

Energía Geotérmica: un Recurso Alternativo en el Perú

Geothermic Energy: Alternative Resources in Perú

Luis Milla Lostaunau¹

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima, Perú

Resumen— El presente artículo tiene por objetivo sensibilizar a las autoridades del gobierno de la necesidad que tenemos de hacer uso de un recurso abundante a las zonas volcánicas, para programar la instalación de una central eléctrica geotérmica a fin de poder ahorrar los recursos escasos como es el petróleo y el gas natural. Una de las fuentes de energía menos conocida y una alternativa más ante el agotamiento de los combustibles fósiles es la energía geotérmica. Se encuentra almacenada bajo la superficie terrestre en forma de calor y ligada a los volcanes, aguas termales, fumarolas o geiseres. Para su utilización en generación de electricidad es necesario que exista yacimientos de agua (filtrada a través de las fisuras de la corteza terrestre) que ha quedado atrapada a profundidades de 200 a 3000 mts y cuya temperatura supera los 350°C, aunque también pueden utilizarse con menores temperaturas la energía geotérmica se muestra como una de las más prometedoras, y despierta un interés creciente en el conjunto de estrategias que promueven la explotación de fuentes de energía versátiles y renovables. Su aprovechamiento es determinado por una serie de condiciones geológicas que establecen la existencia de yacimientos geotérmicos.

Una central geotérmica es una instalación donde se obtiene energía eléctrica, a partir del calor interno de la tierra. Las centrales son muy similares a las térmicas, la única diferencia es que no queman nada para calentar el agua.

Abstract— This article describes the process that need for to get electric energy to earth heat using the steam generated by boiling the water is situated in the profundity of the earth.

Requirement many studies for to know how is the potential zonal specially geological situated in the more profound to temperature, to change of 30°C to 300°C. We need of the boiling approximate the 150°C for to generated electric energy. In this paper explain how is utilize this resources.

Palabras claves— geopresured, agua geotérmica, calor del núcleo.

Keywords— geopresured, geothermic wáter, nucleu of heat.

I. INTRODUCCIÓN

La energía geotérmica es la que puede ser obtenida mediante el aprovechamiento del calor interior de la tierra, esta energía es renovable y se manifiesta en la superficie en forma de calor, a través de los volcanes, aguas termales, fumarolas y geiseres.

La energía geotérmica es el calor producido en el interior de la tierra, su formación se origina desde la consolidación de polvo y el gas en el núcleo de la tierra, que se encuentra a 6500 Km de profundidad donde las temperaturas pueden alcanzar los 4980°C.

El calor del núcleo calienta al manto que lo rodea. se derrite y se vuelve magma. Debido a que la magma es menos densa que la roca circundante tiende a moverse lentamente hacia la superficie de la tierra.

La mayor parte del magma asciende a la superficie donde es conocido como lava, sin embargo, el magma que permanece en las profundidades calienta el agua provocando su ascenso a la superficie en forma de geiseres atrapada en rupturas y roca porosa que forma los depósitos geotérmicos, que pueden ser utilizados para producir energía geotérmica.

La geotermia es una palabra de origen griego, que se emplea indistintamente para designar tanto a la ciencia que estudia los fenómenos térmicos internos del planeta como al conjunto de procesos industriales que intentan explotar ese calor para producir energía eléctrica y/o calor útil para el ser humano, a pesar de su existencia desde hace mucho tiempo, es mucho lo que falta por hacer en términos tecnológicos.

¹ Luis Milla Lostaunau, e-mail: lmilla@gmail.es

La geotermia no solo se utiliza para la generación de electricidad, sino el campo de su aprovechamiento, como calefacción de edificaciones, proceso de secado, en la recreación y esparcimiento, en estos últimos es donde la geotermia encuentra su mayor campo de acción con un mínimo de requerimiento, para su aprovechamiento comercial.

Los equipos utilizados en la generación de electricidad no difieren mucho de los equipos utilizados para generación a partir del uso del agua calentada con el combustible diesel o carbón para producir vapor. Debido a que en la actualidad dependemos cada vez más de la energía eléctrica en nuestra vida cotidiana, ya no solo es fuente de iluminación en las horas nocturnas, sino nos da confort, mediante el encendido de aparatos electrodomésticos, así como en las actividades comerciales e industriales, las mismas que están vinculadas a la energía eléctrica.

Se ha vuelto tan común su uso que pasa desapercibida su absoluta necesidad en nuestras actividades diarias. La falta de ella nos devuelve a la realidad y a su importancia.

A. Tipos de Recursos Geotérmicos.

Hay cuatro formas de recursos geotérmicos que están disponibles para utilizarlas como fuentes de energía, son los siguientes:

- Los fluidos hidrotérmicos.
- La roca seca caliente.
- Geopresured
- Magma

1) Los fluidos hidrotérmicos

Son aquellos que se producen en las rocas fracturadas o porosas que al pasar agua a través de ellas, se produce agua valiente y vapor, éstas se encuentran a profundidades de 100 m a 4500 m., como resultado de meterse en la costra de magma en el interior de la tierra, o la circulación profunda de agua en una falla o fractura, con temperaturas de 180°C a 350°C, son calentados comúnmente por la roca fundida caliente.

Los recursos de vapor o aguas calientes de alto grado, se utilizan comúnmente para la generación de electricidad, los recursos de bajo grado se usan en aplicación de calefacción.

Los recursos hidrotérmicos requieren de tres componentes básicos, una fuente de calor (magma), una caja conductora de agua freática que contiene agua y un casquete impermeable para sellar la capa conductora del agua freática. La energía geotérmica se explota comúnmente perforando en

la capa conductora de agua freática, y extrayendo el vapor o el agua caliente.

2) La roca seca caliente

La roca caliente (HDR) es una formación geológica caliente formada de la misma forma que el hidrotérmico, pero sin ningún contenido de agua. Es un recurso virtualmente ilimitado y es más accesible que los recursos hidrotérmicos.

Para poder utilizar la energía geotérmica en rocas secas calientes, es necesario crear un depósito geotérmico artificial, perforando pozos mellizos profundos en la roca. El agua de la superficie se hace circular inyectándolo en el depósito creado (el que calienta el agua). Hay mucha potencialidad en esta tecnología, pero aún no se ha demostrado comercialmente.

3) Geopresured

Los recursos geotérmicos consisten de salmueras calientes con metano. Situada en grandes capas conductoras de aguas freáticas profundas. El agua y el metano se atrapan en formaciones sedimentarias a una profundidad de 3 a 6 km. La temperatura del agua está dada a 90° y 200°C.

Tres formas de energía pueden obtenerse desde geopresured; energía térmica, energía hidráulica desde la presión alta y energía química desde quemar metano.

4) Magma

El recurso geotérmico más grande es la roca fundida encontrada a profundidades de 3 a 10 Km y más profundas, y por lo tanto no tan fácilmente accesibles. Tiene una temperatura que oscila desde 700° a 1200 °C. El recurso no se ha explotado bien hasta la fecha.

B. Producción de Electricidad

Se saca el vapor, se calienta el agua desde depósitos geotérmicos, la fuerza del vapor hace girar las álabes de una turbina, la misma que está acoplada a un generador para producir electricidad. El agua geotérmica usada se devuelve al depósito mediante inyección, para ser recalentada y para mantener la presión necesaria del depósito.

1) Vapor Seco.

La planta generadora usa un depósito de vapor con muy poca agua. El vapor se envía a través de tubos directamente a las turbinas, que está acoplado a un generador eléctrico.

El sistema de vapor geotérmico no es mezclado con el agua. Los pozos de producción se perforan debajo de la capa conductora del agua freática,

presurizando el vapor se encuentra a ($180^{\circ}\text{C} - 350^{\circ}\text{C}$), el cual es traído a la superficie a alta velocidad y pasado a una turbina de vapor para generar electricidad. Usualmente el vapor se pasa mediante un condensador para convertirla en agua. Esto mejora la eficiencia de la turbina y evita problemas ambientales asociada con el alivio directo de vapor en la atmósfera. El agua no utilizada se reinyecta en el campo por medio de pozos de reinyección.

El calor que se pierde se ventila mediante torres de enfriamiento, las eficiencias de conversión de energía son más bajas, alrededor del 30%. La eficiencia y economía de las plantas secas de vapor son afectadas por la presencia de gases no condensables, tal como el hidrógeno, dióxido de carbón y ácido sulfúrico. La presión de estos gases reduce la eficiencia de las turbinas, además la remoción de los gases sobre terrenos ambientales agrega al costo de operación.

Existen también otras formas de producción como el Flash Steam, el ciclo binario.

Después de la Segunda Guerra Mundial, muchos países fueron atraídos por la energía geotérmica al considerarla competitiva respecto de otras fuentes de energía.

La primera instalación con bomba de calor geotérmica en una vivienda entró en funcionamiento en 1945, en Indianápolis, EE. UU., en la casa de Robert C. Webber, empleado de Indianapolis Power and Light Co. En 1947, Kemler, en E. N. en su publicación "Methods of Earth Heat Recovery for the Heat Pump" ya mostraba esquemas de los diferentes métodos de conexión de bombas de calor al terreno que se siguen utilizando actualmente.

La Bomba de Calor.- Es un equipo de producción de frío y una bomba de calor (que produce frío o calor) tienen el mismo principio de funcionamiento. La diferencia está en la capacidad que tiene la bomba de calor de invertir el ciclo debido a que incorpora una válvula de inversión de cuatro vías.

Funcionamiento de una bomba de calor.- Un régimen de calor es capaz de transmitir calor al exterior (poco frío) al interior (foco caliente). En régimen de refrigeración, es a la inversa; transmite calor al interior (foco frío) al exterior (foco caliente).

Para ello se utiliza un fluido refrigerante, con propiedades termodinámicas especiales relativas a la temperatura y presión a la que éste cambia de estado.

El proceso exotérmico de cambio de estado de gas a líquido del refrigerante, hace posible la cesión

de calor de parte del mismo a un foco caliente.

El proceso endotérmico de cambio de fluido a gas posibilita la absorción de calor del refrigerante de poco frío.

El tipo de bomba de calor se indica en función de focos externos e internos con los que intercambia calor.[1]

Planta Geotérmica Está constituida por agua geotérmica y vapor; agua de bajo punto de fusión.

Una planta geotérmica consta de pared de vapor, receptor, separador, turbina, jet condensador, enfriador, tanque de agua caliente.[2]

Las Centrales Energéticas Está formada por un conjunto de equipos y procesos encaminados a transformar la energía primaria en energía disponible.

Las centrales térmicas producen una cadena de transformaciones. La energía térmica almacenada en el vapor se convierte en energía mecánica en la turbina de vapor. A continuación, la energía mecánica en el eje de la turbina, se transforma en energía eléctrica en el generador eléctrico (en esta transformación parte de la energía mecánica se transforma en calor y se pierde).[3]

II. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA GEOTÉRMICA

Geotermia es una palabra griega que significa el calor de la tierra, se utiliza tanto para designar a la ciencia que estudia los fenómenos térmicos internos del planeta, como del conjunto de procesos industriales que intentan explotar ese calor para producir energía eléctrica y/o calor útil al ser humano.

El globo terráqueo está constituido por tres capas sucesivas de temperatura decreciente:

- El Núcleo. *Sólido* en su parte interna y líquido en su parte exterior. Su temperatura puede alcanzar los 4200°C .
- El Manto. Es la parte que lo envuelve, con temperaturas que van desde los 3000°C a 1000°C . De textura plástica hacia el centro, se vuelve sólido en la superficie.
- La Corteza. Es la envoltura superficial. su temperatura varía desde los 1000°C en su contacto con el manto, hasta los $15-20^{\circ}\text{C}$ de la superficie terrestre. El espesor varía desde los 5 a 20 Km en las profundidades oceánicas, y desde los 30 a 70 Km bajo los continentes.

La parte sólida del manto constituye la litósfera, fragmentada en varias placas litosféricas que se

desplazan lentamente, más con relación a otras, pudiendo dar lugar a importantes anomalías térmicas, en sus bordes. El resultado de esta estructura interna es que el 99% de la masa de la tierra, está sometida a una temperatura superior a los 1000°C y únicamente un 0.1% de la misma soporta temperaturas inferiores a los 100°C.

Las grandes diferencias de temperatura entre la superficie de la tierra y las de su interior originan un flujo continuo de calor hacia la superficie, estimándose que la energía que llega cada segundo a la superficie terrestre, en forma de calor, por conducción, convección y radiación, es de $42 \times 10^{12} \text{J}$. De ese total, $8 \times 10^{12} \text{J}$ provienen de la corteza, la cual representa solo el 2% del volumen total del planeta, $32,3 \times 10^{12} \text{J}$ provienen del manto, el cual representa el 82% del volumen total, y $1,7 \times 10^{12} \text{J}$ provienen del núcleo que representa un 16% en volumen y no contienen isótopos radioactivos.

Hasta hace pocos años, la utilización de la energía térmica de la tierra estuvo restringida a regiones del planeta donde condiciones geológicas favorables hacen posible la transferencia de calor desde zonas calientes profundas, hasta la superficie y el aprovechamiento de éste en forma de agua caliente en fase líquida o vapor. Además del calor interno, la superficie de la tierra recibe el sol cada segundo, en forma de calor, $2 \times 10^{17} \text{J}$, que es cuatro veces superior al calor geotérmico. Esa energía penetra a escasa profundidad en el subsuelo, contribuyendo a mantener la superficie del planeta a una temperatura promedio de 15°C, la que es irradiada de nuevo al espacio, no interviniendo en los procesos energéticos que afectan al interior de la tierra.

Flujo de calor terrestre

La energía térmica que se genera en el interior del planeta atraviesa lentamente hasta llegar a la superficie, pues las rocas de la corteza terrestre son malos conductores del calor. El flujo de calor se calcula multiplicando el gradiente geotérmico por la conductividad térmica de las rocas.

El gradiente geotérmico es la variación de temperatura en función de la profundidad, expresado en °C/Km.

La conductividad térmica es una propiedad característica de cada material que indica su capacidad para conducir el calor. Se expresa en $\text{W/m}^2\text{C}$.

El producto de estas dos cantidades proporciona el flujo de energía en forma de calor, por unidad de superficie y por unidad de tiempo, se expresa en mW/m^2 .

El gradiente geotérmico se mide en sondeos mineros o petrolíferos con la ayuda de sondas

térmicas. Tiene un valor medio para todo el planeta de 3,3°C cada 100 m. La conductividad térmica se mide en el laboratorio sobre muestras de testigos de sondeos representativos de las formaciones geológicas atravesadas. El flujo del calor terrestre es del orden de 60 mW/m^2 . En determinadas regiones con presencia de anomalías geotérmicas, se pueden medir valores de varias centenas de mW/m^2 , y en áreas de elevado potencial geotérmico puede alcanzar varios millares.

Manifestaciones geotérmicas.

Determinadas zonas de la litósfera están sometidas a tensiones que generan gran cantidad de calor y presión, produciéndose fracturas y fallas por las cuales pueden ascender desde el manto, magmas, masas de rocas incandescentes, en estado de fusión total o parcial conciertas cantidades de material volátil como agua, anhídrido carbónico, ácidos sulfúrico y clorhídrico, etc.

En condiciones tectónicas favorables, los magmas por su alta movilidad pueden ejercer un empuje hacia arriba y romper la costra superficial de la tierra, formando volcanes que desparraman lavas, cenizas y gases.

Para una cantidad de magma arrojado por un volcán, un volumen diez veces mayor permanece debajo de la superficie, formando cámaras magmáticas que calientan las rocas circundantes. Si las rocas son permeables o están fracturadas, y existe circulación de agua subterránea, esta última capta el calor de las rocas, pudiendo ascender hasta la superficie a través de grietas o fallas, dando lugar a la formación de aguas termales, geiseros, fumarolas y volcanes de fango.

III. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

A. Ventajas

- Su generación es limpia, su uso reduce las emisiones que ensucian la atmósfera, producto de la quema de combustibles fósiles.
- Ofrece flujo constante de producción de energía a lo largo del año, no depende de variaciones estacionales.
- Es una fuente que evita la dependencia energética exterior.
- Sistema de gran ahorro tanto económico como energético.
- Los recursos geotérmicos son mayores que los recursos de carbón, petróleo, gas natural y uranio combinados.
- No está sujeta a precios internacionales, mantiene su precio.

- Terreno requerido por plantas geotérmicas por megavatio es menor que otro tipo de plantas. Es además autorrenovable.
- Aprovecha el agua que surge naturalmente a temperatura de vaporación. Es poco contaminante.

B. Desventajas

- Es costo de producción de una planta geotérmica debido a la perforación de superficies rocosas duras.
- No todos los residuos del aire se pueden limpiar, algunos pueden resultar tóxicos y contaminantes.
- Producción de sulfuro de hidrógeno es tóxico en grandes cantidades y genera mal olor.
- Costo de la planta depuradora de olores.
- Requiere adecuado tratamiento de los depósitos de aguas subterráneas, que pueden estar contaminadas con sólidos disueltos (metales pesados (mercurio, arsénico)).
- Escasez de yacimientos de fácil acceso.
- Temperaturas poco elevadas.
- Localización precisa y condiciones geológicas adecuadas.

IV. ENERGÍA GEOTÉRMICA EN EL PERÚ, POSIBILIDADES DE USO

La energía geotérmica, esa enorme fuerza calórica contenida en el interior de la tierra, resulta una de las posibilidades naturales más antiguas como fuente inagotable bajo una capa rocosa de 60 kms que cubre la tierra, en la que se producen temperaturas que alcanzan los 1800°C.

Estas poderosas fuentes de energía, constituida por gases del planeta, en los bordes de las capas tectónicas y por los cráteres volcánicos, se encuentra a flor de tierra cerca de los volcanes jóvenes, fuentes termales y lugares próximos a fallas geológicas.

En las entrañas de la cordillera del Perú, e incluso en los llanos amazónicos, encierran ricas fuentes de calor que podrían resultar alternativas económicamente aprovechables. El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMET), realizó un inventario de las manifestaciones termales conocidas en el territorio y las agrupó geográficamente en seis regiones de interés a las que denominó:

- Región I: Cajamarca-La Libertad.
- Región II: Callejón de Huaylas
- Región III: Churín
- Región IV: Central

- Región V: Cordillera volcánica del sur.
- Región VI: Puno-Cuzco

Los datos sobre la energía geotérmica existente en el Perú, son insuficientes para calcular la magnitud de los recursos, pero teniendo en cuenta que en Sudamérica el gradiente térmico es generalmente elevado en la Cordillera de los Andes, y que estos ocupan una gran superficie del Perú, probablemente los recursos geotérmicos del país podrían ser considerables en comparación con el promedio mundial.

V. METODOLOGÍA

El Estudio fue realizado mediante la recopilación de la información existente en Internet especialmente, revisión de alguna bibliografía existente en las bibliotecas.

Recurriendo a entidades del estado que realizan estudios geológicos, interrogando a expertos que han trabajado en estos temas, revisando documentación internacional.

Recurriendo a entidades como el Ministerio de Energía y Minas como entes oficiales que ya han efectuado estudios de campo con consultores internacionales que ya efectuaron el plan maestro del año 2011, donde se decidió instalar una planta generadora de energía geotérmica en Tacna.

VI. RESULTADOS - DISCUSIÓN

Una de las fuentes de energía renovable menos conocida y una alternativa más, ante el agotamiento de los combustibles fósiles es la energía geotérmica. Esta se encuentra almacenada bajo la superficie terrestre en forma de calor y asociada a volcanes, aguas termales, geiseres o fumarolas.

Para su utilización como energía eléctrica es conveniente la presencia de yacimientos de agua (que se filtran a través de la corteza terrestre) que ha quedado detenida entre 200 y 3000 metros y la temperatura llega a superar los 350°C, aunque también puede utilizarse menores temperaturas.

La energía geotérmica es una de las energías con más expectativas y suscita un interés elevado en el conjunto de estrategias que promueven la explotación de fuentes de energías versátiles y renovables.

El aprovechamiento de la energía geotérmica, se determina por una serie de condiciones geológicas que establecen la existencia de yacimientos geotérmicos.

Por último se dice que el costo por Kw instalado de las plantas geotérmicas son altos, eso habría que comprobarlo, pero de otro lado como energía alternativa en lugares donde no hay otras posibilidades de obtener energía eléctrica es una buena decisión, aparte de que podemos adquirir una tecnología y aprender de sus métodos y procesos de instalación que nos permitirá liderar en este campo que aún no conocemos y lograr hacer uso de un recurso del cual el Perú dispone en abundancia.

REFERENCIAS

- [1] Termodinámica Técnica II. Carmen Velasco Callau, Amaya Martínez García y Tomás Gómez Martín. Prensa Universitaria de Zaragoza – Zaragoza España. Editorial Universidad de Zaragoza 2011 – Pág. 216
- [2] Energías Eléctricas Renovables. Ing. Manuel Viejo Zubicaray – Editorial Limusa S.A. – 4ta. Edición Balderas 95, México D.F.- Pág. 58 y 59.
- [3] Centrales de Energía Renovable. José Antonio Colmenar Santos, Manuel Alonso Castro Gil. Editorial Prentice Hall. Madrid 2009. Pág. 96.
- Pergamon-Elsevier Science Ltd.-Geotermia -- El Boulevard, Langford Lane – Oxford
 - Centre for geothermal research. Switzerland: www.crege.ch
 - Geo Heat Center. Oregon//geoheat.oit.edu
 - International Geothermal Association (IGA): // Iga.Igg.cnriet.
 - U.S. Department of Energy [DOE]: www.eere.energy.gov/geothermal
 - Natural Resources Canada: www.retscreen.net