



# LA GEOTERMIA



**Una fuente energética inagotable, constante, limpia y barata que nos ofrece la tierra**



Cortesía del:  
**Grupo de trabajo de Geotermia del CEEC**



**La geotermia es una fuente energética renovable, limpia y eficiente que está disponible 365 días al año y 24 horas al día. Es por tanto la energía dentro de todas las fuentes renovables que proporciona un factor de carga o de uso más elevado durante el año, ya que no depende de la disponibilidad de otros recursos naturales como el viento o el sol**

La energía geotérmica es, en su sentido más amplio, la energía calorífica que la Tierra transmite desde sus capas internas hacia la parte más externa de la corteza terrestre. En la Directiva 2009/28/CE, relativa al fomento y al uso de energía procedente de fuentes renovables, la geotermia se define como la energía almacenada en forma de calor bajo la superficie sólida de la tierra.

También el Consejo Europeo de Energía Geotérmica (EGEC), define la energía geotérmica como la energía almacenada en forma de calor bajo la superficie de la

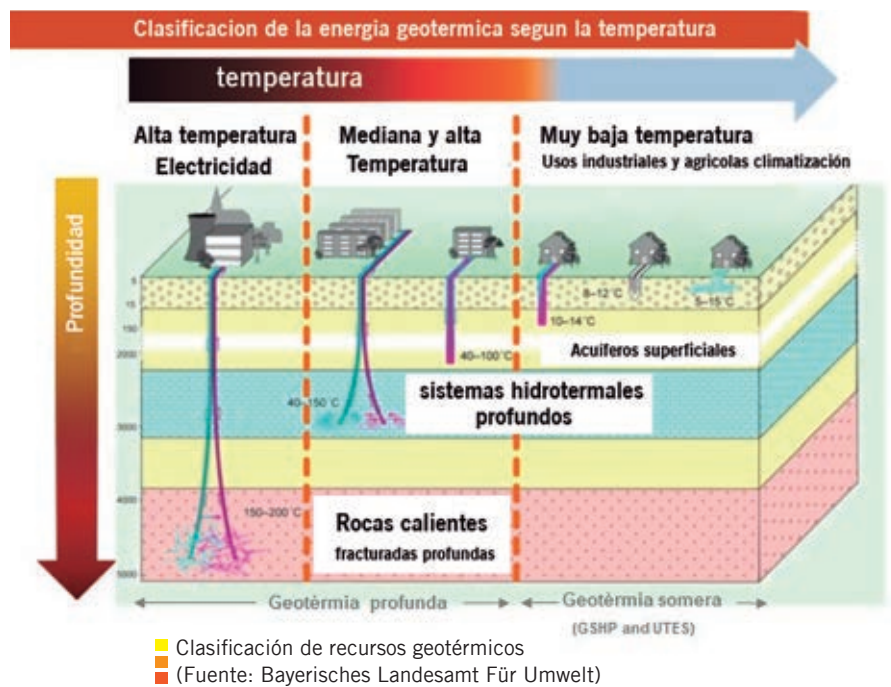
Tierra. Según su definición, se trata de una fuente de energía sostenible, renovable, que puede proporcionar, en las diversas formas, calor y electricidad las 24 horas del día a lo largo del año.

La disponibilidad y rentabilidad del aprovechamiento de la energía geotérmica que se puede encontrar disponible en el subsuelo depende del contexto y de las condiciones geológicas e hidrogeológicas del terreno en cada caso. En función de sus características, se podrá efectuar un uso directo del calor para obtener energía térmica (calor o frío)

o incluso electricidad en aquellos lugares donde se dan condiciones especiales (p. ej. permeabilidad alta de los acuíferos, y temperaturas de los fluidos por encima de los 150 °C a profundidades que hacen rentable la explotación).

Hay que tener en cuenta que en regiones donde el gradiente geotérmico es normal (es decir aproximadamente 30°C / km), puede ser necesario perforar hasta más de 4 km de profundidad para alcanzar temperaturas suficientes para poder generar electricidad.

El aprovechamiento directo del calor del subsuelo se aplica principalmente en procesos industriales que requieren agua caliente, piscifactorías, en climatización de invernaderos y en climatización urbana por medio de una red de calor centralizada. En ámbitos con gradientes normales, el objetivo es aprovechar acuíferos muy permeables situados a profundidades que permitan garantizar temperaturas óptimas para los objetivos buscados: p. ej. entre 30 y 50 °C para balnearios, > 50 °C para ciertos usos industriales, > 65-70 °C para climatización, etc. En los casos que no se alcancen las temperaturas deseadas en origen, se requerirá el uso de tecnologías de bombas de calor para elevar las temperaturas. En el caso de poder explotar un acuífero termal suficientemente caliente, también es posible la producción de frío mediante:



### LA GEOTERMIA SUPERFICIAL O DE MUY BAJA TEMPERATURA PARA LA CLIMATIZACIÓN

La geotermia de muy baja temperatura o 'geotermia superficial' (shallow geothermal) es aquel tipo de energía que se obtiene a partir del intercambio térmico con el subsuelo en los primeros 100 o 200m de profundidad. Este tipo de energía se utiliza esencialmente para la climatización (producción de calor y frío) y producción de agua caliente sanitaria (ACS) en viviendas o sector terciario y siempre mediante el uso de sistemas de bomba de calor agua-agua, también conocidas como

bombas de calor geotérmicas (Ground Source Heat Pump - GSHP).

El aprovechamiento de la estabilidad térmica del subsuelo se puede efectuar durante todo el año para intercambiar energía (cediendo o extrayendo calor) según queramos obtener refrigeración o calefacción.

Gracias a la estabilidad térmica, el rendimiento del sistema es siempre elevado, al no depender de la variación de la temperatura del aire exterior, que puede llegar a ser muy frío en invierno y / o muy caliente en verano. En función del lugar, de las necesidades y del momento, el intercambio de temperatura con el subsuelo se puede hacer de forma directa sin uso de la bomba de calor: frío pasivo o Free-Cooling, y al revés a principios de invierno con el Free-Heating.

Los sistemas de intercambio térmico con el subsuelo (geotermia superficial con bomba de calor geotérmica) es una tecnología de alta eficiencia con unos destacados ahorros energéticos / económicos de producción en comparación con los sistemas tradicionales y otras energías renovables. Sin embargo, siempre es aconsejable monitorizar el sistema de forma precisa, aspecto que debe permitir asegurar una correcta gestión y garantizar los máximos rendimientos.



♦ *Los coeficientes de rendimientos estacionales para instalaciones reales (energía térmica producida / energía eléctrica consumida por el funcionamiento de la bomba geotérmica) puede oscilar entre 3 y 6 con una media de 4.5, y periodos de retorno de la inversión variables entre 4 y 8 años (en función del diseño y del uso).*

El uso de la geotermia superficial está muy extendido en Europa: en países como Suecia, Alemania, Francia, Bélgica u Holanda es una energía muy conocida e implantada desde hace décadas en múltiples formatos: en sistemas abiertos, sistemas cerrados, y también para sistemas de almacenamiento térmico en el subsuelo (*UTES - Underground Thermal Energy Storage*). En Catalunya el uso de la geotermia superficial está actualmente en plena expansión, especialmente en dos tipos de situaciones:

- a. Instalaciones de climatización urbanas dado que se integra perfectamente y ayuda a mantener la calidad del aire en las ciudades, y
- b. Instalaciones híbridas en las que se combina la geotermia con otras energías renovables consiguiendo soluciones muy eficientes (p.ej. paneles fotovoltaicos con dispositivos de almacenamiento de energía).

Los sistemas de climatización basados en bombas de calor geotérmica, ofrecen muchas ventajas:

- Con un único aparato (la bomba) se puede cubrir el 100% de las necesidades de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria por el edificio.
- La energía está disponible 24 horas al día y 365 días al año.
- Su impacto visual es inexistente.
- Comporta una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> muy importante.
- No genera emisión de humos.
- No hay necesidad de instalar tanques de combustible.
- Equipos muy silenciosos. No impacto acústico.
- Muy bajo mantenimiento. Alta durabilidad de los equipos y del campo de captación.
- No hay riesgo de explosiones.
- Energía local que reduce la dependencia exterior.
- Se puede combinar en la misma instalación, con otros sistemas (fotovoltaica, solar térmica, etc.)

Según fuentes de GEOPLAT (Plataforma Tecnológica Española de Geotermia) actualmente en España hay unos 290 MWt de geotermia instalados. En Catalunya se dispone de más de 26MWt instalados con geotermia superficial (ICGC, diciembre 2018).

## SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA SUPERFICIAL

Hay dos grandes tipos de dispositivos para el aprovechamiento de la energía geotérmica superficial:

Sistemas basados en intercambio de calor en circuitos cerrados (Close Loop Systems)

Sistemas basados en el intercambio de calor en circuitos abiertos (Open Loop Systems)

En los sistemas abiertos (con captación de agua) se aprovecha la energía contenida en el agua subterránea (en acuíferos), en masas de agua superficial (el mar, lagos y estanques, ríos), o incluso minas. Los sistemas abiertos verticales (con pozos) pueden extraer una cantidad de energía térmica mucho más elevada que la que se obtiene por un sistema basado en un circuito cerrado. Como desventajas, su mantenimiento es más elevado, y su rendimiento está condicionado a las características hidrológicas o hidrogeológicas del terreno y la calidad del agua entre otros. Adicionalmente es necesario tramitar autorizaciones específicas para el aprovechamiento térmico de las masas de agua superficiales o los acuíferos involucrados.

Los sistemas cerrados (sin captación de agua) intercambian calor con el subsuelo mediante la instalación de una conducción ciega (sonda geotérmica) por la que circula un fluido que no interactúa directamente con el terreno, pero permite la transferencia de energía con él. Pueden clasificarse en sistemas horizontales y verticales. Los primeros son más económicos, pero por el contrario necesitan disponer de grandes superficies, y están más influenciados por las oscilaciones térmicas superficiales. En cambio, los sistemas cerrados verticales son más complejas de diseñar e implementar, son más caros ya que se requiere maquinaria específica de perforación, pero son aptos para la climatización de edificaciones más grandes, no está limitado al uso doméstico.



■ Sondeos proyecto TEEs2B  
■ (fuente: Ecoserveis)

El dimensionamiento de estos sistemas es complejo ya que intervienen diferentes factores como la temperatura del terreno, la conductividad térmica del subsuelo, la profundidad, el diámetro, la geometría y la resistencia térmica del

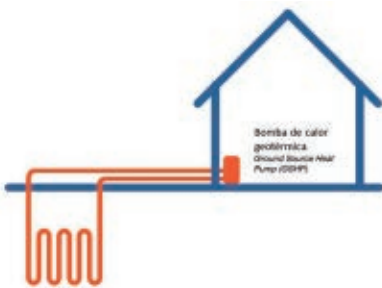
intercambiador, así como la distancia entre los intercambiadores.

Para el diseño de intercambiadores geotérmicos, se recomienda consultar la norma alemana VDI 4640 o las especificaciones de la IGSHA (International Ground Source Heat Pump Association). En el caso concreto de intercambiadores verticales cerrados, existe también la norma UNE 100715-1: 2014.

#### ► Sistemas de intercambiadores verticales cerrados

Los sistemas verticales cerrados, son los más utilizados en geotermia superficial (en número de instalaciones) debido a que se pueden utilizar en casi todo tipo de terrenos, ocupan poco espacio y pueden cubrir todo rango de potencias tanto para calefacción como para refrigeración.

Se basan en la construcción de un campo de captación con sondeos de 100 a 150 m de profundidad dentro de los cuales se instala una sonda geotérmica (de simple o doble U de polietileno) a través de la cual se hace circular el fluido (agua o mezcla con anticongelante) que intercambia calor con el terreno por conducción térmica.



La bomba de calor eleva o disminuye la temperatura del fluido en el exterior hasta un rango utilizable para aplicaciones de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria.

El espacio entre la sonda geotérmica y las paredes del sondeo se sella con mortero geotérmico para asegurar la transmisión térmica entre el fluido y el terreno.

Los ensayos de respuesta térmica (TRT) permiten determinar las propiedades térmicas del terreno, aspecto

fundamental para el dimensionamiento de sistemas con potencias superiores a 30 kW y cuando se prevé un número mayor de 1800 horas / año de funcionamiento o sistemas no balanceados. (UNE\_100715-1:2014\_Diseño, ejecución y seguimiento de una instalación geotérmica somera. Parte 1: Sistemas de circuito cerrado vertical / UNE-EN ISO 17628:2017\_Ensayos geotérmicos. Determinación de la conductividad térmica de suelos y rocas utilizando una sonda geotérmica instalada en un sondeo).



(fuente: Vaillant)

#### ► Los sistemas de intercambiadores horizontales cerrados

Los sistemas horizontales enterrados cerrados, se instalan en catas en el terreno entre 0,8 y 1,8 m de profundidad. El funcionamiento es similar a los sistemas verticales cerrados. Unas sondas geotérmicas dispuestas en horizontal permiten la circulación de un fluido que canjea calor con el sol circundante. Dado que el circuito está a poca profundidad, este tipo de instalaciones están más influenciadas por la estacionalidad térmica del aire superficial. Las características geotécnicas del terreno que hay que excavar tiene influencia en el coste de la instalación.

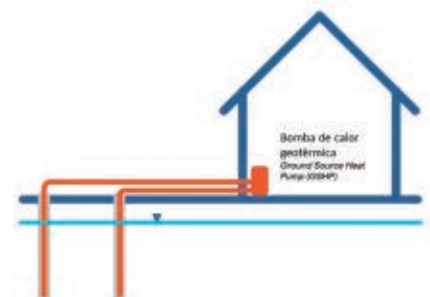


► Construcción de un pozo de captación de agua subterránea (fuente: ICGC)



#### ► Sistemas de intercambio vertical abierto (con captación de agua)

Los sistemas verticales abiertos se basan en la construcción de pozos de captación de agua subterránea para utilizarla como fluido por intercambio de calor. Como mínimo se necesitará dos pozos (uno de producción y otro de inyección, par conocido como 'doublet'). Su rendimiento está condicionado por las características hidrogeológicas y químicas del agua. Se requiere suficiente permeabilidad para producir un caudal suficiente y una buena calidad del agua para minimizar efectos de corrosión o precipitación química.



En general, los pozos de captación de agua subterránea en un sistema abierto pueden conseguir potencias térmicas mucho más elevadas que en el caso de los sondeos convencionales

por sistemas verticales cerrados (ej: para un caudal de 50 m<sup>3</sup>/h se puede alcanzar 200 kW). La ciudad de Zaragoza, es un ejemplo claro de desarrollo de este tipo de instalaciones. Aprovecha el potencial del acuífero aluvial del Río Ebro obteniendo rendimientos muy elevados: existen 65 aprovechamientos geotérmicos diferentes con un total de 176 pozos de los cuales 105 de captación y 71 de inyección, con 67,5 MWt para refrigeración y 33 MWt por calor (IGME, 2013). En este caso, un solo sistema de 'doublet' con profundidades entre 30 y 60 m, y con caudales entre 30 y 70 l/s puede llegar a producir entre 0,5 y 1MWt. Este tipo de sistemas son rentables para instalaciones > 100kW (IGME, 2013).

► **Instalaciones de climatización híbridas y sistemas para almacenamiento térmico con intercambiadores verticales cerrados**

Los sistemas geotérmicos híbridos son instalaciones que combinan geotermia con otras fuentes de energía como la solar-térmica y / o fotovoltaica y / o biomasa, entre otros. Una de las soluciones utilizadas se basa en el uso de energía solar térmica combinada con geotermia: en este caso los captadores solares y el uso de sistemas de carga en acumulador de inercia permiten producir ACS y / o apoyar sistemas de calefacción por suelo radiante.

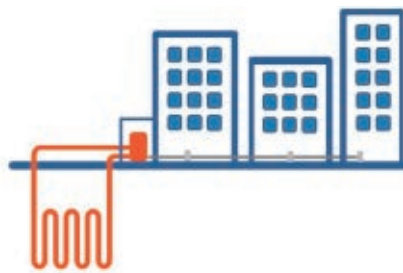
Otras soluciones, pueden combinar biomasa y geotermia para producir calefacción y fotovoltaica para reducir el gasto de electricidad. En Catalunya, existen numerosos casos de uso de sistemas híbridos. Normalmente la geotermia en este caso se utiliza como fuente energética para cubrir la demanda base necesaria.



Otro tipo de aplicación de la geotermia es en dispositivos de almacenamiento subterráneo de calor (sistemas UTES-Underground Thermal Energy Storage) en los que por ejemplo se puede combinar solar-térmica para captar energía y sistemas verticales cerrados para almacenarla en subsuelo (BTES - Borehole Thermal Energy Storage).

► **Redes de climatización (frío y calor) centralizadas de barrio en zonas urbanas. (geotermia como sistema único o combinado con otras energías renovables)**

Actualmente el uso de la geotermia superficial en ámbitos urbanos para instalaciones de redes de distrito de calor y frío está en plena fase de crecimiento, ya sea como sistema único, o combinada con otras energías renovables (biomasa, fotovoltaica, solar).



Las redes modernas de calor y frío (DHC - District Heating and Cooling) basadas en renovables facilitan un uso eficiente de la energía y disminuyen las emisiones de dióxido de carbono en las ciudades. Las tecnologías DHC son apropiadas tanto para el sector residencial como el no residencial, incluyendo la industria (fuente: proyecto Smartreflex, IREC). En Catalunya se ha implementado en Olot, el primer proyecto de red urbana que combina geotermia con biomasa y fotovoltaica: la 'Xarxa Espavilada' de climatización de Olot (Girona). Este ha sido un proyecto pionero en el país que puede replicarse en otros lugares.



Construcción de una red de distribución con 4 tubos. Proyecto "Xarxa espavilada de climatització" (fuente: Aj. Olot)

► *Los usos y las aplicaciones de la energía geotérmica son muy amplias y los tipos de configuraciones técnicas que existen actualmente en la industria pueden adaptarse a cualquier necesidad.*

*Un buen conocimiento sobre las características geológicas e hidrogeológicas del subsuelo, conjuntamente con un análisis detallado de las necesidades energéticas del/los edificio/s, permitirá a las empresas consultoras en geotermia y de ingeniería especializadas en energías renovables y eficiencia energética diseñar las mejores soluciones.*

## GRUPO DE TRABAJO DE GEOTERMIA EN EL CLÚSTER DE ENERGIA EFICIENTE DE CATALUNYA

La creación del Grupo de Trabajo de Geotermia (GTG) y su integración al Clúster fue acordado el 7 de julio de 2018 por la Junta Directiva del Clúster de la Energía Eficiente de Catalunya (CEEC).



El objetivo principal del GTG es difundir la geotermia como fuente de energía renovable para alcanzar los objetivos ambientales y de transición energética en Catalunya, y fomentar la innovación y la colaboración entre los agentes para generar nuevas oportunidades e impulsar de forma conjunta el sector de las energías eficientes en nuestro país.

La iniciativa, fue promovida por empresas que trabajan en el sector de la geotermia en Catalunya. Actualmente cuentan con más de 38 miembros entre empresas, entidades y administraciones.

La misión del GTG, es sintetiza en 7 puntos:

- Ayudar a impulsar la geotermia, como sistema de EERR y destacar la alta eficiencia energética para incrementar su implementación en Catalunya.
- Desarrollar sinergias con otras EERR (sistemas híbridos, etc.)
- Apoyar la participación del clúster en proyectos conjuntos de investigación, innovación y desarrollo en materia de geotermia y su proyección en el exterior en el marco de Europa.
- Impulsar la superación de las barreras existentes que dificultan la implementación de la geotermia en Catalunya.
- Potenciar la difusión, la formación y las buenas prácticas del sector geotérmico
- Proporcionar un marco en que todos los sectores implicados en la geotermia y liderados por la industria, trabajen conjuntamente para lograr la implementación comercial de la geotermia.

Para más información se puede consultar:



### Relación de las Entidades colaboradoras del Grupo de Trabajo de Geotermia del Clúster de Eficiencia Energética de Catalunya:

Agencia Local Energía Barcelona (Ayto.Barcelona) - Ayto. Sant Cugat - ALB SISTEMAS, S.A - AMPHOS 21 - Anufra - Arcbcn (Armengol & Ros Consultors i Associats,Slp - Baxi Calefaccion, S.L.U. - BIOT ENERGIA RENOVABLE - Col.légi Gèologs de Catalunya - Col.légi Enginyers Tecnicos i de Mines i Energia de Catalunya - Colegio de Ingenieros de Minas del Nordeste - Comsa Corporación, S.L. - Construcciones Rubau, S-A. - Consultoria Energética de Cataluña - Copcisa Industrial, S.L.U. (Istem) - Diputació de Barcelona - Domini Ambiental - Ecoserveis - ENERGROUT GEOTHERM, S.L.U. - ENGIAX - Institut Cartografic i Geologic de Catalunya - ICAEN - Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera - Institut de Recerca en Energia Catalunya (IREC) - KASAKA SISTEMAS ENERGÉTICOS. S.L. - Kromschroeder, S.A. - Original Ingeo Geotermia - Perfolloc, S.L. - PGI ENGINEERING - Proisotec Enginyeria, S.L.P. - Quadrifoli - QUALI Geotermia - Sialtec - Tellus - Ignis - Terundar - UPC - Vaillant - WATTIA

## ■ ■ ■ ALGUNOS CASOS PRÁCTICOS DE INSTALACIONES GEOTÉRMICAS DEL GTG ■ ■ ■

### ◆ INSTALACIÓN GEOTÉRMICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN TARRAGONA



Esta instalación geotérmica se realizó a mediados del pasado año en una vivienda unifamiliar de 400 m<sup>2</sup> climatizados, ubicada en la provincia de Tarragona.

Una vez calculadas las demandas térmicas de la vivienda se optó por la instalación de un sistema geotérmico de 16kW formado por 3 perforaciones verticales y una bomba de calor modelo F1155-16 del fabricante sueco NIBE AB.

Esta bomba de calor geotérmica permite cubrir todas las necesidades de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria (ACS) de la vivienda con su compresor inverter capaz de regular la potencia entregada en función de las necesidades que en cada momento tiene de la vivienda.

La calefacción se realiza mediante un suelo radiante, que recibe agua caliente de la bomba de calor a una temperatura de 35°C con un rendimiento (COP) de 5.5, mientras que la refrigeración se produce enviando agua a una temperatura de 7°C con un rendimiento (EER) de 5.1 a cuatro fancoils por conductos. Para la producción del ACS hay instalado un

acumulador de 300 litros que la bomba de calor se encarga de mantener a una temperatura entre 45 y 50°C.

Además del gran ahorro energético, la geotermia ha reportado otras ventajas a sus beneficiarios como el disminuir la denominada contaminación estética o paisajística al no necesitar de la instalación de chimeneas ni de equipos situados al exterior de la vivienda, además de reducir al mínimo el nivel sonoro en comparación con los otros sistemas de climatización.

### ◆ INSTALACIÓN GEOTÉRMICA EN EDIFICIO PLURIFAMILIAR EN TORELLÓ (OSONA)



En el año 2010, una importante promotora de Vic (Barcelona), se propuso hacer frente a la crisis inmobiliaria del momento, distinguiendo un edificio situado en Torelló, por su alto valor tecnológico, ecológico y eficiente. Se trata de un bloque de 12 viviendas, de 90 m<sup>2</sup> cada una, en el que se proyectó, conjuntamente entre la ingeniería y Vaillant, un sistema centralizado para producir y distribuir: refrigeración, calefacción y ACS; mediante una única Bomba de Calor Geotérmica para cubrir toda la demanda. Se adoptó el criterio de reducir la demanda mejorando los aislamientos. Ratio objetivo: 50W/m<sup>2</sup>. Los 1.080 m<sup>2</sup> a climatizar, y sus 24 baños, se abastecen con la Bomba de calor geoTHERM alta potencia VWS 460/2 de Vaillant. Dicha Bomba de Calor, dispone de una captación de 10 pozos de 110 mts, con sonda doble de 32 mm. La temperatura media del terreno es de 12°C, que con la Bomba de Calor Vaillant, se obtiene:

- 69 kW en calor, con un consumo eléctrico de 13 kW, y COP de 5,3.
- 59 kW en frío, con un consumo eléctrico de 10,6 kW, y EER 5,7.

Se dispone de un depósito de inercia de 1.000 litros y uno de ACS de 1.000 litros. Se distribuye, contabiliza y factura la energía consumida a cada usuario de forma automática mediante software sencillo y compatible con la gama de Vaillant.

Actualmente, tras más de 7 años de funcionamiento, por parte de los usuarios se valora: el alto confort, la ausencia de generadores dentro de la vivienda, y el importante ahorro económico, por tratarse de un sistema de alto rendimiento además centralizado. El éxito de este sistema geotérmico en una de las poblaciones más frías de Cataluña, demuestra que es la opción más viable para todos los intervinientes, especialmente: promotor, instalador y usuario.

### ◆ NUEVA SEDE NORVENTO ENERGÍA - WATERKOTTE EN UN EDIFICIO DE ENERGÍA CERO



El edificio CIne es un complejo industrial y de oficinas que Norvento construyó en Lugo (Galicia) para alojar su sede corporativa. Cuenta con una superficie de 4.000 m<sup>2</sup> y capacidad para 200 trabajadores. Este edificio está físicamente desconectado de la red eléctrica y del gas. El 100% de sus necesidades energéticas -eléctricas y térmicas- se cubren con energías renovables generadas en el emplazamiento, convirtiéndolo en un edificio de Energía Cero. El sistema geotérmico WATERKOTTE es el nervio central y el sistema utilizado en exclusiva para garantizar la climatización de este edificio. Está constituido por dos bombas de calor geotérmicas en cascada de 52kW cada una, del modelo EcoTouch DS 5063.4 TAD y un campo de captación de 7 sondas geotérmicas a 130 m de profundidad.

Las bombas de calor incluyen dos compresores scroll de montaje tándem, refrigerante R134A, válvulas de expansión electrónicas, evaporadores y condensadores de gran superficie que permiten alcanzar temperaturas hasta 70°C. La generación de calor a alta temperatura era uno de los requisitos principales del proyecto, para que se pudiese aprovechar el excedente eléctrico del sistema fotovoltaico, y así seguir almacenando energía en baterías térmicas (dos acumuladores de agua de 25.000 litros cada uno). La gestión global del sistema geotérmico está centralizada en un cuadro de automatización y control fabricado y suministrado por KASAKA SISTEMAS ENERGÉTICOS S.L. Este incluye la gestión de consignas, activación de válvulas y circuladoras, la recogida de las señales de fin de carrera de las válvulas, del estado de marcha, avería de las circuladoras, etc. Este sistema de control geotérmico comunica con los restantes sistemas de la microrred, empleando el protocolo BACnet, y se encuentra igualmente accesible para monitorización y servicio técnico remotos. Para la climatización del edificio se ha optado por el suelo radiante refrescante, apoyado por sistemas de ventilación forzada de doble flujo con recuperación de calor. El sistema es a cuatro tubos, fundamental para el enfriamiento continuo de la sala de servidores y de las salas de reuniones durante las temporadas intermedias.

El edificio CIne ha recibido la calificación BREEAM en grado Excepcional, convirtiéndose en uno de los proyectos con mayor distinción según dicho certificado a nivel mundial. ○