

CIMIENTOS TERMOACTIVOS

Tecnología para la obtención de energía no contaminante para aire acondicionado y calefacción a partir del subsuelo y el agua subterránea, aplicando elementos de hormigón

TECNOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE ENERGÍA PARA AIRE ACONDICIONADO Y CALEFACCIÓN

FUNCIÓN

Ya unos cuantos metros bajo la superficie del suelo encontramos durante todo el año aproximadamente la misma temperatura (entre 12 y 14 grados centígrados en Centroeuropa). Los elementos de hormigón que entran en contacto con el suelo en una construcción (cimientos, muros de contención, cortinas subterráneas, pilotes), se dotan de tubos de material sintético que, tras unirse para formar un circuito, se conectan al sistema de aire acondicionado y calefacción del edificio.

Por ellos circula el líquido portador de energía (agua, con o sin refrigerante), capaz de absorber y transportar tanto el calor como el frío.

Cuando se trata de activar la calefacción, la bomba térmica produce el nivel de temperatura deseado. Bombas térmicas reversibles o máquinas frigoríficas se ocupan de producir el nivel de temperatura oportuno para refrescar el ambiente.

El calor que se genera durante estos dos procesos se puede acumular para emplearse en la calefacción.

A su vez, el frío que se produce al generar calor con la bomba térmica se puede acumular en el suelo y aprovecharse para el aire acondicionado.

UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN ECONÓMICO Y SIN EMISIONES CONTAMINANTES SOBRE LA BASE DE UNA TECNOLOGÍA ACREDITADA

Cuando la bomba térmica consume 1 kW de corriente, se ganan de tres a cuatro kW de energía calorífica para la calefacción. Y si, además, la energía eléctrica proviene de una planta hidroeléctrica, el impacto ambiental es prácticamente nulo. Los sistemas enercret están ampliamente acreditados y las economías que permiten se han demostrado sin lugar a dudas.

"Free cooling"

Durante el "free cooling", el líquido frío de absorción que se encuentra en los cimientos se aprovecha en el aire acondicionado del edificio después de trasvasarlo por bomba. Con 1 kW de energía de bomba se pueden obtener hasta cincuenta kW de potencia frigorífica. Si el sistema enercret se utiliza, además del aire acondicionado, también para la calefacción, el efecto del "free cooling" se multiplica.

PLANIFICACIÓN

Para emplear la tecnología de enercret se requiere integrarla en una planificación general que trasciende los aspectos de la técnica calorífica o de enfriamiento. Su aplicación

adecuada precisa particularmente conocer en detalle las condiciones generales de la mecánica del suelo, la hidrología y la fundación.

Es muy importante consultar desde el inicio de la planificación con un experto en proyectos de energía. Para el mejor aprovechamiento posible de la energía geotérmica y de su potencial, se debe realizar una simulación tridimensional de las condiciones dinámicas.

EJECUCIÓN

Por motivos de responsabilidad -y si se desea garantía de éxito-, las instalaciones de enercret deben ponerse siempre en manos de empresas experimentadas. Son múltiples las fuentes de posibles errores que pueden conducir a un funcionamiento defectuoso de la instalación.

Para supervisar permanentemente el montaje se deben realizar las pruebas de estanqueidad oportunas.

Si se desea evitar inconvenientes, es aconsejable planificar con exactitud la agenda de ejecución con las otras empresas que participan en la obra.

UNA SELECCIÓN DE REFERENCIAS

Desde 1980 hemos equipado aproximadamente 400 edificios con los sistemas de energía alternativa de enercret. Éstas son sus ventajas:

- **prácticamente sin emisiones**
- **una fuente de energía inagotable**
- **independencia energética**
- **un sistema seguro**
- **reducidos costes operativos**
- **"free cooling" al obtener la energía del subsuelo**
- **doble aprovechamiento para calefacción y aire acondicionado**

Ejemplos de edificaciones que utilizan energía geotérmica:

Fábrica de etiquetado PAGO, Grabs, Suiza

600 kW de potencia calorífica y frigorífica

BANCO PROVINCIAL DEL NORTE DE ALEMANIA

Hannover, Alemania, 500 kW de potencia calorífica y frigorífica

ESCUELA PRIMARIA Triesenberg, Liechtenstein

320 kW de potencia calorífica

CENTRO DE LAS ARTES, Bregenz, Austria

100 kW de potencia frigorífica

CENTRO DE CONGRESOS DE SALZBURGO, Austria

350 kW de potencia calorífica y frigorífica

UNIVERSIDAD DE COBLENZA, Alemania

40 kW de potencia frigorífica

CENTRO DE LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN DE VORARLBERG,
Schwarzach, Austria, 230 kW de potencia frigorífica

EA-GENERALI, Viena, Austria
400 kW de potencia frigorífica, 600 kW de potencia calorífica

NAVE DE FERIAS DE DORNBIRN, Austria
800 kW de potencia frigorífica

CENTRO DE REHABILITACIÓN,
Bad Schallerbach, Austria, 270 kW de potencia calorífica

CONJUNTO HABITACIONAL MALERVA,
Sargans, Suiza, 70 kW de potencia calorífica

(Rechts v.o.n.u.)

Banco Provincial del Norte de Alemania

Centro de BMW de Schifferer

Nave de ferias de Dornbirn

Bad Schallerbach

CIMIENTOS TERMOACTIVOS TECNOLOGÍA DE enercret

Tecnología para la obtención de energía no contaminante para aire acondicionado y calefacción a partir del subsuelo y el agua subterránea, aplicando elementos de hormigón

Descripción del sistema

1. Introducción

Para vivir satisfactoriamente en nuestras condiciones climáticas, es necesario utilizar en los edificios calefacción en invierno y aire acondicionado en verano. Es cierto que en los últimos 40 años la necesidad de calefacción se ha reducido aprox. a una tercera parte, gracias al perfeccionamiento del aislamiento térmico; pero el aire acondicionado se ha vuelto a su vez cada vez más importante en el verano, debido al aumento de calor en los interiores y a la incidencia de calor exterior por las superficies de vidrio.

Es hora de abandonar las técnicas de climatización agresivas.

La responsabilidad ecológica del ser humano ha permitido el auge de nuevas tecnologías que combinan las más modernas técnicas de construcción con fuentes de energía alternativas y respetuosas con el medio ambiente, como es el caso de la energía geotérmica.

La temperatura del subsuelo a una profundidad de 10 a 20 metros asciende en Centroeuropa a una media de 12 °C. En las capas superiores la temperatura del suelo se

ve afectada por las condiciones meteorológicas. Sobre cada m² de superficie terrestre inciden anualmente aprox. 1100 kWh de energía solar.

En las capas más profundas predominan las influencias geotérmicas, de modo que la masa terrestre se calienta aprox. 1 °C por cada 33 m de profundidad.

La idea básica consiste en obtener energía calorífica del subsuelo (geotermia) y transmitirla a través de sistemas adecuados al edificio.

En forma inversa, el mismo principio se puede utilizar también para la refrigeración, trasladando simplemente el calor innecesario al subsuelo. De esta manera se hace posible una acumulación estacional de energía calorífica y frigorífica, si se cuenta con un subsuelo apropiado.

El sistema de energía enercret, de la empresa Nägelebau, se aplicó por primera vez en 1980. Entonces, enercret era conocido como una tecnología de absorción masiva y más tarde como tecnología de absorción de hormigón. Se la designa también con los nombres de termocambiador para tierra, cimientos geotérmicos y cimientos termoactivos.

Y si en aquellos años se aplicaba principalmente en casas unifamiliares o multifamiliares, actualmente se emplea sobre todo en edificaciones de mayor envergadura, como edificios públicos, edificios de oficinas, centros culturales, empresas industriales o comerciales.

2. Los elementos constructivos de enercret

La posibilidad de aprovechar el potencial energético del subsuelo a través de elementos 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 del edificio que se construye. Cuando se utilizan como fundamento pilotes en sitio o cortinas subterráneas, desde el punto de vista de la construcción ya están dadas las condiciones necesarias para un aprovechamiento efectivo de la geotermia: estos elementos por lo general se sumergen hasta el nivel del agua subterránea, activando un gran volumen de tierra para el intercambio de energía. Se ofrecen otras posibilidades cuando se aplican refuerzos en la zanja de fundación, soleras, colectores de tierra, etc.

En los pilotes u otros elementos de fundación se introducen tubos de material sintético. Por estos tubos circula en circuito cerrado el líquido de absorción que transporta la energía a la central técnica del edificio. Dependiendo de las condiciones, este líquido puede ser agua o salmuera. El sistema de tuberías se integra 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 sitio que indique el especialista en estática y se llenan con hormigón.

A continuación, los circuitos de tuberías se conectan al distribuidor mediante conductos de interconexión. Estos conductos se instalan en su mayor parte bajo la solera y en las paredes exteriores del edificio que tienen contacto con la tierra. Por lo general estas trabajos se realizan por fases, ya que las paredes de la planta baja deben estar listas para el montaje de los conductos de unión. El compartimento del distribuidor debe encontrarse por encima de la capa freática y, de ser posible, ubicado cerca de la sala técnica. El distribuidor consiste en un colector de flujo y reflujo, al que se conectan los circuitos de tuberías.

Durante todas estas faenas los circuitos de tuberías se someten a una presión de 7-8 bar para que sea posible controlar constantemente su estanqueidad. Antes y después de aplicar el hormigón se controlan las presiones y se registran en protocolo.

Pilotes transmisores de energía prefabricados con hormigón

En muchos casos se utilizan pilotes transmisores de energía prefabricados de Nägelebau, especialmente cuando se trata de pilotes de fricción y/o edificaciones menores.

Este tipo de pilotes se emplea generalmente por sus ventajas económicas y de agenda. El sistema de absorción, compuesto por tubos apropiados de material sintético, se integra en los pilotes en nuestros talleres para elementos prefabricados.

Después de hincar los pilotes ya sólo se precisa retirar el suplemento de icopor para conectar el pilote a la línea de interconexión. Estos pilotes transmisores de energía miden en sección transversal de 30/30 a 40/40 cm y alcanzan hasta 14 metros de longitud.

Los pilotes prefabricados pueden llegar a alcanzar hasta 28 metros de longitud gracias a un nuevo sistema de unión, de montaje rápido e idóneo para las obras de construcción.

3. Calefacción, aire acondicionado / freecooling

Gracias al posterior desarrollo de esta tecnología, que originalmente servía tan sólo para la calefacción de edificios mediante una bomba térmica, ahora también se puede aplicar en el aire acondicionado.

Con la bomba térmica se puede extraer calor del subsuelo y transmitirlo a través de los elementos constructivos de cimentación al circuito primario. Este calor se eleva a un mayor nivel de temperatura, apropiado para la calefacción. Mientras en los fundamentos de hormigón predomina una temperatura media de 13 °C, la bomba térmica genera temperaturas medias de 25 a 35 °C, que son suficientes para la calefacción por radiación de techo o por componentes de la construcción.

La manera de funcionar de una bomba térmica utiliza un principio inverso al de un frigorífico, es decir, el calor se recoge en el evaporador y se transmite de nuevo en el licuador con una temperatura más alta. El objetivo principal es, por supuesto, la ganancia de calor.

El creciente aumento en el uso de aparatos eléctricos en las oficinas, las extensas superficies de vidrio en las fachadas y el perfeccionamiento del aislamiento térmico de los edificios permiten prever en el futuro un empleo cada vez mayor del aire acondicionado. Y con este aumento será también cada vez más importante el acoplamiento al suelo de la masa del edificio.

Cuando no baste la refrigeración del subsuelo, se pueden integrar en el sistema una máquina frigorífica o una bomba térmica reversible.

Y si el sistema de obtención y aprovechamiento de energía se utiliza tanto para la calefacción como para el aire acondicionado del edificio, los costes de inversión y los costes operativos se reducen notablemente, ya que la refrigeración de origen terrestre casi no supone gasto alguno. El potencial energético se eleva debido a que la calefacción con bomba térmica enfría el suelo.

La energía obtenida se puede aprovechar en el sistema tradicional de climatización. También son muy prácticos los sistemas de calefacción a baja temperatura, la calefacción por radiadores murales o de suelo y la calefacción o refrigeración de techo. Estos sistemas son apropiados para producir tanto calor como frío. Durante el verano circula el medio obtenido directamente del subsuelo y en el invierno circula agua caliente por el sistema de tuberías integrado en los elementos de construcción.

Los techos termoactivos suponen un nuevo avance que se complementa de forma idónea con el sistema de enercret. Se los conoce también como calefacción o aire acondicionado de núcleo o elemento de hormigón. En el hormigón del techo se instalan tubos PE-Xa herméticos a la difusión del oxígeno. Por ellos circula el líquido que conduce la energía a los distintos recintos. Con esta tecnología se puede aprovechar de forma óptima la capacidad de acumulación de calor del hormigón para neutralizar las cargas de punta.

Los sistemas reguladores de temperatura por núcleo de hormigón permiten economizar costes de inversión, y sus cualidades en la absorción de radiación ofrecen un gran confort al usuario, ya que no se producen las corrientes de aire frecuentes en las instalaciones convencionales de climatización. Gracias a su capacidad de acumulación de calor permiten temperaturas muy uniformes, incluso cuando se intensifica la carga temporalmente. Una ventaja adicional es el margen de maniobra que ofrecen tanto al arquitecto como al usuario en la configuración de espacios.

4. Acumuladores de suelo

Los colectores solares en combinación con enercret representan una interesante posibilidad de acumular energía calorífica durante las estaciones cálidas para aprovecharla posteriormente.

También se puede acumular el calor que se emite en los procesos de fabricación industrial; o el frío que se produce al calentar recintos con bombas térmicas o se obtiene del aire o el agua durante el invierno.

5. Planificación

La complejidad de la agenda a cumplir exige que, desde el principio de la planificación de una construcción, colaboren con el arquitecto también un geólogo (examen del terreno), un especialista en estática y el experto en proyectos de energía.

Esta participación temprana de todos los planificadores es muy importante, ya que estas nuevas tecnologías influyen en la configuración del edificio, en su fundación y en el concepto general de climatización. Además, varios componentes de la instalación se integran ya en los cimientos. El montaje de una instalación de enercret no afecta en ningún modo la firmeza de los cimientos, si dicho montaje se lleva a cabo conforme a las reglas.

5.1. Bases geotécnicas

Para calcular el empleo de una instalación de enercret constituye una base esencial la configuración de los estratos del subsuelo donde se hincan los cimientos.

Los estratos que se examinan poseen valores característicos importantes para la técnica energética, como la conductibilidad térmica o la capacidad térmica, que deben contemplarse en los cálculos.

También son importantes 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. Las oscilaciones durante el día se pueden pasar por alto.

Otros parámetros de planificación a considerar son el nivel del agua subterránea, sus oscilaciones anuales, la dirección y la velocidad de flujo. En el caso del agua subterránea corriente no se puede acumular energía, pero en cambio se puede eliminar con toda eficacia y/o obtener de nueva cuenta.

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

5.2 Cuestionario

En el cuestionario n°. 1 hemos resumido los parámetros necesarios (antes descritos) para una planificación detallada. Se consulta además acerca de los documentos de planificación más importantes, que informan de la fundación, plantas bajas y ubicación de la central técnica.

El cuestionario n°. 2 concierne al experto en proyectos de energía. Estos datos se requieren para ajustar el potencial energético presente en el subsuelo con los perfiles anuales de carga calorífica o frigorífica y con la necesidad máxima del edificio.

Los datos del cuestionario son imprescindibles para la estimación, cálculo y simulación de la instalación, así como para determinar las economías posibles.

5.3. Borrador de proyecto

Cuando las investigaciones previas aconsejen el empleo de una instalación de enercret para la calefacción y el aire acondicionado de un edificio, se puede iniciar la planificación detallada.

Como primer paso se planifica la integración en los elementos de fundación de los tubos apropiados de material sintético DN de 20/2.0 ó 25/2.3 mm. Para ello cabe distinguir entre la instalación de tubería en una placa de fundación con eventual aislamiento del espacio interior, en pilotes con las variantes de hormigón preparado in situ o en elementos prefabricados, en cortinas subterráneas como elementos de refuerzo de los cimientos o de la zanja de fundación, y las combinaciones posibles de estos tipos de fundación u otros elementos de hormigón que entran en contacto con el terreno, como las paredes de pilotes.

Las distancias de los conductos de tuberías resultan del cálculo efectuado para el aprovechamiento de energía; la dimensión y longitud de los sistemas de tubería resultan del cálculo hidráulico. Por regla general, un circuito de tubería (circuito de agua) debe sumar entre 150 y 300 m entre la viga del distribuidor y la viga del colector.

En la planificación debe tenerse presente la necesidad de proteger las tuberías de empalme de los elementos de fundación durante los trabajos posteriores a realizarse en la zanja, así como el que éstas puedan unirse a la perfección.

La unión de los tubos se realiza por lo general con manguitos de soldadura eléctrica.

Los conductos de interconexión con el distribuidor de los distintos circuitos de agua en los elementos de fundación se instalan por lo general en la capa de hormigón magro bajo la solera y en el muro exterior. Por razones de planificación, pueden ser necesarios conductos de paso a prueba de agua a presión a través de la solera, así como la instalación de las líneas de interconexión en una capa de protección de hormigón, por razones de estática. Donde puedan presentarse cargas en los cantos y fuerzas de corte (p.e., en las juntas de la construcción), los tubos se deben proteger con mangas acolchadas.

El distribuidor debe colocarse en la sala técnica o en el muro exterior de la sala técnica, por encima del manto freático y en un compartimento accesible. Los volúmenes de circulación en los distintos circuitos deben poderse equilibrar mediante válvulas de ajuste de precisión. Partiendo del distribuidor, la tubería de flujo y reflujo conduce a la central técnica.

En muchos casos es útil planificar subdistribuidores o tuberías circulares conforme al método de Tichelmann. Ello depende de la forma y las dimensiones del proyecto de construcción.

5.4. Observaciones para el concurso de adjudicación

En la elaboración de la convocatoria a concurso, además de la especificación de los materiales, deben planificarse con especial precisión las distintas fases de montaje y la agenda temporal de la construcción, que deben acordarse entre todas las empresas participantes en la obra.

Además, en la convocatoria se deben mencionar las dificultades que pueden producirse para otras empresas.

Se deben estipular medidas para la protección contra daños de las tuberías durante las fases posteriores de construcción.

6. Cálculo y simulación

La instalación de enercret se puede calcular con su propio software TRNSPILE/TRNSSLAB con los datos de los cuestionarios 1 + 2 y los datos suplementarios del borrador del proyecto.

Como informaciones fundamentales se deben indicar la geometría, dimensiones y número de cimientos así como la densidad de la dotación de tuberías de absorción. Otros parámetros esenciales son los datos del terreno de construcción, con la proporción de humedad, el manto freático, su velocidad aproximada de flujo y la temperatura del subsuelo. Para calcular el grado de cobertura de la calefacción y el aire acondicionado de un edificio, se deben indicar la distribución mensual y semanal del consumo de energía en calefacción y/o aire acondicionado, así como sus rendimientos de punta.

El potencial de energía del subsuelo para calefacción y aire acondicionado lo calcula el programa mediante los bancos de datos establecidos sobre las capacidades de conducción y acumulación de calor y los valores correspondientes de los bancos de datos del clima. Se calcula y/o representa, además, el grado de cobertura mensual de la energía requerida y los rendimientos de punta para calefacción y/o aire acondicionado. Las temperaturas en el ámbito de los cimientos se pueden supervisar en cualquier momento de los periodos de calefacción o aire acondicionado.

Resulta patente que una instalación de enercret debe calcularse forzosamente con un sistema informático, ya que en el espacio tridimensional varios parámetros se influyen recíprocamente y son los que en última instancia determinan los límites en el rendimiento de la instalación. En el ámbito de los cimientos, por ejemplo, se deben evitar a toda costa las heladas para no poner en peligro la estática de los fundamentos.

El software permite aprovechar la energía presente en el subsuelo conforme a la energía que requiere el edificio, optimizando los costes. Mediante las interfaces del software de simulación del edificio TRNSYS, se pueden reproducir los efectos de las influencias energéticas de la instalación de enercret en el edificio.

7. Amortización, ventajas

La rentabilidad de las inversiones en enercret depende de varios factores.

Todos los documentos técnicos deben reunirse para calcular el potencial energético y confrontarlo con las necesidades energéticas del edificio. Se puede elegir entre diversas soluciones según el grado de cobertura térmica deseada, la suma de los costes de inversión necesarios y el ahorro factible en costes operativos.

En la mayoría de los casos, los costes de inversión adicionales se amortizan muy pronto gracias al ahorro en costes operativos. Factores esenciales de influencia son los precios de los energéticos, la necesidad de aire acondicionado del edificio, el concepto de técnica energética del edificio y el potencial energético que se pueda explotar a través de los cimientos.

Por regla general, cuando un edificio precisa de cimientos profundos por falta de firmeza en el subsuelo, casi siempre están dadas las condiciones requeridas para un sistema enercret de calefacción y aire acondicionado rentable y ecológico.

Esto lo ha demostrado el gran número de proyectos realizados en Austria, Suiza y Alemania. Una de las construcciones más publicitadas es el Centro de las Artes de Bregenz. En lugar de una instalación de aire acondicionado convencional por aire, en Bregenz la técnica del edificio se cambió durante la fase de planificación por la geotermia y climatización por núcleo de hormigón. Los cimientos (cortinas subterráneas) llevan el sistema enercret y los techos y muros de hormigón se han ejecutado con hormigón termoactivo.

Los costes de inversión se redujeron en 1,7 millones de euros. En el punto de los costes operativos se economizan aprox. 13.000 euros anualmente.

No hay que olvidar tampoco los aspectos de la protección del medio ambiente. Gracias a que se evitan los energéticos de origen fósil, como el petróleo o el gas natural, se pueden

reducir notablemente las emisiones de CO₂, SO₂ y NO_x, o incluso, bajo condiciones favorables, eliminar por entero.

Otras ventajas:

- fuente de energía autoregenerable
- reducida dependencia de la energía de la red
- los circuitos de agua cerrados evitan poner en peligro el agua subterránea
- sistema de funcionamiento seguro con reducida necesidad de espacio
- las tuberías se instalan en su mayor parte en elementos de hormigón
- garantía de una prolongada vida útil

Septiembre de 2000
Robert Ferrari