

**Recepción:** 16 de marzo de 2015

**Aceptación:** 31 de agosto de 2015

**Publicación:** 10 de septiembre de 2015

# LA ENERGÍA GEOTÉRMICA DE BAJA ENTALPÍA

---

## GEOHERMAL ENERGY OF LOW ENTHALPY

Francisco Javier Cárcel Carrasco <sup>1</sup>

David Martínez Márquez <sup>2</sup>

1. Doctor Ingeniero Industrial. Departamento de Construcciones arquitectónicas. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. Email: [fracarc1@csa.upv.es](mailto:fracarc1@csa.upv.es)
2. Arquitecto Técnico. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. E-mail: [damarma4@arqt.upv.es](mailto:damarma4@arqt.upv.es)

## RESUMEN

Se habla mucho sobre la necesidad de mejorar la eficiencia energética y el uso de energías renovables. La energía geotérmica de baja entalpía puede ser una buena alternativa de uso, aunque no tiene demasiado arraigo en España. Su utilización puede ser aplicada en múltiples aplicaciones industriales y domésticas consiguiendo rendimientos térmicos importantes, con una instalación sencilla. En este artículo se muestra de una manera general cual es la función de la energía geotérmica de baja entalpía y los beneficios asociados que pueden reportar.

## ABSTRACT

It is much talk about the need to improve energy efficiency and the use of renewable energy. Low enthalpy geothermal energy can be a good alternative for use, although it has too much rooting in Spain. Its use can be applied in multiple applications industrial and domestic to getting important thermal yields, with a simple installation. This article shows in a general manner which is the function of the geothermal energy of low enthalpy and the associated benefits that may report.

## PALABRAS CLAVE

Eficiencia energética; Energías alternativas; energía geotérmica; baja entalpía.

## KEY WORDS

Energy efficiency; alternative energy; geothermal energy; low enthalpy.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente las edificaciones cuentan con todo tipo de instalaciones, como pueden ser calefacción, electricidad, climatización, ACS, etc., que hacen nuestra vida más confortable, y para lo que hace falta utilizar grandes recursos energéticos. Uno de estos recursos podría ser la energía geotérmica.

Para poder disponer de este tipo de comodidades es necesario una gran cantidad de energía, de las cuales la gran mayoría utilizan energías no renovables como pueden ser combustibles fósiles, energía nuclear, etc., produciendo contaminación ambiental con emisiones de CO<sub>2</sub> que afectan al medio ambiente provocando, entre otros casos, el temido efecto invernadero (Aven, 2003; Barrero, 2003).

Como puede observarse en el siguiente gráfico de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, prácticamente el 95% de la energía consumida en España proviene de fuentes de energía no renovables, y solamente el 4% de la energía que se consume en España tiene un origen limpio para el medio ambiente.

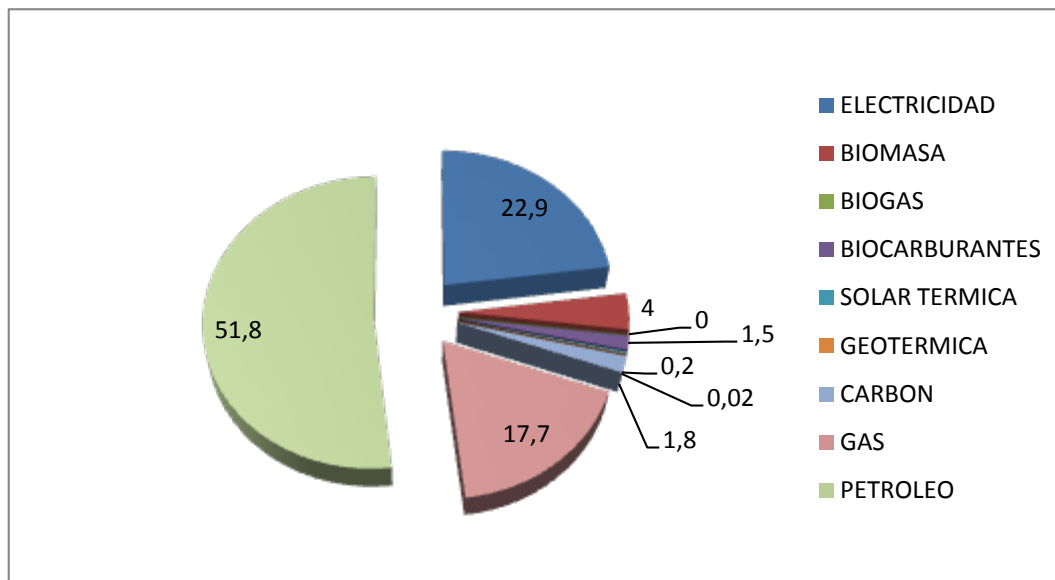
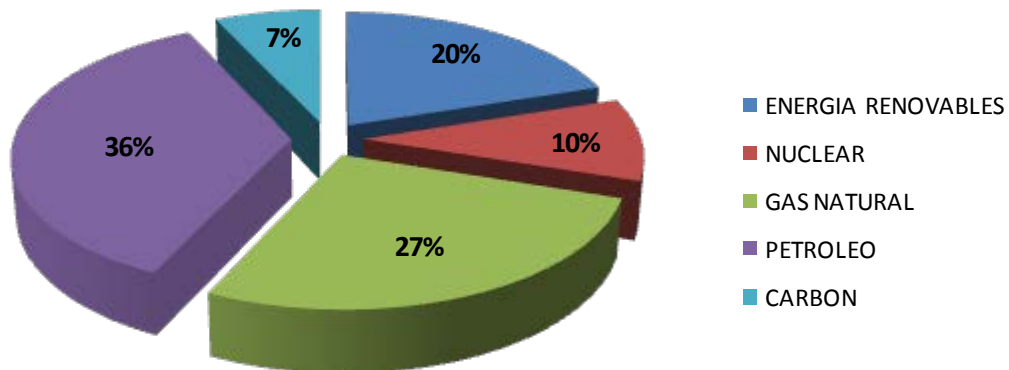


Figura 1 Consumo de energía en España por tipos. Fuente Idae.

Del total de la energía consumida, aproximadamente el 18% ha sido aprovechada para el sector de la vivienda, un 30% en la industria, el transporte es el que presenta un mayor consumo con un 40 % y el resto del consumo pertenece al sector servicios y otros sectores.

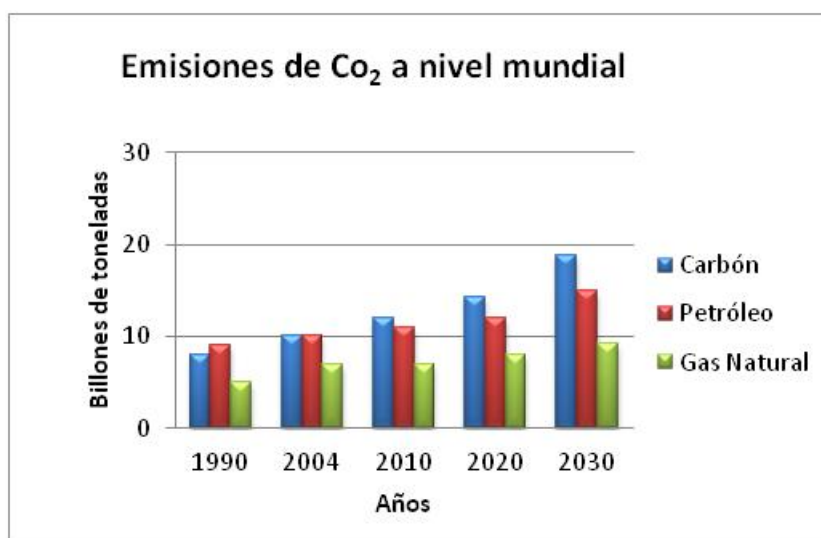
Como podemos observar en el siguiente gráfico **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y según el Plan de Energías Renovables 2011-2020 aprobado por el gobierno español, el 11 de Noviembre de 2011, el objetivo perseguido es el aumento del consumo de hasta un 20% en las energías renovables en el año 2020. Se espera una reducción del consumo de energía procedente de energías fósiles, gracias a la reducción de la importación de esta fuente de energía.



**Figura 2** Previsión de consumo de de energía en España por tipos. *Fuente Idae*

Si analizamos los datos de los gráficos de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, observamos que se espera un porcentaje alto en la reducción de energías contaminantes.

A pesar de todos los intentos de reducir la contaminación ambiental, sigue siendo muy elevada la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub>, como se puede observar en la Figura.3, obtenida del informe IEO 2007, (International Energy Outlook 2007, dato extraído de la web [www.energiasrenovables.ciemat.es](http://www.energiasrenovables.ciemat.es)) elaborado por las administraciones de información energética de los Estados Unidos. Se prevé un aumento en el consumo energético del 57% hasta el 2030, a pesar del aumento de los precios tanto del petróleo como del gas. Esto significa un aumento en los porcentajes de emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente.



**Figura 3** Emisión de CO<sub>2</sub> a nivel mundial. *Fuente IEO, 2007*

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es uno de los gases invernadero que permanecen durante más tiempo en la atmósfera.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> causadas por el hombre provienen principalmente de la combustión de combustibles fósiles para la producción de energía, siendo el centro del debate del cambio climático.

De acuerdo con el IEO 2007, las emisiones de CO<sub>2</sub> está previsto que, para el periodo estudiado, aumenten de 26,9 billones de toneladas en 2004 a 33,9 en 2015 y 42,9 en 2030, a pesar de las subidas de precios de las diferentes energías.

A causa de todos estos problemas energéticos, la sociedad busca la forma de combatir el impacto medio ambiental que se está produciendo. Para ello se sigue con la investigación de nuevas fuentes de energías renovables no contaminantes y la implantación de las ya existentes, como son: la energía solar fotovoltaica, energía solar térmica, energía solar termoeléctrica, energía eólica, energía hidráulica, biomasa, etc. solamente nos centraremos en el siguiente punto en las mencionadas anteriormente de una forma breve y explicativa para darlas a conocer.

## LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

Según la Guía Geotérmica y del Mar (de la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid) 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, aquella tierra de la Toscana sigue produciendo, indefinidamente energía renovable, calor y electricidad (hasta 547 MW).

Es sin embargo, la utilización del calor, lo que más rápidamente fue ensanchando horizontes. En 1930 Islandia fue el primer país en organizar un servicio de calefacción geotérmica doméstico a gran escala, concretamente en la ciudad de Reykjavic. En la década anterior ya se había empezado a utilizar la geotermia para calentar invernaderos.

La primera aplicación industrial del calor de la tierra tuvo lugar, sin embargo, muy lejos de la isla de los volcanes. Fue en una fábrica de pulpa y papel de Kawerau, en Nueva Zelanda, allá por los cincuenta.

En Islandia, apenas unos años después, comienzan a emplear el calor generado por la tierra en la industria textil en el lavado de lanas. Más allá, no obstante, de esos hitos concretos de la historia, es, tras la crisis del petróleo, cuando el interés por esta fuente limpia de energía 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 seis puntos porcentuales al año, tasas ambas altísimas si las comparamos con las registradas por otras fuentes de energía no renovables y más contaminantes.

A lo largo de los últimos años, sin embargo, ese crecimiento se ha ralentizado ligeramente. No obstante, la utilización 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, sobre todo para climatización dentro del sector de la construcción.

Los yacimientos de alta temperatura fueron los primeros en ser aprovechados para generar electricidad, el primer aprovechamiento eléctrico tuvo lugar en Larderello, como ya se ha mencionado anteriormente.

Según la Asociación 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%.

No obstante, es la calefacción el uso más frecuente de esta fuente limpia de energía. Según, John W. Lund, director del Geo-Heat Center de Oregón, la calefacción de espacios sería, de entre los usos directos, el más frecuente en todo el mundo con un 33%, baños, saunas y similares alcanzarían una cuota del 19%; los invernaderos el 14%; la bomba de calor para calefacción y aire acondicionado un 12%; el calentamiento de agua de piscifactoría el 11%; y la industria el 10% restante.

Pero, ¿Qué es exactamente la energía geotérmica?, El Consejo Europeo de la Energía Geotérmica (EGEC) la define como: *“la energía almacenada en forma de calor por debajo de*

la superficie de la tierra”. Esta definición engloba el calor almacenado en rocas, suelos y aguas subterráneas, cualquiera que sea su temperatura, profundidad o procedencia. A esta definición se le podría añadir la energía que se encuentra almacenada en las aguas superficiales, ya sean continentales o marinas.

El Instituto Geológico y Minero de España la define como: “fuente de energía renovable abundante, de explotación viable, técnica y económicamente, que evita emisiones de gases de efecto invernadero y cuya existencia en nuestro subsuelo está probada”.

Por tanto, existe en mayor o menor medida, una energía limpia que se encuentra almacenada bajo nuestros pies. El origen de esta fuente de energía, procede directamente de dos fuentes exclusivamente:

**A) La energía procedente del sol que aporta  $1,74 \times 10^{17} \text{ J/m}^2\text{s}$ .**

En las primeras decenas de metros el sol es una auténtica fuente de energía, que no solo calienta la superficie de la corteza terrestre, sino que calienta toda la atmósfera y por consiguiente las nubes y en definitiva, el agua de lluvia que se convierte de esta manera en un aporte extra de energía al subsuelo y dependiendo de las condiciones, regulando su temperatura. Como se muestra a continuación en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** (Datos extraídos de Girod Geotermia).

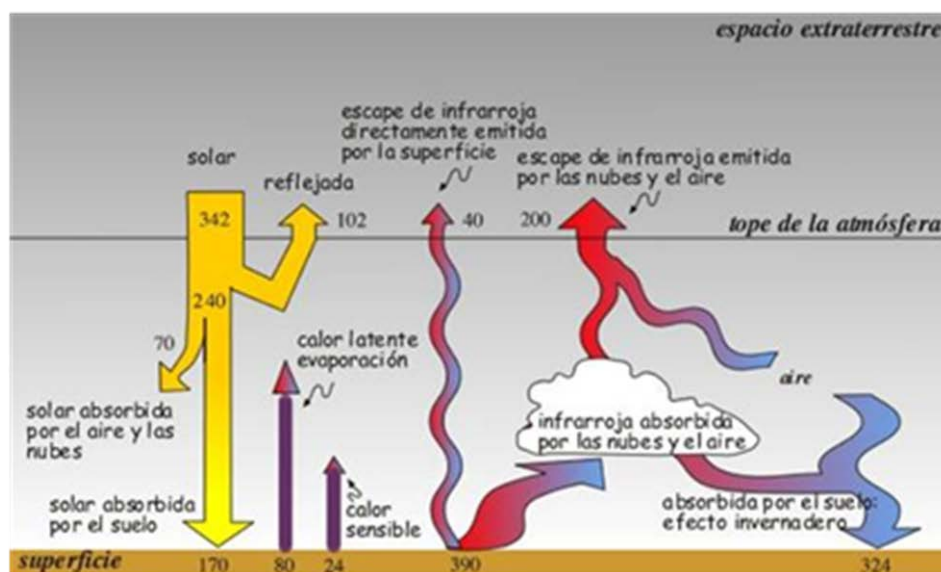


Figura 4 Procedencia radiación terrestre. Fuente Girodgeotermia.com

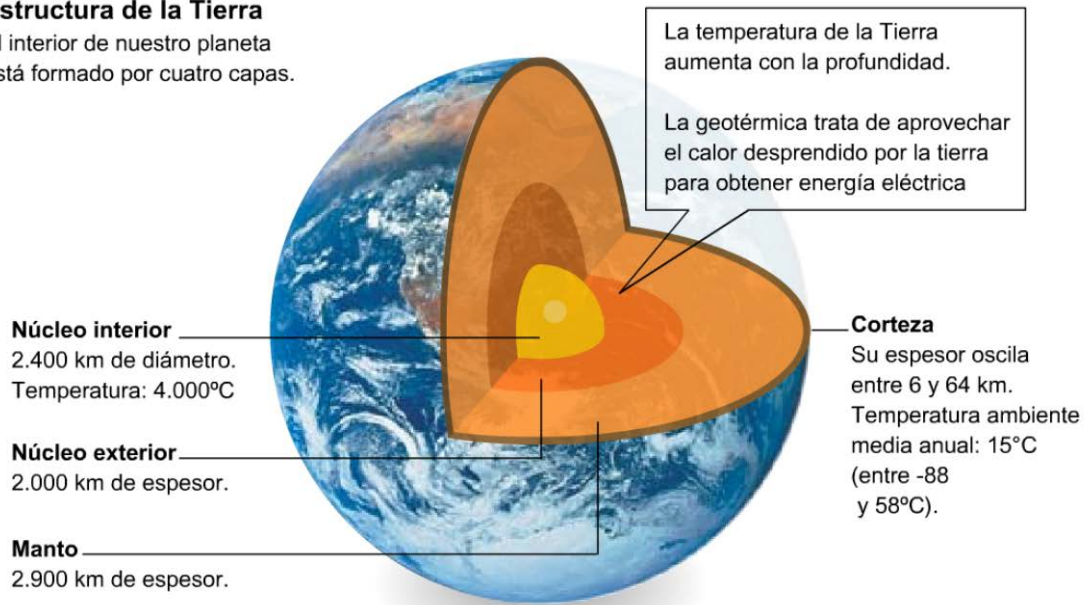
Este hecho queda de manifiesto si observamos el balance radiativo terrestre de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** en el que se puede apreciar cómo se distribuye la potencia procedente del sol (constante solar) entre la atmósfera, la tierra, las nubes, etc.

**B) La energía terrestre (desintegración isotópica, calor inicial, movimientos diferenciales) que aportan  $4,2 \times 10^{12} \text{ J/m}^2\text{s}$ .**

Gracias a las diferentes capas de la tierra y las distintas presiones que soportan, éstas se encuentran a diferentes temperaturas y profundidades produciendo energía o calor de forma constante (Figura 5).

### Estructura de la Tierra

El interior de nuestro planeta está formado por cuatro capas.



**Figura 5** Estructura térmica terrestre. *Fuente Slideshare.net*



## CLASIFICACIÓN DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

Ya definida la energía geotérmica, esta fuente de energía renovable y potencialmente utilizable en una gran variedad de sectores en la actualidad, podemos clasificarla en dos formas diferentes, según la temperatura del subsuelo en la que podemos encontrarla, o bien atendiendo a las tecnologías utilizadas para su extracción (Llopis & Angulo, 2008). Para una mejor explicación se adjuntan las siguientes Tablas (0 y 0), donde se refleja el tipo de yacimiento y sus temperaturas de extracción, así como la posterior utilización de dicha energía extraída.

Hay que mencionar, que para la climatización a base de energía geotérmica en edificios, solamente se utilizará la energía geotérmica de muy baja entalpía y baja entalpía, mediante la utilización de bombas de calor geotérmicas.

- Según la temperatura del subsuelo:

TIPO DE YACIMIENTO		RANGO DE TEMPERATURA	USO PRINCIPAL
<b>Muy baja entalpía</b>	Subsuelo con o sin agua	5 °C < T < 30 °C	Climatización
	Aguas subterráneas	10 °C < T < 30 °C	
<b>Baja entalpía</b>	Aguas termales	22 °C < T < 50 °C	Balnearios, Acuicultura
	Zonas volcánicas	T < 100 °C	Calor de distrito
	Almacenes sedimentarios profundos		
<b>Media entalpía</b>		100 °C < T < 150 °C	Electricidad
			Ciclos binarios
<b>Alta entalpía</b>		T > 150 °C	Electricidad

Tabla 1. Según temperatura del subsuelo. Fuente: www.igc.cat.

- Según la tecnología de extracción:

TECNOLOGÍA	TIPO DE YACIMIENTO	TEMPERATURA
<b>Bomba de calor</b>	Muy baja entalpía	5 °C < T < 30 °C
<b>Uso directo Bomba de calor</b>	Baja entalpía	30 °C < T < 100 °C
<b>Ciclos binarios</b>	Media entalpía	100 °C < T < 150 °C
<b>Uso directo Ciclo binario</b>	Alta entalpía	T > 150 °C

Tabla 2. Según las tecnologías para su extracción. Fuente: www.igc.cat.

## ENERGÍA GEOTÉRMICA DE BAJA ENTALPIA

Por tanto, la energía geotérmica de muy baja *entalpía* (que algunos autores la denominan de *baja entalpía o somera*) es la que podemos aprovechar para la climatización de viviendas, edificios, oficinas, procesos industriales, etc., mediante el empleo de bombas de calor geotérmicas como tecnología de intercambio de calor (IGC, 2014).

Otro término que se puede encontrar en la literatura y en otras fuentes relacionadas es *geotermia solar*. Este término se usa para definir la geotermia de baja entalpía debido a que es el sol el que calienta la capa terrestre y consideran que la fuente de aporte de calor es el propio sol.

En realidad no hace falta hablar de un yacimiento de energía geotérmica de muy baja temperatura (o de entalpía) ya que cualquier punto de la corteza terrestre puede ser empleado como fuente de energía al estar la temperatura normalmente por debajo de los 25 °C. Incluso en los países nórdicos, donde la energía geotérmica para climatización está muy extendida, la temperatura del subsuelo llega próxima a los 0 °C alcanzándose excelentes rendimientos de las bombas de calor geotérmicas cuando la temperatura exterior está por debajo de 0 °C.

Si hacemos un estudio de la temperatura que tiene el subsuelo a medida que profundizamos en diferentes épocas del año, obtendremos un gráfico como el que se aprecia a continuación. En él observamos cuatro curvas en diferentes épocas anuales (Figura 6).

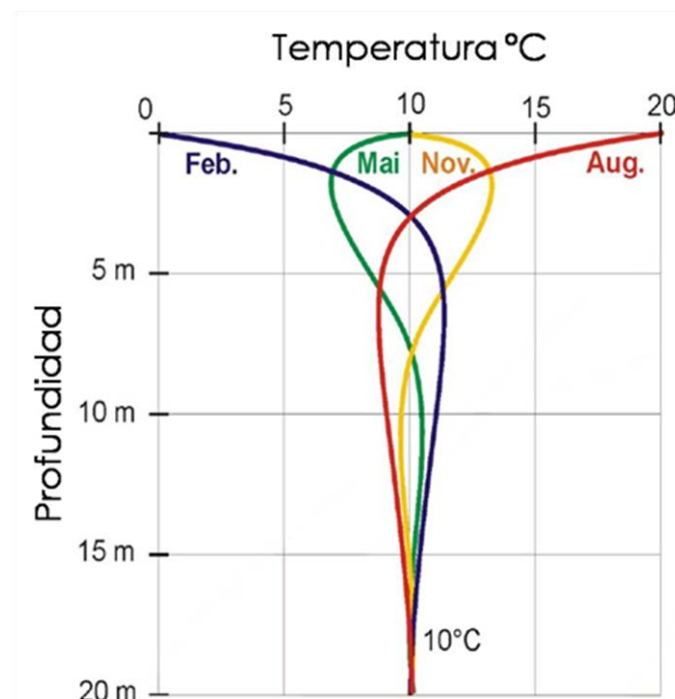


Figura 6 Gráfico temperatura terrestre. Fuente *Girodgeotermia.com*

- **Azul:** En invierno, a medida que profundizamos, la temperatura va aumentando hasta alcanzar un valor fijo de 10 °C.

- **Roja:** En verano ocurre lo contrario; a medida que profundizamos la temperatura desciende hasta los 10 °C.
- **Verde y Amarilla:** En primavera y otoño las variaciones son menores, llegando a alcanzar, en profundidad, el mismo valor de 10 °C.

El gráfico anterior nos indica, que a partir de una determinada profundidad, la temperatura del subsuelo es constante e independiente de la estación anual en la que nos encontremos y por supuesto, independiente de la hora del día o de la noche. Pero esto solo ocurre hasta una determinada profundidad, en la cual, a partir de ahí, conforme se vaya profundizando, la temperatura irá en aumento por las presiones a las que las capas de la tierra están sometidas (gráfico extraído de la web de la empresa Girod Geotermia).

Disponemos por ello, a unos pocos metros de nosotros, de una fuente de energía constante a lo largo de **todo el año** y accesible en **todos los lugares**.

La temperatura media que tiene el subsuelo en un determinado punto es aproximadamente igual a la temperatura media anual de la zona. En España se estima que la temperatura media anual del subsuelo puede estar en torno a los 15 °C.

Como ya sabemos, tenemos una fuente de energía inagotable en el subsuelo, solo falta las técnicas necesarias para su obtención y su posterior utilización.

## CONCLUSIONES

La energía geotérmica de baja entalpía puede ser un recurso energético sostenible con un gran campo de aplicación en los usos industriales y de viviendas (DGI, 2010).

La utilización de este tipo de energía, supone un recurso que puede ser utilizado en diversas zonas geográficas, evitando emisión de CO<sub>2</sub>.

Es importante dar a conocer estos tipos de tecnologías para fomentar su diseño y aplicación en las construcciones civiles.

## REFERENCIAS

- ATECYR. Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración. (2008). Guía Técnica de Diseño de Bombas de Calor Geotérmica. Edición IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía).
- AVEN. Agencia Valenciana de la Energía. (2003). Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Establecimientos Hoteleros de la Comunidad Valenciana. Edición AVEN (Agencia Valenciana de la Energía).
- Barrero Fernández, Antonio (2003). Energías Renovables para Todos: Energía Geotérmica y del Mar. Edición Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (FENERCOM).
- DGI. Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid, junto con la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (2010). Proyectos Emblemáticos en el Ámbito de la Energía Geotérmica. Edición Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (FENERCOM)
- Girodgeoenergia.com. (2014). <http://www.girodgeoenergia.com/>.
- IDAE. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2014). <http://www.idae.es/>.
- IEO 2007, (International Energy Outlook 2007, dato extraído de la web [www.energiarenovables.ciemat.es](http://www.energiarenovables.ciemat.es))
- IGC. Instituto geológico de Cataluña. (2014). <http://www.igc.cat/web/ca/index.php>.
- Llopis Trillo, Guillermo & Angulo Rodrigo, Vicente (2008). Guía de la Energía Geotérmica. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (FENERCOM).
- Slideshare. (2014). <http://www.slideshare.net/>