

## NOTAS TECNICAS

### EL INICIO DE LA GENERACION GEOTERMoeLECTRICA EN COSTA RICA: EL PROYECTO GEOTERMICO MIRAVALLES I

Juan Rafael Vargas, Alexis Alvarado, Jorge Acuña & Paul Moya  
Recursos Geotérmicos, ICE, Apdo. 10032-1000 San José, Costa Rica

Con la inauguración de la planta del Proyecto Geotérmico Miravalles I, por parte del Presidente de la República, Lic. Rafael Angel Calderón Fournier, el pasado 25 de marzo de 1994, Costa Rica entró al grupo de países productores de energía eléctrica a partir de sus recursos geotérmicos (Tabla 1). Con ello se convirtió en la tercera nación centroamericana en explotar industrialmente la energía geotermoeléctrica, después de El Salvador y Nicaragua.

La etapa primera del desarrollo del Campo Geotérmico Miravalles, localizado al pie del volcán homónimo, en la Provincia de Guanacaste (Figura 1), ha consistido en la puesta en marcha de la primera unidad de 55 MW eléctricos de potencia, con una planta de una separación. El desarrollo planeado para Miravalles, al concluir la etapa II, es de 100 MW, capacidad en que ha sido evaluado el reservorio conocido.

El Proyecto fue llevado a cabo por el Gobierno de Costa Rica a través del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), entidad encargada del desarrollo eléctrico del país, después de un largo y engorroso período de apelaciones administrativas a las licitaciones; situación que obligó al Gobierno a una declaratoria de Emergencia Nacional, debido a la grave incidencia que estaba teniendo para la economía del país el retraso del Proyecto.

#### **Un poco de historia**

El interés por el desarrollo de la energía geotérmica en Costa Rica se remonta a 1963, año

en que un grupo de expertos de las Naciones Unidas visitó el país y recomendó al ICE profundizar estudios en la región de Guanacaste, cerca de los volcanes Miravalles y Rincón de la Vieja. Posteriormente, en 1973, la crisis del petróleo forzó a la búsqueda de fuentes alternas de energía, entre las cuales la geotermia destacaba como la más promisorias; lo cual conllevó a la realización del estudio de prefactibilidad geotérmica de la región de Guanacaste, cuyo resultado fue la identificación del Campo Geotérmico Miravalles en 1976. El estudio de factibilidad se concluyó en 1986, con la evaluación de 110 MW para el campo.

Después de la declaratoria de emergencia, la perforación de producción y la construcción de la casa de máquinas se iniciaron en 1992. La primera unidad de 55 MW acaba de instalarse y se proyecta tener lista la segunda unidad (Miravalles II) para los próximos dos años.

#### **Transfondo geológico:**

Costa Rica se sitúa en el segmento centroamericano del Anillo de Fuego Circumpacífico. El vulcanismo en esta parte se ha originado por la subducción de la Placa del Coco por debajo de la Placa del Caribe, a lo largo de la Fosa Mesoamericana, en el Océano Pacífico.

El arco magmático ha evolucionado a un carácter andesítico calcoalcalino; sin embargo, en el Plioceno tardío y en el Cuaternario temprano hubo períodos de un vulcanismo explosivo, alimentado por magmas someros diferenciados, de

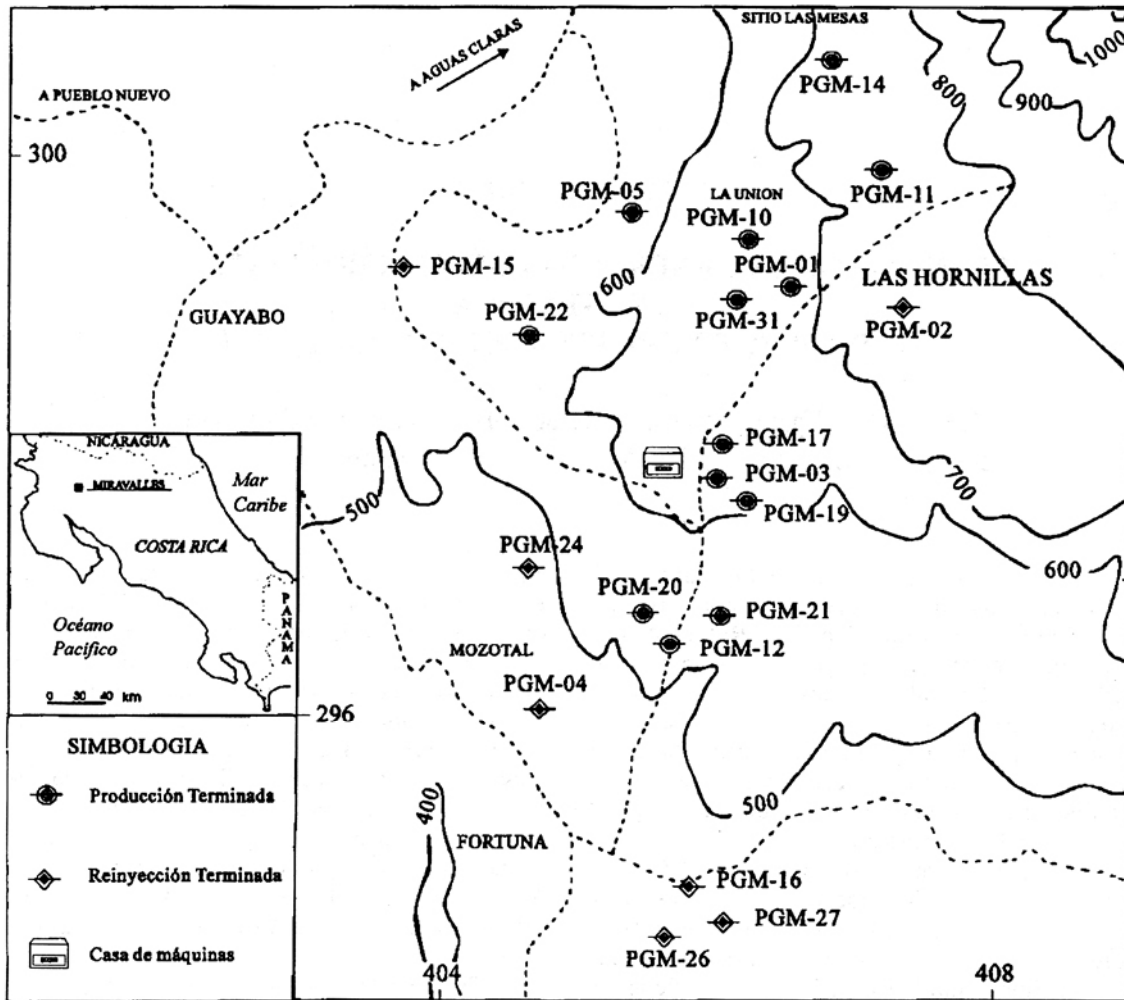


Fig. 1: Ubicación del Proyecto Geotérmico Miravalles.

tipo dacítico y riodacítico. Dicho vulcanismo produjo extensos depósitos de flujos piroclásticos, asociados a estructuras caldéricas de colapso. Este tipo de intrusiones magmáticas originaron las anomalías térmicas observadas, especialmente en la Cordillera Volcánica de Guanacaste.

El emplazamiento de acuíferos geotérmicos en estas formaciones volcánicas está determinado por la conjunción de una fuente somera de calor y una buena porosidad secundaria, causada regionalmente por los esfuerzos compresivos de la subducción y, localmente, por estructuras extensionales, tales como calderas o grábenes.

El Campo Geotérmico Miravalles se local-

tura caldérica de 15 km de diámetro llamada Caldera de Guayabo. El edificio volcánico cuaternario del Miravalles creció en una posición periférica de la previamente formada Caldera de Guayabo, la cual está compuesta por la conjunción de varias calderas más pequeñas. El campo geotérmico está emplazado en una estructura local de graben orientada norte-sur (Gaben de la Fortuna), dentro de la Caldera. El Graben Fortuna muestra características neotectónicas y controla parcialmente el flujo de agua en el reservorio.

#### **Perforación de los pozos de producción:**

En la perforación de los pozos profundos

Tabla 1

Capacidad geotermoelectrica instalada por país en 1994	
País	Capacidad/MW
Estados Unidos	2594
Filipinas	888
México	752
Italia	637,3
Nueva Zelanda	285,2
Japón	270,055
Indonesia	144,5
El Salvador	105
Nicaragua	70
Costa Rica	55
Islandia	49,9
Kenya	45
China	30,716
Turquía	20
Rusia	11
Guadalupe (Francia)	4,2
Azores (Portugal)	3
Rumania	2,1
Grecia	2
Argentina	0,67
Tailandia	0,3
Zambia	0,2
Total	5970,141

contratistas en sendas campañas de perforación en los años 1979-80; 1984-86; y 1992-94.

Para proveer el vapor necesario para el funcionamiento de la primera unidad geotermoelectrica de 55 MW se han integrado diez pozos productores y cinco pozos inyectores, agrupados en tres sistemas de producción ("satélites"). Estos pozos fueron acabados con una profundidad media de 1600 m, diámetros del ademe de producción de 340 mm (13 3/8") o 244 mm (9 5/8") hasta una profundidad de cerca de 700 m, y válvulas de 305 mm (12") o 254 mm (10") respectivamente en el "árbol de navidad" en la superficie.

La selección entre los anteriores acabados de pozo (Fig. 2) fue hecha con base en las características geológicas existentes, geoquímica y producción de los terrenos en derredor, para ambos: pozos de producción y de inyección.

Durante las etapas de perforación previas a la colocación del ademe de producción, como fluido de perforación se utilizó lodo bentonítico convencional con diferentes aditivos; mientras que, a través del espesor del reservorio, se emplearon dos técnicas diferentes: perforación a ciegas con

agua en los pozos viejos y agua aireada en los pozos recientes, obteniendo así una mejor limpieza del pozo y menor daño a las formaciones productoras por acumulación de recortes.

El tiempo total empleado en la perforación de cada pozo cambió dependiendo de las condiciones adversas locales, alcanzando un tiempo mínimo de 44 días para algunos de ellos.

#### Características del reservorio:

El acuífero geotérmico está controlado principalmente por la porosidad de fracturas pertenecientes a las estructuras locales, de modo que la producción en los pozos generalmente se origina en profundidades definidas; es decir, en fracturas localizadas que alimentan el pozo. Las formaciones productoras son indistintamente andesitas, tobos, tobitas o ignimbritas. Las formaciones confinantes son andesitas cuaternarias y un depósito de "debris avalanche". Las aguas extraídas van desde neutras hasta levemente ácidas, con concentraciones de sólidos totales disueltos que varían de 7000 a 7500 ppm.

El reservorio geotérmico de Miravalles es del tipo agua dominante. La temperatura máxima medida es de 260°C, en el pozo PGM-11, en la parte norte del campo. La permeabilidad en Miravalles se debe al fallamiento que corre a lo largo de direcciones preferenciales. Los pozos intersectan una o unas cuantas de esas fallas, resultando mayormente zonas de alimentación muy localizadas.

La parte norte del campo se caracteriza por una mayor temperatura, cerca de 245°C en promedio, pero una menor permeabilidad. La producción promedio de un pozo en esta parte del campo es de 4,8 MW.

La parte central y sur del campo tiene temperatura más baja, cerca de 230°C en promedio, pero mayor permeabilidad. La producción promedio por pozo para esta parte del campo es de 9,5 MW.

La parte oeste del campo, previamente considerada como una zona apta para inyección, ha dado también buenas características productivas. Los dos pozos allí perforados para inyección tienen producciones estimadas en 11,5 y 6,5 MW. Este hecho aumenta considerablemente la capacidad generadora previamente estimada para el campo. La selección de zonas apropiadas de inyección, sin embargo, permanece como un asunto principal para desarrollo futuro.

## PERFILES DE ACABADO

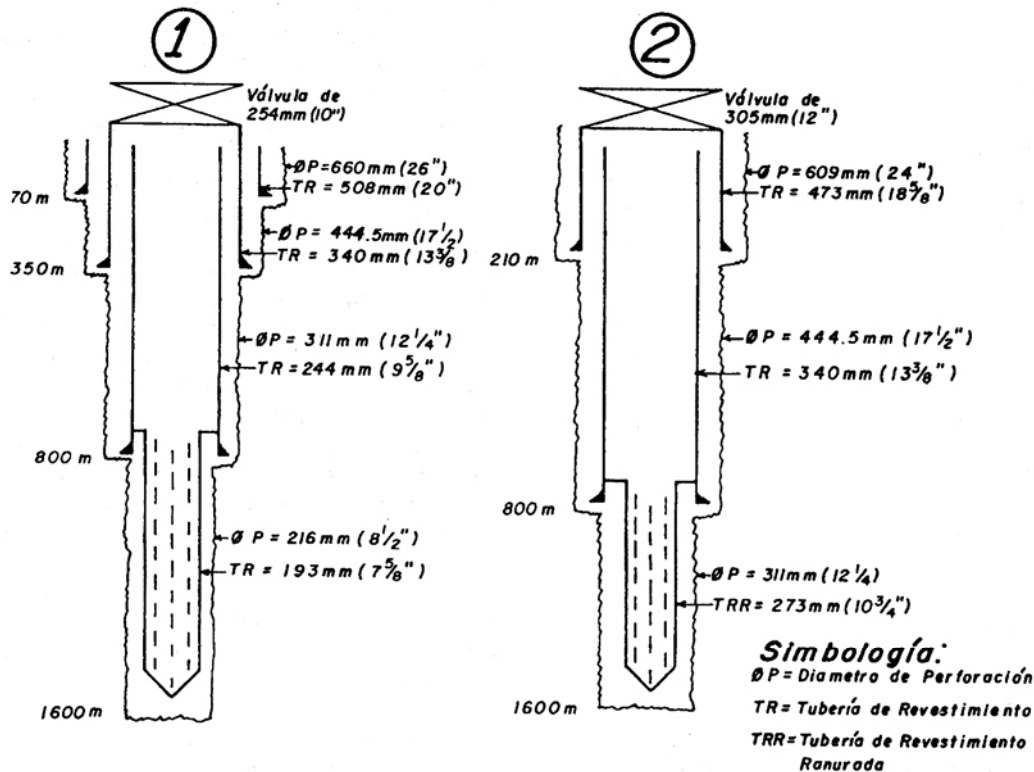


Fig. 2.: Acabados de los pozos.

### Sistema de trasiego de los fluidos geotérmicos:

La primera etapa de Miravalles obtiene su vapor de nueve pozos productores y requiere de cinco inyectores. Los productores proveen 120 kg/s de vapor, que son suficientes para generar alrededor de 55 MW eléctricos.

El sistema de trasiego está dividido en tres estaciones de separación independientes. La primera se sitúa en la parte norte del campo y tiene cinco productores y dos inyectores. Esta estación abastece cerca de 53 kg/s.

La segunda estación de separación se localiza en la parte central del campo y posee dos pozos productores y un inyector. Esta estación contribuye con 37 kg/s de vapor.

La tercera estación se localiza en la parte sur del campo y tiene dos productores y dos inyec-

tores. Esta estación provee cerca de 30 kg/s de vapor.

Además, Miravalles posee al presente dos pozos productores no utilizados (cerca de 20 MWe extra) y dos inyectores (uno para inyección en caliente y otro en frío). Esta capacidad en reserva podría usarse para la segunda etapa, pero actualmente se utilizará como respaldo para la primera etapa de Miravalles.

### Comparación entre la generación geotérmica y la hidroeléctrica en Costa Rica:

Debido a su activo vulcanismo y levantamiento tectónico, originados por la interacción de placas a lo largo del istmo centroamericano, Costa Rica posee una geomorfología joven, caracterizada por un arco magmático central que grada

rápido hacia las costas. Por consiguiente, su topografía, unida a su alta precipitación pluvial, determinan muy buenas condiciones para desarrollos hidroeléctricos. De hecho, el 79% (800 MW) de la previa capacidad eléctrica instalada de Costa Rica (1010 MW) era proveída por plantas hidroeléctricas y el remanente 21% (210 MW) por plantas térmicas. Con la nueva planta geotérmica de Miravalles la capacidad eléctrica total se ha incrementado a 1065 MW; de los cuales, la energía hidroeléctrica representa el 75%, las plantas térmicas el 20% y la geotermia el 5% (55 MW).

Dado que Costa Rica posee un desarrollo eléctrico basado en la generación hidroeléctrica, la geotermoelectricidad constituye un complemento

ideal para ella, por su mayor factor de uso de las plantas (aproximadamente un 90% o más, comparado con cerca del 50% para la hidroelectricidad), debido a su no dependencia estacional. Por esta razón, el anterior 5% de la capacidad eléctrica instalada total sube a un 8% si se considera como energía generada. Por su constancia en la producción, la energía geotérmica se utiliza en abastecer la demanda base de electricidad; mientras que la hidroeléctrica es más apropiada para abastecer los picos de la demanda.

Cuando la segunda etapa de Miravalles esté concluida por 1997, con la generación de 55 MW adicionales, la energía geotermoelectrica representará el 15% del total de energía eléctrica generada por el país.