MURCIA**

Pol. Ind. Base 2000, Avda. nº 3 manzana 13  
 Apartado 448. 30584 LORQUI, MURCIA  
 T. +34 968 67 63 70 - F. +34 968 67 63 51

**PONTEVEDRA**

Ctra. Caldas-Villagarcía, km 2.2  
 36650 CALDAS DE REIS (PONTEVEDRA)  
 T. +34 986 53 03 67 - F. +34 986 53 01 27

**SEVILLA**

Pol. Ind. La Palmera, C/ La Palma, 20  
 41700 DOS HERMANAS (SEVILLA)  
 T. +34 954 69 13 51 - F. +34 954 69 29 02

**TENERIFE**

Pol. Ind. San Isidro, C/ Juan de la Cierva, 8  
 38109 EL ROSARIO (TENERIFE)  
 T. +34 922 62 47 51 - F. +34 922 62 49 80

**VALENCIA**

Pol. Ind. La Pahlilla, C/ Peñas Albas, parcela 49  
 46370 CHIVA (VALENCIA)  
 T. +34 96 252 41 31 - F. +34 96 252 41 01

**VALLADOLID**

Pol. Ind. La Mora, C/ Las Acacias, parcelas 13-4  
 47193 LA CISTERNIGA (VALLADOLID)  
 T. +34 983 40 22 79 - F. +34 983 40 32 00

**ZARAGOZA**

Pol. Ind. Los Leones, C/ Principal, parcela K-2  
 50298 PINSEQUE (ZARAGOZA)  
 T. +34 976 65 68 30 - F. +34 976 65 68 31

 **GRUPO PUMA  
FRANCIA**

**NÎMES**

220, Rue Guy Arnaud - 30000 NÎMES (GARD)  
 T. 0811 14 18 14 pour le Service Clients et pour le Service Comptabilité  
 F. 04 66 38 15 49

**PERPIGNAN**

ZI SAINT CHARLES PARC DUCUP  
 4, Rue Levassieur - 66000 PERPIGNAN  
 T. 04 68 37 85 51

 **GRUPO PUMA  
PORTUGAL**

**LISBOA**

Fornos de Cima - Calhandriz 2615  
 641 ALVERCA (LISBOA)  
 T. +35 121 958 73 60 - F. +35 121 958 73 69

**PORTO**

Lote 2a - Lot. Ind. Mun. Fontiscos  
 Ap. 79. 4784-909 SANTO TIRSO (PORTO)  
 T. +35 125 283 37 50 - F. +35 125 285 00 80