DESARROLLO DE LA GEOTERMIA EN LA CIUDAD DE ZARAGOZA

Antonio Sarasa, Rosana Navarro, ESHYG 2011

El progresivo agotamiento de los combustibles fósiles, la dependencia energética, la emisión de gases de efecto invernadero, etc, han hecho que se desarrolle de forma espectacular en Zaragoza, una energía renovable conocida como **"geotermia de baja entalpía"**, energía que en otros países de la Comunidad Europea lleva algunas decenas de años de desarrollo.

A esta andadura, están contribuyendo tres aspectos que se han considerado indiscutibles en todos los congresos y foros sobre geotermia:

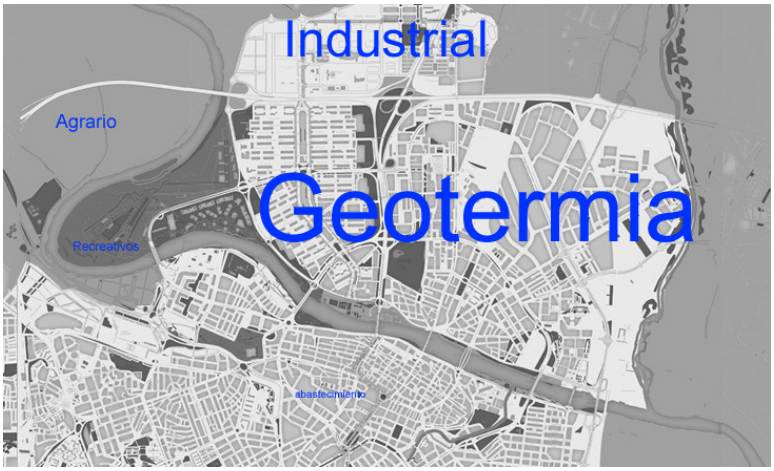
- **Ahorro del orden de un 50% de energía eléctrica,**
- **Reducción del orden de un 50% de emisiones de CO_2**
- **y un periodo de retorno de la inversión de cuatro-seis años**, además de menores costes de mantenimiento y menor dependencia de las oscilaciones el mercado energético.

De todas las variantes que presenta la geotermia, es la de muy baja entalpía mediante sondeos u obras superficiales que no llegan a los 200 m de profundidad, una de las más utilizadas para su utilización en la climatización y producción de agua caliente sanitaria.

Las dos técnicas utilizadas habitualmente, son los sistemas cerrados con intercambiador de energía en el propio subsuelo con un contenido mínimo de agua, y los **sistemas abiertos en los que el agua subterránea disipa la energía necesaria o se capta de ella la que se requiere para climatización**. Es esta última la que está teniendo un amplio desarrollo en el núcleo urbano de **Zaragoza**, aprovechando un acuífero aluvial que presenta unas excelentes características hidráulicas, y al que se le ha atribuido un consumo no consuntivo según el IGME (2008) de 13,2 hm^3 anuales, de los 20 hm^3/año bombeados en total desde este acuífero urbano.

La importancia del acuífero para su uso geotérmico queda subrayada por su utilización con demostrada eficiencia a lo largo de ya varios años en grandes edificios de esta ciudad, donde se producen los mayores consumos energéticos, y en los que se requiere un uso continuado que garantice todo el sistema de climatización. Este es el caso de hospitales, residencias, hoteles, centros comerciales, pabellones polideportivos, edificios administrativos, etc. No obstante, y al igual que cualquier otro sistema de climatización o proceso industrial, es necesario que todos sus componentes estén correctamente diseñados y ejecutados, y especialmente en este caso se requiere prestar especial atención a que todo el sistema de captación de aguas subterráneas del acuífero y su posterior inyección, se realice con la calidad que requiere el sistema, entre otras cuestiones porque puede llegar a alcanzar el 50% de la inversión en climatización (especialmente en ciclo cerrado), exceptuando la distribución por el edificio.

Con todo ello, su funcionamiento y explotación es manifiestamente mejorable. No en cuanto a la maquinaria utilizada para la climatización en sí, cuyo funcionamiento con una instalación adecuada presenta todas las garantías, y si, en todo lo que tiene relación con la hidrogeología urbana. De ahí la importancia de aumentar su conocimiento mediante el proyecto impulsado desde ZINNAE en abril de 2011 de "**Hidrogeología Urbana; Sistema integral de gestión del acuífero de Zaragoza**".La experiencia de ESHYG a lo largo de estos últimos 20 años ha permitido observar en muchos casos deficiencias importantes que han acarreado costosas soluciones, y en otras han dejado un legado económico para su mantenimiento muy costoso, poniendo manifiestamente en duda la eficiencia energética y económica de un sistema que, en otros países esta fuera de toda ella. Esto nos lleva a poner sobre la mesa, de forma muy sucinta, aspectos que resultan problemáticos, y por tanto proponer posibles soluciones que permitan mejorar la utilización de la geotermia como elemento clave para el ahorro energético y lucha contra el cambio climático, en los grandes edificios de la ciudad de Zaragoza. La discusión de estas soluciones dentro del ZINNAE, con los organismos administrativos implicados y las empresas interesadas, supone un reto importante que encaja perfectamente en este proyecto de hidrogeología urbana. Entre todas las deficiencias observadas, sin duda la más importante es la de **un estudio hidrogeológico de referencia**, ausente de las habituales generalidades ya conocidas por los hidrogeólogos, donde se aporten datos fiables. Sin duda, este proyecto de hidrogeología urbana puede cubrir, según lo expuesto en su presentación, esta necesidad.



Explotación de aguas subterráneas según su uso; ZAmaltea

Esto no evita en ningún caso, sin excepción, la ejecución de un **estudio hidrogeológico de detalle de la obra** que se va a ejecutar, de tal manera que el estudio hidrogeológico de referencia debe de servir para disminuir costes y corroborar o dar coherencia a dicho estudio de detalle. El estudio de detalle implica la ejecución de estudios que deben cumplir unas prescripciones técnicas mínimas que detallamos más adelante; asimismo, se debe complementar con el **estudio geotécnico** que exige el Código Técnico de la Edificación, tratando de obtener unos datos que son fundamentales para el diseño y proyecto geotérmico. Es habitual que la falta de esta coordinación impida realizar "unos pocos metros más" en los sondeos de reconocimiento geotécnico, lo que unido a una finalización correcta (entubación, localización precisa, accesibilidad durante y después de la ejecución de las obras, etc), permitiría controlar la eficiencia del sistema y por tanto mejorar su conocimiento y evaluar la interacción con el acuífero. Asimismo, desde el punto de vista administrativo, la **concesión administrativa** para la extracción de aguas subterráneas y la autorización de vertido exigen todos los datos de este estudio de detalle (incluso la evaluación del impacto térmico), pues es evidente que se deben de valorar por parte de la Administración competente para su tramitación y decisión sin perjuicio de terceros.

Estudio hidrogeológico de detalle de la obra

Una de las aplicaciones de este estudio de detalle es la de poder corroborar la viabilidad del sistema abierto y analizar con criterio si existen otras alternativas, como la utilización del ciclo cerrado. Así, en algunos proyectos en los que se ha optado por la climatización con sistema abierto sin la ejecución de un estudio hidrogeológico en ese momento, se ha puesto de manifiesto la inviabilidad de dicho sistema, bien por no encontrarse sobre el acuífero o bien por no presentar los materiales la permeabilidad suficiente. En definitiva, se trata de mejorar un importante apartado del proyecto como es la justificación de la solución adoptada calculada con datos reales, lo cual a su vez permite valorar técnica y económicamente las correspondientes unidades de obra, según los precios de mercado, prescindiendo de la habitual solución de recurrir prácticamente a una única partida alzada.

De todas las conclusiones del estudio de detalle, la más importante es la referida al emplazamiento de los pozos de extracción e inyección. Son numerosos los factores que se deben de analizar. Los primeros son estrictamente *factores hidrogeológicos*:

- dirección del flujo de agua subterránea en la zona de trabajo y su variación a lo largo del año
- oscilación del nivel freático tanto de forma natural como la provocada por avenidas de ríos
- afecciones térmicas a otras instalaciones geotérmicas situadas aguas abajo, y el caso contrario en el que se trata de evitar perder temperatura situándose fuera de la posible pluma térmica provocada por instalaciones situadas aguas arriba;
- afecciones hidráulicas mutuas con otros pozos próximos en explotación o de control piezométrico, y otras de tipo legal que recomiendan situarse a cierta distancia;
- distancia entre los pozos de extracción y recarga para evitar su progresiva perdida de salto térmico con el tiempo obligando un mayor caudal de bombeo, e incluso a la ejecución de más pozos de los contemplados inicialmente, etc.

Otros factores son estrictamente *constructivos*:

- el acceso a los pozos para el mantenimiento una vez ejecutados evitando dejarlos en el fondo de los sótanos de los edificios;
- diseño y situación de conducciones de agua, energía y señal hasta la sala de climatización sin problemas de servidumbres,
- aspectos constructivos de los pozos para no afectar a la resistencia del terreno sobre el que se asienta la edificación, etc.

Igualmente debe concluir sobre los aspectos constructivos de los pozos que requerirían de una larga discusión técnica por múltiples razones. Los caudales elevados y continuados así como la total dependencia del sistema de climatización de estos sondeos, y el peculiar funcionamiento hidráulico del pozo de inyección, obligan a una **construcción con criterios de alta calidad** que normalmente no se tienen en cuenta. Esta actividad adolece de carecer de la adecuada **asistencia técnica** y de la imposición de unas limitaciones económicas, cuyo único resultado es trasladar el ahorro de costes a corto plazo a uno muy superior a largo plazo, durante la vida útil de la instalación. Por tanto es necesaria la imposición de ciertos aspectos constructivos mínimos.

Como en todo trabajo, la propuesta anterior queda vacía si no se impone un **control exhaustivo de la perforación,** que debe de ir mucho más allá de la habitual dirección de obra en la edificación. La razón fundamental es que no se trata de una obra al uso en la que una vez definida, las variaciones son mínimas, sino que se trata de una obra inicialmente dedicada a la investigación por una razón evidente: solo se puede conocer su resultado en cuanto a cantidad y calidad del agua tras su ejecución, sin poderlo predecir con exactitud con anterioridad. Ello obliga de manera continuada, a la toma de decisiones importantes, que modifican, por ejemplo, las unidades de obra e incluso las características de ellas y las técnicas de ejecución. En caso contrario el pozo sufre una merma de calidad considerable, que aumenta los costes de mantenimiento y disminuye la vida útil de estas infraestructuras en porcentajes que pueden superar sin problema alguno el 50%.

Queda un tercer aspecto a considerar tan importante como los anteriores: la instalación de lo que se puede denominar el **circuito primario de bombeo e inyección del agua**. El diseño se debe de adaptar al funcionamiento hidráulico de los pozos y a las variaciones fisico-químicas del agua -y no al contrario-, de tal manera que son los resultados obtenidos durante la investigación y construcción de los pozos los que imponen de forma ineludible no solo cómo debe ser la instalación sino también su funcionamiento (aspecto por tanto que se define durante la obra y no durante la fase de proyecto, donde es solo es un mera estimación de unidades que posibilitan la valoración de la obra y su contratación). En cualquier caso la instalación se debe de adaptar en todo lo posible a la maquinaria de climatización (impuesta por la demanda térmica), constituyendo uno de los capítulos más importantes la monitorización y automatización del sistema. Sin duda, de todos los aspectos, este es el que presenta mayor desconocimiento y grado de indefinición en todos los proyectos y que obligan a "ajustar" el sistema posteriormente.

El mayor reto investigador que se plantea en esta tercera problemática es la ejecución de una instalación que almacene frío y calor en el acuífero para evitar los problemas de contaminación térmica entre los propios pozos (y por tanto un menor caudal de bombeo), y evite también la afección a los sistemas geotérmicos existentes aguas abajo, como ya se está utilizando en otros países como por ejemplo Holanda con éxito, si bien en un acuífero con unas características hidráulicas diferentes.

En definitiva, queda mucho camino por recorrer para que el uso de la geotermia en nuestro país ocupe el lugar que se merece en el campo de las energías renovables, si bien la ciudad de Zaragoza, con la presencia del acuífero aluvial, es una de las que mayor uso hace de este tipo de energía. En estas páginas se ha pretendido realizar una exposición de los aspectos más prácticos y problemáticos a los que nos enfrentamos quienes trabajamos directamente sobre el terreno, y por ello es deseable que hayan contribuido a transmitir a los socios del ZINNAE una opinión, siempre matizable, sobre el estado del arte de esta actividad tan importante como la geotermia de sistema abierto, y su relación con el acuífero urbano de Zaragoza.