

## Frío pasivo, frío activo y combinación de ambos en aplicaciones con bombas de calor geotérmica.

Un sistema geotérmico de baja entalpía se sirve de una bomba de calor y un sistema de captación en el subsuelo para aprovechar esta temperatura. La clave de la eficiencia de este sistema reside en el aprovechamiento de la energía acumulada en el subsuelo de manera constante y estable, de forma que la energía eléctrica consumida por el sistema resulte inferior que en un sistema convencional de bomba de calor.

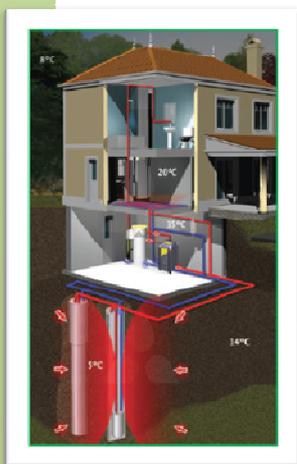
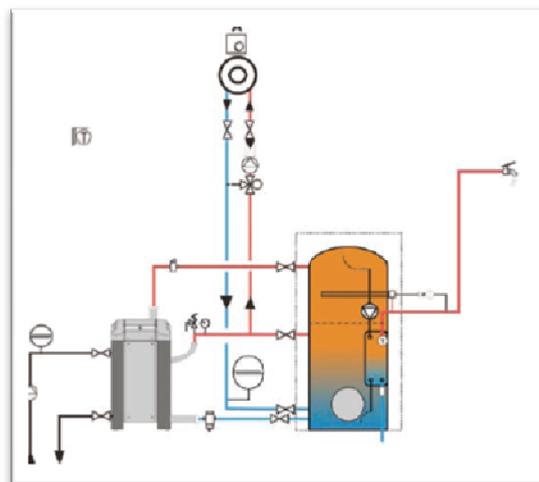
La aplicación de la utilización de esta energía renovable está cada día más extendida y sus posibilidades de cobertura de necesidades ofrecen alternativas que la diferencian de otros sistemas empleados, ya sean convencionales o con otros equipos para el aprovechamiento de otras fuentes de origen renovable.

En el presente documento se van a describir las diferencias existentes entre el refrescamiento directo o frío pasivo y el frío activo. Asimismo se contempla la posibilidad de combinación con otros sistemas energéticos.

Las necesidades a cubrir con un sistema básico con bomba de calor geotérmica, al igual que otros sistemas energéticos, se centran en la calefacción y ACS. Es aquí donde las instalaciones con bomba de calor geotérmica se diferencian de otros sistemas energéticos con fuentes de energía renovable y ofrece alternativas para contemplar la climatización sin necesidad de introducir sistemas adicionales, permitiendo alcanzar un confort completo de manera eficiente y económica. Para determinar el rendimiento de la bomba de calor geotérmica se utilizan determinados índices en función de la aplicación. Tenemos entonces para caracterizar el rendimiento en calefacción como COP y para la producción de frío como ERR. Definiéndose cada uno de ellos de la forma siguiente:

**COP** = Energía útil/Energía eléctrica consumida

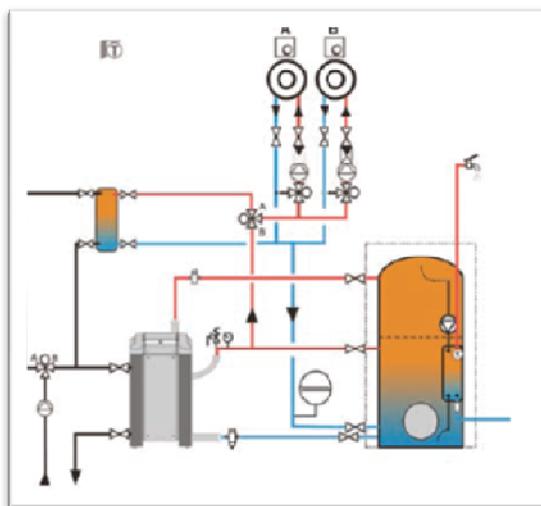
**ERR** = Energía útil (calor absorbido en el compresor) / Energía consumida (en el compresor)



## Posibilidades de cobertura con bomba de calor geotérmica.

A continuación se describen los sistemas anteriormente comentados, las ventajas que presentan y sus particularidades.

### Refrescamiento directo. Frío pasivo.



El refrescamiento directo o frío pasivo en un sistema geotérmico se basa en el aprovechamiento de la temperatura del subsuelo, más frío que el ambiente en verano, para utilizarlo como foco frío y absorber el calor excedente de la vivienda a través del sistema de calefacción (suelo radiante, fan coils,) para optimizar una sensación de confort en el interior de la vivienda. Consiste en hacer circular el fluido caloportador del circuito de captación geotérmica (mezcla de agua y anticongelante) a través de un intercambiador de placas. Es en este intercambiador es donde se realiza la transferencia de calor de la vivienda al terreno consiguiendo refrescar.

En verano, cuando las necesidades de calefacción son inexistentes, las válvulas desviadoras de 3 vías se colocan en la posición A para hacer circular el fluido geotérmico directamente hacia el intercambiador de placas, sin hacerlo pasar a través del evaporador de bomba de calor. Además, se consigue una regeneración del terreno ya que en verano estamos aportando calor al subsuelo, consiguiendo mejorar el balance energético a lo largo del año. Por otro lado, el circuito de calefacción no circula a través del acumulador de inercia de calefacción ni pasa por el condensador de la bomba de calor. En este sistema se consigue refrescar la vivienda sin necesidad de que la bomba de calor entre en funcionamiento, consiguiendo unas buenas prestaciones del sistema con un bajo consumo eléctrico ya que no interviene en ningún momento el compresor. El único consumo eléctrico contemplado es el de las bombas de circulación en el circuito de captación (bomba de pozos) y en el circuito de calefacción (bomba del grupo de impulsión).

Este sistema de refrescamiento no es exclusivo para combinarlo con suelo radiante, sino que se pueden emplear otros sistemas como pueden ser los fan coils.

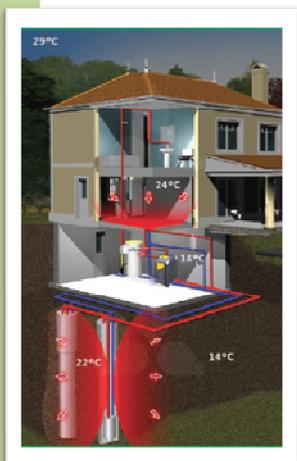
### Control.

El control de este sistema se realiza mediante el propio regulador de la bomba de calor, sin necesidad de un controlador adicional externo. El controlador realiza el cambio invierno-verano o verano-invierno en función de la temperatura exterior de consigna establecida según los requerimientos del usuario. Este control actúa sobre las válvulas de tres vías, posicionándolas en función de las necesidades de la vivienda.

Cabe la posibilidad de introducir un sensor de humedad para controlar la mínima temperatura de impulsión, calculando la temperatura de rocío y así evitar condensaciones en el suelo radiante.

## Dimensionamiento.

El único elemento a dimensionar en esta configuración es el intercambiador de placas, que deberá poder intercambiar el calor suficiente para lograr las condiciones deseadas en el interior de la vivienda. No es necesario dimensionar las características de la bomba de calor para cubrir estas necesidades ya que en ningún momento interviene.



## Cobertura de las necesidades de ACS.

Cuando la instalación necesita cubrir los requerimientos de agua caliente sanitaria, el módulo de control activará el circuito de refrigeración de la bomba de calor que, a través de la acción del compresor, calentará el agua destinada a la preparación del ACS. Simultáneamente tiene capacidad de controlar las válvulas de tres vías para disponer del refrescamiento directo si fuese necesario, es decir, mediante esta regulación se dispone de forma simultánea de frío pasivo y ACS.

## Ventajas e inconvenientes.

Como **ventajas** hay que destacar que la opción del refrescamiento directo permite alcanzar una sensación de confort en la vivienda sin necesidad de poner en funcionamiento el compresor de la bomba de calor y, por tanto, reduciendo el consumo eléctrico. Por otro lado es una opción más económica que el frío activo, ya que el coste de la instalación es menor; no se necesita introducir un acumulador de inercia adicional para frío, además de no añadir el sobrecoste de la bomba de calor cuando dispone de ciclo reversible. Por último, señalarla regeneración del terreno en verano cuando se activa el refrescamiento.

Como **inconvenientes** se tiene que la capacidad de refrescamiento es menor que empleando frío activo, ya que las temperaturas alcanzadas para refrescar no son tan bajas. Es por ello que con frío pasivo no se puede asegurar la completa refrigeración de la vivienda, pero sí un agradable refrescamiento en aquellos climas donde los requerimientos de refrigeración no sean elevados.

## Refrescamiento mediante frío activo.

Otra posibilidad es producir frío mediante la inversión del ciclo de refrigeración de la bomba de calor. Para ello se deberá actuar sobre una válvula de cuatro vías en el ciclo de frío para poder enfriar el circuito de calefacción mediante el aprovechamiento geotérmico.

Cabe destacar que las principales diferencias en el esquema de principio de una instalación con inversión de ciclo con otra que emplee el refrescamiento directo son:

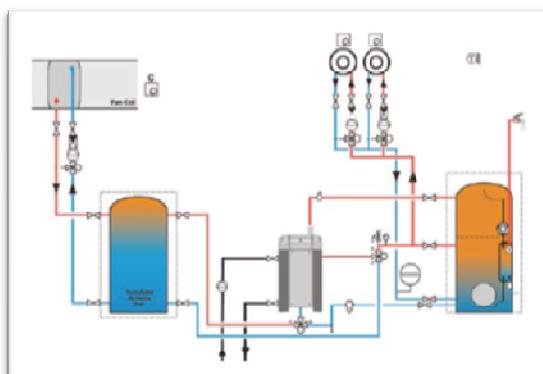
- La bomba de calor realiza la inversión de ciclo para producir frío. Es decir, hay consumo eléctrico por parte del compresor.
- Introducción de un acumulador de inercia para frío. Al igual que para calefacción necesitaremos una inercia para acumular agua a una temperatura adecuada para impulsar hacia los circuitos destinados a la climatización.
  - Se requiere un número mayor de válvulas de tres vías (tres) que con el refrescamiento directo (dos).
  - Mayor capacidad de refrigeración.

## Control.

Al igual que con frío pasivo, el control del sistema realiza la regulación, actuando sobre la válvula de cuatro vías en el interior de la bomba de calor para invertir el ciclo de la máquina, sobre las válvulas de 3 vías para trabajar contra una inercia u otra, y controlando las temperaturas de trabajo.

Al igual que antes, y sobre todo con un sistema por suelo radiante, es conveniente introducir un sensor de humedad que proporcione información a la centralita para que calcule la temperatura adecuada de impulsión y evitar condensaciones.

## Dimensionamiento.



Al contrario que en el caso de refrescamiento directo, la cobertura de las necesidades de frío sí que influyen en el dimensionamiento de la bomba de calor y, en consecuencia, de la captación geotérmica a realizar. Hay que prestar atención a las cargas térmicas de frío ya que éstas, en determinados climas, pueden ser mayores que las de calefacción, o simplemente la aplicación nos determina unas mayores necesidades de frío en comparación con las de calor.

Por otro lado, teniendo en cuenta esta aplicación, se debe determinar adecuadamente la acumulación de inercia para frío en función de la potencia de la bomba e calor destinada a cubrir estas necesidades.

Otro punto de vital es el dimensionamiento de la captación. Se debe contemplar tanto las necesidades de calor y de frío para determinar cuáles son las que nos determinan el tamaño de bomba de calor y, por tanto de captación.

También se debe tener en cuenta el tipo de captación más adecuada para cubrir las necesidades de frío y qué tipo de tubería se debe emplear para asegurar la vida útil de la misma cuando se tienen estas aplicaciones.

## Cobertura de las necesidades de ACS.

Cuando se dispone de una bomba de calor geotérmica con inversión de ciclo resulta importante poder asegurar la producción de agua caliente para la preparación de ACS.

En verano, cuando la máquina trabaja para producir frío, atenderá la demanda de ACS de forma prioritaria. Una vez que es necesario producir agua caliente, la centralita invertirá el ciclo de la bomba de calor para producir agua a una temperatura de hasta 60°C, acumulándola en el depósito y teniéndola lista en todo momento para su utilización en el módulo de producción instantánea de ACS.

La gestión de la instalación completa la realiza la centralita, temporizando sus etapas de funcionamiento y regulándolas en todo momento para garantizar una cobertura completa de las necesidades de calefacción o frío y de ACS.

## Ventajas e inconvenientes.

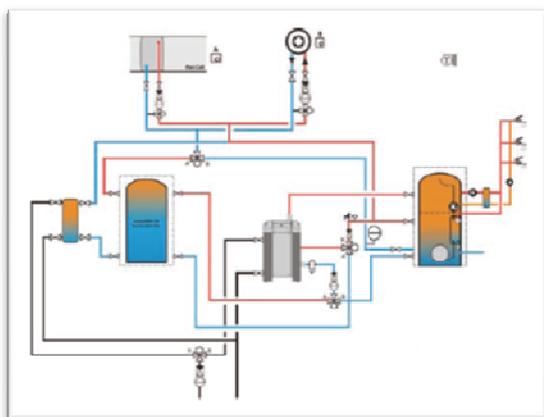
La principal ventaja de estos sistemas es la capacidad que tienen para  **cubrir por completo las necesidades de refrigeración**  de la vivienda con el dimensionamiento adecuado. Por otro lado, al igual que con el refrescamiento directo, se consigue una regeneración del terreno en verano.

Como inconvenientes hay que señalar:

- Mayor consumo energético por parte del compresor
- Mayor coste de la instalación
- Sobrecoste de la bomba de calor

Por otro lado hay que tener presente que, debido a las altas temperaturas de descarga hacia el subsuelo, se debe dimensionar adecuadamente la captación y emplear sondas de material diseñado para asegurar la vida útil de las sondas a esas altas temperaturas y, por consiguiente, de la captación.

## Frío pasivo y frío activo Simultáneamente.



La bomba de calor geotérmica ofrece la posibilidad de combinar los dos sistemas anteriormente descritos tal y como se muestra en la figura. Al igual que antes, habrá que tener en cuenta el dimensionamiento de los diferentes elementos, calculándolos de forma análoga.

## Conclusiones.

- *El refrescamiento directo o frío pasivo necesita únicamente de un intercambiador de placas de dimensiones adecuadas y dos válvulas de tres vías.*
- *El frío activo necesita una bomba de calor con inversión de ciclo, un acumulador de inercia adicional para frío y 3 válvulas de tres vías.*
- *Es importante el dimensionamiento de la bomba de calor y de la captación en función de las necesidades a cubrir en el caso de frío activo.*
- *Se consigue una regeneración del terreno con ambos sistemas.*
- *Es importante un sensor de humedad para impulsar a la temperatura más adecuada y evitar condensaciones cuando se combina la bomba de calor geotérmica con suelo radiante.*
- *El control del sistema completo lo asume la propia regulación de la bomba de calor.*
- *Estas opciones de refrescamiento se pueden combinar con sistemas de calefacción como suelo radiante o fan coils.*
- *Mayor coste con frío activo que con frío pasivo pero se consigue una mayor capacidad de refrigeración.*