

La sustentabilidad de la energía geotérmica y sus impactos ambientales

González Acevedo Zayre Ivonne

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, División de Ciencias de la Tierra, Departamento de Geología/Geociencias Ambientales.

Resumen

La energía geotérmica es el calor del interior de la Tierra, que se aprovecha ya sea para producir electricidad o para usarlo directamente. La sustentabilidad de esta energía significa la capacidad del sistema geotérmico de producir vapor y se considera renovable, cuando su producción se mantiene hasta por 100 años. El nivel de producción sustentable depende de la tecnología, así como de las características específicas del recurso geotérmico, el modelado matemático es una herramienta muy útil para este fin. A pesar de que la energía geotérmica es considerada como una fuente de energía limpia, los impactos ambientales no pueden ser excluidos y dependerán de las características del sitio, de la planta, del yacimiento y del potencial geotérmico. Además de realizar un análisis del yacimiento geotérmico, se recomienda la realización de trabajo social durante todas las etapas del desarrollo del proyecto geotermoeléctrico, para prevenir conflictos con las comunidades.

Palabras claves: Geotermia, sustentabilidad, renovable, tecnología, ambiente, trabajo social.

1. ENERGÍA GEOTÉRMICA

La energía geotérmica es el uso de la energía térmica que emerge desde el interior de la corteza terrestre hasta la superficie a través de roca y/o fluidos. Esta energía se manifiesta en la superficie como aguas termales, géiseres, fumarolas y volcanes. El aprovechamiento de este tipo de energía puede ser para la producción de electricidad a partir del vapor que se genera con calor geotérmico (Figura 1). O el calor geotérmico se puede usar de forma directa en un sin número de aplicaciones como: secado de frutas, construcción de invernaderos, calefacción y enfriamiento de espacios habitacionales, en procesos de pasteurización, acuicultura, etc.

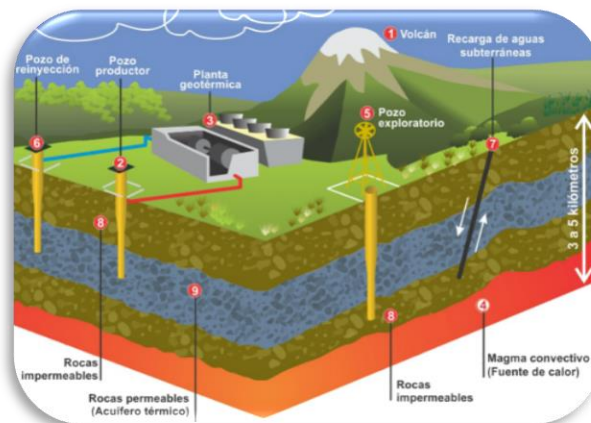


Figura 1. Esquema de la generación de electricidad con recursos geotérmicos

Este tipo de energía se considera limpia y alternativa en comparación a la producción de energía eléctrica con combustibles fósiles. La energía geotérmica, antes de ser aprovechada, requiere de estudio exploratorios de geofísica, geoquímica y geología, para poder identificar los yacimientos geotérmicos propios para usos directos o para generación de electricidad. La seguridad energética es una preocupación global en estos días, con la disminución de las reservas petroleras y el crecimiento de la demanda energética (IEA, 2014). Las investigaciones sugieren que para el 2050, la generación de energía geotermoeléctrica, podría ser fuente de alrededor del 3.5% de la producción global de electricidad, evitando casi 800 megatonnes (Mt) de emisiones de CO₂ por año. Además de que los usos directos del calor geotérmico pueden contribuir hasta con un 3.9% de la demanda al 2050 (World Bank, 2016).

En la comunidad internacional, la energía geotérmica se ha identificado como una pieza importante para la transformación de los sistemas de energía sustentable, debido a que tiene bajas emisiones de gases efecto invernadero (IPCC, 2012). Sin embargo, el calor geotérmico no es una energía sin fin, ya que el calor se extrae del yacimiento a través de convección y tiene que ser reinyectado por conducción.

2. SUSTENTABLE VS RENOVABLE

Los términos sustentable y renovable, a menudo se confunden. La definición original de la sustentabilidad se remonta a la Comisión Mundial de Bruntland de 1987 (WCED, 1987), reforzado en las cumbres de Río 1992, Kioto 1997, Johannesburgo 2002, Río +20 en 2012 y que dice: "Satisfacer las necesidades de la generación presente sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras". Con respecto a la energía geotérmica, la sustentabilidad significa la capacidad del sistema geotérmico de producir vapor para mantener los niveles de producción durante largos períodos (de cientos de años).

Para considerar el recurso geotérmico como fuente renovable de energía, la extracción no debe superar nunca la recarga natural de agua en el acuífero (Ungemach *et al.*, 2005). Si las intensificaciones de las tasas de producción exceden la tasa de recarga, finalmente, conducirán al agotamiento de los recursos. Cualquier producción equilibrada de fluido/calor en un esquema de utilización de la energía geotérmica, es decir, que no se produzca más de la recarga natural, puede ser considerado como totalmente renovable (Stefansson, 2000). Por lo tanto, renovable se refiere a la naturaleza de los recursos y la sustentabilidad de la forma en que se utiliza.

El nivel de producción sustentable depende de la tecnología, así como de las características locales de los recursos geotérmicos. Su determinación se basa en los modelos de simulación de estrategias de producción a largo plazo, para lo cual se requieren los datos de exploración, vigilancia y monitoreo (Rybach, 2007). Para cada modo de producción y sistema geotérmico, hay cierto nivel de producción máxima de energía, E_0 , por debajo de la cual será posible mantener la producción de energía constante desde el sistema durante un tiempo muy largo (100-300 años). Este enfoque no tiene en cuenta los factores de carga, uso eficiente, aspectos económicos, aspectos ambientales o los avances tecnológicos.

3. ESTRATEGIAS PARA LA OPTIMIZACIÓN

Tres tecnologías principales se utilizan para producir electricidad a partir de yacimientos geotérmicos. Estas tecnologías bien establecidas son plantas a vapor seco, flash y binarias. La tecnología aplicada está directamente relacionada con el tipo de fluido geotérmico, su presión y su temperatura (Yari, 2010).

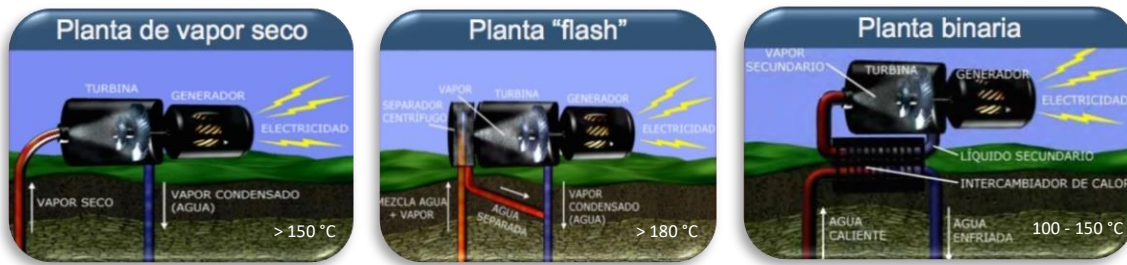


Figura 2. Principales tecnologías para la generación de electricidad con recursos geotérmicos.

Además de estas tecnologías tradicionales, hay otras posibilidades interesantes que pueden aumentar la eficiencia global de plantas de energía geotérmica, como los ciclos combinados y las tecnologías híbridas con combustibles fósiles o de otras energías renovables (Bruhn, 2002).

Los cuatro elementos más importantes que se deben tomar en cuenta para el manejo de los yacimientos geotérmicos son: (1) Control y seguimiento de la extracción de energía de la reserva con el fin de evitar la sobreexplotación de los recursos, (2) una cuidadosa supervisión de la actual respuesta del yacimiento para la producción a largo plazo, (3) el modelado del yacimiento y su historia de respuesta para hacer predicciones a futuro, la respuesta del yacimiento para diferentes escenarios de producción y decidir las estrategias de acción en la explotación de los recursos (Grant *et al.*, 1982). Normalmente para hacer predicciones y escenarios de manejo de un yacimiento geotérmico, se utilizan modelos matemáticos como los que contiene el software TOUGH2, elaborado por la Universidad de Berkeley en EEUU.

Cataldi (2001) señala que la sustentabilidad y renovabilidad dependen de los siguientes factores específicos: (a) la temperatura, (b) los procesos de transferencia de calor, (c) los recursos y reservas (d) la tecnología de extracción de calor, (e) del fluido portador y la recarga de agua, (f) la tecnología de inyección, (g) la naturaleza del depósito de líquido y (h) tiempo de reabastecimiento de calor constante. La renovabilidad depende de procesos geológicos profundos que están más allá de cualquier control humano, mientras que la sustentabilidad depende de las decisiones de los desarrolladores del campo en relación con: (a) la duración del proyecto, (b) el tipo y cantidad de extracción de calor, y (c) la tecnología para explotar, transportar y utilizar el calor natural.

4. IMPACTO AMBIENTAL

Cualquier tipo de producción de energía tendrá algún impacto en el ambiente, pero el grado o magnitud de este impacto dependerá de la tecnología utilizada y la gestión de los residuos. A pesar de que la energía geotérmica es considerada como una fuente de energía limpia, los impactos ambientales no pueden ser excluidos antes, durante y después de la generación de energía geotérmica.

Éstos difieren de acuerdo con las características del sitio, de la planta, del yacimiento y del potencial geotérmico. Las plantas de energía de tipo binario (es decir, un sistema cerrado en el que un fluido de trabajo impulsa la turbina y no el vapor geotérmico o líquido) tienen, con mucho, el impacto mínimo por tratarse de un ciclo cerrado, a excepción de calor residual (Rybach, 2003).

Los efectos ambientales de la industria geotérmica podrían ser:

- A). *Subsidencia del terreno y sismicidad*: Este está normalmente presente en los sitios geotérmicos, ya que se encuentran en zonas geológicamente inestables, donde la actividad volcánica, los terremotos profundos y los flujos de calor más altos de temperatura son la característica principal. Y cuando la sismicidad es inducida debido a la explotación de yacimientos, los impactos aumentan (Barbier, 2002).
- B). *Ruido*: Dado que la mayoría de las instalaciones geotérmicas se construyen lejos de las principales zonas urbanas, el ruido de la producción, el mantenimiento y la perforación no suele ser significativa. El principal problema es el ruido generado durante la construcción, la actividad vehicular, las emisiones de vapor sin cesar y ciertas operaciones de perforación (Brophy, 1997).
- C). *Emisiones a la atmósfera*: los gases (CO₂, H₂S, NH₃, CH₄, N₂ y H₂), trazas de mercurio, vapor de boro y el radón, causando efectos en el suelo, la vegetación y la toxicidad potencial de la población (Phillips, 2010).
- D). *Contaminación de aguas superficiales y subterráneas*: las sustancias peligrosas utilizadas durante la exploración, construcción o producción, las fallas de estructuras de drenaje o fugas de depósitos superficiales (Brophy, 1997). Algunos yacimientos geotérmicos contienen una gama de metales en suspensión y solución: As, Hg, Pb, Zn, B y S, junto con sílice, carbonatos, sulfatos y cloratos (Barbier, 2002).
- E). *Los cambios en el paisaje y el uso del suelo*: puede causar la erosión del suelo en las zonas de alta precipitación o pendientes pronunciadas lo que ocasiona conflictos sociales, cuando la población está cerca de la planta geotermoeléctrica.
- F). *Residuos sólidos*: principalmente de la construcción de la planta, perforación, caminos, entre otros.
- G). *Ecología*: con los efectos mencionados, habrá impactos sobre hábitats terrestres, acuáticos y ribereños, sobre todo en lugares donde hay especies en peligro de extinción. Donde la construcción de instalaciones, caminos, perforación, tuberías, etc, promueven la modificación de hábitats.

Los proyectos geotérmicos, comúnmente integran una evaluación de impacto ambiental, sin embargo, una evaluación del impacto social es importante desde el punto de vista de prevenir daño o conflicto con la población local. Incluso, cuando se hace una evaluación del impacto social, los proyectos geotérmicos se benefician al contener información respecto de los cambios sociales, culturales, políticos y económicos que pudieran ocurrir antes, durante y después de la implementación del proyecto.

En ocasiones la resistencia política del proyecto suele ser un problema más grande que puede resultar costoso e incluso sabotear el proyecto antes de que empiece. Un movimiento de resistencia bien organizado puede recibir atención nacional y atraer ONG's internacionales y grupos de derechos humanos, esencialmente donde grupos indígenas están involucrados (Dewhurst, 2014).

La experiencia demuestra que, si no se consulta a la comunidad antes de instalar un proyecto, ello podría desatar una serie de conflictos etnopolíticos (Landis y Albert, 2012). Una de las estrategias que están usando las empresas es involucrar a los lugareños en el proceso de planeación. Un desarrollo participativo es un término que incluye una gran variedad de estrategias como la participación pública, relaciones comunitarias y la participación de los interesados.

El desarrollo de un diagnóstico sociocultural de la zona aumentará las probabilidades de éxito del proyecto, al contar con información estratégica de primera mano sobre los aspectos sociales, culturales, productivos e inclusive ambientales de la comunidad en cuestión y de sus pobladores. A su vez, esto puede ser tomado como

base para realizar planteamientos participativos que incluyan la cosmovisión y estilos de vida de las comunidades, generando una sana simbiosis proyecto-comunidad.

5. AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Fondo SENER/CONACYT de Sustentabilidad Energética por el apoyo financiero al proyecto 25 del CeMIE-Geo (Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica), gracias al cual se pueden llevar a cabo trabajos de Desarrollo Sustentable en sistemas Geotérmicos.

6. REFERENCIAS

- [1] Barbier E. (2002). Geothermal energy technology and current status: an overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 6, 3–65.
- [2] Brophy P. (1997). Environmental advantages to the utilization of geothermal energy. *Renewable Energy*. 10(2/3), 367–77.
- [3] Bruhn M. 2002. Hybrid geothermal-fossil electricity generation from low enthalpy geothermal resources: geothermal feed water preheating in conventional power plants. *Energy* 27, 329-346.
- [4] Cataldi R. (2001). Sustainability and renewability of geothermal energy. In: International Scientific Conference on Geothermal Energy in Underground Mines, Ustron, Poland, 4 pp.
- [5] Dewhurst K. (2014). Geothermal Project in Colombia Succeeds Through Participatory Development. Digital Edition of *Renewable Energy World*.
- [6] Grant M. A. (2015) Geothermal Reservoir Engineering. *Handbook of Clean Energy Systems*. 1–12.
- [7] Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2012). Renewable energy sources and climate change mitigation. Special report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, New York.
- [8] International Energy Agency [IEA] (2014). I. Energy supply security. Recuperado de (http://www.iea.org/media/freepublications/security/EnergySupplySecurity2014_PART1.pdf).
- [9] Landis D. & Albert R. (2010). *Handbook of Ethnic conflict*. Springer, International and Cultural Psychology. 647 pp.
- [10] Phillips J. (2010). Evaluating the level and nature of sustainable development for a geothermal power plant. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14, 2414–2425.
- [11] Rybach L. (2003). Geothermal energy: sustainability and the environment. *Geothermics*. 32, 463–470.
- [12] Rybach L. (2007). Geothermal Sustainability. *GHC Bulletin*, September.
- [13] Stefansson V. (2000). The renewability of geothermal energy. In *Proceedings World Geothermal Congress, Kyushu-Tohoku, Japan*, 883–888.
- [14] Ungemach P., Antics M. & Papachristou M. (2005). Sustainable Geothermal Reservoir Management. In *Proceedings World Geothermal Congress. Antalya, Turkey*, 12 pp.
- [15] World Bank. (2016). Principal global indicators. Interagency Group Publications. Recuperado de (<http://www.principalglobalindicators.org/default.aspx>).
- [16] World Commission on Environment and Development [WCED] (1987). *Our Common Future*. Oxford University Press, Oxford, 400 pp.
- [17] Yari M. (2010). Exergetic analysis of various types of geothermal power plants. *Renewable Energy* 35,112-121.

* Correo autor: zgonzale@cicese.mx