

# Estructuras termoactivas: aprovechamiento de la energía geotérmica en las infraestructuras

Joan Escuer, GEOCONSULTORES TECNICOS Y AMBIENTALES, S.L.



**Detalle de la armadura y colectores geotérmicos de un pilote termoactivo.**  
Fuente: Enercret

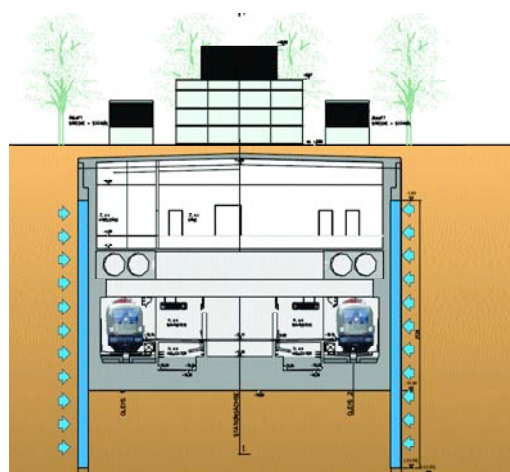
Los estudios mas recientes liderados por la Unión Española de Geotermia demuestran que en el subsuelo de nuestro país existe energía suficiente para satisfacer nuestras necesidades durante miles de años lo que no deja de resultar paradójico en una sociedad tan ávida de energía como es la nuestra. No es de extrañar que la inversión en investigación, desarrollo e innovación en aplicaciones de la geotermia siga en progresión exponencial dado que España ofrece excelentes oportunidades de negocio ya que el desarrollo de este tipo de aprovechamientos energéticos es solo incipiente.

Uno de los hándicaps que se atribuye, en ocasiones injustamente, a los aprovechamientos geotérmicos son las grandes inversiones

iniciales en infraestructura e instalaciones en comparación con otros métodos más tradicionales a pesar de que son completamente amortizables y los retornos posteriores compensen la inversión.

La implementación de aprovechamientos geotérmicos en las infraestructuras es un método relativamente nuevo de aprovechar una fuente de energía renovable y continua como es la geotermia con una relación coste beneficio tremendamente competitiva. Muchas infraestructuras sean en entorno urbano o rural, especialmente los túneles, pilotes y pantallas, consisten básicamente en superficies

**Ejemplo de uso de la energía geotérmica para la refrigeración de una estación de metro en Viena**





**Ejemplo de uso de la energía geotérmica contenida en una masa de agua para la climatización de un hospital en Chicago**

de hormigón en contacto con suelos y/o rocas. Las aguas superficiales, especialmente las almacenadas, también pueden usarse como fuentes geotérmicas aunque los mecanismos de transferencia de calor ha implementar sean diferentes que en el caso de suelos y rocas. En ambos casos, con la implementación de colectores, la energía geotérmica de muy baja entalpía puede ser absorbida, conducida y aprovechada. El calor generado es utilizable por los edificios cercanos, en usos agrícolas y industriales en diferentes maneras, especialmente en climatización tanto para calefacción como para enfriamiento.

### Cimentaciones

La posibilidad de aprovechar el potencial energético del subsuelo a través de elementos constructivos, en especial los de cimentación, depende de las dimensiones y el tipo de cimientos. Éstos obedecen a su vez a las condiciones del suelo y las exigencias estáticas de las obras que se construye.

Cuando se utilizan como cimiento pilotes o pantallas subterráneas, las condiciones necesarias para un aprovechamiento efectivo de la geotermia desde el punto de vista de la construcción son evidentes: estos elementos por lo general se sumergen hasta el nivel del agua subterránea, activando un gran volumen de tierra para el intercambio de energía. Otras posibilidades se ofrecen cuando se aplican refuerzos, en las zapatas de cimentación, soleras, colectores de tierra, etc.

Las cimentaciones a base de pilotes termoactivos, tanto si estos son prefabricados como ejecutados in situ, son apropiadas para su uso como colectores para obtener o ceder calor; ya sea unidos a bombas de calor o como intercambiadores de calor.

La modificación necesaria consiste en la introducción de tubos, generalmente de material sintético en los pilotes u otros elementos de cimentación. Por estos conductos se hace circular en circuito cerrado el líquido de absorción que transporta la energía térmica a la central técnica de donde puede distribuirse. Dependiendo de las condiciones, este líquido puede ser agua, salmuera, glicol, etc. El sistema de tuberías se integra ya en las jaulas de las armaduras, ya sea a pie de obra o en los talleres del fabricante.

Las armaduras dotadas de tuberías se colocan entonces en el emplazamiento y se llenan con hormigón. Estos conductos se instalan en su mayor parte bajo la solera y en las paredes exteriores que tienen contacto con la tierra. A continuación, los circuitos de tuberías se conectan a un distribuidor mediante conductos de interconexión. El distribuidor consiste en un colector de flujo y reflujo, al que se conectan los circuitos de tuberías ubicado por encima del nivel freático y cercano a una sala de control.

Durante todas estas tareas los circuitos de tuberías se someten a presión para que sea posible controlar constantemente su estanqueidad. Antes y después de aplicar el

hormigón se controlan las presiones y se registran mediante protocolos establecidos.

El diseño de los pilotes termoactivos no difiere del diseño usual sin embargo en los cálculos debe tenerse en cuenta que la temperatura del pilote no debe descender por debajo del límite de congelación. Si los pilotes son utilizados para refrigeración el diseño debe considerar un límite para que la temperatura que alcancen se encuentre dentro de los límites legales.

En el caso de una casa cuya demanda requiera 10 kW de calefacción durante 1500 horas de funcionamiento, requiere de 20 a 26 de pilotes de 12 m.

## Túneles

El uso de la energía geotérmica obtenida de túneles y diversas estructuras de cimentación representa una combinación óptima para cubrir necesidades de transporte y energía. Además la aplicación del aprovechamiento geotérmico solo supone unas mínimas medidas adicionales al proyecto constructivo. De ello se obtienen unos efectos sinérgicos que tienen claras implicaciones económicas. El



**Detalle de colectores geotérmicos de un aprovechamiento en un futuro estanque artificial**

propietario de la infraestructura adquiere un nuevo valor a explotar además de tratarse de una fuente energética primaria, eficiente y ambientalmente excelente.

Por estas razones los proyectos de túneles de gran longitud pueden resultar interesantes para convertir el túnel también en una planta de producción de energía térmica que puede ser aprovechada en entornos urbanos y industriales.

Los túneles y galerías, especialmente en zonas de montaña, atraviesan los macizos rocosos drenando las aguas subterráneas que encuentran. La mayor parte de las veces estas aguas son recogidas y evacuadas posteriormente en los cursos fluviales. Dependiendo del espesor y el volumen de rocas que cubren el túnel, la temperatura del agua interceptada puede alcanzar de 20 a 40 grados centígrados, en ocasiones más. Si el caudal es suficiente el aprovechamiento geotérmico puede ser considerado.

La temperatura del agua en un túnel viene determinada por el espesor del macizo rocoso que lo recubre y por las características térmicas de las rocas atravesadas. Así mismo las aguas son más cálidas en las zonas centrales del túnel y tienen tendencia a enfriarse cerca de las embocaduras.

La eficiencia energética de las aguas subterráneas puede ser mejorada con medidas constructivas como por ejemplo un drenaje o conducto aislado. Sin embargo, lo más aconsejable es que las condiciones uso de la energía geotérmica ya se tengan en cuenta en fase de proyecto tanto en el caso de túneles de nueva construcción como en el caso de renovaciones o rehabilitaciones.

## Embalses

La gran inercia térmica que presenta un embalse también debería considerarse un recurso geotérmico. El agua almacenada en embalses superficiales gana calor por tres vías: a partir de la radiación solar que reciben, por convección a partir del aire cuando este está más caliente que el agua y también por conducción desde el suelo y subsuelo. Por el contrario la pérdida de calor de las masas de agua se produce por evaporación en la



**Instalación de racimos de colectores geotérmicos en un embalse para aprovechamiento geotérmico. Fuente: McQuay Internacional**

superficie con cierta transferencia de calor por radiación y convección. La evaporación depende de la temperatura de la superficie del agua, la velocidad del viento y la temperatura húmeda.

Clásicamente el agua canalizada procedente de ríos y embalses es el refrigerante más utilizado en las plantas productoras de energía para disipar el exceso de energía calorífica industrial. En aquellas cuencas en que no existen plantas de energía el potencial térmico de las aguas embalsadas puede ser usado en otros usos, especialmente relacionados con la climatización. Este agua, una vez ha realizado su función y con la temperatura más elevada, puede ser reutilizada en agricultura a través del riego.

Las experiencias realizadas en todo el mundo sobre los efectos que puede tener sobre los cultivos y algunas propiedades de los suelos el uso del agua calentada presentan resultados favorables. En general, se ha observado una mayor absorción de nutrientes, disponibilidad de nutrientes por mineralización de la materia orgánica y de los restos vegetales, producción de biomasa, producción y tamaño de hojas, y un adelanto de las cosechas. Además se han descrito otros efectos positivos, como su uso en lucha contra heladas, el control de nemátodos y patógenos del suelo, el aumento de la infiltración y conductividad hidráulica del suelo, el aumento de la solubilidad de algunas sales presentes en el suelo, y la reducción de la lixiviación de nitratos.

Sin embargo, también existen algunas experiencias en las que se indican algunos aspectos negativos del uso del agua

calentada: el incremento de algunas enfermedades fúngicas en riego con aspersión, la retención de fósforo en el suelo y un incremento de la falta de oxígeno en la atmósfera del suelo en condiciones de exceso de agua. Por tanto se impone un estudio previo de viabilidad y de impacto.

Se puede concluir que la aptitud del agua calentada en el proceso de refrigeración no disminuye cuando se reutiliza en agricultura, y que el efecto de un agua calentada afecta poco al régimen térmico del suelo.

### Minas

Los sistemas geotérmicos implementados a partir del agua procedente de minas destacan no solo por que resultan mucho más rentables desde el punto de vista económico sino también por la posibilidad de dar un valor añadido a dichas estructuras subterráneas especialmente cuando el recurso minero ya se ha agotado.

Cabe citar como ejemplo las experiencias llevadas a cabo por Hunosa, la Universidad de Oviedo y el Instituto Geológico Minero. Estas han desvelado que el agua de las minas no sólo es apta para usos a pequeña escala, sino que también puede utilizarse en instalaciones industriales o, por ejemplo, para calentar piscinas climatizadas. Los estudios llevados a cabo por Hunosa concluyen que el uso del agua de minas en los sistemas de climatización, tanto domésticos como industriales, supone un ahorro de hasta el veinte por ciento con respecto al gas natural. Por lo que respecta a la lucha contra el cambio climático, la hullera sostiene que, en el caso del campus de Mieres, las toneladas de dióxido de carbono que dejará de emitir el recinto gracias al uso de la geotermia no hacen más que recomendar su uso. Con el gas natural, las toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas por año serían 557,6. Al usar la bomba de calor de geotermia la cifra se reduciría hasta 256,3 toneladas, lo que supone un porcentaje de no emisiones del 54 por ciento.

### Condiciones para el aprovechamiento eficaz

La complejidad de la agenda a cumplir por un proyecto de este tipo exige que, desde la planificación al proyecto y puesta en obra, colaboren diversos técnicos de forma

interdisciplinar. El equipo básico debería contar al menos con un ingeniero, un geólogo (examen del terreno), un especialista en estructuras y un experto en proyectos de energía.

Esta participación temprana de todos los planificadores es muy importante, varios componentes de la instalación se integran ya en la propia infraestructura. El montaje de una instalación no afecta en ningún modo la firmeza, operatividad y rendimiento de esta, si dicho montaje se lleva a cabo conforme a las reglas establecidas.

Para calcular el empleo de una instalación termoactiva es esencial conocer la configuración de los estratos del subsuelo donde se ubican los cimientos. Deben averiguarse los valores geotérmicos característicos del suelo, como la conductividad térmica y la capacidad térmica, que deben contemplarse en los cálculos. También es importante conocer las temperaturas medias anuales del subsuelo en aquellos sitios donde se pretende extraer, transmitir o acumular energía térmica. Las oscilaciones anuales son insignificantes ya a partir de bajas profundidades.

Otros parámetros de planificación a considerar son el nivel del agua subterránea, sus oscilaciones anuales, la dirección y la velocidad de flujo. Si existen flujos subterráneos no se puede acumular energía, pero en cambio se puede eliminar con toda eficacia y/o obtener la que proviene del flujo.

El dimensionamiento de la instalación también puede verse influido por condiciones marginales, como manantiales cercanos o construcciones subterráneas, que desvíen o calienten las aguas freáticas.

Concluyendo no solo es necesario sino que es indispensable un buen conocimiento del subsuelo, su respuesta térmica y de las técnicas para aprovechar la energía encerrada en él. Este conocimiento está en una fase de desarrollo incipiente en nuestro país por lo que además hay que vencer la inercia al cambio que cualquier nueva tecnología despierta en la sociedad. En un futuro próximo las estructuras termoactivas pueden proporcionar soluciones económica y ambientalmente viables en nuestro país.