

La geotermia, una energía muy mexicana

La geotermia ha sido la pionera de las energías renovables en México, y México, un pionero en geotermia en el mundo. Su inicio se debió al interés del Estado por diversificar las fuentes de energía y se enmarcó en la época en que se iniciaron las grandes obras hidroeléctricas del río Balsas (Infiernillo y La Villita) y del Grijalva (La Angostura, Malpaso, Chicoasén) y el uso del carbón nacional para generación (Nava, y más adelante Río Escondido, en Coahuila). La primera geotérmica fue una pequeña planta de 600 kW en Pathé, Hidalgo, en los cincuenta, y luego en 1972 la primera gran central, Cerro Prieto I, con 150 MW. México llegó a ocupar el tercer lugar mundial en potencia geotérmica. Actualmente tiene una capacidad instalada cercana a los 1,000 MW, y más de 3,000 ingenieros y técnicos especializados en las diferentes facetas de esta compleja tecnología.

GERARDO HIRIART LE BERT

Ingeniero naval mecánico con doctorado.

Durante 35 años se ha dedicado al desarrollo de la energía geotérmica en México, diez de ellos como gerente de Proyectos Geotermoeléctricos de la CFE. Miembro de la Academia de Ingeniería.

La geotermia requiere conocimientos especiales en varias ramas de la geología, de la perforación para extraer el vapor y del manejo de los fluidos, que generalmente contienen muchas sales.

La geotermia en el norte de México

En el decenio de 1960, México emprendió un plan para, primero, formar gente en ciencias de la Tierra enviando becarios a estudiar temas específicos en los tres países más avanzados en esa época en el tema: Italia, Nueva Zelanda y Estados Unidos. Con apoyo de Pemex se iniciaron las perforaciones exploratorias conjuntas en varios puntos de Mexicali, donde se desarrollaron técnicas apropiadas para manejar fluidos de alta presión y temperatura usando preventores para enfrentar los peligros de descontrol. En la carrera de Ingeniería petrolera, se invitó a ingenieros jóvenes a incorporarse a esta novedosa actividad en la que se explotaban yacimientos de alta temperatura.

Para incorporarnos a las tecnologías más avanzadas, se hizo un convenio con los colegas del norte, donde ya desarrollaban con éxito The Geysers y despuntaba la explotación geotérmica en el Valle Imperial, cerca de Cerro Prieto, Baja California, para compartir información de modelado de yacimientos geotérmicos (en esa época usábamos computadora con tarjetas y grandes pliegos de papel impreso). Se realizaron unos 15 proyectos conjuntos de geoquímica y de modelado numérico con



En 1972 se inauguró la primera gran central geotérmica en México: Cerro Prieto I, con 150 MW.

reuniones semestrales alternadas en el lado mexicano y estadounidense de la frontera, y se presentaban al final reportes en inglés y en español con novedosos resultados. De la parte nacional participaba un nutrido grupo ingenieros de la CFE y varios colegas del Instituto de Investigaciones Eléctricas, de la UNAM y de la Universidad Autónoma de Baja California.

Cerro Prieto mostró ser un campo geotérmico mucho más grande que lo imaginado originalmente. La perforación exploratoria permitió comprobar altas temperaturas hacia el oriente a profundidades de 2,500 m. En un gesto bastante osado se decidió instalar dos nuevas centrales de 220 MW cada una, de lo más grande del mundo. Se



CONACOTPRENSA/MX

El Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica fue establecido por la Sener para elevar el nivel científico nacional en geotermia.

intensificó la perforación y la construcción de vaporoductos con tecnologías ya bien conocidas. Se estableció un convenio con el estado de California para exportar 200 MW continuos durante 20 años, lo que le dio una buena inyección financiera a la CFE.

Manejo de la salmuera

Sin embargo, en el campo geotérmico apareció un problema importante con las aguas separadas, que había que resolver. Por cada tonelada de agua a muy alta temperatura que se extrae a 2,500 m de profundidad, al expandirla en los separadores de superficie, media tonelada se va como vapor a las turbinas y la otra media, con el doble de concentración de sales de lo que tenía en el yacimiento, se desecha. El sílice se precipita demasiado pronto, e impide la reinyección del fluido al yacimiento de manera inmediata. Se buscó una solución intermedia, que consistió en construir una gran laguna de 14 km², aprovechando la alta evaporación en la zona (2 m por año), con objeto de concentrar esta salmuera y luego llevarla a unas lagunas más pequeñas para allí precipitar más de 1 millón de toneladas al año de cloruro de sodio, más de 200 mil de cloruro de potasio (el doble de lo que el país importaba para fertilizantes) y unas 6 mil toneladas de cloruro de litio (material ahora estratégico para las baterías). Esta empresa no prosperó, porque la normatividad del momento no permitía invertir en temas que no fueran eléctricos.

En la parte más oriental de Cerro Prieto se construyó a principios de los 2000 una moderna central de 100 MW, con lo que su capacidad total llegó a ser de 720 MW, la segunda más grande del mundo. Los años pasaron, y después de más de cuatro décadas de operación hubo que cerrar y desmantelar las plantas de Cerro Prieto I. Fue doloroso ver partir los camiones con chatarra de la que había sido pionera en el mundo, de los condensadores barométricos, los ductores de condensado y la de múltiple separación para aprovechar al máximo hasta la última gota de energía del fluido geotérmico. El yaci-

miento en esa zona ya producía muy poco, había bajado su temperatura, y los fierros ya viejos habían cumplido con creces su vida útil.

Nuevas técnicas de explotación

En los setenta, el interés por la geotermia se expandió hacia el centro del país, donde la faja volcánica mostraba evidencias de calor del subsuelo y se observaban fosas de lodos hirvientes en Michoacán y Jalisco. Con asesoría inicial de los italianos y con un entusiasta grupo de la CFE, anidado en esa época en la Subgerencia de Hidroeléctricas, se realizó la perforación de pozos profundos en Los Azufres, Michoacán. Allí la situación era muy

diferente de la de Cerro Prieto. Mucho frío durante la noche, lluvias intensas y técnicas a tanto diferentes para perforar en roca volcánica. Se desarrolló una cierta sana rivalidad entre los geotérmicos de Cerro Prieto y los de Los Azufres. Se desarrollaron técnicas novedosas complementarias para yacimientos sedimentarios y volcánicos, además de un manejo muy diferente de las aguas de desecho con sílice. De manera bastante conservadora se instalaron en los ochenta cinco unidades de 5 MW, denominadas “de contrapresión” por no tener ni condensador ni torres de enfriamiento. Son poco eficientes, pero de muy bajo costo y transportables. Cabe señalar que ahora esta estrategia se ha hecho común en el mundo, al instalar estas plantas pequeñas en la boca del pozo en cuanto éste se termina. Así se comienza a vender energía eléctrica mientras se construye la central de alta eficiencia. Esta estrategia la aplicó la CFE para apoyar, en un programa ganar-ganar, a los colegas geotérmicos del Instituto Costarricense de Electricidad; llevaron a Costa Rica dos unidades de 5 MW que ya habían cumplido su misión una vez instalada la central grande, y se instalaron en sendos pozos en Miravalles, donde al generar se pudo también evaluar la evolución del yacimiento. El proyecto resultó exitoso, y al momento de traerlas de regreso a México, Guatemala solicitó una de ellas para instalarla en Amatitlán, donde prestó importantes servicios tanto para pruebas de yacimiento como para generación durante varios años.

En vista del éxito de estas plantas a boca de pozo, se decidió lanzar una licitación por otras 10 plantas con un alto contenido de fabricación nacional. Más adelante se presentó una coyuntura inesperada en el mundo de la geotermia: los colegas de Nuevo México en Estados Unidos estaban desarrollando un nuevo campo en las montañas de Jemez; hicieron el pedido de la central y sus equipos conexos, pero a la hora de perforar los pozos productores no encontraron suficiente vapor y decidieron venderla, empacada tal como llegó de fábrica al sitio. Al ir a revisarla se encontró que las condiciones



Tejamaniles, en Los Azufres, es de las pocas centrales geotérmicas que tienen condensador de tubo (titanio) y coraza, lo que simplifica mucho la obra civil para el sistema de enfriamiento.

► En el decenio de 1960, México emprendió un plan para formar gente en ciencias de la Tierra enviando becarios a estudiar temas específicos en los tres países más avanzados en esa época en el tema: Italia, Nueva Zelanda y Estados Unidos. Con apoyo de Pemex se iniciaron las perforaciones exploratorias conjuntas en varios puntos de Mexicali, donde se desarrollaron técnicas apropiadas para manejar fluidos de alta presión y temperatura.

de diseño eran exactamente iguales a las de Los Azufres, por lo que la CFE, teniendo ventaja en la negociación, logró comprarla, nueva y empacada, a menos de la mitad del precio de mercado. En Los Azufres fue instalada y nombrada Tejamaniles, de 50 MW. Es de las pocas centrales geotérmicas que tienen condensador de tubo (titanio) y coraza, lo que simplifica mucho la obra civil para el sistema de enfriamiento.

En esa época, aprovechando algunos aspectos del intercambio comercial con Israel, se compraron dos plantas de ciclo binario de 1.3 MW cada una. Esta tecnología no era muy aceptada todavía, por el precio y las complicaciones de operación. Sin embargo, en la actualidad ya son una tecnología muy desarrollada con cientos de megawatts instalados en el mundo.

Los Azufres siguió creciendo y actualmente tiene cuatro unidades de 25 MW cuyas turbinas fueron fabricadas en Morelia; luego, una central de 50 MW de alta eficiencia, y recientemente una de 25 MW. En total tienen hoy 235 MW operando. Los Azufres también ha servido de centro de entrenamiento para el personal de la CFE, y además ha sido sede para muchos experimentos, como el manejo de fluidos en dos fases, y los usos no

eléctricos de la geotermia; se probaron en escala comercial esquemas de calefacción, secado de madera, deshidratado de frutas, invernaderos y otros.

En esta época de auge de la geotermia en la franja volcánica, se exploró el campo geotérmico de Los Humeros, en los límites de Puebla y Veracruz, cerca de la ciudad de Perote. Se logró medir en uno de los pozos una temperatura de 401 °C, algo inusualmente alto siendo supercrítico el fluido del yacimiento. Este fenómeno llevó a que en el año 2017 la Secretaría de Energía y la Unión Europea firmaran un acuerdo millonario para estudiar en conjunto estos yacimientos de tan alta temperatura, de los que hay varios ejemplos en Islandia. Dichas altas temperaturas de yacimiento, que parecerían una bendición para el desarrollador, en realidad son un problema serio que hay que manejar con tecnologías adecuadas, ya que con el vapor viene cloro en forma de gas; al entrar en contacto con las primeras gotas de agua, o condensado, se produce ácido clorhídrico, altamente corrosivo.

El desarrollo de Los Humeros, donde los pozos producen vapor casi seco, se inició con la instalación de cinco de las nuevas plantas a boca de pozo de 5 MW, y más adelante se complementó con varias centrales a condensación de 25 MW, todas fabricadas en Morelia, con lo que se ha logrado una capacidad instalada de 95 MW.

Un desarrollo geotérmico muy particular ha sido el de Tres Vírgenes, un campo ubicado cerca de Santa Rosalía y de San Ignacio, Baja California Sur, en las faldas de un volcán de gran valor ecológico. Allí es internacionalmente apreciada la caza del borrego cimarrón y se venden permisos de cacería a precios altísimos. Esto llevó a que, a la hora de construir la planta de 10 MW, aunque no se tuvieron mayores problemas de impacto

ambiental al cumplir con todos los exigentes requisitos que se impusieron, el impacto visual de la línea de transmisión tuvo serias objeciones de los cazadores; esto obligó a construir una línea con los primeros 1,500 m enterrados para no interferir con el paisaje, que en realidad es muy hermoso. Otro aspecto particular de este proyecto es que se trata de un circuito eléctrico aislado que se alimenta con una colección de plantas diésel antiguas y algunas turbogás, también pequeñas, a diésel. El costo del kilowatt hora en estos pueblos es de los más altos del país, razón por la cual la CFE impulsó el proyecto geotérmico de Tres Vírgenes, que tuvo una inversión inicial más alta que los del resto del país.

Se incursionó en la electrificación rural con plantas de ciclo binario. Se instaló una de 300 kW en Maguarichi, lugar aislado en la sierra de Chihuahua, usando agua caliente de una mina de oro. El efecto en la población, al tener energía continua sin costo por combustible, fue muy grande. Para muchos niños significó tener por primera vez helados en la tiendita de la esquina.

Las actuales explotaciones

Al hacer un recuento de las actividades geotérmicas en el país, es indispensable mencionar el proyecto La Primavera, en las cercanías de Guadalajara. En este campo se perforaron varios pozos exploratorios y se encontró un buen yacimiento, capaz de generar más de 75 MW. Cabe aclarar que la zona del bosque, muy apreciada por los tapatíos como el pulmón de Guadalajara, está compuesta por una serie de cerros y domos de una roca pumicitica (como piedra pómez) conocida localmente como jal (de allí el nombre del estado de Jalisco), la cual se erosiona muy fácilmente. En la construcción de los caminos y plataformas para realizar la perforación exploratoria se hicieron algunos cortes en los cerros, que combinados con las torrenciales lluvias de la región produjeron áreas de alta erosión que obligaron a detener los trabajos. Ahora se encuentra totalmente restaurada la zona y se tienen planes para desarrollar una parte conocida como Cerritos Colorados, para suministrar así unos 75 MW limpios y renovables a Guadalajara.




En la parte más oriental de Cerro Prieto se construyó a principios de los 2000 una moderna central de 100 MW, con lo que su capacidad total llegó a ser de 720 MW.


► Se exploró el campo geotérmico de Los Humeros, en los límites de Puebla y Veracruz, cerca de la ciudad de Perote. Se logró medir en uno de los pozos una temperatura de 401 °C, algo inusualmente alto siendo supercrítico el fluido del yacimiento. Este fenómeno llevó a que en el año 2017 la Secretaría de Energía y la Unión Europea firmaran un acuerdo millonario para estudiar en conjunto estos yacimientos de tan alta temperatura, de los que hay varios ejemplos en Islandia.

Finalmente, cuando se promulgó la apertura de la geotermia a empresas privadas, un desarrollador realizó una intensa campaña de exploración en el Domo de San Pedro, en las cercanías del volcán Ceboruco en Nayarit, y encontró muy altas temperaturas, aunque a profundidades superiores a los 3,000 m. Esto lo llevó a instalar dos unidades de 5 MW a contrapresión en la etapa inicial, y luego a incorporar una central de 25 MW. Esta fue la primera central totalmente privada en México.

La Secretaría de Energía ha establecido un programa de investigación (Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica, Cemiegeo) para elevar el nivel científico nacional en geotermia, y ha otorgado 13 permisos de exploración a la propia CFE con la idea de que en un esquema de asociación público-privada inyecte el capital y la tecnología necesarios para llevar estos campos a la etapa de explotación. También se han otorgado nueve permisos de exploración a empresas privadas para que, por su cuenta y riesgo, estudien, exploren y cuantifiquen este recurso. Entre ellos, un grupo desarrollador mexicano ya ha realizado con éxito una perforación exploratoria en el estado de Guanajuato.

Comentarios finales

Son pocos los países en el mundo que tienen recursos geotérmicos; México es uno de ellos y ha dedicado desde hace 50 años esfuerzo, dinero, investigación y talento a transformar este recurso natural en energía eléctrica limpia y renovable, para su desarrollo. A diferencia de otras tecnologías de generación, la geotérmica conlleva un fuerte componente nacional; hay que conocer el propio subsuelo y explorarlo con tecnologías de geofísica bastante sofisticadas. Hay que buscar maneras de reducir los costos de la perforación donde se usan insumos y técnicos nacionales. Hay que incorporar nuevas tecnologías de generación apoyadas por ingeniería de alto nivel, mexicana. Tenemos muchos megawatts escondidos bajo nuestros pies, esperando ser explotados. Busquémoslos, extraigámoslos y transformémoslos en electricidad limpia y constante, sin intermitencias ni fluctuaciones 

 ¿Desea opinar o cuenta con mayor información sobre este tema? Escribanos a ic@heliosmx.org