

Un repaso a las bombas de calor

Alfredo Mañón Mercado

Geocónsul, S.A. de C.V. Correo: a.manon@gmail.com

1. Conceptos básicos

Una bomba de calor es una máquina térmica que permite transferir energía en forma de calor de un lugar a otro, y según se requiera. Para lograrlo, es necesario un aporte de trabajo, dado que de acuerdo a la segunda ley de la termodinámica el calor se dirige de manera espontánea de un punto caliente a otro frío, y no al revés, hasta que sus temperaturas se igualan. Este fenómeno de transferencia de energía se realiza por medio de un sistema de refrigeración por compresión de gases refrigerantes cuya particularidad radica en su válvula inversora de ciclo, la que puede invertir el sentido del flujo de refrigeración transformando el condensador en evaporador y viceversa.

Usos

El principio de la bomba de calor se utiliza en sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC, por sus siglas en inglés), debido a que el ciclo reversible de este sistema ofrece la posibilidad de extraer o ingresar energía al medio (“enfriar” o “calentar”) con un mismo equipo, controlando arranques, paradas y el ciclo reversible en forma automática. Debido a su versatilidad es posible encontrar bombas de calor para mantener temperaturas adecuadas en piscinas e invernaderos. En la actualidad, y para fines de ahorro energético y de reducción de emisiones de gases con efecto invernadero, cada vez es más usual encontrar arreglos de bombas de calor asociados a muy diversas fuentes de calor, como el calor geotérmico y el solar.

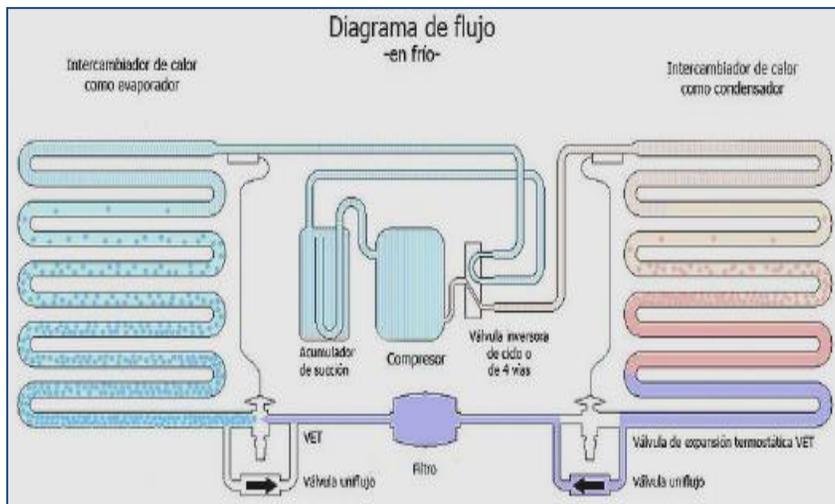


Fig. 1. Diagrama de flujo de una bomba de calor.

ser comprimido, enfriándose bruscamente. Entonces pasa por otro intercambiador de calor, el **evaporador**, donde absorbe calor del foco frío, se calienta y cambia su condición de líquido a vapor. El fluido, que se ha evaporado, regresa al compresor cerrándose el ciclo.

La válvula inversora de ciclo, o **válvula inversora de cuatro vías**, se encuentra a la salida (descarga) del compresor y, según la temperatura del medio a climatizar, invierte automáticamente la dirección en la que

Funcionamiento

Una *bomba de calor de refrigeración por compresión* emplea un fluido con un bajo punto de ebullición. Este fluido a baja presión y temperatura, entra en forma de vapor a un **compresor**, el cual incrementa la medida de ambos parámetros. El vapor, al pasar por el intercambiador de calor llamado **condensador**, transfiere calor al foco caliente –se enfría–, y cambia su condición de vapor a líquido. Después, este fluido líquido se hace pasar por una **válvula de expansión**, donde regresa a la presión que tenía antes de

fluye el fluido refrigerante. Esto lo logra mediante un dispositivo que mide la presión del refrigerante sobrecalentado localizado en la succión del compresor y envía la señal a la válvula de expansión.

Rendimiento

La cantidad de calor que se puede bombear depende de la diferencia de temperatura entre los focos frío y caliente. Cuanto mayor sea esta diferencia menor será el rendimiento de la máquina.

Las bombas térmicas tienen un rendimiento denominado COP (*Coefficient of Performance*) mayor que la unidad. Aunque esto puede parecer imposible, se debe a que en realidad se está transportando calor usando energía, en lugar de producir calor como en el caso de las resistencias eléctricas. Una parte muy importante de este calor se toma del aire atmosférico. En toda bomba de calor se verifica que el calor transmitido al foco caliente es la suma del calor extraído del foco frío más la potencia consumida por el compresor, que se transmite al fluido. Es decir: $Q_C = Q_F + W$

Dado que el efecto útil de una bomba de calor depende de su uso, hay dos expresiones distintas del COP. Si la máquina se está usando para refrigerar un ambiente, el efecto útil es el calor extraído del foco frío:

$$COP = \frac{Q_F}{W}$$

Si la bomba de calor se está usando para calentar un espacio, el efecto útil es el calor introducido:

$$COP = \frac{Q_C}{W} = \frac{Q_F + W}{W}$$

Una bomba de calor típica tiene un COP de entre dos y seis, dependiendo de la diferencia entre las temperaturas de ambos focos.

Fuentes: <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=31853774>
<http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2008/09/geothermal-heat-pumps-53531>

2. Bombas de calor geotérmico

William Thomson, el primer Lord Kelvin, describió las bases teóricas para las bombas de calor en 1852. Fue un notable librepensador y es probable que, como tal, anticipara que algún día esta sería una herramienta significativa en la lucha para reducir las emisiones de CO₂. Su avance teórico fundamental fue revertir la idea de que sólo podía fluir calor cuesta abajo, es decir de un foco caliente a uno frío. Una bomba de calor “cosecha” calor de bajo grado y lo entrega a una temperatura más alta, pero requiere un poco de ayuda con energía importada para poder hacerlo. Lord Kelvin sin duda previó su primera aplicación para enfriamiento de edificios, y actualmente millones de acondicionadores de aire, refrigeradores y neveras (es decir, bombas de calor) se fabrican e instalan cada año. De hecho, el aumento de la demanda, sobre todo en climas muy calientes, es uno de los principales motores del rápido aumento del consumo de energía en edificios de todo tipo en los últimos 50 años.

Sin embargo, las bombas de calor también puede hacer exactamente lo que su nombre dice: bombear calor. Para usarlas como aparatos de calefacción se requiere obtener calor de bajo grado de la atmósfera (el aire), cuerpos de agua (lagos o ríos) o del subsuelo. Utilizando un circuito de refrigeración, el contenido de calor se incrementa por medio de un compresor eléctrico, y se puede entregar a una temperatura adecuada para

calefacción. Para enfriamiento este proceso simplemente se invierte: el calor se recoge desde el interior de un edificio y se descarga a la atmósfera, al agua o al subsuelo.

La clave para asegurarse de que vale la pena instalar una bomba de calor, en términos de eficiencia global y emisiones de carbono, es el mencionado coeficiente de rendimiento (COP). En términos prácticos, este coeficiente expresa la relación entre las unidades de calor (en kWh térmicos) que el equipo entrega entre las unidades de electricidad (en kWh eléctricos) consumidos. Un buen diseño, y una adecuada selección del tamaño del sistema con componentes modernos, deben proporcionar un COP de 2.5 a 4.5.

Evidentemente, la eficiencia de con la que se genera la electricidad a utilizar en la bomba de calor es importante para el valor global del sistema. Si la electricidad proviene de una central eléctrica convencional con 35% de eficiencia y la bomba de calor tiene un COP de 3.5, la bomba de calor será 1.4 veces más eficiente que un calentador de gas. Si la electricidad proviene de una central de ciclo combinado que opere con 45% de eficiencia, y la bomba de calor tiene un COP de 4, el sistema será dos veces más eficiente que una caldera. Por supuesto, si la electricidad proviene directamente de fuentes de energía renovable, la bomba de calor es un excelente medio para generar calor sin ninguna emisión de bióxido de carbono.

Para calefacción y calentamiento de agua en edificios, la fuente de calor principal es el aire, el agua o el subsuelo. En algunas partes del mundo, especialmente en América del Norte, el calor es suministrado como aire a través de conductos, el cual se entrega más caliente en invierno y más frío en verano. En Europa generalmente el calor se suministra como agua caliente, a través de un radiador o debajo del suelo.

El aire es la fuente de calor más disponible, y en climas moderados con edificios bien aislados las bombas de calor que utilizan esta fuente de aire son capaces de satisfacer todas las necesidades de calefacción. Pero en días de frío intenso, cuando la demanda de calefacción es más elevada, la bomba de calor funciona de manera ineficiente, o no entrega el calor suficiente para satisfacer la demanda. En esos casos puede ser necesario utilizar una fuente de calor adicional.

Las bombas de calor de agua tienen una gran ventaja, pues el agua tiene mayor capacidad de transporte de calor que el aire, mejores características de transferencia de calor y puede ser transportada fácilmente y con eficiencia. Sin embargo, relativamente pocos edificios disponen de fuentes adecuadas de agua.

Como resultado, se ha disparado el interés en las bombas de calor geotérmico, es decir aquellas cuya fuente de calor es el subsuelo. Normalmente se trata de sistemas de circuito cerrado que utilizan el terreno circundante al edificio o el que se encuentra debajo de él. Mediante la instalación en el subsuelo de un serpentín de tubería del tamaño adecuado, se hace circular agua u otro fluido para recoger el calor almacenado ahí y entregarlo a una bomba de calor.

Las bombas de calor geotérmico utilizan normalmente un sistema agua/agua o salmuera/agua y se emplean para calefacción, refrigeración, recuperación de calor y producción de agua caliente. Los sistemas agua/agua se utilizan cuando se dispone de una fuente natural de agua, como un lago o un pozo. Los sistemas salmuera/agua deben ser sistemas cerrados, entendiéndose por salmuera cualquier fluido líquido con anticongelante. Por lo general son unidades compactas para uso en interiores, equipadas con un compresor hermético que funciona silenciosamente. Algunos sistemas incluyen aislamiento acústico y mitigador de vibraciones. Utilizan generalmente intercambiadores de acero de placa plana en el evaporador y el condensador, aunque también se emplean intercambiadores de coraza y tubo o coaxiales. Comúnmente se utiliza un refrigerante libre de cloro y un controlador integrado o montado externamente. El sistema de calefacción de la bomba de circulación debe integrarse dentro de la carcasa de la bomba de calor, y para mantener el sistema compacto se integra también el tanque de agua caliente.

Es difícil reunir estadísticas fidedignas sobre el número de bombas de calor geotérmico para calefacción doméstica o distrital. En el Congreso Geotérmico Mundial de 2005 un estudio concluyó que había más de 1.3 millones en todo el mundo (Curtis *et al.*, 2005)

En la revista *Renewable Energy World*, Eric Martinot del Worldwatch Institute da una cifra de más de dos millones de bombas de calor geotérmico empleadas para calefacción o refrigeración que operaban en más de treinta países a fines de 2008.

Fuentes:

<http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2008/09/geothermal-heat-pumps-53531>

Curtis, R., J. Lund, B. Sanner, L. Rybach and G. Hellström, 2005. Ground Source Heat Pumps - Geothermal Energy for Anyone, Anywhere: Current Worldwide Activity. Proceedings of the World Geothermal Congress 2005. Antalya, Turkey, 24-29 April 2005.

Ochsner, K., 2007. Geothermal Heat Pumps – A guide for planning and installing. Earthscan, London, UK, 224 p. <http://www.earthscan.co.uk/?tabid=415>

3. Bombas de calor geotérmico para climatización

El sistema de bombas de calor geotérmico (BCG) más utilizado para climatizar espacios es mediante pozos. Es el sistema más caro, pero hay que tomar en cuenta que entre los 10 y los 20 metros de profundidad la temperatura del subsuelo es constante durante todo el año, rondando entre los 7 y 14°C, e independiente de la temperatura ambiental.

Estos sistemas de BCG pueden ser “abiertos” o “cerrados”. Los sistemas abiertos se utilizan donde se sabe que existe algún acuífero o corriente subterránea de agua, que se aprovecha como líquido portador hasta la bomba y una vez extraída su temperatura se devuelve al acuífero (Fig. 2). El sistema utiliza un líquido refrigerante en el interior del edificio, que circula dentro de un sistema cerrado.

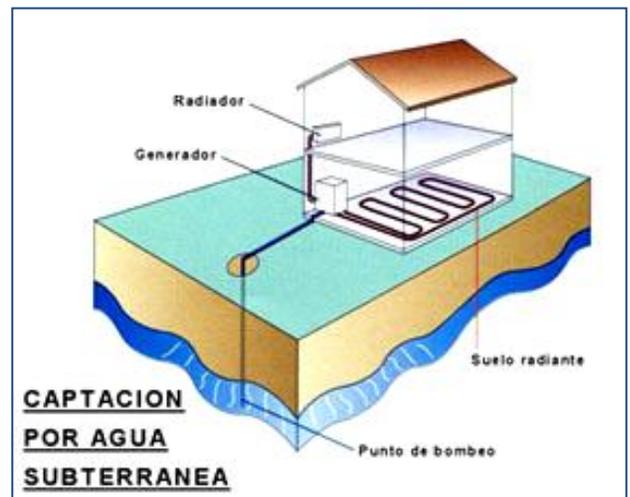


Fig. 2. Sistema de BCG con pozos y utilización de un acuífero somero.

En los sistemas cerrados el líquido se introduce desde la superficie y se hace circular a través de tuberías para recoger el calor (o el frío) del subsuelo. Estos sistemas pueden tener dos tipos de arreglos: verticales y horizontales (Fig. 3). El arreglo más empleado en viviendas es sin duda el horizontal. Este tipo consiste en uno o varios circuitos compuestos de una tubería de polipropileno reticulado y enterrado en el jardín a una profundidad de hasta 1 metro. En el interior de la tubería se bombea un líquido refrigerante que actualmente es de los conocidos como de nueva generación, compuesto de hidrofluorocarbonos (HFC) e hidrocarburos. Los HFC son fluidos refrigerantes sin cloro, y por tanto sin efectos sobre la capa de ozono. En Europa, los más utilizados en las BCG son los líquidos R-134-A, R-152-A, R-32, R-125, R-143-A y R-407-C.

Los grupos generadores o intercambiadores geotérmicos son de muy variadas funciones, precios y diseños, siendo capaces de abastecer calor para calefacción y ACS (agua caliente sanitaria). Para calefacción se recomienda utilizar un radiador por zócalo o muro radiante, pero también es posible usarlos con suelo radiante o incluso con radiadores comunes de aluminio.

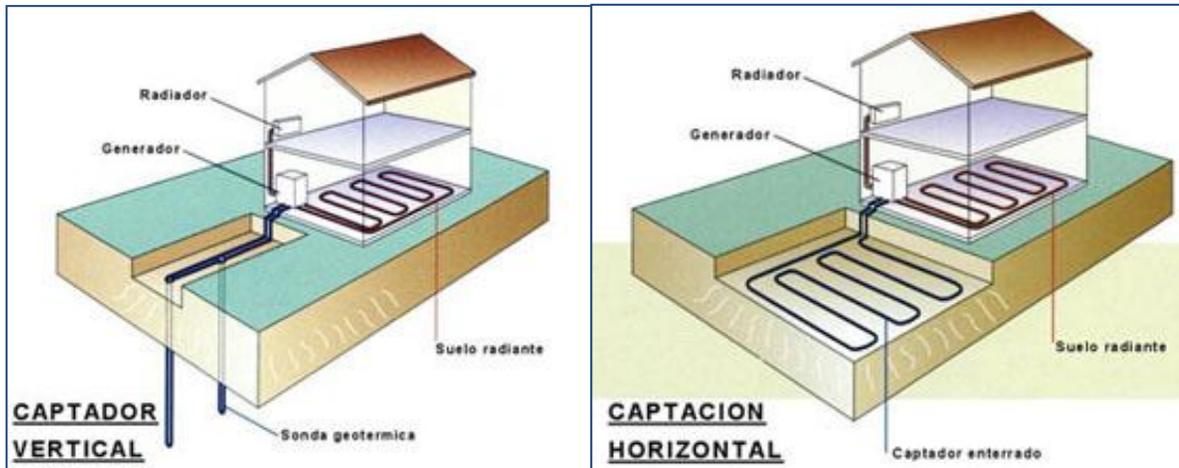


Fig. 3. Arreglo vertical (izquierda) y horizontal (derecha).

El precio de una instalación de BCG bien calculada dependerá de la zona climática y la superficie de la vivienda. Para una vivienda de unos 200 m² puede estar entre 12 mil y 13 euros en una zona con temperatura ambiente de -5°C, y de unos 10 mil euros con una temperatura de cálculo de 0°C. Aunque parezca un desembolso importante, esta cantidad es aceptable, ya que estos equipos no sólo sirven para introducir calor dentro de la vivienda sino también para sacarlo con sólo invertir el sentido del bombeo. Así, pueden aclimatar la vivienda sin necesidad de disponer de otro equipo climatizador o aire acondicionado. Por lo tanto, una instalación de BCG funciona como varios equipos en uno, ya que con ella sola se tiene cubierta la calefacción en invierno, la climatización en verano, el agua caliente de la piscina, etc.

Fuente: <http://www.ecohabitar.org/articulos/tecnoapropiadas/geotermica.html>

4. Beneficios de las bombas de calor

Durante millones de años los bosques y plantas del planeta han producido el oxígeno que respiramos hoy. Las plantas y bosques en descomposición fueron enterrados y transformados durante largos periodos de tiempo en carbón, petróleo y gas natural. Estos son los combustibles fósiles que se queman en la actualidad. Durante el proceso de combustión se consume oxígeno y se produce bióxido de carbono. Pero además la producción y uso excesivo del gas natural a escala mundial ha dado lugar a una creciente concentración de metano. Éste y el CO₂ intensifican el efecto invernadero natural y constituyen una amenaza climática.

Según estudios del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) de la ONU, el resultado previsto es un aumento de la temperatura media global de 1.5 a 6°C en el próximo siglo, lo que dará lugar a cambios climáticos dramáticos: tormentas, granizos y precipitaciones más fuertes e impredecibles, así como sequías y un aumento del nivel del mar.

La calefacción con combustibles fósiles se logra principalmente por la quema de petróleo y gas natural. Todos los tipos de combustión, incluida la de gas natural y los bio-combustibles, producen bióxido de carbono además de cantidades variables de bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, hollín y otros contaminantes. La calefacción de una vivienda media produce alrededor de 6 mil kilogramos de CO₂ al año si se utiliza petróleo y de unos 4 mil kilogramos si se usa gas natural.

Las bombas de calor proporcionan calor libre de contaminantes. Los principales fabricantes de bombas de calor sólo emplean refrigerantes libres de cloro que no afectan la capa de ozono. La calefacción con bombas de calor requiere mucho menos energía que la calefacción con gas o petróleo, debido a que aquellas extraen

hasta el 75 por ciento de la energía necesaria de su entorno. Con la ayuda de un intercambiador de calor, la bomba de calor aumenta la energía extraída del medio ambiente a la temperatura requerida para la calefacción.

La calefacción con bombas de calor ofrece mayor comodidad y facilidad de operación. Los sistemas de distribución de calor, como el suelo radiante a baja temperatura y la calefacción de pared, garantizan una vida saludable. Las bombas de calor reversibles también pueden enfriar espacios durante el verano. En todos los casos funcionan en silencio, de forma automática y no requieren mantenimiento. Con el uso de bombas de calor se elimina la entrega de combustible, el desecho de cenizas y la limpieza de chimeneas.

Las bombas de calor de calefacción operan por medio de un ciclo termodinámico, sin combustión ni flamas, y con refrigerantes no inflamables. Esto reduce el riesgo de accidentes.

La instalación de bombas de calor es promovida por las autoridades como una tecnología ecológica y económicamente importante. Esa promoción puede incluir subvenciones gubernamentales, de la comunidad y los servicios públicos, créditos fiscales y tasas preferentes de interés para financiar créditos. Por ejemplo, la Ley de Conservación de la Energía, de Alemania, la *Building Directive* de la Unión Europea o el Sistema de Certificación de Energía Renovable de Australia (RECS), promueven el empleo de las bombas de calor estableciendo límites en el consumo de energía primaria.

Fuente:

Ochsner, K., 2007. Geothermal Heat Pumps – A guide for planning and installing. Earthscan, London, UK, 224 p. <http://www.earthscan.co.uk/?tabid=415>

5. Centro de bombas de calor de la Agencia Internacional de Energía

El *Heat Pump Centre* (HPC), es un servicio de información internacional sobre tecnologías de bombas de calor, sus aplicaciones y mercados patrocinado por la Agencia Internacional de Energía (*International Energy Agency*). El HPC constituye la actividad central de información del programa de bombas de calor de la IEA (HPP: *Heat Pump Programme*).

Organizado desde 1978, el HPP no tiene fines de lucro y sus participantes en diferentes países cooperan en proyectos de bombas de calor y tecnologías afines como acondicionamiento de aire, refrigeración y líquidos refrigerantes. Bajo la gestión de un Comité Ejecutivo que representa a los países miembros, el programa lleva a cabo estrategias para acelerar el uso de bombas de calor en toda aplicación donde pueden reducir el consumo de energía en beneficio del medio ambiente. Actualmente los países miembros son Austria, Canadá, Finlandia, Francia, Alemania, Italia, Japón, Holanda, Noruega, Corea del Sur, Suecia, Suiza y Estados Unidos.

En algunos de los países miembros existen equipos nacionales (*National Teams*), cuyo trabajo incluye la difusión nacional de información y la promoción y generación de ideas para nuevas actividades/proyectos del HPP de interés para su país.

Los proyectos del HPP se conocen como “Anexos” que son dirigidos según los países socios que participen en las actividades y costos de los mismos. Según este principio, un país elige un Agente Operativo para gestionar los Anexos. La mayor parte de estos operan durante un periodo limitado de tiempo y sus objetivos pueden variar desde el intercambio de información hasta el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías.

Por su parte, la tarea del HPC es agilizar la implementación de tecnologías de bombas de calor y optimizar el uso de recursos energéticos en beneficio del medio ambiente. Esto incluye servicios de información de extensión mundial en beneficio de quienes pueden desempeñar una parte en la implementación de estas tecnologías, tanto a nivel internacional como nacional. Los grupos objetivo incluyen diseñadores de normas, agencias, fabricantes, investigadores, empresas de servicio público, diseñadores, usuarios finales, instaladores y otras organizaciones.

Una de las actividades principales del HPC es la publicación de un boletín trimestral. Cada número se dedica a un tema específico pero además contiene artículos, noticias, eventos y un editorial o artículo de fondo. El boletín es gratuito para los países miembros del HPP, pero también pueden suscribirse personas o instituciones de países no asociados. Además, se puede recibir una versión resumida del boletín de manera electrónica (*e-Newsletter*), que contiene las noticias más interesantes y resúmenes de los artículos.

Otra importante actividad es la de su portal electrónico que se actualiza continuamente con noticias, eventos e información de contactos.

Fuente:

<http://www.heatpumpcentre.org/>

6. Fabricación de bombas de calor geotérmico (BCG) en Estados Unidos en 2008

El uso de BCG en Estados Unidos continuó aumentando en 2009 debido al costo creciente de la energía y a presupuestos más ajustados. Este crecimiento fue impulsado en parte por la Ley de Estabilización Económica de Emergencia de 2008 (H.R. 14241). Esta ley, que entró en vigor el 3 de octubre de 2008, establece incentivos fiscales a largo plazo para fomentar el uso de tecnologías de energías renovables que incluyen a las BCG para el hogar y para aplicaciones comerciales. Por ejemplo, los incentivos para instalar sistemas certificados de BCG incluyen un crédito fiscal del 10% de la inversión para una empresa y hasta un 30% de la inversión, con un tope de 2 mil dólares, para un consumidor residencial. Los criterios son: un sistema de circuito cerrado, un índice de eficiencia energética (EER) de 14.1 y un coeficiente de rendimiento (COP) de al menos 3.3. Para un sistema de BCG abierto el EER debe ser de 16.2 y el COP mínimo de 3.6. Para un sistema de expansión directa, el EER debe ser 15 y el COP de 3.5. Además, las bombas de calor geotérmico deben incluir un sistema integrado de calentamiento de agua.

De acuerdo con el Departamento de Energía, durante 2008 se instalaron en Estados Unidos 121,243 unidades nuevas de BCG, lo que representó un incremento del 40%. La industria de BCG se vio fuertemente presionada por retrasos en el surtido de pedidos por parte de los fabricantes, falta de instaladores capacitados y altos costos de inversión para los consumidores.

Los equipos de BCG más comerciales son los conocidos como ARI-320, que utilizan agua como fuente de calor, ARI-325 que emplean específicamente agua subterránea, y ARI-330 que también utilizan agua subterránea como fuente de calor, pero en ciclo cerrado. En conjunto, los equipos ARI-325 y 330 representaron más del 70% del total instalado en 2008. De los 23 fabricantes de BCG activos en Estados Unidos durante ese año, ocho estaban planeando introducir nuevos equipos tipo ARI-320, nueve planeaban nuevos equipos tipo ARI-325, otros nueve estaban planeando introducir nuevos equipos tipo ARI-330 y tres más esperaban introducir las nuevas bombas no-ARI en 2009. Desde luego, algunos de los fabricantes tenían planes en más de uno de los tipos mencionados.

La demanda pública de sistemas alternativos de energía en general, y en particular de BCG, es cada vez mayor. Los fabricantes norteamericanos se han posicionado para proporcionar una amplia gama de bombas

de calor geotérmico diseñadas para satisfacer las necesidades de prácticamente todas las dimensiones y tipos de edificios.

Fuente: <http://www.eia.doe.gov/cneaf/solar.renewables/page/ghpsurvey/ghpssurvey.html>

7. Fuentes de información

Para mayor información sobre bombas de calor en general y BCG en particular, visite los portales siguientes:

Organismos internacionales

[International Ground Source Heat Pump Association \(IGSHPA\)](#)
[IEA Heat Pump Centre](#)
[International Council of Air-Conditioning and Refrigeration Manufacturers' Associations](#)
[International Energy Agency](#)
[International Electrotechnical Commission](#)
[International Geothermal Association](#)
[International Institute of Refrigeration - IIR](#)
[International Organization for Standardization - ISO](#)
[Natural Refrigerants Fund](#)

Organismos regionales

[American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers](#)
[Geothermal Heat Pump Consortium](#)
[National Research Council Canada](#)

Institutos y universidades

[Centro de Investigación en Energía](#)
[Oklahoma State University](#)
[Oak Ridge National Laboratory](#)
[Tennessee Valley Authority](#)
[Instituto de Investigaciones Eléctricas](#)
[Instituto de Investigaciones Científicas Universidad de Guanajuato](#)

Construcción

[Build.com \(The Building and Home Improvement Directory\)](#)
[Buildings.com \(The Source for Facilities Decision-Maker\)](#)
[HomeIdeas.com \(The Ultimate Research Tools Your Home Project\)](#)
[Institute for Research in Construction \(IRC\)](#)

Calculadores de ahorros y costos

[Geo SUN NRG](#)
[OG+E \(Oklahoma City area\)](#)

Energía:

[Alliant Energy Integrated Services](#)
[DOE Energy Efficiency and Renewable Energy \(EERE\)](#)
[Deep Heat Mining Project \(DHM\)](#)
[Ecoiq.com \(Energy Conservation & Renewable\)](#)
[Edison Electric Institute \(EEI\)](#)
[Electric Power Research Institute \(ERPI\)](#)
[Energy Research Centre of the Netherlands \(ECN\)](#)
[Energy Star](#)
[The Association of Energy Engineers \(AEE\)](#)
[The Electrification Council \(TEC\)](#)

[Database of State Incentives for Renewables & Efficiency \(DSIRE\)](#)

[US Department of Energy Consumer Energy Tax Incentives](#)

Medio Ambiente

[BuildingGreen.com \(Publishers of Environmental Building News\)](#)

[Center of Excellence Sustainable Development](#)

[Global Network of Environmental & Technology \(GNET\)](#)

[Idaho National Engineering and Environmental Laboratory \(INEEL\)](#)

[International Institute for Sustainable Development \(IISD\)](#)

[National Center for Appropriate Technology \(NCAT\)](#)

[The EcoGateway \(Your Guide to Sustainability Online\)](#)

[The Envirolink Network \(Online Environmental Community\)](#)

Investigación

[Oklahoma State University - Building & Environmental Thermal Systems Research Group](#)

[Oak Ridge National Laboratory - Building Technologies Research and Integration Center](#)

[Zero Energy Building Research Alliance](#)

Geotermia y Aire Acondicionado

[Air Conditioning Contractors of America \(ACCA\)](#)

[American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers \(ASHRAE\)](#)

[Air conditioning and Refrigeration Institute \(ARI\)](#)

[Energy User News \(Online Newspaper\)](#)

[Geothermal Heat Pump Consortium \(GHPC\)](#)

[IRC Information Service \(Bibliography of Papers on GHPs/ Also available in French\)](#)

[National Rural Electric Cooperatives Association \(NRECA\)](#)

[Preston's Guides \(HVAC Manufacturer's Specifications\)](#)

Entrenamiento (Fuentes Subterráneas para Bombas de Calor)

[Alabama Power Company Heat Pump Training Center](#)

[GeoExchange Design Principles Seminar](#)

[Geothermal Systems for Water Source Heat Pumps and Central Systems](#)

[University of Wisconsin Design of Geothermal Heat Pump Systems](#)

Software para Diseño de Sistemas (Intercambiadores Subterráneos de Calor)

[Building Life Cycle Cost Program \(BLCC\) does federal CFR computations](#)

[Elite Software \(HVAC design\)](#)

[Ground heat exchanger design tool for Residential \(CLGS\)](#)

[Wrightsoft \(GHP system design software\)](#)

[Software Advice \(site that reviews and compares construction software\)](#)

Información sobre Fuentes de Calor Subterráneas para Bombas de Calor

[Alliant Energy Geothermal Information Office](#)

[Canadian Earth Energy Association \(CEEA\)](#)

[Environmental Protection Agency \(EPA\)](#)

[EPRI/ Geothermal Heat Pump \(EPRI/ GHP\)](#)

[Geothermal-The Energy Under Our Feet](#)

[International Energy Agency \(IEA\) Heat Pump Centre](#)

[International Geothermal Association](#)

[U.S. Department of Energy, Geothermal Technologies Program](#)

Empresas

[Calor y Frio.com](#)

[Geotermia Solar SI](#)

[Geothermal Heat Pumps for Residential and Commercial Applications](#)

[Geothermal Comfort Systems](#)

Centros de entrenamiento

[HVAC Training](#)

[Design of Geothermal Systems University of Wisconsin-Madison](#)

Revistas especializadas:

[Renewable energy world](#)

[The Air Conditioning, Heating & Refrigeration News](#)