

ACONDICIONAMIENTO GEOTERMICO

3. ACONDICIONAMIENTO GEOTÉRMICO.

3.1 Introducción

Una vez obtenidas las necesidades de calefacción y refrigeración que tiene la edificación en cuestión, en este tercer capítulo se estudiará cual será la manera óptima de alcanzar las condiciones de confort dentro de la caja.

Las decisiones a tomar son: el tipo de calefacción y refrigeración, la instalación del ACS, la selección de la bomba de calor geotérmica y el intercambio de calor con el subsuelo.

3.2 Bomba de calor geotérmica

Según los cálculos del apartado 2, se necesita una bomba de calor con una potencia nominal igual o superior a 9,77 kW. En los catálogos de los distintos proveedores se obtiene la información de las potencias, consumos y COP medidos en base a una serie de condiciones. Es necesario modelar el esquema de funcionamiento real de una bomba en sus condiciones nominales para así, ajustar el análisis de los consumos y rendimientos a partir de la obtención del ciclo real de funcionamiento.

3.2.1 Componentes

A continuación se detalla las características fundamentales de los distintos componentes de una bomba de calor.

1. Compresor: Único elemento de la máquina que necesita para su funcionamiento consumir energía mecánica.

Es el elemento mecánico más complicado y delicado de la instalación, siendo objeto de inspecciones y verificaciones sistemáticas.

Permite aumentar la presión del refrigerante en estado gaseoso y normalmente sobrecalentado (procedente del evaporador) hasta una presión que favorece el paso de estado gas a líquido en el condensador, cediendo calor al entorno.

2. Condensador: Por medio de una pérdida de calor causada por la condensación del fluido se consigue que el refrigerante pase al estado de líquido saturado. Todo esto se produce manteniendo una temperatura y presión constantes.

3. Válvula de expansión: Para volver a su estado inicial y repetir el ciclo de nuevo, el refrigerante pierde presión y temperatura en la válvula de expansión. Con dicha válvula, se consigue variar el modo de funcionamiento de la bomba durante verano e invierno.

4. Evaporador: Es el elemento en el que se produce el efecto frigorífico por ebullición del fluido refrigerante procedente del sistema de expansión.

Se trata de un intercambiador de calor donde el refrigerante, que después de la expansión se encuentra como vapor húmedo, absorbe calor del medio ya sea aire, agua o cualquier otra sustancia, para cambiar el estado hasta que todo él se encuentre como gas. Cuanto mayor sea la fracción líquida del vapor húmedo, mayor será el efecto frigorífico. Este aporte de calor al refrigerante se realiza a presión y temperatura constante (idealmente).

3.2.2 Ciclos de calefacción y refrigeración

Durante los meses de invierno, la bomba de calor realizará el ciclo de calefacción, mientras que durante los meses de verano será el de refrigeración.

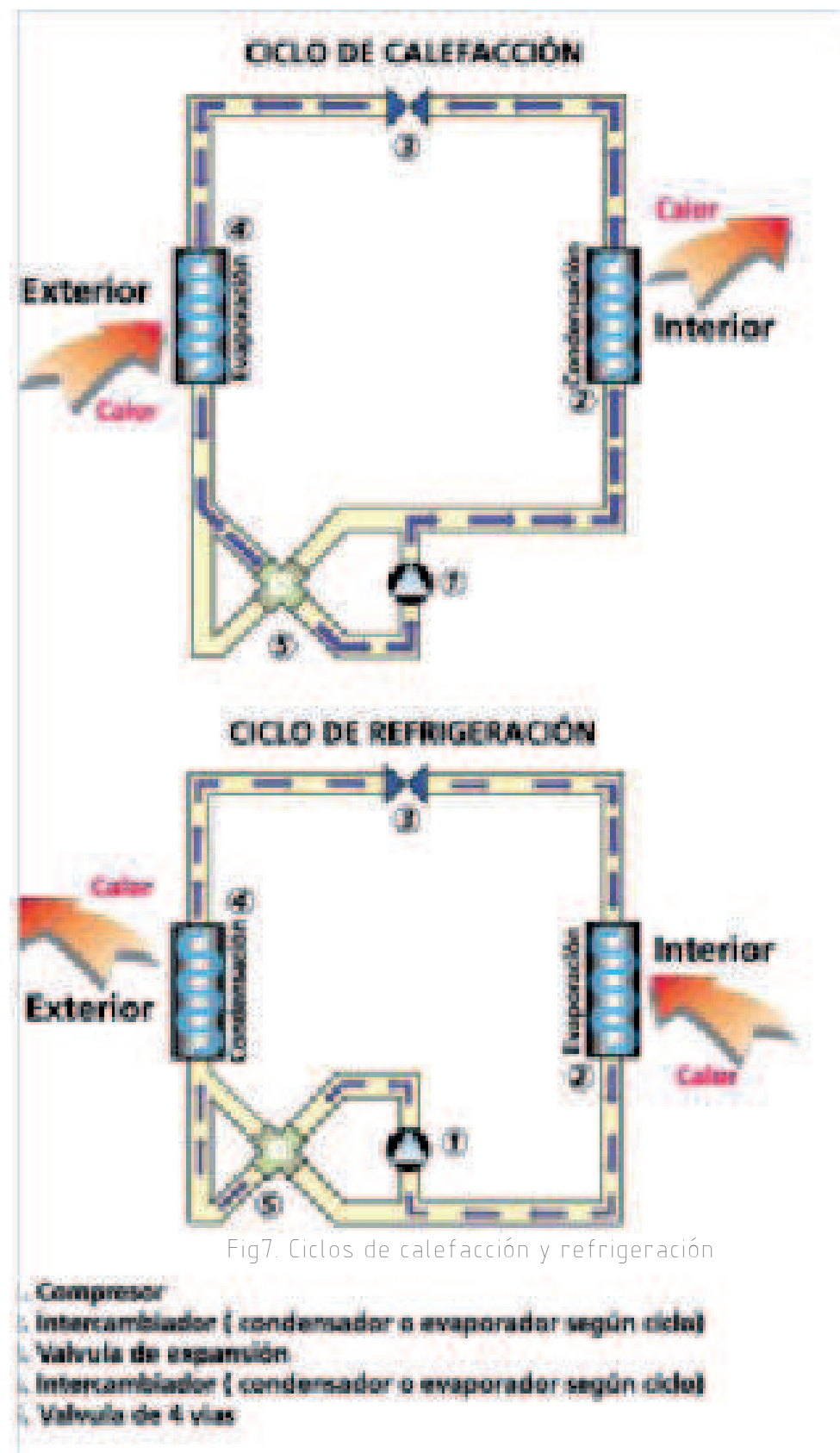
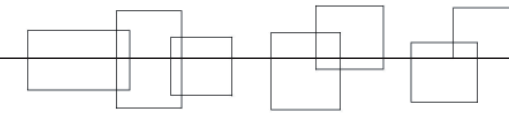
Ciclo de calefacción:

- El compresor eleva la presión y temperatura del fluido frigorífico. (1)

- En el intercambiador, situado en el interior del recinto a calentar, el fluido cede al aire del recinto el calor de su condensación. (2)

- El fluido en estado líquido y a alta presión y temperatura se expande en la válvula de expansión reduciendo su presión y temperatura. Se evapora en parte. (3)

- En el intercambiador situado en el exterior, el fluido refrigerante completa su evaporación absorbiendo calor del aire exterior. Retorna al compresor (1) a través de una válvula de cuatro vías. (5)

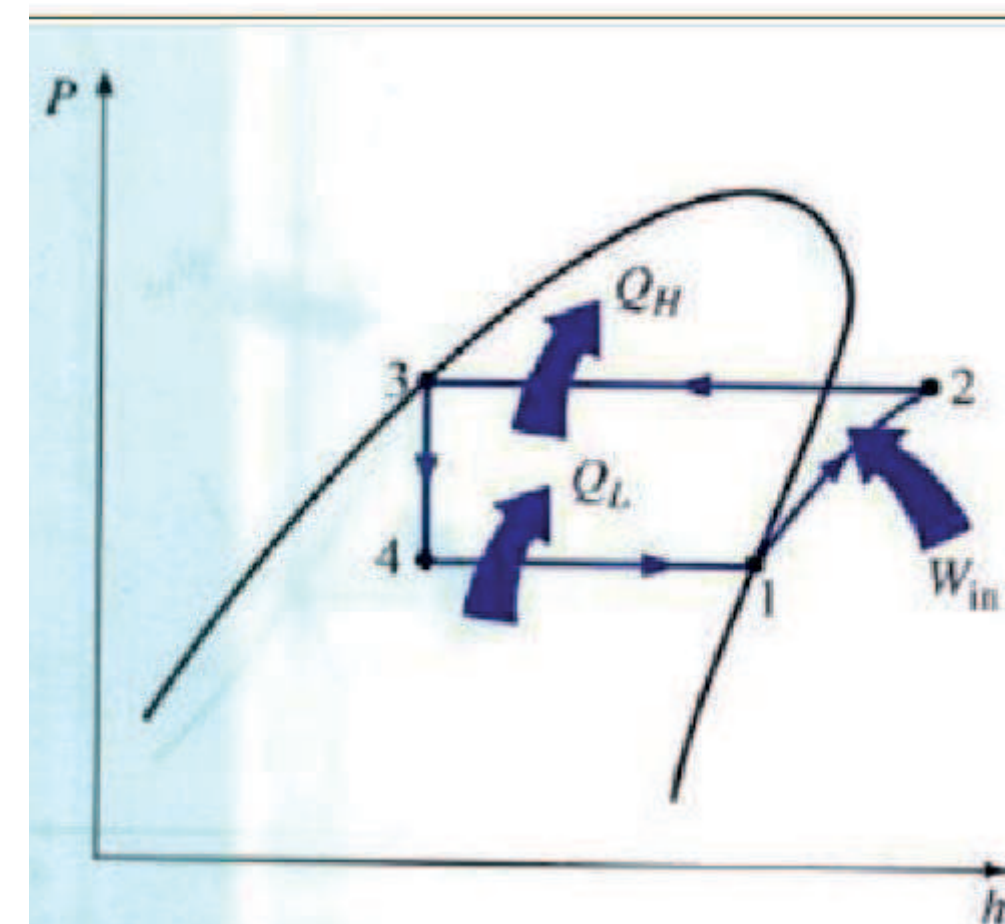


Ciclo de refrigeración:

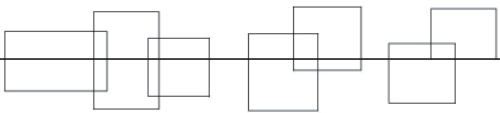
- El compresor eleva la presión y temperatura del fluido frigorífico (1) siguiendo su camino a través de la válvula de 4 vías. (5)
- En el intercambiador, situado en el exterior, el fluido se condensa cediendo su calor al medio exterior. (4)
- El fluido en estado líquido y a alta presión se expande en la válvula de expansión reduciendo su presión y evaporándose en parte. (3)
- En el intercambiador (2), situado en el interior del recinto a refrigerar, el fluido frigorífico completa su evaporación absorbiendo calor del medio interior.

3.2.3 Operación bomba de calor

A continuación se mostrará la comparación entre el ciclo real y el ideal del funcionamiento de la bomba de calor.



Funcionamiento real de la bomba de calor



Se debe tener en cuenta, que este último diagrama de la figura 29, dependerá de cada bomba de calor y de los distintos rendimientos de sus componentes.

Las ecuaciones que rigen el funcionamiento ideal de la bomba de calor son las siguientes:

Trabajo del compresor:

$W_c = m h_2 - m h_1$ Ec. 3-1

Calor entregado al foco de alta temperatura:

$Q_{cond} = m \text{refrig}(h_2 - h_3)$ Ec. 3-2

Comportamiento de la válvula:

$h_3 = h_4$ Ec. 3-3

Calor extraído del foco de baja temperatura:

$Q_{evap} = m \text{refrig}(h_1 - h_4)$ Ec. 3-4

Relación:

$P_{comp} = m \text{refrig}(h_2 - h_1)$ Ec. 3-5

Siendo:

QH Calor entregado al foco de alta temperatura en [kW], h en [KJ/Kg] y m en [Kg/s].

QL Calor extraído del foco de baja temperatura en [kW].

Cabe destacar que el principal parámetro en el que hay que fijarse a la hora de seleccionar la bomba de calor es el COP (coeficient of performance). Dicho parámetro nos relaciona el calor proporcionado con el trabajo empleado para ello.

COP:

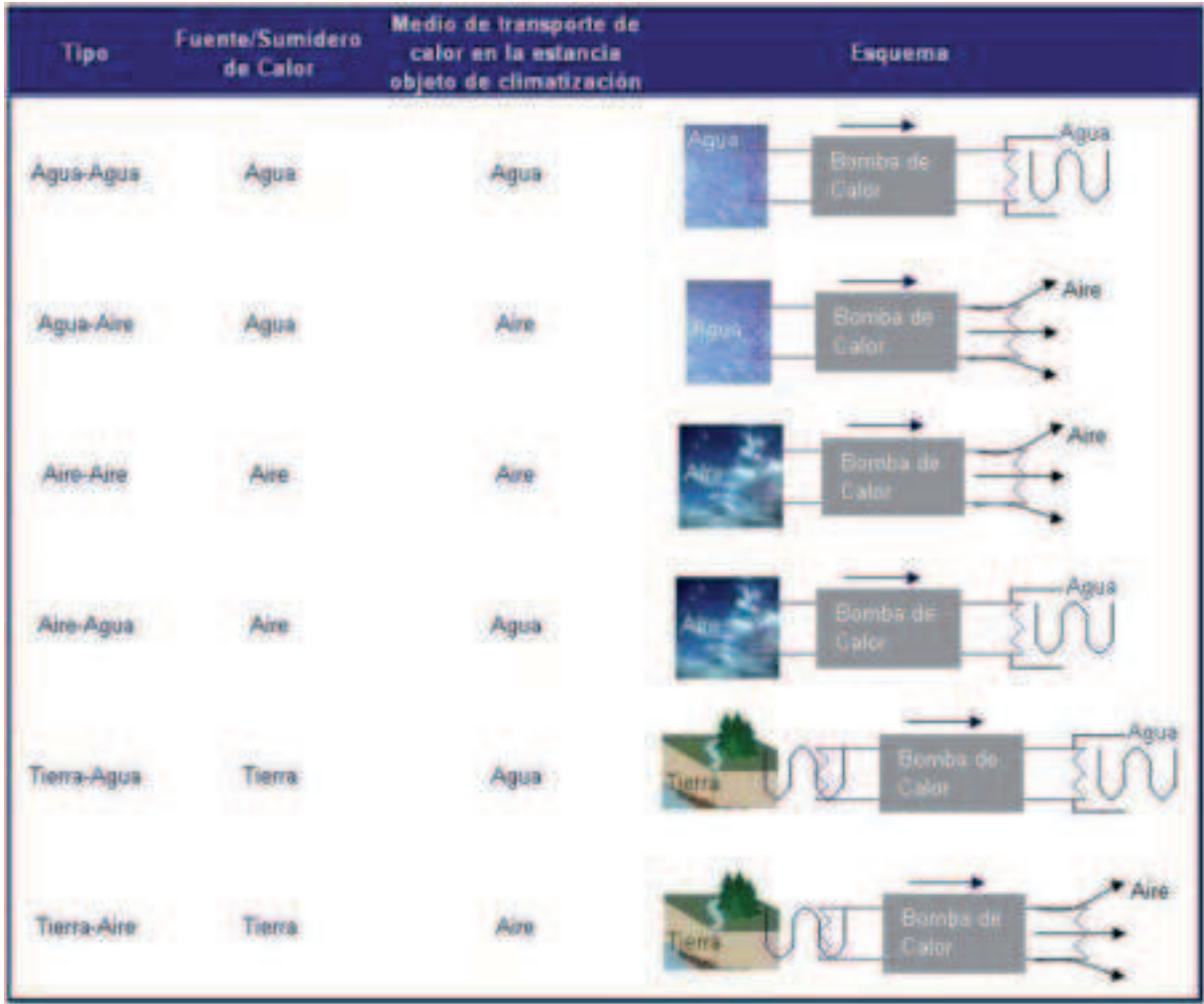
$COP = Q_H / W$ Ec. 3-6

En el caso de la refrigeración ocurre de manera análoga, siendo el COP de refrigeración:

$COP = Q_L / W$ Ec. 3-7

3.2.4 Bomba de calor geotérmica

Hay varios tipos de bombas de calor (desde el punto de vista de la fuente donde se obtenga el calor y el medio a través del cual se distribuya). Están las bombas aire-agua, agua-aire, aire-aire y agua-agua. Al estar tratando con una bomba de calor geotérmica, tenemos que utilizar la superficie de la tierra como fuente y sumidero de calor por medio de conductos recorridos por agua. Es por ello que la elección debe de ir encaminada hacia una bomba agua-aire o agua-agua.



Tipos de bombas de calor

Cabe destacar que en la mayoría de las ocasiones, el fluido que transporta la energía a la vivienda es agua. Si bien, en ocasiones se la denomina bomba tierra-agua o tierra-aire debido a que se usa otro fluido, siendo generalmente más de un 70% agua.

3.2.5 Selección bomba de calor

Después de una búsqueda en catálogos de distintos fabricantes de bombas de calor (Euroklimat, DM_ENERTRES, Ciatesa, Thermia, Avenir Energie, Danfoss, Daikin), se llegó a la conclusión de que la mejor opción era la bomba TERRA 10 S/W-HGL-P de IDM_ENERTRES, cuyas características se muestran a continuación

DATOS TECNICOS				
Potencia térmica nominal	10,5 kw	Dimensiones	Alto	116 cm.
Potencia eléctrica nominal	2,24 kw		Ancho	62 cm.
COP	4,69		Profundidad	76 cm.
Intensidad (Trabajo)	6,6 A	Peso		115 kg.
Intensidad (arranque)	38 A	Conexiones	Solo	R 1"
Cantidad agua calef. Min	1600 l/h		(Captación)	
Cantidad liq. Solo min.	1900 kg/h		Calefacción	R 1"

Tabla 15. Datos técnicos de la bomba [ENERTRES]

Se trata de una bomba de calor agua-agua. Además de ser la bomba que más se ajusta a las necesidades de la caja, tiene un COP mayor que las demás. No importa que el coste de esta bomba sea mayor que la de otros fabricantes puesto que se amortizará con un menor consumo a lo largo del tiempo.

3.3 Sistema de calefacción

Mediante los sistemas de calefacción, transmitimos el calor a todos los habitáculos de la Mecva durante los meses del invierno.

Hay distintas alternativas de sistemas de calefacción. La ventaja de la bomba de calor respecto de los demás, es que nos permite tener calefacción en invierno y aire acondicionado en verano. Además, tiene una gran eficiencia energética en calefacción, al ser capaz de aportar más energía que la consumida (depende del COP de la bomba). El hecho de reunir dos servicios en un solo aparato y una sola instalación, simplifica las instalaciones limitando la inversión necesaria. En cuanto a aspectos de seguridad, con la bomba de calor no hay peligro de incendio o explosión, ni de intoxicación ya que no hay salidas de humos.

3.3.1 Elección distribución de calor

Disponemos de tres alternativas para distribuir el calor dentro de la caja. Una vez analizadas, elegiremos la que resulte más conveniente en cuanto a economía y confort.

Las opciones son los radiadores convencionales, el suelo radiante y la distribución por aire. Este análisis estará centrado en las dos primeras opciones, puesto que la tercera queda descartada desde un primer momento por cuestiones de confort (se consigue un reparto menos uniforme de calor, además de tener que calentar el aire a introducir en la vivienda).

La ecuación a tener en cuenta para la determinación de los radiadores convencionales es:

$$\Delta T=((T+t)/2)-T_{\alpha}$$

Siendo:

T Temperatura del agua de entrada al radiador (80° C)

t Temperatura del agua de salida del radiador (70° C)

T alfa la temperatura ambiente (23° C)

Introduciendo esos valores de temperaturas, obtenemos un $\Delta T=52^{\circ}C$

Los radiadores convencionales son aparatos por cuyo interior circula un fluido caliente que transmite calor. Una de las principales ventajas de este método es la fácil instalación de los mismos en el caso de que la vivienda ya estuviera construida (no es el caso de este proyecto). Una gran desventaja es que la demanda de energía para conseguir una temperatura de unos 80°C aproximadamente en el radiador es muy elevada.

El suelo radiante es un sistema que a través de tuberías colocadas en el suelo del local distribuye el calor. En dichas tuberías circula un fluido a una temperatura mayor que la que se quiere alcanzar en la estancia, aportando así un calor para alcanzar la temperatura de confort.

Una de sus principales características es que tiene una inercia de funcionamiento muy elevada.

Si bien se tarda un tiempo en conseguir la temperatura deseada, tiene la gran ventaja de que una vez alcanzada, permite mantener durante más tiempo dichas temperaturas limitando el aporte de calor.

Al estar tratando en el presente proyecto un edificio de nueva construcción, este sistema es muy recomendable. No sería así si ya estuviera construida, suponiendo un incremento de presupuesto muy elevado.



Instalación suelo radiante

Si bien este tipo de instalación es válida para todo tipo de suelos. Con suelos más aislantes, la inercia del sistema aumenta.

A continuación se muestran unos datos orientativos de dimensionamientos de caudales y conductos aportados por la empresa distribuidora de suelo radiante ESAK

Caudal: 1 m³/h por cada 100 m² de superficie a calefactar.

Tubo: 120 m de tubo por cada 12 m².

Según los datos facilitados por ESAK, necesitaremos unos 750 m de tubo. Teniendo en cuenta que el edificio es de nueva construcción, que el suelo radiante calienta de manera más uniforme y que el coste es mayor instalando radiadores, se opta por la opción de suelo radiante.

3.3.2 Instalación de la calefacción y ACS

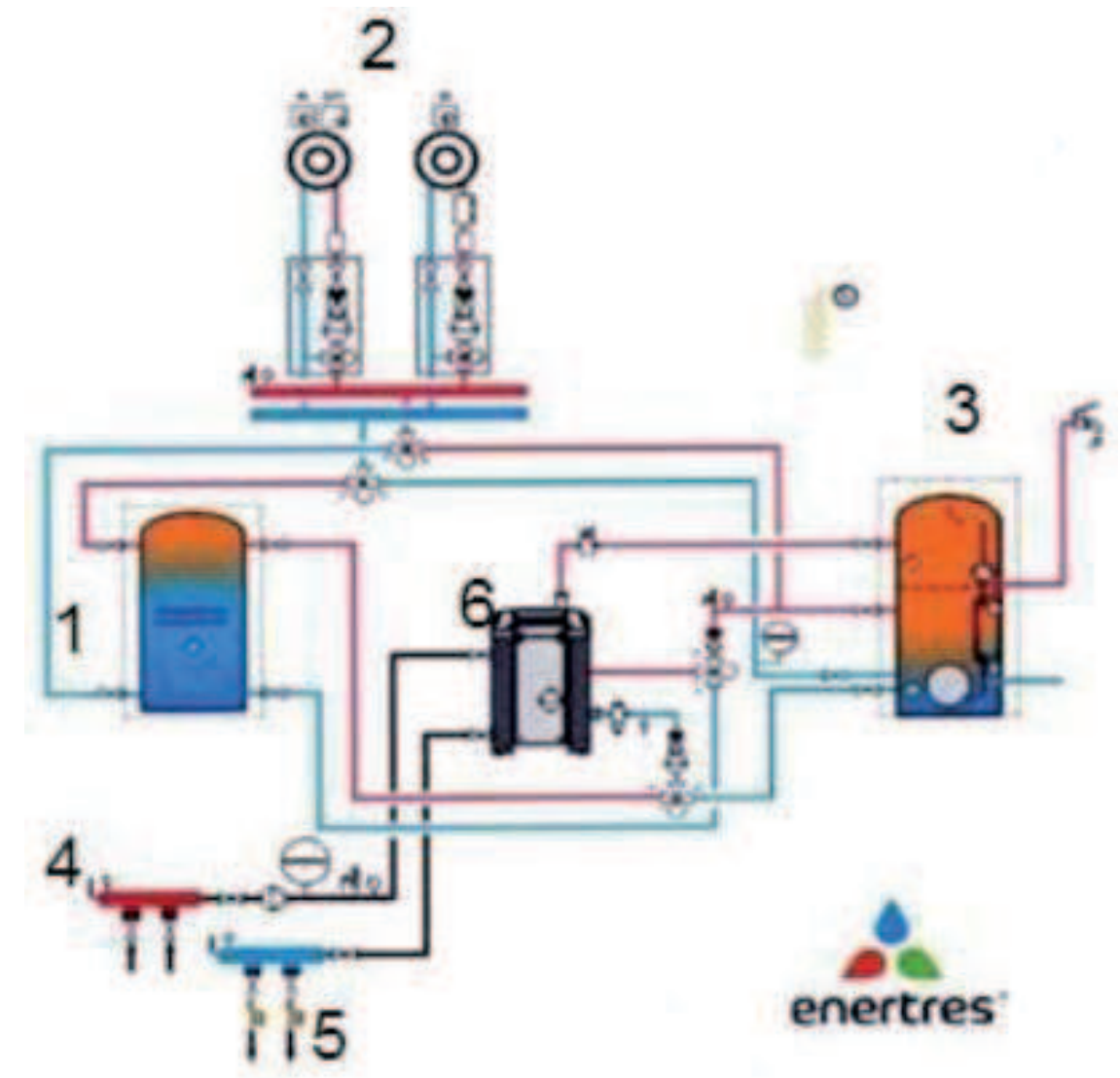
El control básico de la regulación para el circuito de calefacción que incorpora la bomba de calor geotérmica Enertres, se realiza en función de una sonda de temperatura externa y un termostato ambiente adecuando sobre una válvula de mezcla de 3 vías.

La producción de ACS se controla, de igual forma, mediante la regulación de la bomba de calor geotérmica y se realiza a través del sistema patentado HGL. Este sistema consiste en la elevación de la temperatura del agua para su posterior acumulación en un recuperador de calor situado entre el compresor y el condensador de la bomba de calor geotérmica. Gracias al mismo, se garantiza la producción de ACS sin necesidad alguna de apoyos térmicos extras como puedan ser resistencias eléctricas, captadores solares,

Además, este control básico va a combinarse con un sistema de suelo radiante; en este caso es necesario añadir: un termostato por estancia, cabezales electrotérmicos para la apertura y cierre de los circuitos de suelo radiante, un módulo relé actuador por cada colector de suelo

radiante y una válvula de presión diferencial para realizar la recirculación cuando todos los cabezales de un determinado colector se encuentren cerrados. Por tanto, es importante señalar que no se necesita ninguna regulación en la parte del sistema de suelo radiante ya que se realizará su control desde la regulación de la bomba de calor geotérmica.

A continuación se muestra el esquema de la instalación del sistema geotérmico



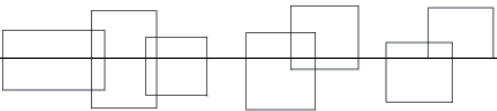


Fig 33. Bomba de calor geotérmica [ENERTRES]

Siendo:

- 1. Intercambiador de calor de gas sobrecalentado.
- 2. Válvula de regulación.
- 3. Bomba de calor.
- 4. Compresor.

Como ya se ha comentado con anterioridad, los datos técnicos de la TERRA 10 S/W-HGL-P son los siguientes:

DATOS TECNICOS				
Potencia térmica nominal	10,5 kw	Dimensiones	Alto	116 cm.
Potencia eléctrica nominal	2,24 kw		Ancho	62 cm.
COP	4,69		Profundidad	76 cm.
Intensidad (Trabajo)	6,6 A	Peso		115 kg.
Intensidad (arranque)	38 A	Conexiones	Solo	R 1"
Cantidad agua calef. Min	1600 l/h		(Captación)	
Cantidad liq. Solo min.	1900 kg/h		Calefacción	R 1"

Tabla 15. Datos técnicos de la bomba [ENERTRES]

Siendo la temperatura de impulsión igual a 35°C y la temperatura de entrada de 5°C.

La bomba se encuentra ajustada por el regulador navigator. Las ventajas de dicho regulador son las siguientes:

- Menú de control sencillo e intuitivo, traducido completamente al español.
- Control de hasta 7 zonas independientes por vivienda.
- Sistema de control para suelo radiante mediante sensor de humedad y punto de rocío que evita problemas de condensación.
- Posibilidad de control a través de internet, teléfono móvil o sistema vía bus.
- Registro de datos mediante una tarjeta SD y sistema de contaje de energía (COP).
- Posibilidad de trabajo con dos bombas de calor en cascada.

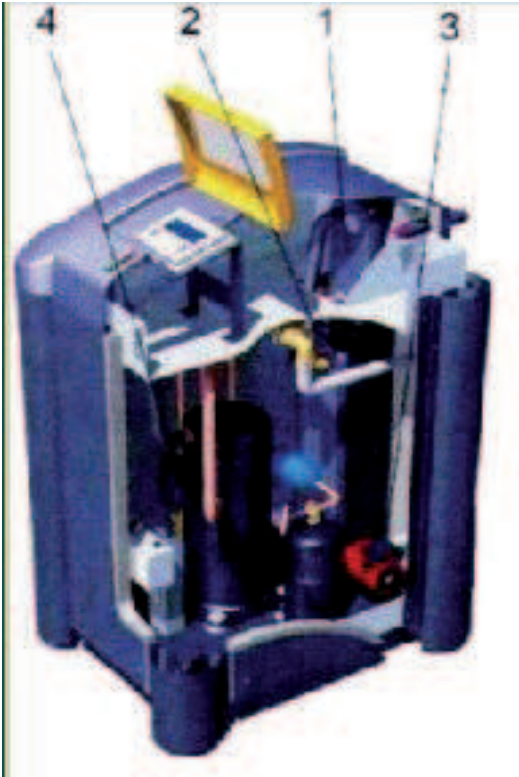
Esquema de la instalación [ENERTRES]

Siendo:

- 1- Entrada/Salida de calor del edificio
- 2- Válvulas de inversión de ciclo en función de la época del año
- 3- Salida del ACS
- 4- Entrada de agua (caliente/fría) al sistema de intercambio en el subsuelo
- 5- Salida de agua (caliente/fría) al sistema de intercambio en el subsuelo
- 6- Bomba de calor

Analizando el catálogo proporcionado por Enertres, y atendiendo a las necesidades de la vivienda (calculadas en apartados anteriores), la bomba de calor seleccionada es la TERRA 10 S/W-HGL-P en conexión monofásica. Como ya se ha comentado anteriormente, este tipo de bombas se caracteriza por extraer la energía calorífica del terreno a baja temperatura y elevarla a un grado superior mediante un proceso de compresión y de transmisión de energía térmica; por tanto, se genera calefacción. Aparte de la generación de energía térmica también es capaz de generar ACS a 60°C gracias al sistema patentado HGL.

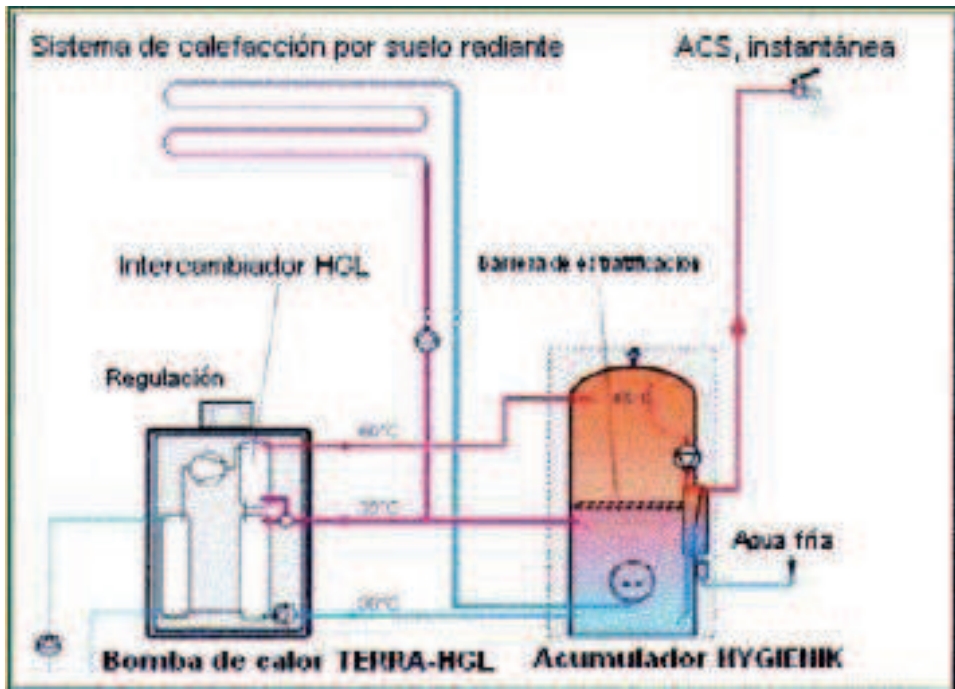
A continuación, se muestra la bomba con sus partes:



Tecnología patentada HGL®TECHNIK.

Las principales ventajas de esta tecnología son las siguientes:

- Alta temperatura del acumulador con el compresor trabajando a baja presión
- Menor consumo de energía eléctrica (no es necesario instalar una resistencia eléctrica en el acumulador para producir ACS).
- Mayor vida útil del compresor (trabaja a un régimen de revoluciones bajo produciendo ACS y calefacción al mismo tiempo).
- Gracias a una óptima estratificación en el acumulador de inercia y al sistema de producción de ACS instantánea, se evitan problemas como legionela, calcificaciones, etc.



Tecnología patentada HGL®TECHNIK [ENERTRES]

El acumulador Hygienik 825/25 está diseñado para la producción de ACS de forma instantánea con la producción de agua de calefacción. Es adaptable a cualquier fuente generadora de calor.

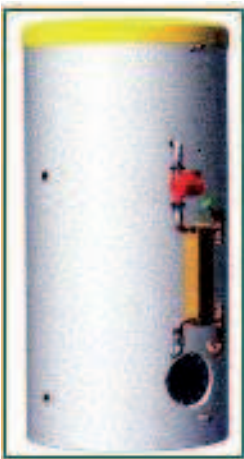


Acumulador Hygienik 825/25 [ENERTRES]

Descripción:

- Depósito de acumulación en acero ST 37.2 con todas las conexiones hidráulicas necesarias.
- Brida y contrabrida para la instalación de un intercambiador de calor solar.
- Revestimiento aislante de espesor 100 mm y módulo de producción instantáneo para la obtención de ACS.

El módulo de producción de ACS instantánea esta compuesto por: un intercambiador de placas en acero inoxidable, bomba de circulación primaria con válvula de retención, 2 válvulas de clapeo, flujostato, 2 conexiones para limpieza y la instalación eléctrica está predispuستا



Módulo de producción de ACS instantánea [ENERTRES]

DATOS TÉCNICOS

Volumen	825 Litros	Diámetro interior	Ø790 mm
Dimensiones	Ø1000 1930 mm	Diagonal	1910 mm
Producción de ACS	25 l/min	Peso	116 kg

3.3.3 Instalación del suelo radiante

A continuación se muestra el estudio sobre la instalación del suelo radiante (ENERTRES):

ENER-ROLL + PEX-a

COMPONENTES BÁSICOS PARA LA INSTALACIÓN - OPCIÓN 1 (ENER-ROLL + PEX-a)					
Código	Artículo	Ud. Venta	Uds.	PVP	Total
10 02 02 01	Panel aislante liso de EPS (ENER-ROLL AL)	m2	84	11,12 €	934 €
10 01 00 00	Tubería (Bobina Enerpex-a 16x1,8x200)	m	200	1,10 €	220 €
10 01 00 01	Tubería (Bobina Enerpex-a 16x1,8x500)	m	500	1,10 €	550 €
10 03 01 00	Banda perimetral autoadhesiva 150x8 mm	m	100	1,68 €	168 €
10 05 00 00	Fluidificante (envase 5 litros)	l	15	4,50 €	68 €
10 04 08 00	Racor para tubo plástico d=16 mm	Ud	14	2,18 €	31 €
10 06 00 05	Colector universal de 7 vías	Ud	1	324,35 €	324 €
10 06 01 01	Armario de ancho 700 (6 a 9 vías)	Ud	1	105,00 €	105 €
10 04 00 00	Grapa fijatubo (plancha lisa)	Ud.	1600	0,07 €	112 €
PRECIO PVP PARA LOS COMPONENTES BÁSICOS					2.511 €

COMPONENTES OPCIONALES PARA LA INSTALACIÓN - OPCIÓN 1 (ENER-ROLL + PEX-a)					
Código	Artículo	Ud. Venta	Uds.	PVP	Total
10 04 03 00	Codo guía para tubo 16/18 mm	Ud.	50	1,44 €	72 €
10 03 00 00	Barrera antivapor (film de polietileno)	Ud.	100	0,85 €	85 €
10 04 05 00	Tubo protección aislante (16-18 mm)	Ud.	50	0,52 €	26 €
10 03 02 00	Junta de dilatación 150x8 mm (Enerstop y Ener-roll)	m	50	1,38 €	69 €
10 05 01 00	Desincrustante (envase 1 litro) para tubo de 16 mm	l	1	21,60 €	22 €
10 04 04 00	Carril guía	m	100	2,75 €	275 €
10 08 01 01	Actuador térmico (220 V)	Ud.	7	32,00 €	224 €
10 08 04 02	Regulador de presión diferencial 1"	Ud.	1	58,20 €	58 €

