

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

INDICE

6.8.	Energía geotérmica. Introducción.....	2
6.8.1.	Fundamento de la energía geotérmica.	3
6.8.2.	Clasificación y aplicaciones.....	4
6.8.2.1.	Alta y media temperatura.....	5
6.8.2.1.1.	Generación de energía eléctrica.....	6
6.8.2.1.1.1.	Centrales de circuito abierto.....	6
6.8.2.1.1.2.	Circuito cerrado o centrales de ciclo binario.	7
6.8.2.1.1.3.	Centrales eléctricas de escala reducida.....	8
6.8.2.2.	Roca caliente –seca y sistemas estimulados....	9
6.8.2.3.	Baja temperatura.....	9
6.8.2.3.1.	Calefacción de edificios y producción de ACS..	9
6.8.2.3.2.	Calefacción de invernaderos.....	10
6.8.2.3.3.	Acuicultura y crianza de animales.....	11
6.8.2.3.4.	Secado de alimentos y maderas.....	11
6.8.2.4.	Muy baja temperatura.....	12
6.8.2.4.1.	Bomba geotérmica.....	12
6.8.2.4.2.	Otras aplicaciones de uso directo.....	13
6.8.2.4.2.1.	Natación, baños y balnearios.....	14
6.8.3.	La energía geotérmica en el mundo.	14
6.8.3.1.	Aplicaciones térmicas.....	14
6.8.3.2.	Aplicaciones eléctricas.	16

6.8.4.	La energía geotérmica en Europa.....	19
6.8.4.1.	Generación eléctrica.....	19
6.8.4.2.	Generación térmica.	21
6.8.5.	La energía geotérmica en España.....	25
6.8.5.1.	Energía de muy baja temperatura.....	25
6.8.5.2.	Energía geotérmica de baja, media y alta temperatura.	26
6.8.6.	La energía geotérmica en la Región de Murcia.....	28
6.8.6.1.	Barreras.....	29
6.8.6.2.	Objetivos.	30
6.8.7.	Referencias.....	30

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

6.8. Energía geotérmica. Introducción

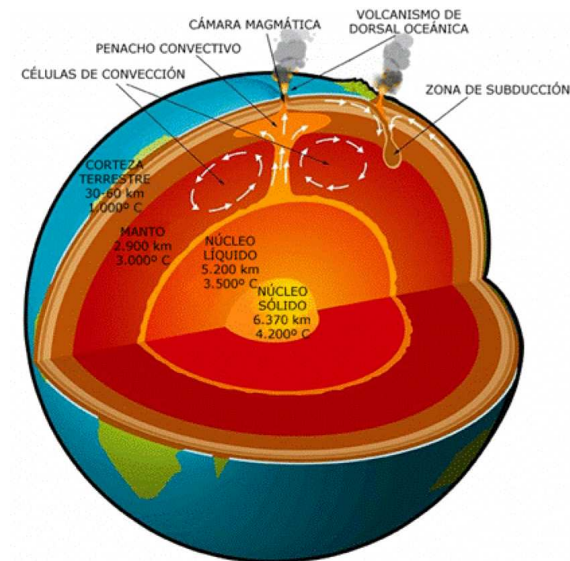
“Energía geotérmica es la energía almacenada en forma de calor por debajo de la superficie sólida de la Tierra”.

Esta es la definición de la energía geotérmica adoptada por el Consejo Europeo de Energía Geotérmica (EGEC). Bajo esta denominación se engloba el calor almacenado en rocas, suelos y aguas subterráneas, cualquiera que sea su temperatura, profundidad y procedencia.

Geotermia es una palabra de origen griego, deriva de “geos” que quiere decir tierra, y de “thermos” que significa calor: el calor de la Tierra. A diferencia de la mayoría de las fuentes de energía renovables, la geotérmica no tiene su origen en la radiación del Sol sino en la diferencia de temperaturas que existe entre el interior de la Tierra y su superficie.

En el estado actual de la tecnología, se puede decir que la geotermia tiene dos grandes grupos de aplicaciones o fines: térmicos y eléctricos.

Entre los primeros caben destacar los usos en balnearios y piscinas climatizadas que es la forma más antigua de aprovechamiento; (termas romanas, baños turcos...), las aplicaciones en producción de agua caliente sanitaria y calefacción mediante bombas de calor e intercambiadores; y otros usos en agricultura usando las aguas calientes de acuíferos en



invernaderos, en acuicultura y en industria, o incluso para evitar la formación de placas de hielo en los pavimentos.

En la producción de electricidad se viene utilizando desde principios del siglo pasado con técnicas de vapor seco, de agua a alta temperatura o las centrales de ciclo binario.

Más recientemente, se está prestando interés a los yacimientos de rocas secas calientes para su aprovechamiento con el mismo fin.

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

Las ventajas de la energía geotérmica son ambientales y económicas, especialmente en climatización de edificios, aplicación que se está extendiendo en países europeos.

La energía geotérmica viene siendo utilizada desde hace siglos con fines térmicos, pero la producción de electricidad a partir del calor de la tierra es mucho más reciente. El primero en hacerlo fue *Piero Ginori Conti* en Larderello, Italia, en 1904. Un siglo después, sigue produciendo energía renovable, calor y electricidad (547 MW).

Son, sin embargo, los usos directos, el empleo del calor, los que más rápidamente se fueron extendiendo. Islandia se convertía en los años 30 del siglo XX en el primer país en organizar un servicio de calefacción geotérmica doméstica a gran escala en la ciudad de Reykjavic. En la década anterior ya había empezado a usar la geotermia para calentar invernaderos.

La primera aplicación industrial de la geotermia tuvo lugar en una fábrica de pulpa y papel de Kawerau, en Nueva Zelanda, en los años cincuenta. En Islandia, unos años más tarde, se comenzó a emplear el calor geotérmico en la industria textil, para el lavado de lanas.

Sin embargo es tras la crisis del petróleo cuando el interés por esta fuente limpia de energía, entre otras muchas, se dispara en todo el mundo. Así, entre 1975 y 1995, el crecimiento medio de la electricidad geotérmica alcanza el 9% anual, mientras los usos directos crecen a razón de 6 puntos

porcentuales al año, tasas ambas altísimas si las comparamos con las registradas por otras fuentes de energía. En los últimos años ese crecimiento se ha ralentizado ligeramente. No obstante, el uso de bombas de calor para aprovechar las fuentes geotérmicas y los avances en el conocimiento de la roca seca caliente hacen prever un relanzamiento de la geotérmica.

6.8.1. Fundamento de la energía geotérmica.

El flujo medio de calor registrado en la corteza terrestre es del orden de 1,5 $\mu\text{cal.cm}^{-2}\text{seg}^{-1}$. En determinados puntos de la Tierra el flujo de calor es, sin embargo, anormalmente elevado, llegando a alcanzar valores de hasta diez y veinte veces el flujo medio citado. Estas áreas con flujo elevado coinciden siempre con zonas de existencia de fenómenos geológicos singulares, como son una actividad sísmica elevada, la formación de cordilleras en épocas geológicas recientes y una actividad volcánica actual o muy reciente. Estos fenómenos geológicos representan distintas formas de liberación de la energía interna de la Tierra, cuya explicación puede darse a la luz de la tectónica de placas que rige la estructura de la corteza de la Tierra y su relación con el manto.

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

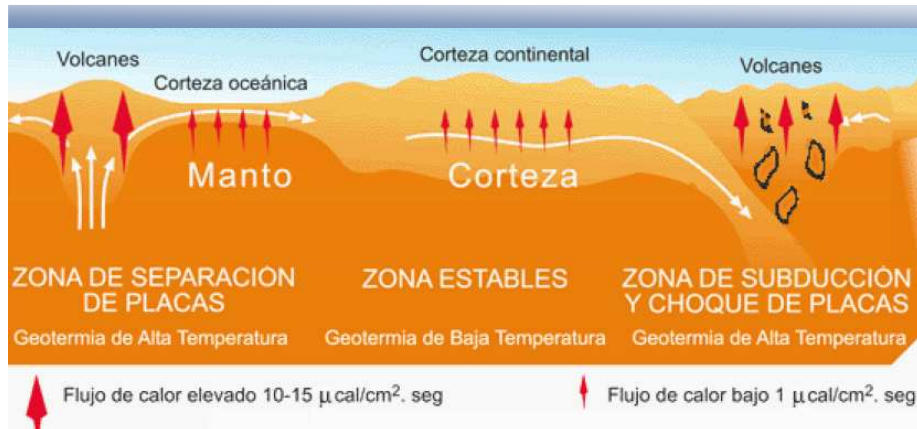


Ilustración 1. Flujos de calor. Fuente IGME.

El flujo de calor anómalo ocasionado en estas áreas singulares da lugar a gradientes geotérmicos con valor de 15-30 °C cada 100 metros, por lo que a profundidades de 1,5 a 2 Km. se pueden encontrar temperaturas de 200-300 °C. Por el contrario, en las demás zonas de la superficie terrestre el flujo calorífico antes mencionado da lugar a gradientes geotérmicos con valor medio de 3 °C cada 100 metros, por lo que a profundidades entre 2 y 3 Km. se encuentran temperaturas de 60-90 °C.

6.8.2. Clasificación y aplicaciones

En geotermia se diferencian cuatro rangos de temperaturas condicionados por la forma en que se presenta y obtiene el calor que presentan a su vez diferentes aplicaciones.

- Alta temperatura: más de 150 °C

Una temperatura superior a 150 °C permite transformar directamente el vapor de agua en energía eléctrica.

- Media temperatura: entre 90 y 150 °C.

Permite producir energía eléctrica utilizando un fluido de intercambio, que es el que alimenta a las centrales.

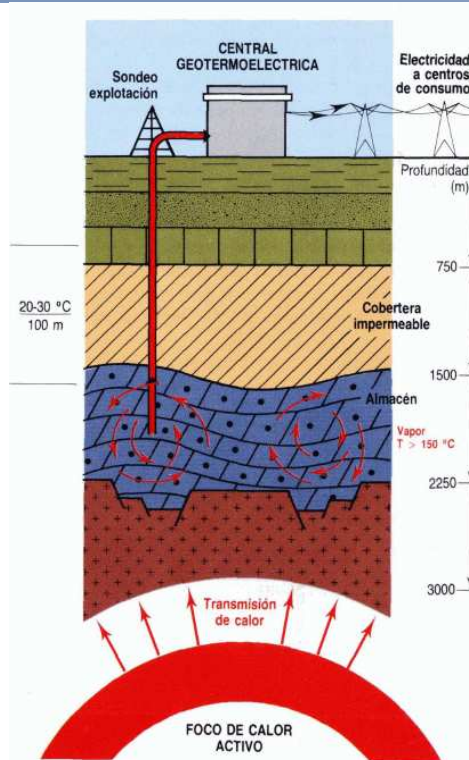
- Baja temperatura: entre 30 y 90 °C.

Su contenido en calor es insuficiente para producir energía eléctrica, pero es adecuado para calefacción de edificios y en determinados procesos industriales y agrícolas.

- Muy baja temperatura: menos de 30 °C.

Puede ser utilizada para calefacción y climatización, necesitando emplear bombas de calor.

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica



6.8.2.1. Alta y media temperatura

Se produce en zonas de actividad volcánica y en los bordes de las placas tectónicas entre 500 y 1500 m de profundidad existen bolsas con fluidos

geotérmicos que oscilan entre los 150 y los 350°C de temperatura. Esta energía se transforma en energía eléctrica a turbinando el vapor extraído. Si la temperatura es inferior, entre 90 y 150°C, se utiliza un ciclo binario a partir de un fluido intermedio de trabajo con un punto bajo de vaporización.

Las condiciones geológicas necesarias para la existencia de un yacimiento geotérmico de alta temperatura son:

- Estar presente en una de las áreas o zonas inestables antes mencionada, con lo cual está asegurada la existencia de un foco de calor activo que proporcione un flujo calorífico anómalo.
- Existencia a profundidad adecuada (1,5-2 Km.), de capas de materiales permeables o almacén que permitan la circulación de los fluidos capaces de extraer el calor de la roca.

Ilustración 2. Esquema de yacimiento geotérmico de alta temperatura.

Fuente IGME.

- Estos fluidos han de permanecer en profundidad, de manera que se evite la disipación continua de la energía de la roca. Para que ello ocurra es necesaria la presencia de materiales impermeables que actúen de sello de los almacenes.

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

6.8.2.1.1. Generación de energía eléctrica

6.8.2.1.1.1. Centrales de circuito abierto

Este es el caso más sencillo de producción eléctrica, en el que el agua de origen geotérmico es absorbida desde el pozo de alimentación, ya en forma de vapor, hacia una turbina a la que obliga a girar a gran velocidad, perdiendo en el trabajo su energía, que se traduce en una pérdida paulatina de presión y de temperatura, que la devuelven a su estado líquido (aún con la presencia de alguna parte en fase vapor), con la opción de incorporarla al exterior (vapor a la atmósfera y agua a la red hidrográfica), o bien reinyectarla al acuífero de procedencia o a través del pozo de reinyección, una vez utilizada.

Esta situación, se complica cuando las pequeñas gotas de agua que puede arrastrar el vapor, a la presión a la que impactan con los alabes de la turbina, producen un desgaste excesivo, cuando no su ruptura. Para evitar este extremo, es práctica habitual colocar a la salida del vapor del pozo de alimentación un separador centrífugo de agua, que elimina una buena parte del agua que contenía el vapor.

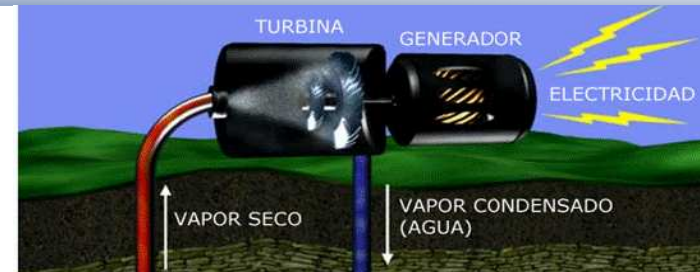


Ilustración 3. Esquema de un turboalternador funcionando con vapor seco. (©2000 Geothermal Education Office).

Con ello se consigue mejorar la calidad del vapor, elevando así el rendimiento de la turbina y ahorrando recursos económicos en el mantenimiento y operación de la misma. Es el llamado proceso “flash” simple, que da nombre a las centrales de este tipo. Existe otro procedimiento para conseguir vapor seco, que consiste en “secar” artificialmente el vapor de procedencia geotérmica. Si el vapor seco y recalentado por cualquiera de los procedimientos mencionados más arriba, se inyecta en la turbina en dos fases, al principio y en un punto intermedio, se obtendrá lo que se conoce como una central de doble “flash”.

En el subsuelo, las aguas subterráneas circulan a través de estratos geológicos, arrastrando o disolviendo algunas pequeñas partículas de los componentes de dichos estratos que pueden hacer inviable el proceso de producción eléctrica por los elevados costes de mantenimiento y operación que esto acarrearía.

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

6.8.2.1.1.2. Circuito cerrado o centrales de ciclo binario.

Se pueden prevenir los efectos de las impurezas del vapor sobre la turbina utilizando un fluido intermedio, asumiendo las pérdidas correspondientes al intercambio de calor.

El denominado ciclo binario, además de proteger la instalación de turbinado con las mejoras de rendimiento citadas, es también ampliamente aplicado cuando el yacimiento geotérmico produce una mezcla de agua-vapor a temperaturas inferiores a las que posibilitan disponer de vapor seco.

Cuando la temperatura del agua geotérmica es suficiente para producir vapor de agua en el circuito secundario (cerrado), el conjunto funcionará como una central convencional de vapor.



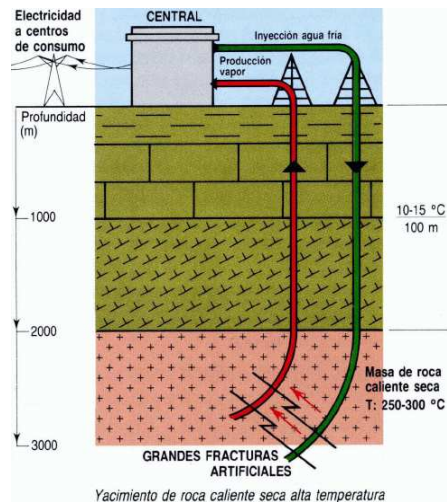
Ilustración 4. Planta eléctrica de ciclo binario en Wendell-Amadee, California. Se aprecia su estructura modular. Su funcionamiento es automático, vigilado por control remoto. (©2000 Geothermal Education Office).

Son comunes las mezclas de hidrocarburos altamente volátiles (de bajo punto de ebullición), como propano, n-butano, isobutano o isopentano, que funcionan en el rango de los 35 °C, en la fase fría, a los 150 °C de la fase caliente, que será la temperatura del agua de origen geotérmico, que aquí se utilizará en calidad de energía calorífica.

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

6.8.2.1.1.3. Centrales eléctricas de escala reducida

Como se ha visto al estudiar los yacimientos geotérmicos, los de alta entalpía, es decir, los que pueden producir vapor seco a temperaturas de operación superiores a los 300 – 350 °C, son más bien escasos y reducidos a zonas muy concretas. Sin embargo, son de mayor interés las centrales de



potencia más reducida, pues están bastante más extendidas debido a la disponibilidad de yacimientos con un potencial geotérmico de menor entalpía, pero más adecuado a necesidades puntuales.

Según una amplia gama de autores, estas pequeñas centrales eléctricas geotérmicas, de hasta 5 MW, tienen un grado de viabilidad muy superior a las de potencias más elevadas.

Las ventajas más destacadas de esta tecnología son:

- Pueden construirse en módulos transportables de muy baja potencia (100-300 kW), de muy reducido tamaño.
- Se adaptan al tipo de ciclo binario, con temperatura del recurso geotérmico entre 100 y 150 °C, o centrales de tipo flash a 150 °C.
- Pueden trabajar aisladas, alimentando a un pequeño consumidor desconectado de la red, ya que son muy flexibles, pudiendo trabajar al 25% de su potencia nominal en buenas condiciones.
- Su versatilidad permite un diseño automático muy sencillo, que les confiere un alto grado de funcionamiento autónomo.
- Al ser de baja potencia, su alimentación puede reducirse a un pozo único de alimentación, dos a lo sumo, lo que reduce la operación y los costes.
- La inversión es relativamente reducida.

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

6.8.2.2. Roca caliente –seca y sistemas estimulados.

Las limitaciones o condiciones geológico-económicas del concepto de yacimiento geotérmico, dependen mucho del estado de desarrollo de la tecnología de extracción de los fluidos geotérmicos y de transformación del calor contenido en ellos en una forma de energía útil para el hombre. Un nuevo tipo de yacimiento artificial generado por el hombre es el de roca caliente seca (HDR), en el que no existe fluido portador de calor ni materiales permeables. Ambos factores son introducidos artificialmente por el hombre.

Los sistemas estimulados y de rocas calientes consisten en utilizar la temperatura de rocas secas a gran profundidad, mediante la inyección de agua a presión por encima de los 200°C.

Las experiencias pilotos en este sentido progresan día a día, habiéndose llegado ya a producir electricidad en campos de este tipo. Los resultados obtenidos en la creación de este tipo de yacimientos geotérmicos “artificiales” ha conducido a la denominación de Sistemas Geotérmicos Estimulados (EGS) en los que se engloba a todos los yacimientos creados o desarrollados por el hombre y en los que se utilizan las técnicas desarrolladas en los campos de roca caliente seca para la creación y/o estimulación del yacimiento. Se incluyen, por tanto, en esta denominación, tanto los yacimientos de roca caliente seca como aquellos yacimientos

convencionales que, por su baja productividad, requieren para su aprovechamiento el empleo de las técnicas de estimulación de yacimientos.

6.8.2.3. Baja temperatura

Para la existencia de yacimientos de baja temperatura no son necesarias estas estrictas condiciones geológicas. Estos yacimientos se encuentran en zonas estables de la corteza terrestre, en las que el gradiente geotérmico no es anómalo. La única condición geológica requerida en estos casos es la existencia, a la profundidad adecuada (1,5-2,5 Km.), de materiales geológicos permeables capaces de contener y dejar circular fluidos que extraigan el calor a la roca. Existe, no obstante, una segunda condición muy importante no geológica, sino económica. Debido al bajo nivel térmico del fluido (60-90 °C), este ha de ser utilizado en aplicaciones directas del calor, lo que requiere la existencia en sus proximidades de un centro de consumo adecuado e importante.

6.8.2.3.1. Calefacción de edificios y producción de ACS

Estos sistemas intercambian calor con los sistemas de calefacción central y producción de ACS de los edificios. El sistema de calefacción de Reykjavik, en Islandia, es probablemente el más famoso. Abastece calor a una población de alrededor de 190.000 personas, siendo la capacidad instalada de 830 MWt.

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

En Francia, 37 proyectos diferentes suministran calor directo a 500.000 personas en 170.000 hogares, a partir de una serie de pozos de producción perforados en cuencas sedimentarias, que explotan aguas con temperaturas de 40 a 100 °C, desde profundidades de 1.500 a 2.000 m.

La capacidad total instalada en 17 países, para calefacción y refrigeración de edificios y para producción de agua caliente sanitaria, en el año 2005, era de 3.591 MWt, y el uso global que se hizo del calor geotérmico ascendió a 43.281 TJ (12.857 GWh), lo que representa un 15,4% en el total de usos del calor.

Los sistemas de calefacción de edificios en esos 17 países incluyen grandes instalaciones en Islandia, Polonia, Hungría, Turquía, Japón, China, Rumania y Estados Unidos.

En la Cuenca de París, un sistema de pozos de producción y de reinyección (dobletes), proporciona agua a 70 °C. Las pautas de demanda se satisfacen recurriendo a bombas de calor y a calderas de combustibles fósiles.

6.8.2.3.2. Calefacción de invernaderos

Son numerosos los países que han desarrollado técnicas de invernaderos calefactados aprovechando aguas geotérmicas de media y, sobre todo, baja temperatura, dada la relativa abundancia de los recursos necesarios. El Medio Oeste norteamericano (Boise, Idaho), Grecia (Negrita), Australia, Nueva Zelanda, países del Lejano Oriente y una larga lista que añade nuevos nombres cada año.



Ilustración 5. Dos modalidades de calefacción de invernaderos. (Fuentes: Infos- Géothermie. Suisse énergie y IEA Geothermal. R&T Annual Report 2004).

También se ha empleado con éxito la climatización, a partir del calor geotérmico, de criaderos de diversas variedades de hongos. Sin constituir exactamente invernaderos de corte clásico, el principio de utilización es el mismo y con los mismos elementos. Su aplicación es sencilla, pues el rango de temperaturas que precisan abarca entre 30 y 60 °C.

La calefacción de invernaderos, la acuicultura, la producción agrícola de animales, la calefacción e irrigación de suelos para cultivos, el cultivo de hongos, la producción de biocombustibles a partir de energía geotérmica se llevaba a cabo en el año 2005 en 31 países con una capacidad instalada de 2.020 MWt y un uso anual de 31.637 TJ (8.789 GWh). Aproximadamente las dos terceras partes correspondían a calefacción de invernaderos, y la mayoría de la parte restante a aplicaciones en acuicultura.

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

6.8.2.3.3. Acuicultura y crianza de animales

Una interesante aplicación del calor geotérmico es la de climatizar las aguas de piscifactorías, tanto de carácter fluvial o lacustre como marina, para algunas especies concretas. Especies como carpas, barbos, róbalos, salmonetes, angulas, salmones, esturiones, camarones, langostas, cangrejos, ostras, mejillones o almejas, son algunas de las principales especies que responden perfectamente a una crianza en ambientes de temperatura constante. La temperatura del recurso es determinante para dimensionar la capacidad de las instalaciones piscícolas.



Ilustración 6. Criadero piscícola climatizado con energía geotérmica en Imperial Valley, California, EE. UU. (Fuente: @2000 Geothermal Education Office).

Lo más normal es que las aguas geotérmicas no puedan usarse directamente en los tanques en circuito abierto, sino que se utilice un circuito secundario que constituye el agua de crianza de los tanques. La variación de temperatura requerida por las especies piscícolas varía entre 20 y 30 °C, lo que requiere una temperatura del recurso oscilando entre los 45 - 60 °C. Un interesante ejemplo de esta actividad se encuentra en Mios-Le-Teich, en la región de Gironde (Francia), con producciones de esturión que alcanzan las 70 t/año y su producción proporcional de caviar.

6.8.2.3.4. Secado de alimentos y maderas

Se ha extendido la práctica de utilizar el calor geotérmico para el secado de productos agrícolas, carnes y pescados, así como para el secado selectivo de maderas.

El secado suele hacerse en autoclaves de convección con aire caliente, cuyo intercambio con el circuito de aguas geotérmicas se realiza en un intercambiador de placas, donde el aire circula directamente por entre los conductos del agua caliente, accediendo luego a las cámaras de secado de alimentos. Cada uno de estos alimentos, dependiendo de su contenido en

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

agua, precisa una temperatura de secado, con lo que la variación de la temperatura del recurso deberá adaptarse a cada necesidad, pero se mantiene en un rango de entre 60 °C - 120 °C.

6.8.2.4. Muy baja temperatura

Prácticamente la totalidad de la corteza terrestre del planeta constituye un extenso yacimiento de recursos geotérmicos de muy baja temperatura, menos de 30 °C, que se ve interrumpido por la presencia de masas de agua continentales o marinas.

En cualquier punto de la superficie del planeta se puede captar y aprovechar el calor almacenado en las capas superficiales del subsuelo, a pocos metros de profundidad, o en acuíferos poco profundos, para climatización de casas individuales y edificios por intermedio de bombas de calor geotérmicas.

La superficie del suelo intercambia calor con la atmósfera y sufre las variaciones diarias de temperatura hasta una profundidad de 0,5 m. A pocos metros de profundidad, la temperatura permanece relativamente estable, entre 7 y 13 °C, si se la compara con la temperatura ambiente en superficie. Ello es debido al calor recibido del Sol, que calienta la corteza terrestre especialmente en verano, y a la gran inercia térmica de suelos y rocas. Las variaciones estacionales de temperatura son perceptibles en el terreno

hasta una profundidad de alrededor de 10 m. A partir de 10 m de profundidad y con poca circulación de agua subterránea, el subsuelo es capaz de almacenar el calor que recibe y mantenerlo incluso estacionalmente, de forma que el terreno permanece a una temperatura prácticamente constante durante todo el año.

A una profundidad de 15 m se considera que el terreno está a temperatura constante todo el año, con un valor ligeramente superior a la temperatura media anual de la superficie. Dicho valor depende del clima, de la vegetación, de la cobertura del suelo, de su pendiente, de la cantidad de nieve y de las propiedades generales del suelo.

6.8.2.4.1. Bomba geotérmica

La energía geotérmica de muy baja temperatura basa sus aplicaciones en la capacidad que el subsuelo posee de acumular calor, y de mantener una temperatura sensiblemente constante a determinada profundidad, a lo largo de todo el año. Por otra parte, las necesidades energéticas más comunes en los hogares, se centran en la calefacción y el agua caliente sanitaria, con lo que podría plantearse una primera idea de aprovechamiento de este recurso energético: utilizar la temperatura del subsuelo para climatizar las viviendas y el agua de uso doméstico diario. El calor del subsuelo se conduce, desde o hasta el terreno, por un agente intercambiador de calor que, en la inmensa mayoría de los casos es un fluido con unas

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

características especiales, como su bajo punto de congelación su capacidad de mantener el calor, es decir, una baja inercia térmica; en realidad, suele ser agua con un aditivo, como algún glicol (alcohol especial de bajo punto de congelación). Para esta modalidad de aprovechamiento, las temperaturas del subsuelo no excederán de los 30 °C,

En la tabla adjunta, pueden observarse datos correspondientes al año 2004, que muestran la implantación de este sistema de bombas de calor geotérmicas en diversos países. Como se puede apreciar, el número de máquinas instaladas es considerable, más de 800.000 unidades, solamente en los países referenciados como más importantes en el uso de la energía geotérmica de muy baja temperatura.

País	Población x (106)	Nº GHP's	Producción anual (TJ)	Potencia instalada (MWt)	Producción por habitante anual (MJ)	Potencia media unitaria (kWt)
Alemania	82	51	4.212	780	51	15,29
Austria	8	23	1.332	275	167	11,96
Canadá	32	36	1.08	435	34	12,08
EE. UU.	294	500	13.392	3.72	46	7,44
Suecia	9	200	28.8	2	3.2	10,00
Suiza	7	27	2.268	420	324	15,56
TOTAL	432	837	51.084	7.63	3.822	9,12

Tabla 1. Potencia geotérmica instalada en 2004. Geothermal Energy. Clauser, C. 2006

Es interesante hacer notar que, así como la potencia térmica media instalada por bomba es de poco más de 9 kWt en el conjunto, en Alemania y Suiza se supera la media de potencia por bomba con creces, lo cual indica un alto porcentaje de bombas de calor para instalaciones superiores al ámbito unifamiliar. En cambio, en EE.UU. la media no alcanza en absoluto la del conjunto mundial, lo cual hace pensar en una mayoría de pequeñas bombas de uso en pequeñas viviendas unifamiliares.

Otro dato reseñable es la producción por habitante del conjunto de energía térmica derivada de las bombas de calor, con un máximo espectacular para Suecia, mientras en EE.UU., con doble número de bombas de calor geotérmicas, se encuentran prácticamente al final de la clasificación en producción por habitante. Esto responde a la realidad de que no se precisa la misma energía térmica doméstica en el clima medio de los EE.UU.

6.8.2.4.2. Otras aplicaciones de uso directo

Bajo la denominación de utilización directa, o inmediata, de la energía geotérmica se engloban diferentes formas de obtener calefacción, refrigeración o aire acondicionado, y de producir agua caliente sanitaria, que excluyen el empleo de dicha energía para producir energía eléctrica.

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

Se trata de un conjunto heterogéneo de aplicaciones, que abarca la calefacción del agua de piscinas y recintos para baños, la climatización y producción de ACS en edificios y viviendas, calefacción de invernaderos y secado de cosechas, acuicultura o piscifactorías, la fabricación de productos industriales, la recuperación de metales, e incluso, aunque sólo sea a nivel estadístico, las instalaciones de bombas de calor geotérmicas que explotan energía de muy baja o de baja temperatura.

6.8.2.4.2.1. Natación, baños y balnearios

En estos casos se trata de obtener en los puntos de destino final, un gran volumen de agua para llenar el vaso de la piscina de agua caliente, pero también un circuito de agua caliente para la climatización del espacio que rodea al ambiente de la piscina, por medio de turboconvectores de aire calentado al circular envolviendo las tuberías de agua caliente.

En cambio, en otros lugares del planeta, con climatología más benigna, simplemente se requiere la temperatura justa para calentar el agua de una piscina a unos 28 - 30 °C, cuyo vaso está situado en el exterior, donde el Sol contribuye a mantener la temperatura del agua.

Casos de este tipo se contemplan en Japón y Australia con relativa frecuencia. Es por estas causas por las que el margen de temperaturas

recogido en los cuadros de usos directos del calor es uno de los más amplios, desde los 40 °C hasta los 90 °C.

Son excepcionales las aplicaciones de acuíferos profundos a la Balneoterapia o baños de aguas medicinales tópicas. Por su propia naturaleza de uso, la aplicación ha de desarrollarse en circuito abierto.

6.8.3. La energía geotérmica en el mundo.

Existe una fuerte diferencia entre las aplicaciones de la geotermia en el mundo y estas están en función de la disponibilidad y calidad del recurso geotérmico y de la disponibilidad de fuentes energéticas alternativas en competencia.

6.8.3.1. Aplicaciones térmicas.

La ilustración siguiente muestra la distribución geográfica de los aprovechamientos geotérmicos como uso termal directo. Obviamente resaltan aquellos países o áreas geográficas con disponibilidad de energía geotérmica de alta temperatura debido al vulcanismo existente.

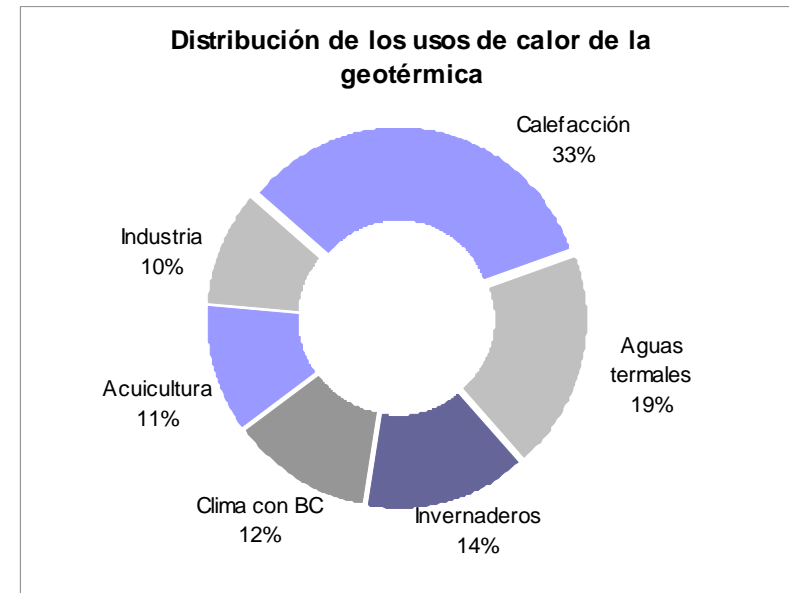
Destaca sin embargo la profusión de aplicaciones de mediana y pequeña escala en el área de la Europa Occidental, donde la geotérmica se impulsa como una fuente renovable más, que permite diversificar el mix energético.

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica



Ilustración 7: Distribución por países de la producción de calor de origen geotérmico en el año 2000. Fuente: Site Geothermie-Perspectives de l'Ademe et du BRGM.

Por usos, la calefacción de espacios sería, entre los usos directos, el más frecuente en todo el mundo (33%); baños, saunas y similares alcanzarían una cuota del 19%; los invernaderos, el 14%; la bomba de calor para calefacción y aire acondicionado, 12%; el calentamiento de agua de piscifactoría, 11%; y la industria, el 10% restante.



La energía geotérmica utilizada en forma de calor, a nivel mundial, para natación, baños y balnearios en el año 2005 ascendió a 83.018 TJ (2.306 GWh/año), de acuerdo con la información aportada al Congreso Mundial Geotérmico celebrado en Turquía, por 60 países que contaban con una capacidad conjunta de producción de calor de 5.401 MWt.

La capacidad total instalada en 17 países, para calefacción y refrigeración de edificios y para producción de agua caliente sanitaria, en el año 2005, era de 3.591 MWt, y el uso global que se hizo del calor geotérmico ascendió

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

a 43.281 TJ (12.857 GWh), lo que representa un 15,4% en el total de usos del calor.

Los sistemas de calefacción de edificios en esos 17 países incluyen grandes instalaciones en Islandia, Polonia, Hungría, Turquía, Japón, China, Rumania y Estados Unidos.

El sistema de calefacción de Reykiavik, en Islandia, es probablemente el más famoso. Abastece calor a una población de alrededor de 190.000 personas. La capacidad instalada es de 830 MWt.

En Francia, 37 proyectos diferentes suministran calor directo a 500.000 personas en 170.000 hogares, a partir de una serie de pozos de producción perforados en cuencas sedimentarias, que explotan aguas con temperaturas de 40 a 100 °C, desde profundidades de 1.500 a 2.000 m.

En la Cuenca de París, un sistema de pozos de producción y de reinyección (dobletes), proporciona agua a 70 °C. Las pautas de demanda se satisfacen recurriendo a bombas de calor y a calderas de combustibles fósiles.

En el año 2005 existían en el mundo 72 países con proyectos de uso directo del calor geotérmico, en algunos casos como aprovechamiento complementario, o secundario, de la generación de electricidad. Representaban, en conjunto, una capacidad instalada de 28.268 MWt, utilizaron 273.372 TJ (75.943 GWh) de energía en forma de calor,

ahorrando el equivalente anual de 170 millones de barriles de petróleo (25,4 millones de toneladas), y de 24 millones de toneladas de emisiones de CO₂ a la atmósfera. De ese uso de energía geotérmica en forma de calor, se estima que un 54,4%, cerca de 150.000 TJ/ año, procedían de bombas de calor geotérmicas.

Tradicionalmente, el empleo del calor geotérmico en aplicaciones distintas de la generación de electricidad, se ha venido realizando a pequeña escala, a nivel individual, pero los avances experimentados en años recientes incluyen proyectos colectivos a gran escala, como la calefacción urbana y producción de ACS en Islandia y Francia, complejos de invernaderos en Hungría y Rusia, y grandes aplicaciones industriales en Nueva Zelanda y Estados Unidos.

Las bombas de calor geotérmicas que utilizan fluidos a muy baja temperatura han ampliado la utilización de la energía geotérmica a países tradicionalmente no geotérmicos como Francia, Suecia y Suiza, así como a áreas del medio oeste y la parte oriental de Estados Unidos.

6.8.3.2. Aplicaciones eléctricas.

Los yacimientos de alta temperatura fueron los primeros en ser aprovechados para generar electricidad (el primer aprovechamiento eléctrico tuvo lugar en Larderello, en 1904). Según la Asociación

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

Internacional de Geotermia, hay plantas que producen electricidad a partir del calor de la tierra en 23 países.

En Islandia la geotérmica ya genera el 18% de la electricidad; en Filipinas, y según datos del Banco Mundial, hasta el 27%. Destaca éste último país especialmente por la potencia instalada en relación a la escala del país, que la sitúa en segundo lugar del ranking mundial por detrás de Estados Unidos.



Ilustración 8. Principales países productores de energía eléctrica geotérmica (potencia instalada en el año 2000). (Fuente: Site Geothermie-Perspectives de l'ADEME et du BRGM).

Por otra parte destaca el crecimiento constante de la potencia eléctrica instalada de origen geotérmico, como puede verse en la tabla adjunta, en la que puede apreciarse de modo general que dicha potencia casi se ha duplicado entre 1990 y 2007.

País	1990 Mwe	1995 Mwe	2000 MWe	2005 MWe	2007 MWe
Alemania	0,00	0,00	0,00	0,20	84
Argentina	0,67	0,67	0,00	0,00	0
Australia	0,00	0,17	0,17	0,20	0,2
Austria	0,00	0,00	0,00	1,00	1.2
China	19,20	28,78	29,17	28,00	27,8
Costa Rica	0,00	55,00	142,50	163,00	162.5
EE. UU.	2.774,6 0	2.816, 70	2.228, 00	2.544,0 0	2 687,0
El Salvador	95,00	105,00	161,00	151,00	204,2
Etiopía	0,00	0,00	8,52	7,00	7.3
Filipinas	891,00	1.227, 00	1.909, 00	1.931,0 0	1 969.7
Francia (Guadalupe)	4,20	4,20	4,20	15,00	14.7
Guatemala	0,00	0,00	33,40	33,00	53.0
Indonesia	144,75	309,75	589,50	797,00	992.0

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

País	1990 Mwe	1995 Mwe	2000 MWe	2005 MWe	2007 MWe
Islandia	44,60	50,00	170,00	322,00	421,2
Italia	545,00	631,70	785,00	790,00	810,5
Japón	214,60	413,71	546,90	535,00	535,2
Kenia	45,00	45,00	45,00	127,00	128,8
México	700,00	753,00	755,00	953,00	953,0
Nicaragua	35,00	70,00	70,00	77,00	87,4
Nueva Zelanda	283,20	286,00	437,00	435,00	471,6
Papua Nueva Guinea	0,00	0,00	0,00	39,00	56,0
Portugal (Islas Azores)	3,00	5,00	16,00	16,00	28,0
Rusia (Kamchatka)	11,00	11,00	23,00	79,00	79,0
Tailandia	0,30	0,30	0,30	0,30	0,3
Turquía	20,60	20,40	20,40	20,40	38,0
TOTAL	5.831,72	6.833,38	7.974,06	9.064,10	9.737,0

Tabla 2. Potencia eléctrica instalada. Fuente: IGA. International Geothermal Association. 2007 y EurObserver 07.

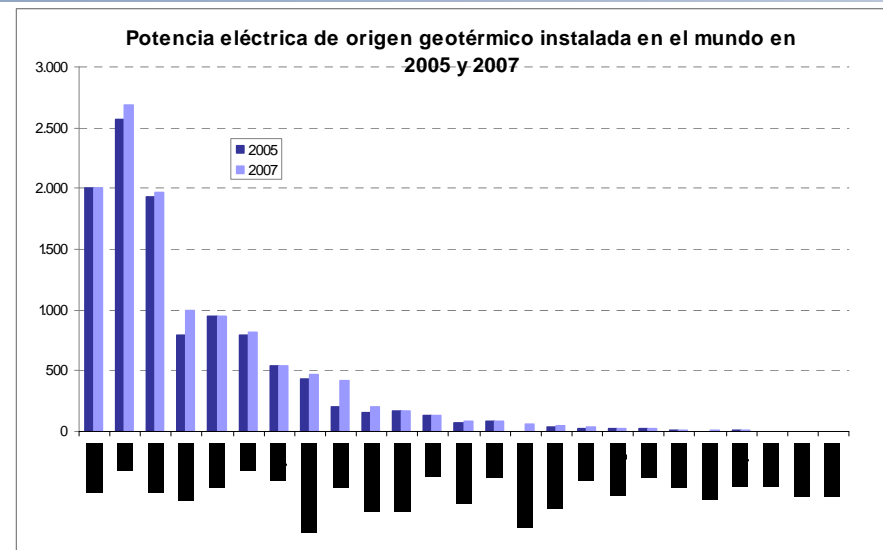
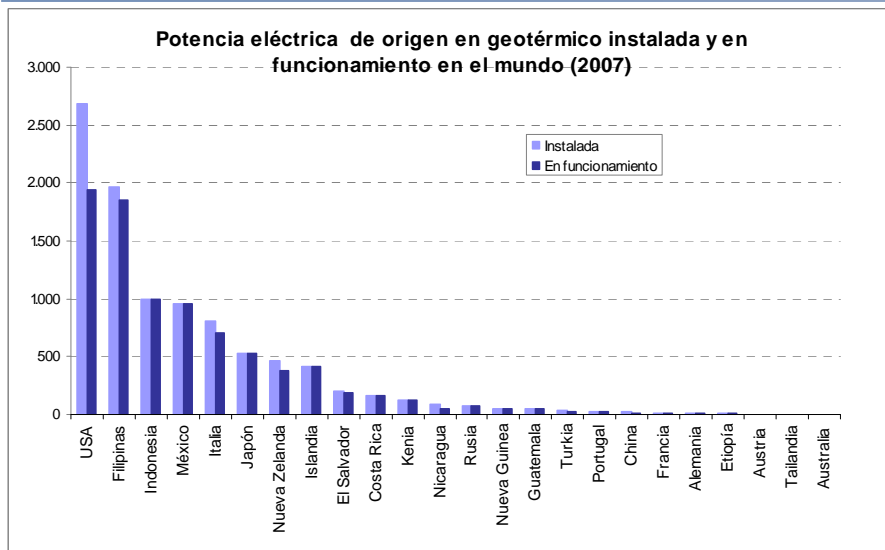
La tabla muestra crecimientos espectaculares, como Indonesia o Islandia. Sin embargo, Estados Unidos mantiene unos valores bastante constantes, cuando no en franca recesión. China es particularmente llamativa por el escaso desarrollo que presenta a pesar del potencial disponible. El resto de

países mantiene un crecimiento discreto, en general, salvo excepciones que habrá que considerar como tales.

Casos de grandes potencias, como Alemania o el Reino Unido (que no llega a aparecer en la tabla), tienen una potencia instalada muy por debajo de sus posibilidades.

La realidad es que este tipo de energía ni siquiera alcanza el 1% de la energía eléctrica producida en el mundo. Quizás en este campo, a un nivel lo más global posible, haya que apostar por centrales de pequeña potencia, con consumidores locales, y no tender a incorporar estas centrales en grandes redes estatales, donde su operatividad se verá oscurecida por sistemas demasiado estrictos de uso y tarifa.

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica



6.8.4. La energía geotérmica en Europa

6.8.4.1. Generación eléctrica.

Los objetivos planteados en el Libro Blanco (1997) consisten en pasar de 500 a 1000 MW instalados para la producción de energía eléctrica a partir de energía geotérmica y de incrementar de 750 a 2500 MW el calor aprovechado de origen geotérmico para diversas aplicaciones.

El mapa adjunto muestra el gradiente de temperaturas geotérmicas para el conjunto de Europa. El trabajo elaborado por Shell, muestra las regiones

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

donde existe un mayor potencial para el desarrollo de la energía geotérmica en sus distintas aplicaciones.

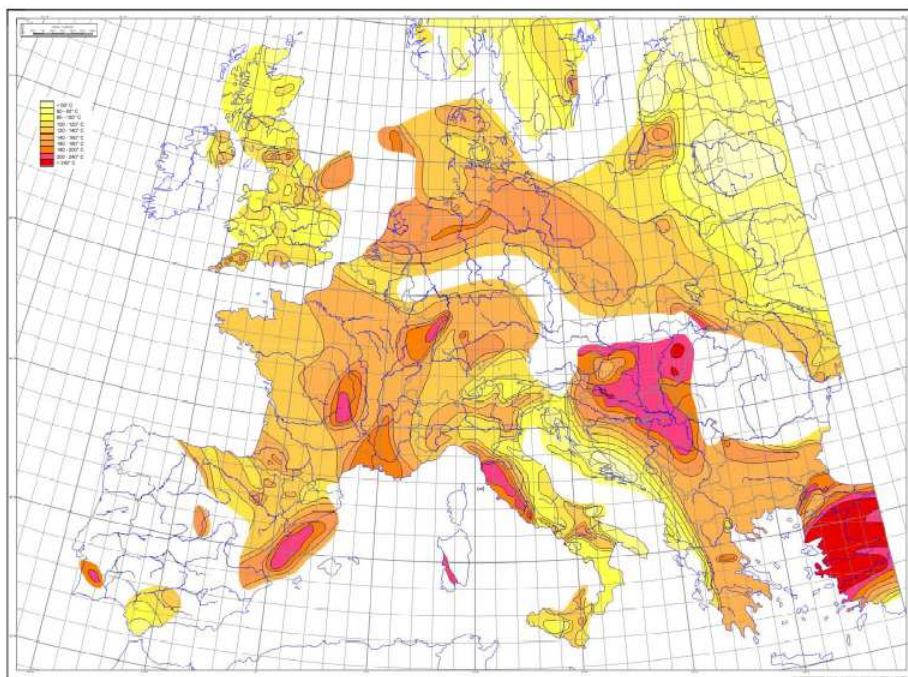
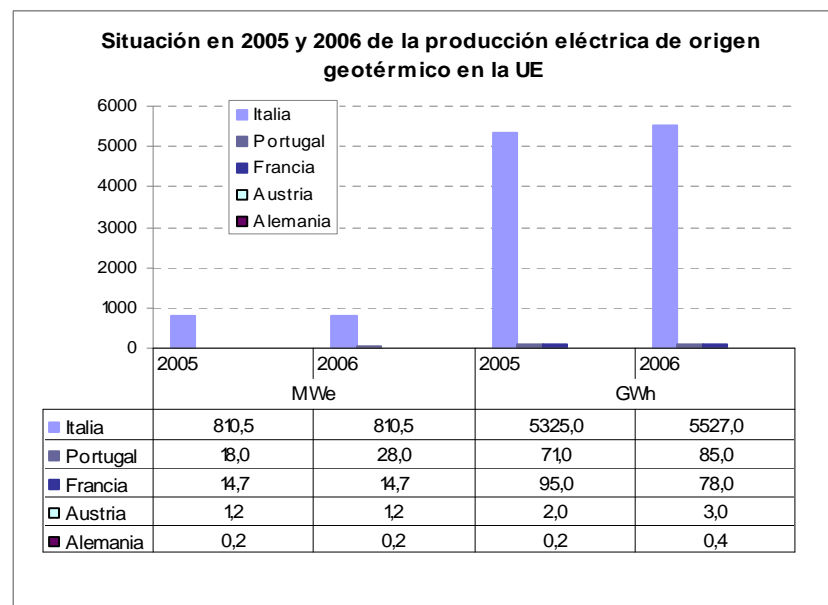


Ilustración 9: Mapa de gradiente de temperaturas geológicas. Fuente: Brgm. Engine Project. Noviembre 2006

En el entorno europeo no ha habido cambios significativos en cuanto a potencia instalada y energía eléctrica generada a partir de energía geotérmica. Italia mantiene el liderazgo sin cambio alguno seguido por el resto de países. Destacar el esfuerzo realizado por Portugal en el aprovechamiento de este tipo de energía, tal y como queda reflejado en el gráfico adjunto.



Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

6.8.4.2. Generación térmica.

El campo de los aprovechamientos térmicos muestra un mayor dinamismo en el ámbito europeo, contando con una potencia respetable en la Europa de los 27 como reflejan las tablas y mapa adjuntos. Lidera el listado Hungría seguida por Italia y Francia. Es destacable el hecho de que las tres primeras potencias en geotérmica lo hagan en aplicaciones muy distintas. Así Italia destaca por la potencia eléctrica. Hungría por los aprovechamientos térmicos y Francia por el uso extensivo de la bomba de calor geotérmica, esta última de sencilla aplicación y que no necesita la presencia de yacimientos térmicos.

Llama la atención la ausencia de España, con un uso poco menos que testimonial, lo que refleja claramente que las políticas llevadas a cabo para impulsar esta fuente energética han sido claramente insuficientes.

País	MWth	Ktep
Hungría	725,0	189,6
Italia	500,0	176,7
Francia	307,0	130,0
Eslovaquia	186,3	72,2
Alemania	177,0	28,8
Polonia	92,9	8,9
Grecia	69,8	12,5
Austria	52,0	18,6

Eslovenia	44,7	14,7
Portugal	30,4	9,2
España	22,3	8,3
Lituania	17,0	8,7
República Checa	4,5	2,1
Bélgica	3,9	2,6
Reino Unido	3,0	1,9
Irlanda	0,4	0,5
TOTAL UE 25	2236,3	685,3
Rumanía	145,1	67,9
Bulgaria	109,3	39,8
TOTAL UE 27	2.490,7	793,0

Tabla 3 Uso directo del calor geotérmico en la UE. 2006. Fuente: Eurobserv'ER 2007 (European Geothermal Congress 2007)

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

Los siguientes gráficos permiten apreciar la evolución en los diferentes países de la Unión entre los años 2005 y 2006.

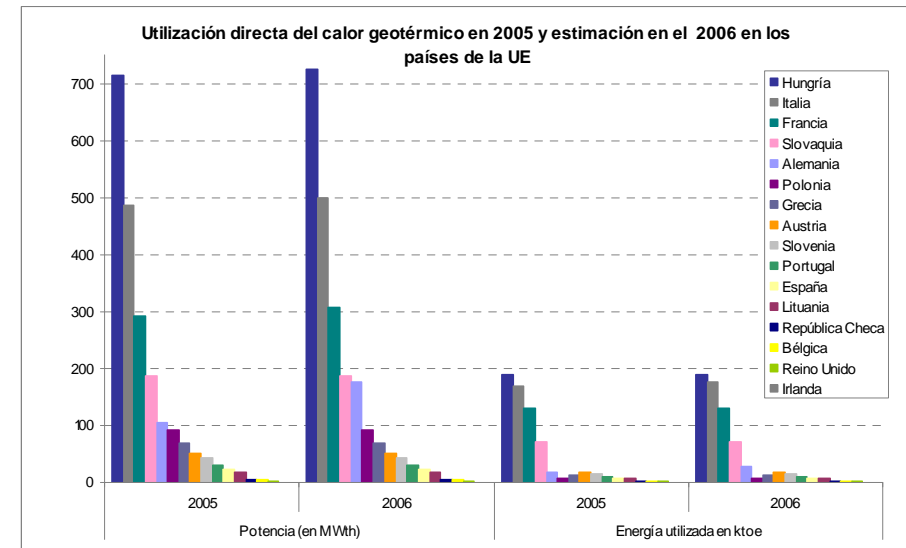
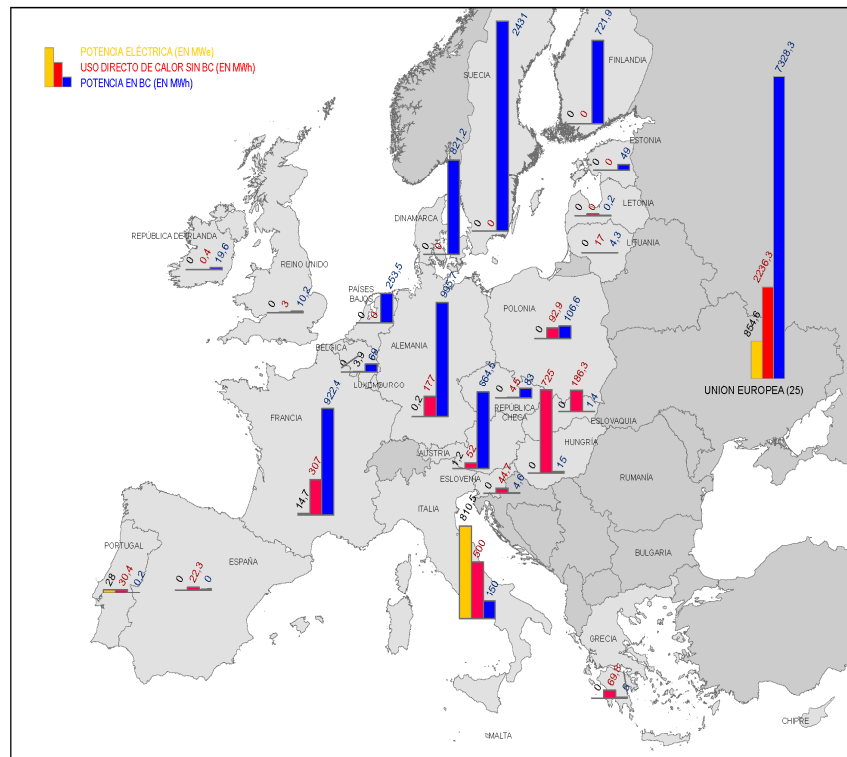
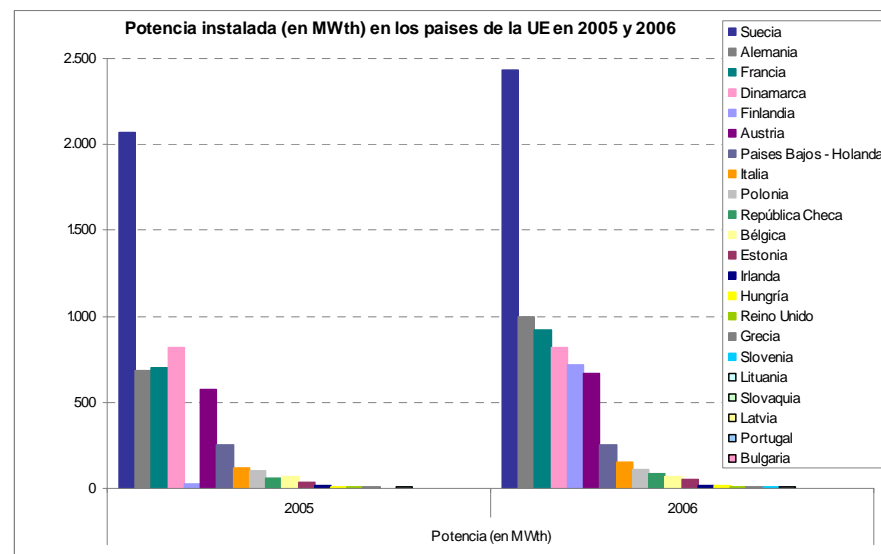
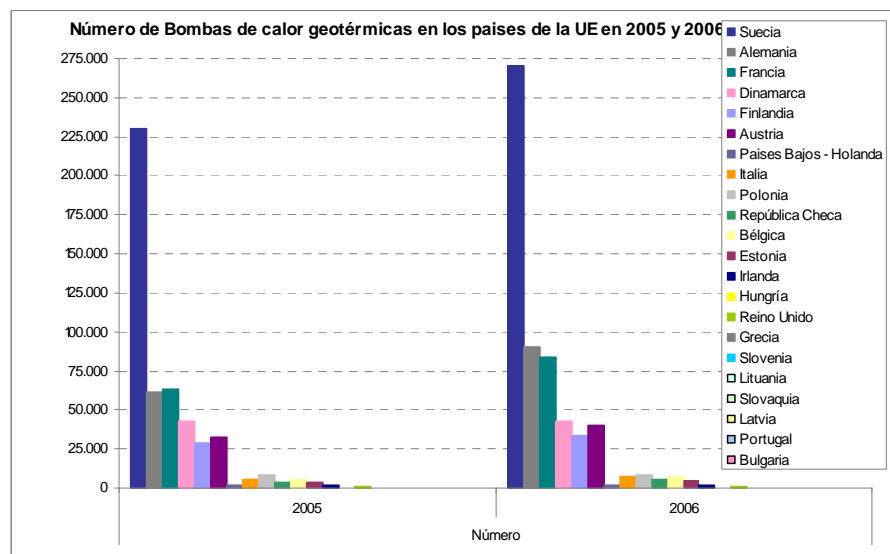


Ilustración 10: Potencia geotérmica instalada en el año 2006. Fuente Euroserv'ER 2007 (European Geothermal Congress 2007)

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica



Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

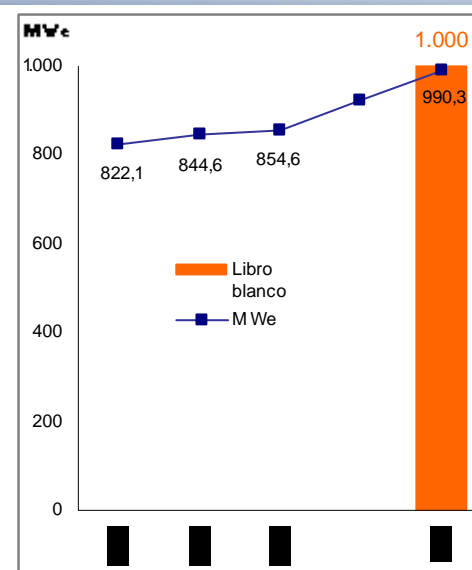
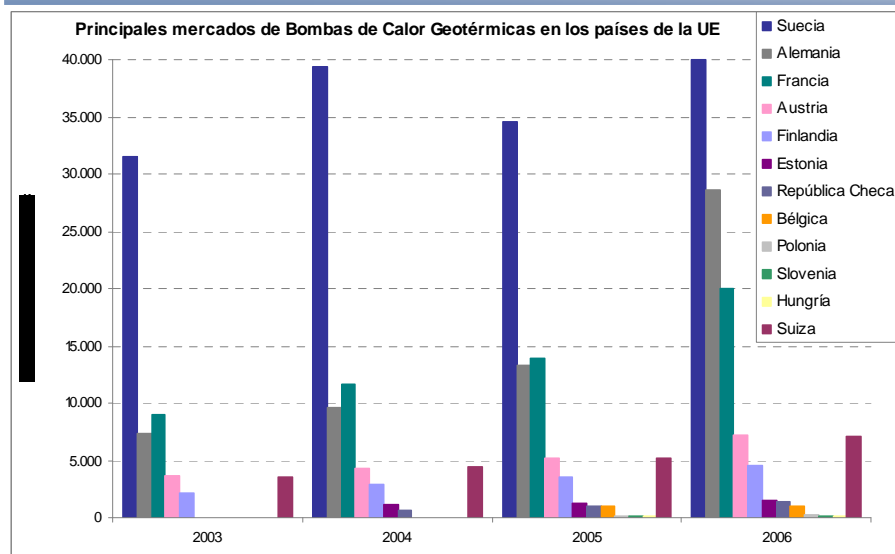


Ilustración 11: Comparación de la tendencia actual con los objetivos del libro blanco para la producción de electricidad (en Mwe). Fuente:

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

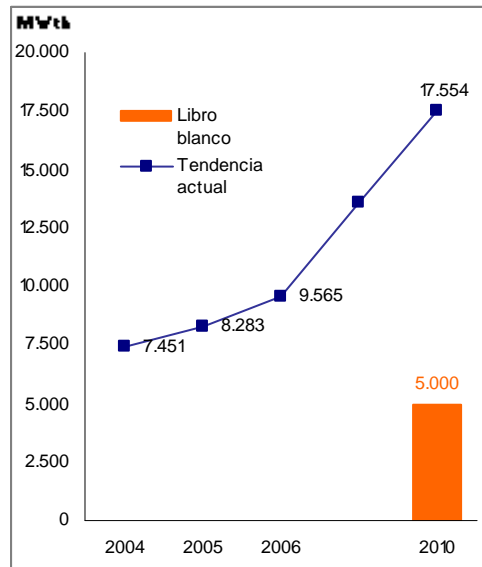


Ilustración 12: Comparación de la tendencia actual con los objetivos del libro blanco para la producción de calor en (MWth)

6.8.5. La energía geotérmica en España.

La situación del uso de la energía geotérmica en España se puede resumir en muy pocas palabras: El número de bombas de calor geotérmicas instaladas en el país en el año 2006, según fuentes del sector, era de

alrededor de 300. La mayoría se encontraban en Cataluña, principalmente en viviendas residenciales de nueva construcción.

La potencia instalada para utilización de calor geotérmico en el año 2005, era de 22,28 MWt, ascendiendo la energía empleada a 347,24 TJ. Por su parte, la potencia instalada para producción de energía eléctrica de origen geotérmico es nula.

La participación en el mix de energía primaria en el Balance español es insignificante. En el año 2004 era del 0,01%, y actualmente es menor aún debido al crecimiento de la energía eólica, en el área eléctrica y de la energía solar térmica, propiciada por el nuevo CTE, y la elevada rentabilidad de estas aplicaciones, mientras que la energía geotérmica ha permanecido estancada.

6.8.5.1. Energía de muy baja temperatura

Resulta llamativa la escasa implantación que tienen las bombas de calor geotérmicas en España, alrededor de 300, aún más si se compara, no ya con los países del norte de Europa, con inviernos muy fríos, sino con nuestro vecino Francia, de clima más benigno, que con 28.500 unidades, en 2005 ocupaba el cuarto lugar dentro de la Unión Europea, por detrás de Suecia, Alemania y Austria.

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

El clima español favorece la implantación de la energía geotérmica. La Península Ibérica recibe una radiación media de unos 15 MJ/m²·d, unido a una escasa pluviometría, propician que el suelo almacene más calor solar que en otros países europeos. En España, a partir de 5 m de profundidad, la temperatura es de alrededor de 15 °C con pequeñas variaciones. Entre 15 y 20 m de profundidad, la estabilidad térmica suele ser de 17 °C todo el año. La inercia térmica condiciona también el desfase temporal, alcanzando el subsuelo los valores más frescos en primavera, tras el invierno, y los valores más cálidos en otoño, tras el verano.

Se podría afirmar que el suelo español reúne mejores condiciones para almacenar e intercambiar calor, que el de la mayoría de los países donde las instalaciones de bombas de calor geotérmicas están más implantadas.

La adaptación y transposición, por parte de los organismos competentes de las comunidades autónomas, de reglamentación y normativa que ya existe en otros países europeos sobre realización de sondeos para aprovechamiento geotérmico, facilitará la labor de instaladores y perforistas y acortará los plazos de ejecución de las instalaciones.

6.8.5.2. Energía geotérmica de baja, media y alta temperatura.

En España no se explotan recursos geotérmicos de alta ni de media temperatura, con los que se podría llegar a producir energía eléctrica. En la

tabla adjunta se puede apreciar que el recurso geotérmico de mayor temperatura, 78 °C, se aprovecha en Montbrió del Camp, en Tarragona, para calefacción de invernaderos. Esta utilización es la de mayor implantación en España, pues junto con otros invernaderos situados en Cartagena y Mazarrón (Murcia), y en Zújar (Granada), reúnen una capacidad de 14,93 MWt, que dan calefacción a 10 ha de invernaderos.

Aprovechamientos geotérmicos en España ¹						
Localidad	Tipo	T. entrada	T. salida	Capacidad [MWt]	Energía [TJ/]	Factor de capacidad
Archena	E+B	48.00	25.00	0.96	18.20	0.60
Arnedillo	E+B	50.00	30.00	0.92	21.10	0.73
Cartagena	I	38.00	18.00	12.55	158.26	0.40
Fitero	E+B	52.00	30.00	0.73	14.50	0.63
Lérida	E	58.00	25.00	1.24	26.11	0.66
Lugo	E+B	44.00	25.00	0.32	5.01	0.50
Montbrió	E+B	42.00	18.00	1.50	31.65	0.67
Montbrió	I	78.00	25.00	1.33	20.97	0.50

¹ E = Calefacción de espacios particulares (no incluye bombas de calor). B = Baño y natación (incluye balneología). I = Calefacción de invernaderos y suelos. Factor de capacidad = Utilización anual (TJ/año) / Capacidad (MWt) x 0,03171.

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

Orense	E	75.00	30.00	0.94	23.74	0.80
Sierra ...	E+B	52.00	30.00	0.74	14.51	0.62
Zujar	I	45.00	20.00	1.05	13.19	0.40
TOTAL				21.23	334.05	

Tabla 4: Aprovechamientos geotérmicos en España. Fuente: Sánchez-Guzmán, J. y García de la Noceda, C. Geothermal Energy Development in Spain-Country. Update Report. Proceedins World Geothermal Congress 2005).

El resto de usos comprende balnearios en Lugo, Arnedillo (La Rioja), Fitero (Navarra), Montbrió del Camp, Archena y Fortuna (Murcia) y Sierra Alamilla (Granada); y calefacción de hogares y colegios en Orense y en Lérida.

Los motivos de tan escasa utilización de los recursos geotérmicos de más de 30 °C en España hay que atribuirlos a causas geológicas y económicas, pues investigación de recursos se ha venido realizando en el país desde 1974, por parte del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), y de otras empresas del sector energético que han investigado la posibilidad de explotar recursos de alta temperatura, aunque fuese en yacimientos de roca seca caliente, para producción de energía eléctrica.

La Geología no ha dotado al país de condiciones favorables para ocupar un lugar destacado entre los países geotérmicos de la Unión Europea.

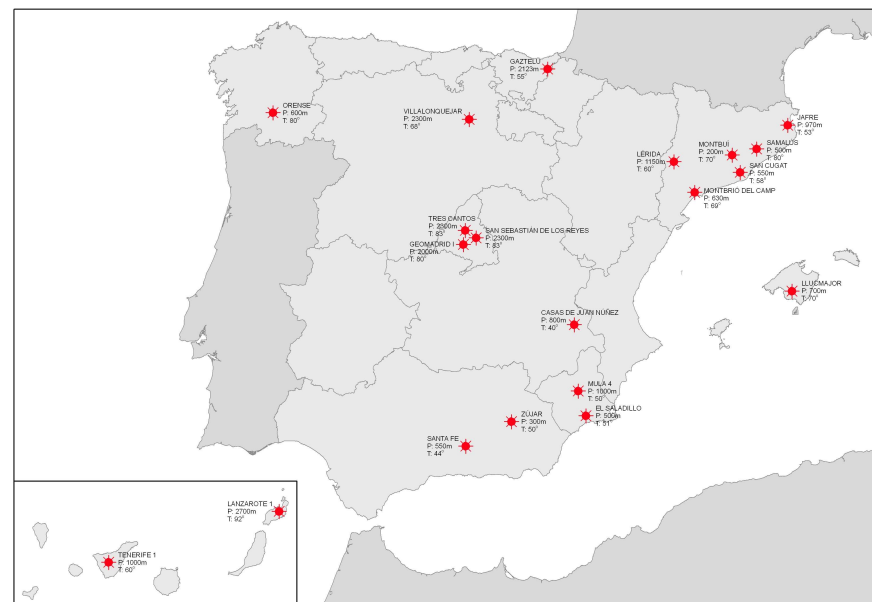


Ilustración 13. Potencial geotérmico de España. Fuente: IGME.

Vulcanismo reciente, de edad Neógeno, se ha dado en Gerona, Ciudad Real, Murcia y Almería, y la única región con vulcanismo actual son las Canarias.

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

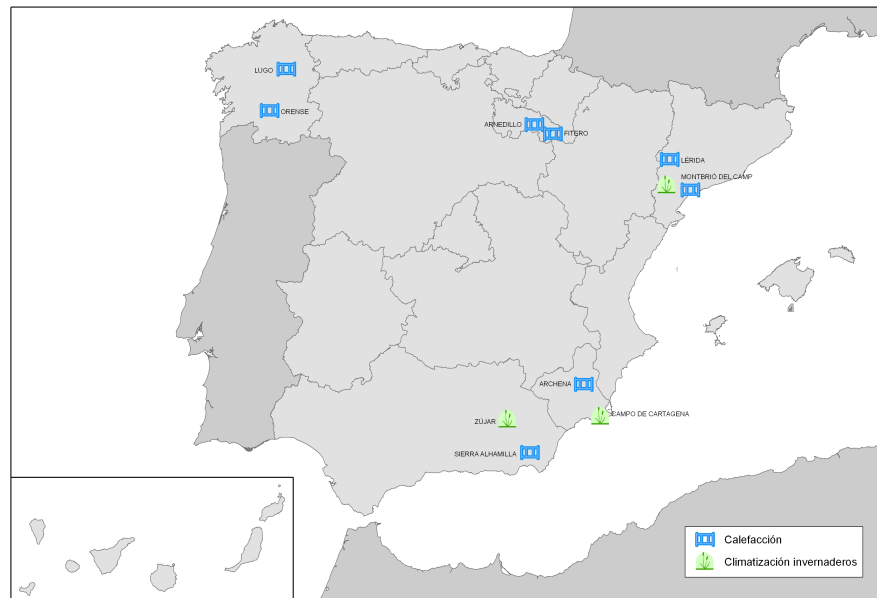


Ilustración 14. Potencial geotérmico de España. Fuente: IGME.

Las manifestaciones geotérmicas existentes se encuentran asociadas a fallas y fracturas en las cadenas montañosas y en las cuencas de sus flancos, particularmente en las cuencas neógenas de la Cordillera Costero Catalana, en la parte nororiental de la Península, y en las cuencas intramontañosas de las Cordilleras Béticas.

Las áreas peninsulares e insulares de mayor potencial geotérmico han quedado plasmadas en un mapa, con indicación de intervalos de temperatura, y profundidades estimadas del recurso geotérmico se reproduce en la

En la Ilustración 14 aparecen agrupadas por tipo de yacimiento, las áreas del territorio español que ofrecen mayor potencialidad de recursos geotérmicos, que han sido mostradas anteriormente de forma gráfica

6.8.6. La energía geotérmica en la Región de Murcia

La energía geotérmica en la Región de Murcia se explota desde hace tiempo en dos vertientes. La más clásica está ligada además a aplicaciones terapéuticas como es el uso de las aguas termales en los municipios de Archena, Mula, Fortuna, entre otros.

La otra aplicación de carácter más reciente, es el uso de las aguas termales de baja temperatura en invernaderos. Esta aplicación se extiende especialmente en las áreas de Mazarrón y Totana en concreto en los cultivos hortofrutícolas de tomate, incrementando la productividad de los mismos.

Sin embargo la aplicación de bomba de calor condensada geotérmicamente tiene a día de hoy poca aplicación.

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

Esta aplicación es complicada en edificación vertical pero no en intensiva en urbanizaciones de baja densidad y grandes extensiones donde reduciría considerablemente el consumo energético relacionado con las instalaciones de climatización.

El aprovechamiento energético de la energía geotérmica en la Región de Murcia no está explícitamente contabilizado, las estimaciones realizadas por la DGIEM apuntan hacia los 4,6 ktep de energía primaria “ahorrada” con las aplicaciones anteriormente descritas.

6.8.6.1. Barreras.

Una de las barreras es la falta de difusión de las tecnologías. La gran demanda de bombas de calor geotérmicas habida en los países del centro y norte de Europa en los últimos años ha originado que los principales fabricantes de Suecia, Estados Unidos, Francia e Italia, no hayan tenido capacidad de exportación a nuestro país hasta hace pocos años. Las primeras bombas de calor geotérmicas empezaron a instalarse en España en 2000-2001.

A ello se une el poco interés por parte de los promotores inmobiliarios, y por parte de los compradores de vivienda nueva, que cubren las necesidades de climatización con equipos convencionales cuyo coste de inversión e

instalación es bajo y existe una gran oferta en el mercado, no requiriendo perforaciones ni la participación de empresas especializadas.

Más destacado es la falta de apoyo institucional que ha apoyado preferencialmente la energía solar frente a la energía geotérmica.

Sólo recientemente se ha producido una inflexión en este aspecto y, actualmente, son muchas las comunidades autónomas que subvencionan parte de los costes de inversión en instalaciones de bombas de calor geotérmicas.

Ausencia de reglamentación específica: relativa a la perforación de sondeos para instalar sondas geotérmicas. Instaladores, usuarios potenciales y, particularmente, empresas de sondeos, han visto retrasarse sus proyectos porque la persona responsable de conceder la autorización no disponía de reglamentación pertinente, o porque no la ha considerado de su competencia.

Si a esto se une el poco volumen de mercado que representan las sondas geotérmicas, se comprende la falta de interés de las empresas de sondeos españolas por especializarse y dedicarse a este ámbito. Éstas, y puede que algunas más, se vislumbran como las principales causas del escaso aprovechamiento de la energía geotérmica de muy baja temperatura en España.

Capítulo 6. Las Energías Renovables. Energía Geotérmica

6.8.6.2. Objetivos.

Geotérmica	Año 2007		Año 2016	
	Pot (MW)	ktep	Pot (MW)	ktep
TOTAL	-	4,6	-	6

6.8.7. Referencias

- [1] ADEME-BRGM
- [2] Centre for geothermal research, Switzerland:
- [3] ENERCRET GmbH
- [4] European Geothermal Energy Council
- [5] European Heat Pump Association
- [6] First Geothermal Education Office.
- [7] Geothermal Energy Association
- [8] Geothermal Heat Pump Consortium
- [9] Geothermal Resources Council
- [10] Instituto Geológico y Minero de España - IGME