

### Captación geotérmica y estructuras termoactivas

# Rehabilitación para la eficiencia energética en la climatización de edificios

Un proyecto de instalación geotérmica requiere un estudio detallado de la demanda energética del edificio, de su tipología constructiva y estructural, de su entorno climático de su condición bioclimática, de la estratigrafía, la composición, la higrometría y la conductividad del terreno; exige la definición de un régimen equilibrado de uso de los recursos geotérmicos, y, para su óptimo rendimiento, es absolutamente recomendable la utilización de sistemas inerciales de climatización que armonizan la interacción termodinámica entre el terreno y el edificio con gran eficiencia energética.

Los tiempos que corren están siendo testigos del advenimiento de la geotermia superficial o de baja entalpía como un interesante recurso energético renovable. Perforadores, empresas de cimentaciones especiales, fabricantes y vendedores de bombas de calor, fabricantes y vendedores de tubo y componentes, prescriptores y técnicos se han lanzado con entusiasmo a la piscina del desarrollo de un nuevo sector, el de los estudios, la ingeniería, concepción y construcción de instalaciones de captación y aprovechamiento geotérmico, el que es sin duda un campo con enorme potencial de desarrollo en nuestro país.

Importantes esfuerzos se están realizando desde las administraciones y, en particular, desde la Comunidad de Madrid por canalizar científicamente este desarrollo, que a veces tiene tintes parecidos a la carrera del oro del Yukon, a través de congresos y cursos de formación que aporten a la sociedad una vara de medir con un nivel de rigor y exigencia técnica que esté, al menos, a la altura del estado del arte de nuestros vecinos europeos.

Afortunadamente, no se trata en el caso de la geotermia de un campo experimental pues es un área plenamente desarrollada en países de nuestro entorno con miles de instalaciones en funcionamiento, abundante literatura científica, un importante cuadro de técnicos internacionales, normativa plenamente vigente y actualizada, empresas expertas, asociaciones sectoriales y organismos competentes etc.

La enorme ventaja de entrar en este campo a principios del siglo XXI –muy tarde–, es la de poder disponer de la experiencia de otros muchos que empezaron en esto hace cuarenta años y ya han llegado a hacerlo bien. En España podemos subirnos al cajón del *know-how* europeo y, desde allí, desarrollar nuestros propios procesos de innovación en la aplicación

de los recursos y técnicas de captación geotérmica al enorme campo emergente de la eficiencia energética en la edificación. En nuestra mano está la posibilidad, y la obligación de actuar con la responsabilidad y la humildad que fundamentan cualquier avance técnico solvente, ser exigentes en la concepción, el cálculo y el diseño de los sistemas y rigurosos en su construcción para garantizar su fiabilidad y rendimiento en cada uno de los casos particulares, pues en geotermia no existen fórmulas repetitivas de automática aplicación sino situaciones individuales que deben ser abordadas con una amplia base de conocimiento, método, rigor y experiencia.

Evitar los errores de concepción, entender la especificidad de los sistemas inerciales, saber como se armoniza el comportamiento térmico-energético del terreno con el de los edificios, evitan graves errores que se evidencian a veces a corto plazo, muchas veces a medio plazo, y algunas a largo plazo, en forma de pérdidas de rendimiento y aumento del consumo.

La estabilización de los ciclos de respuesta del terreno es un fenómeno que se produce, tras significativas variaciones, a partir de los tres años de funcionamiento y que se puede consolidar en periodos entre cinco y diez años, según el caso. Es la obtención de ese ámbito de equilibrio dinámico la que determina el rendimiento cíclico de las instalaciones geotérmicas y su estabilidad a lo largo de décadas de vida útil.

### Rehabilitación, geotermia y estructuras termoactivas

*Recuperar, regenerar, rehabilitar y reutilizar* es, en términos generales, más sostenible que demoler y desechar lo existente para construir nuevos edificios; por muy energéticamente eficientes que estos sean. Entre el 60 y el 80%

Palabras clave: BIOCLIMÁTICO, CAPTACIÓN, EDIFICIO, ENERGÍA, EFICIENCIA, ESTRUCTURA, GEOTERMIA, REHABILITACIÓN, TERMOACTIVO.



Luis de PEREDA, Arquitecto.

Dtr. de Proyectos de ENERES - Sistemas Energéticos Sostenibles.

de la masa construida de un edificio de viviendas u oficinas se recupera en un proceso de rehabilitación integral, lo que supone un enorme ahorro de recursos, energía y reducción de emisiones en procesos de extracción y elaboración de materiales, transporte, construcción, demolición y reciclado.

Si, además, somos capaces de aportar funcionalidad a estas viejas estructuras, aplicar criterios de eficiencia térmica y aprovechamiento bioclimático pasivo en su rehabilitación, e integrar modernos sistemas orientados a la captación de energías renovables a la eficiencia en el consumo de energía y la gestión inteligente del conjunto; estaremos cerrando un ciclo sostenible de rehabilitación.

La rehabilitación para la eficiencia energética de las enormes masas de edificación construida e ineficiente que constituyen la mayor parte del parque edificatorio español es el gran reto inmediato en pro del cumplimiento de los compromisos de reducción de emisiones y en las estrategias energéticas de nuestro país.

Las directivas europeas y los planes estatales para la eficiencia energética dotan con importantes cantidades de dinero a las líneas de acción sobre la rehabilitación, que se centran cada vez más en la eficiencia en términos de rendimiento de los edificios y reducción del consumo y no tanto, y no sólo, en la aplicación de sistemas de captación de energías renovables como ha venido sucediendo en los últimos años.

No olvidemos que las acciones de mejora de la condición bioclimática de los edificios, de mejora del aislamiento, de mejora de la estanqueidad y de recuperación de energía en la ventilación pueden suponer hasta un 60% de reducción de la demanda energética. La aplicación de sistemas inerciales de captación geo-

térmica y estructuras termoactivas, entre otros, puede llegar a un 30% de reducción complementaria.

No es extraño que, en procesos de rehabilitación integral, las reducciones de demanda energética que supone la acción integrada en ambos frentes oscilen entre el 65% y el 90%, respecto a una instalación convencional.

Los sistemas geotérmicos ligados a estructuras termoactivas y a dispositivos inerciales de climatización no deben plantearse como accesorios a los sistemas convencionales de climatización, sino como una alternativa plena a los mismos, mucho más eficiente en consumos y costes de energía y también más económica en coste de instalación. Desaparece pues el tradicional concepto de amortización ligado al incremento de coste que supone una instalación de captación de energía renovable añadida a un sistema de generación convencional, y por extensión el carácter necesariamente *subvencionado*, obligatorio, o ambas cosas, de cualquier alternativa eficiente a los sistemas convencionales de climatización.

Las inversiones necesarias para rehabilitar para la eficiencia energética se pueden recuperar en plazos muy razonables en virtud del ahorro en consumo energético. En los países europeos de nuestro entorno se están desarrollando los instrumentos financieros, públicos y privados que permiten a los propietarios ejecutar los planes de rehabilitación con financiación que se reintegra con el producto del ahorro energético conseguido.

## Rehabilitación de edificio de oficinas con aparcamiento mecánico semiautomático en Madrid

Este caso es un modelo de intervención en la rehabilitación de un edificio de oficinas de 800 m<sup>2</sup> de superficie en una zona residencial y de oficinas de alto nivel en la calle de Apolonio Morales, 29 de Madrid. Construido en 1989, el edificio acusaba una obsolescencia total en sus sistemas de climatización y era muy deficiente en su relación con el medio, no estaba concebido para obtener aprovechamiento energético pasivo, carecía de un adecuado aislamiento, tenía unos niveles bajos de estanqueidad y no recuperaba energía en sus sistemas de ventilación.

En el proceso de rehabilitación se ha actuado eliminando todos los sistemas de instalaciones, divisiones interiores, fachadas y cerramientos y conservando al 95% la estructura y la cubierta del edificio, que tenía un claro potencial termoactivo, en particular en los forjados.

El edificio se replantea en primer lugar con nuevas soluciones de fachada y cubierta que refuerzan el aislamiento y la estanqueidad, resolviendo los puentes térmicos, y dotándolo

de dispositivos mecanizados, lamas, y huecos practicables, que permiten desarrollar estrategias pasivas de bajo coste como el control de la captación solar como aporte de energía e iluminación natural, y la realización de ventilación directa nocturna para refrigerar el edificio, según escenarios de mínimo coste y máxima eficiencia, gestionados por el sistema de control (Fig 2).

Como criterio de partida se establece que los diversos dispositivos irán activándose para entrar en juego, integrados o escalonados, en función de la optimización del consumo energético. Para poder implementar esta estrategia con éxito se han estudiado detalla-

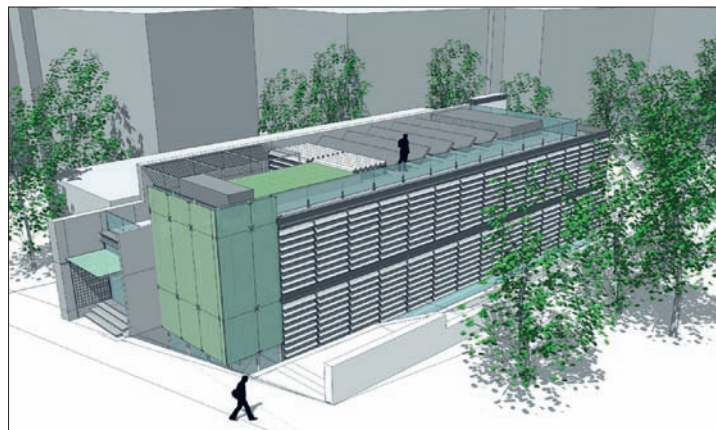
damente los diversos escenarios de funcionamiento y diseñado en consecuencia el campo de datos y señales y el sistema de gestión y control que los interpreta y actúa.

El edificio no cuenta con un buen soleamiento en invierno a causa de la altura de los edificios colindantes, pero sí puede captar radiación solar en toda la cubierta y, mediante paneles termodinámicos generar un volumen muy significativo de aire caliente que a través de las unidades de tratamiento de aire se incorporan al edificio (Fig. 3).

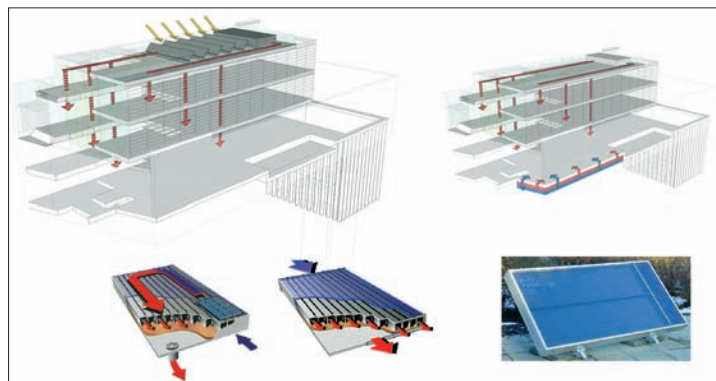
La práctica eliminación de las pérdidas nocturnas por radiación se resuelve con sistemas de lamas que también actúan como ba-



■ [Fig. 1] .- Estado original (2008) del edificio rehabilitado en C/Apolonio Morales, 29 de Madrid.



■ [Figura 2] .- Vista general del edificio según el proyecto de rehabilitación.



■ [Figura 3] .- Generación de aire caliente con paneles termodinámicos en cubierta y atemperamiento del aire bajo el forjado sanitario.

	heating		cooling		Temperature [°C]
	demand [kWh]	result [kWh]	demand [kWh]	result [kWh]	
Jan	5.226	6.410			12,0
Feb	3.485	5.046			12,0
Mar	1.984	3.917			12,0
Apr		709	-130	-562	13,5
May			-4.112	-6.017	17,0
June			-9.208	-9.600	23,0
July			-9.231	-10.331	25,0
Aug			-9.066	-9.829	26,0
Sept			-4.066	-5.881	26,0
Oct		437	-1.168	-1.159	22,0
Nov	2.985	3.000			18,0
Dec	5.122	6.071			15,0
<b>Total</b>	<b>18.802</b>	<b>25.590</b>	<b>-36.981</b>	<b>-43.379</b>	

**[CUADRO I] .- Resultados mensuales de la demanda del edificio y la producción de energía para calefacción y refrigeración mediante el uso del sistema geotérmico.**

rrera antirradiación. Todos los huecos están dotados con vidrios de baja emisividad y juntas estancas entre la carpintería y la estructura del edificio.

Se instalaron captadores en cubierta que canalizan e introducen luz natural a las zonas interiores de cada planta reduciendo las cargas y consumo de los sistemas de iluminación artificial.

Se calculó la distribución mensual de energía demandada por el edificio en función de su uso y ocupación, de su régimen de funcionamiento y de las cargas previstas (**Cuadro I**). La distribución de la demanda mensual se aportó como dato de partida en el cálculo y la simulación del funcionamiento del terreno como acumulador de energía.

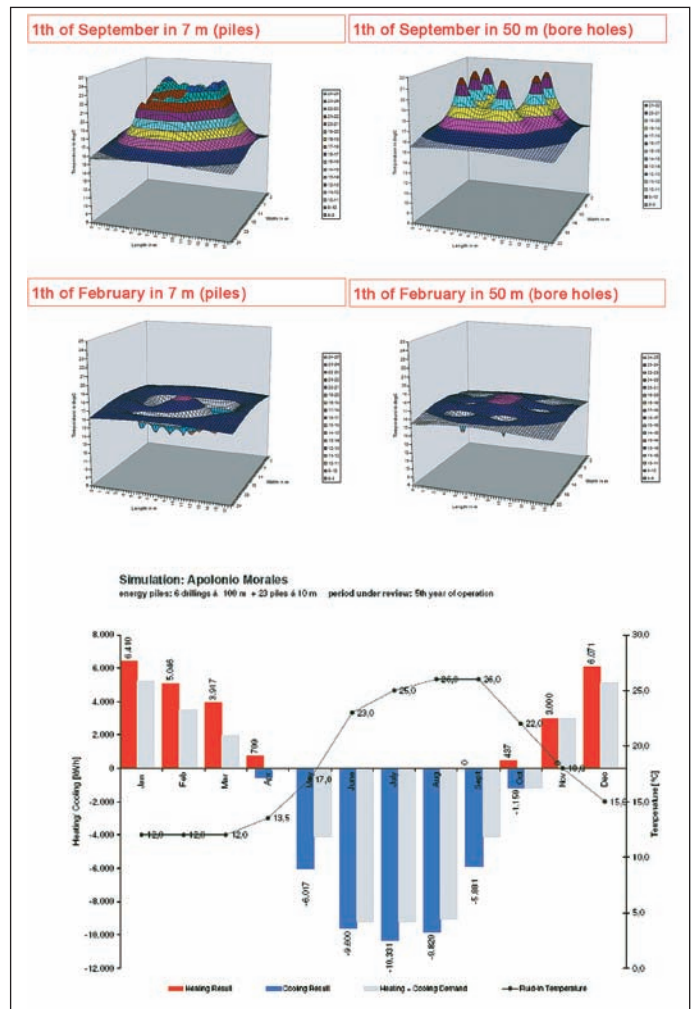
La construcción de un aparcamiento mecánico bajo patio trasero del edificio dio pie a la construcción de un vaso contenedor de 6 metros de profundidad con pilotes de 10 metros que fueron activados para su uso como intercambiadores geotérmicos (**Figs 4 y 7**). El aparcamiento mecánico, **IPS Parklift 440**, es, en sí mismo, un dispositivo de alta eficiencia energética. Reduce el volumen de obra en a

un 33% y el consumo energético en un 80% respecto a un aparcamiento convencional, con una repercusión de 10 m<sup>2</sup> por vehículo.

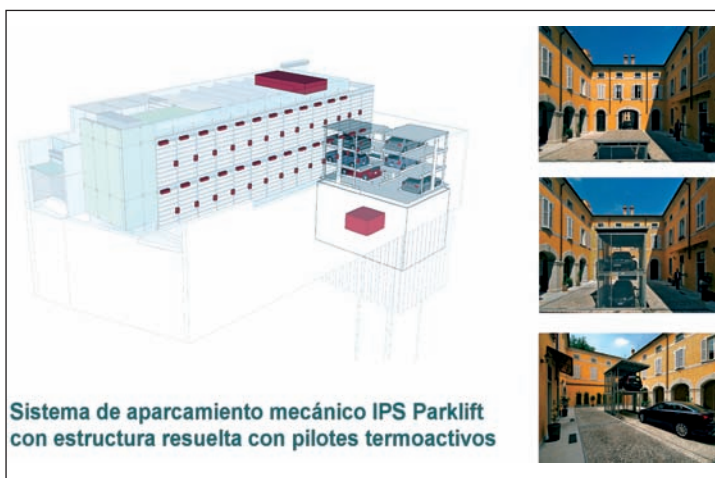
En un terreno arenoso compacto con corrientes de agua de afloro considerable a partir de 4 metros de profundidad 23 pilotes termoactivos intercambian el 25% de la energía demandada por el edificio. El 75% restante se obtiene con 6 intercambiadores verticales de 100 m de profundidad.

La modelización de este intercambiador se introdujo en el modelo de cálculo para comprobar que, efectivamente, se cubrían con intercambio geotérmico el 100% de las necesidades de calefacción y refrigeración del edificio (**Fig 5**). Sin duda, la presencia de

agua a poca profundidad y la porosidad del terreno han favorecido la capacidad de refrigeración, que era más crítica que la de calefacción. El régimen de temperaturas en el suelo oscila entre 14°C tras el invierno y 26°C tras el verano.

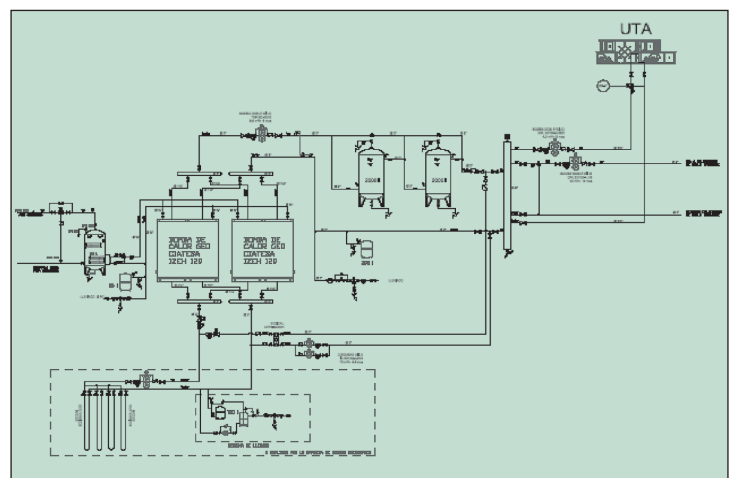


**[Figura 5] .- Temperaturas del suelo y distribución mensual obtenida a través del intercambiador geotérmico y diagramas de temperatura del suelo.**



**Sistema de aparcamiento mecánico IPS Parklift con estructura resuelta con pilotes termoactivos**

**[Figura 4].- Disposición del aparcamiento mecánico.**



**[Figura 6].- Esquema de principio del sistema de climatización del edificio.**

El sistema de climatización del edificio (**Fig. 6**) se completa con el uso de dos bombas de calor geotérmicas de 25 kW, y sistemas inerciales de acumulación o absorción de energía asociados al uso de la masa de los forjados en todo el edificio. Los forjados originales, de doble vigueta de hormigón, bovedilla cerámica y capa de compresión de 5 cm, se activaron con circuitos de circulación de agua y una masa suplementaria de hormigón de 7 cm para conseguir una masa activada de unos 250 kg/m<sup>2</sup>.

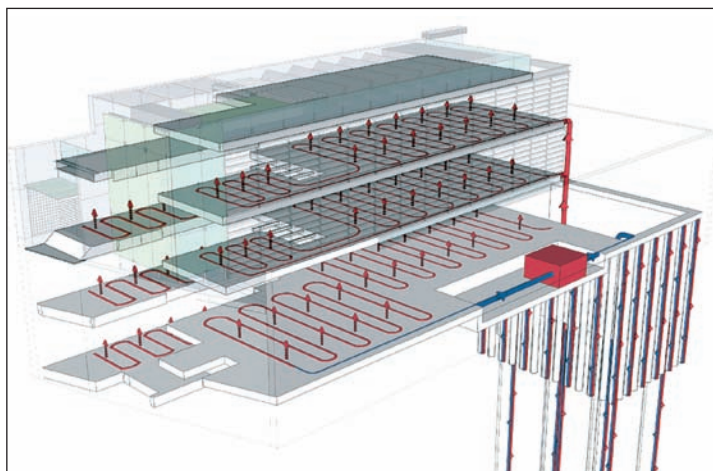
Se prevé un funcionamiento del edificio tal que se aproveche la inercia de su masa estructural durante la noche aprovechar al máximo las bondades del sistema de intercambio geotérmico (**Fig 7**).

En verano, durante el periodo nocturno, la libre circulación de agua, y, en su caso, las bombas de calor geotérmicas funcionarán para enfriar los forjados de manera que el edificio al día siguiente se encuentre preenfriado.

En invierno durante el periodo nocturno las bombas de calor geotérmicas funcionarán para mantener calor en los forjados y evitar picos de arranque por la mañana siguiente. Un sencillo dispositivo de previsión barométrica ligado al sistema de control ayudará a optimizar los arranques de las bombas y evitar el uso innecesario de energía.

La adecuada integración de los dispositivos inerciales, con los sistemas de bomba de calor geotérmica y las unidades de tratamiento de aire del edificio, bajo la gestión de un sistema de control específicamente diseñado, permite la adecuación a eventuales puntas de demanda. El aumento de la componente radiante de la transmisión del calor eleva también el confort de los usuarios y la calidad de la climatización (**Fig 8**).

Del mismo modo en que ha actuado en Apolonio Morales el equipo de Eneres está trabajando en una docena de proyectos de rehabilitación para la eficiencia energética, pública y privada, en Madrid. El enorme campo de actuación y el amplio espectro de situaciones requieren un enorme esfuerzo de desarrollo metodológico e innovación al que todos los agentes deben acudir.



[Figura 7].- Sistema de intercambio geotérmico y forjados termoactivos.



[Figura 8].- Vista de la obra durante el proceso de ejecución del intercambiador.



### ENERES

Cuesta de San Vicente, 4 - 7<sup>a</sup>

280008 Madrid

☎ 917 589 720

Fax: 915 473 892

E-mail: [eneres@eneres.es](mailto:eneres@eneres.es)

Web: [www.eneres.es](http://www.eneres.es)

