

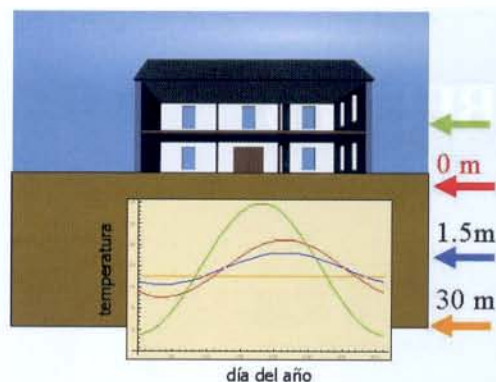
# La climatización geotérmica: una alternativa renovable para la refrigeración y calefacción de edificios

**Dr. Javier F. Urchueguía Schölzel**, catedrático de Física Aplicada y socio fundador de Energesis Ingeniería S.L.  
**Dr. Pedro Fernández de Córdoba**, profesor de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial y socio fundador de Energesis Ingeniería S.L.

El consumo energético en el sector de la edificación se ha incrementado considerablemente en los últimos años. Con el objetivo de frenar esta tendencia, el nuevo Código Técnico de la Edificación contempla los aspectos energéticos como parte fundamental del diseño del edificio. Además, en un futuro próximo, se implantará la calificación energética de edificios, por lo que el proyectista necesita de herramientas y sistemas que incrementen la eficiencia energética de sus diseños.

La climatización mediante bombas de calor geotérmicas es un sistema extendido en algunos países del norte de Europa y Estados Unidos, basado en intercambiar calor con el suelo mediante un circuito de tuberías por las que circula agua o alguna mezcla de agua con un medio anticongelante. La mayor eficiencia del sistema radica en el foco con el que se intercambia calor. En los sistemas de climatización de edificios a los que estamos acostumbrados el medio empleado como foco es el aire, elección ésta que, sin embargo, no es la más eficiente, debido a la oscilación de la temperatura ambiente a lo largo del año. Otra posibilidad consiste en utilizar el agua y su capacidad latente como foco, más estable en cuanto a temperatura y por consiguiente más eficiente que el aire. En este tipo de sistemas, no obstante pueden presentarse otros problemas y otros costos asociados al sistema de intercambio (torres de refrigeración) como los debidos a la tendencia de la bacteria de la legionelosis a proliferar en ellos. Finalmente, el intercambio de calor con el suelo, resulta

simultáneamente más ventajoso energéticamente, ya que la temperatura de la tierra es estable a lo largo del año por la capacidad que tiene la tierra para acumular el calor procedente del sol, y por otro lado, el intercambio se produce mediante un sistema cerrado sin contacto exterior y sin riesgo de amplificar la legionelosis.



**Evolución de la temperatura a lo largo del año a distintas profundidades en Valencia**

El uso de la capacidad del suelo para almacenar calor, ya sea de forma pasiva o mediante su integración como foco con sistemas de bomba de calor, se conceptúa técnicamente como energía geotérmica de baja entalpía (en contraste con la energía geotérmica de alta temperatura, asociada al volcanismo y que se utiliza en algunas zonas para la producción de electricidad o térmica) y está considerada a nivel de la Comunidad Europea como una fuente de energía renovable

(Libro Blanco de la Comisión Europea Energía para el Futuro, Fuentes de Energía Renovables COM(97)599 final) ya que aprovecha la energía del sol captada por la tierra.

### Elementos de la Bomba de Calor Geotérmica

Una bomba de calor geotérmica es un sistema que cede y absorbe calor del terreno a través de un conjunto enterrado de tuberías plásticas de alta densidad. Está formada por:

#### Intercambiador de calor enterrado

Para extraer el calor del suelo o disiparlo en éste, se utiliza un sistema de tuberías plásticas (polietileno, polipropileno...) que se entierran en el subsuelo. Por su interior circula el fluido caloportador que bien puede ser agua o una solución acuosa con anticongelante.

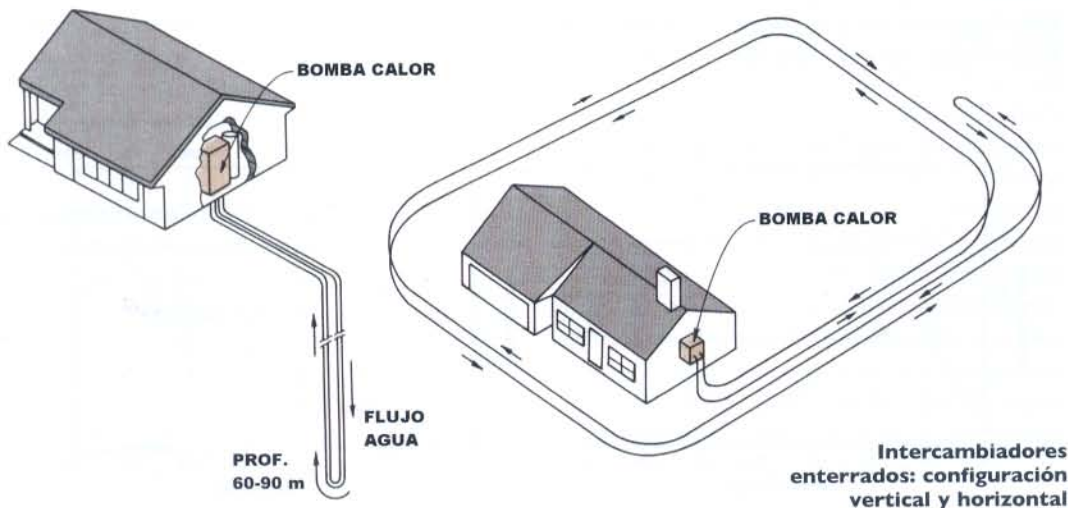
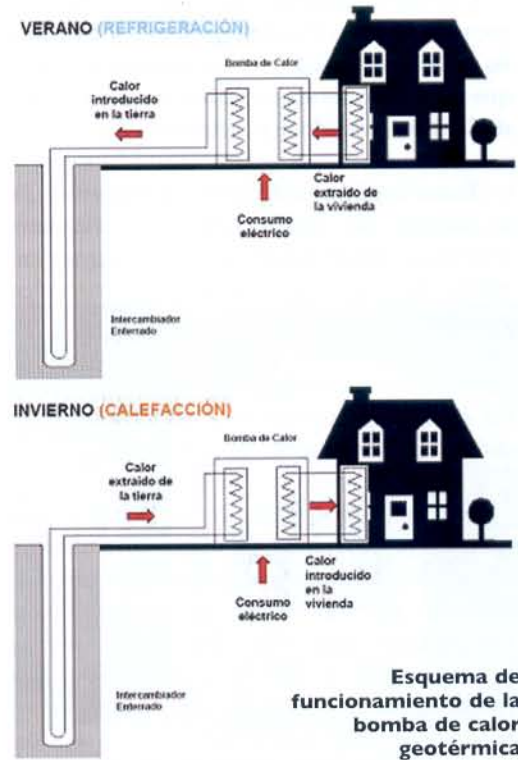
Este sistema de tuberías puede instalarse siguiendo distintas configuraciones, cuya elección depende de las necesidades térmicas y de la superficie de terreno disponible:

- Configuración horizontal: la tubería se entierra en zanjas a poca profundidad, por lo que se requiere una gran extensión de terreno.
- Configuración vertical: la tubería se introduce en pozos verticales de pequeño diámetro (aproximadamente 160 mm.) y profundidades entre 50 y 100 m.
- Configuración slinky: es una variante de la configuración horizontal consistente en ente-

rrar la tubería en forma de espiral con el objeto de conseguir la mayor longitud de intercambio posible.

### Bomba de calor geotérmica

En general, una bomba de calor es una máquina que transfiere el calor desde un foco frío a otro caliente utilizando una cantidad de trabajo (de origen generalmente eléctrico) relativamente pequeña. Por tanto, la ventaja que poseen las bombas de calor frente a otros



sistemas, reside en su capacidad para aprovechar la energía existente en el ambiente (foco frío), tanto en el aire como en el agua o la tierra, y que le permite calefactar las dependencias interiores (foco caliente) con una aportación relativamente pequeña de energía eléctrica. Cuando la transferencia de calor se realiza en sentido inverso, es decir, desde el recinto que requiere frío hacia el ambiente que se encuentra a temperatura superior, la bomba de calor trabaja en modo refrigeración.

Cuando la bomba de calor es de tipo geotérmica, se extrae energía térmica del suelo en invierno transfiriéndola al interior; mientras que en verano se extrae calor del interior del edificio devolviéndose al subsuelo.

Tanto la potencia calorífica o frigorífica de la bomba de calor como la eficiencia energética (COP, Coefficient of Performance, razón de la potencia calorífica o frigorífica suministrada por la bomba de calor y su consumo eléctrico) pueden variar según la temperatura de trabajo, con independencia de las eficiencias mecánicas y térmicas de los distintos componentes de la máquina.

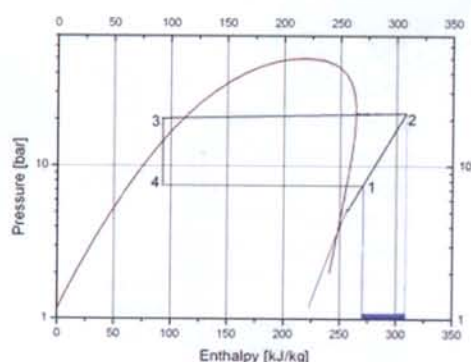
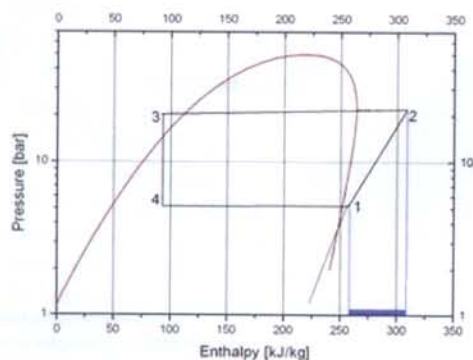
Internamente la mayor parte de las bombas de calor (exceptuando las llamadas bombas de absorción) funcionan mediante un circuito cerrado por el cual circula un fluido refrigerante (los más corrientes en la actualidad son el R407C y el R410A) que realiza el llamado ciclo de vapor-compresión. Ello quiere decir que el refrigerante, movido por un compresor eléctrico de vapor, se condensa y evapora alternativamente en el interior del circuito intercambiando una considerable cantidad de calor con los focos de calor externos. En la siguiente figura vemos la base física de la relación temperatura-

prestaciones para una bomba de calor trabajando en modo calor. En la gráfica a la izquierda se ve el aumento de entalpía del refrigerante en la etapa de compresión [1 - 2], que corresponde al trabajo del compresor. Si logramos aumentar la temperatura de evaporación, y por lo tanto la presión (gráfica a la derecha), el compresor tiene que trabajar menos para llegar a la misma presión (y por lo tanto temperatura) en el condensador y el gasto de electricidad disminuye. En refrigeración se puede ahorrar energía del mismo modo bajando la temperatura del condensador. El suelo, comparado con el aire, ofrece una fuente de calor a mayor temperatura en invierno, cuando esté conectado al evaporador; en verano, cuando intercambia calor con el condensador, forma un sumidero de calor a menor temperatura.

## Ventajas respecto a otros sistemas:

### ■ Ahorro energético

El funcionamiento de una instalación de bomba de calor geotérmica se basa en el aprovechamiento del terreno como foco de intercambio de calor con una bomba de calor. Ocurre que el terreno tiene temperaturas más estables y más moderadas que el aire, que es el foco de intercambio de calor en sistemas de bombas de calor convencionales. En invierno, el terreno está más caliente que el aire por lo que se incrementa la eficiencia de la bomba de calor. En verano ocurre algo similar: se está cediendo calor al exterior, y como el terreno está más frío que el aire admite mejor esta cantidad de calor; por lo que se aumenta la eficiencia de la bomba de calor.



El éxito de estos sistemas radica en que por cada kW de energía eléctrica consumida podemos generar, aproximadamente, 4.5 kW de refrigeración o 4 kW de calefacción, mientras que en los sistemas convencionales de climatización por cada kW de potencia eléctrica se generan aproximadamente 2 kW de refrigeración o 2.3 kW de calefacción. Puede afirmarse que este sistema de climatización produce ahorros del orden de un 50% en la factura eléctrica.

Por otra parte, en la siguiente tabla se muestran los periodos de retorno medios de una instalación geotérmica para distintas tipologías de edificios, como se puede observar, cuando el edificio tiene un uso energético intensivo la inversión económica está plenamente justificada.

Tipo de instalación	Hotel	Hospital	Edificio de oficinas	Urbanización	Casa unifamiliar
Retorno de inversión	3-4 años	4-5 años	6-8 años	8-10 años	10-12 años

- **Disminución de ruido:** con la alternativa geotérmica se eliminan fuentes de ruido como las asociadas a las unidades exteriores convencionales de climatización.
- **Impacto estético agradable:** se reduce considerablemente el impacto visual asociado a las unidades de techo/fachada que aparecen en los sistemas convencionales, ya que la tubería se encuentra totalmente enterrada bajo la capa vegetal existente en la zona o bajo el pavimento.
- **Bioseguridad:** este tipo de instalaciones no requiere torres de refrigeración para su funcionamiento. De esta manera se eliminan los problemas asociados a ellas, tales como el riesgo de legionela.
- **Durabilidad. Bajo coste de mantenimiento y de explotación:** la vida útil de este tipo de instalaciones oscila entre los 25 y los 50 años. Esta vida útil es mucho mayor que la de una instalación convencional de climatización con bomba de calor aire-agua, que tiene como vida media 15 años. La razón estriba en el hecho de que todos los elementos del sistema están pro-

tegidos y por otro lado, las oscilaciones térmicas son mucho menores que en los sistemas convencionales.

- **Disminución en las emisiones de CO<sub>2</sub>:** como consecuencia del ahorro energético derivado de los menores consumos eléctricos, las emisiones de CO<sub>2</sub> en estas instalaciones se reducen en más de un 50%.

### Ejemplo de instalación: Primer edificio con climatización híbrida de España

Energesis Ingeniería ha desarrollado un original proyecto híbrido que incluye un sistema de apoyo basado en la presencia de aerogeneradores capaces de absorber excesos de demanda energética y que permite reducir al mínimo la longitud de las tuberías enterradas y, por tanto, los costes de implantación.



El nuevo edificio que alberga la sede en Gandía de la conocida compañía de distribución de sistemas electrónicos para el sector náutico, Azimutel S.A., cuenta con un sistema de climatización geotérmica que da servicio a sus 5 plantas. Se trata del primer edificio de España equipado con climatización híbrida (climatización geotérmica y climatización convencional por aire). Este edificio de oficinas cuenta con una gran demanda energética (presenta una gran superficie acristalada así como un museo náutico permanente) que será satisfecha mediante un sistema de climatización basado en un conjunto de bombas de calor conectadas a un sistema de tuberías enterradas a una profundidad de 100 metros.



La distribución energética en el interior del edificio se realizará mediante dos sistemas distintos: una instalación de refrigerante variable que proporcionará la demanda de refrigeración y la demanda instantánea de calefacción, y una instalación de distribución por agua a un sistema de radiadores de baja temperatura, empotrados en el suelo, en la periferia de los locales. Este último sistema suministrará calor a las plantas de oficinas con un mayor grado de confort a lo largo del día.

Además, también por primera vez en España, el proyecto ha contado con el apoyo de un laboratorio móvil de caracterización térmica del suelo. Su uso ha permitido conocer de forma precisa los parámetros del suelo que influyen en el diseño del sistema de climatización y, por ello, el nuevo edificio del Grupo Azimut cuenta con una solución ajustada al máximo a los requerimientos reales.

### Herramientas de eficiencia energética en edificios \*

El sector de la vivienda y de los servicios, compuesto en su mayor parte por edificios, absorbe más del 40% del consumo de energía final en la Unión Europea. Es decir, el consumo de energía para iluminación, climatización y agua caliente sanitaria en viviendas y lugares de trabajo y ocio supera el consumo del sector industrial o del transporte, ambos sectores tradicionalmente intensivos en consumos energéticos.

Las posibilidades de ahorro energético en el sector de la edificación son especialmente significativas. Una mayor utilización de las tecnologías de ahorro energético disponibles en el mercado permitiría reducir la utilización de energía de los edificios en al menos una quinta parte. Por este motivo la Comisión Europea, a través del Libro Verde "Hacia una estrategia europea de seguridad del abastecimiento energético" (COM(2000) 769 final) y de la Directiva 2002/91/CE de Eficiencia Energética en Edificios, propuso que las medidas de calificación energética de edificios, simplemente indicativas hasta la fecha, pasaran a ser reglamentarias.

La transposición de esta legislación europea a la normativa española se ha traducido en el Documento Básico HE del Código Técnico de la Edificación, la revisión del Reglamento de Instalación Térmica en Edificios (RITE) y el RD 47/2007 por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

Este Real Decreto, de obligado cumplimiento desde noviembre de 2007, exige la asignación de una etiqueta energética a los edificios, similar a la que caracteriza a los electrodomésticos. Su aplicación es tanto en fase de proyecto, siendo el proyectista el responsable de su cumplimiento, como en fase de ejecución, incorporándose la certificación energética al libro del edificio y siendo responsabilidad de la dirección facultativa.

Las herramientas informáticas oficiales para realizar la certificación energética son el CALENER VYP y el CALENER GT, programas de modelado energético que comparan el edificio objeto del diseño con un edificio de referencia (consumo de energía primaria, energía final y emisiones de CO<sub>2</sub>). El programa CALENER VYP se aplica a los edificios de viviendas y a los pequeños edificios del sector terciario y su manejo es similar al programa LIDER del Código Técnico de la Edificación. El programa CALENER GT está dirigido al sector gran terciario y es bastante más complejo, ya que utiliza como motor de cálculo el programa del Departamento de Energía de Estados Unidos DOE 2.2. En edificios de viviendas también existe la posibilidad de realizar la certificación mediante una opción simplificada, aunque como máximo se puede obtener una calificación tipo D en una escala de la G (más desfavorable) a la A.

\* Extracto de la ponencia de Teresa Magraner Benedicto (Directora de Ingeniería de Energesis) en la I Jornada de Certificación de Eficiencia Energética de Edificios celebrada el 16 de mayo en la Universidad Politécnica de Valencia.



Laboratorio móvil

[www.energesis.es](http://www.energesis.es)



Avda. Alcotanes, 7  
Pol. Ind. El Cascajal  
28320 PINTO (Madrid)  
Tel.: 91 691 30 08  
Fax: 91 691 22 59  
E-mail: [edasu@edasu.es](mailto:edasu@edasu.es)  
[www.edasu.es](http://www.edasu.es)

- **Sondeos de Captación de Agua subterránea.**
- **Sondeos de Investigación Minera.**
- **Construcción de Intercambiadores de calor en instalaciones Geotérmicas.**

