

350.

Miguel Ruiz Tagle S.
1974



DOCUMENTO INFORMATIVO

GENERALIDADES SOBRE GEOTERMIA

P O R

VICTOR MASJUAN TORRES

COMITE PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA GEOTERMICA-CORFO

PROGRAMA CORFO-NACIONES UNIDAS

Santiago, Febrero de 1974.-

I N T R O D U C C I O N

El presente documento ha sido preparado con el objeto de informar en qué consiste la Geotermia, cuál es el desarrollo mundial y en Chile de ella, y cuales son los beneficios que pueden obtenerse.--

Se ha puesto especial énfasis de no enfocarlo como un documento técnico sino informativo, que permita comprender lo expuesto, sin necesidad de poseer una base científica y/o académica.--

Se ha dividido en 8 partes o capítulos en los cuales se pretende dar una explicación del fenómeno geotérmico en sí, los principios que rigen la explotación de los recursos geotérmicos, las fases del desarrollo de las actividades para el aprovechamiento de los productos de ellos derivados, el grado tecnológico necesario, costos de explotación, y el avance de la geotermia tanto en el mundo como en Chile; todo ello enmarcado en un enfoque netamente objetivo sobre la materia, salvo el último capítulo en el que se vierten comentarios generales subjetivos del autor.--

Las conclusiones o aspectos más relevantes que de su lectura pueden deducirse son:

- a) Los recursos geotérmicos consisten en vapor y/o agua caliente que escurren subterráneamente a través de rocas permeables, que convenientemente procesados pueden dar origen a bienes tales como energía eléctrica y calórica, agua y sales minerales.--
- b) Los yacimientos geotérmicos son verdaderas "calderas naturales", que mediante pozos de perforación se provee de un medio ordenado y controlado de transporte de los recursos geotérmicos desde la profundidad a superficie.--
- c) Los recursos geotérmicos pueden clasificarse como recursos naturales renovables.--
- d) Las fases del desarrollo necesaria para el aprovechamiento de los recursos geotérmicos son seis: ~~prospección~~, ~~exploración~~, ~~perforación~~, explotación, generación y distribución.--
- e) La tecnología necesaria para ese aprovechamiento se encuentra en su mayoría disponible en el mundo, aunque se acepta que es necesario realizar actividades científicas y experimentales aún en varios campos, para su mejor eficiencia y utilización.--
- f) Los costos de generación eléctrica, derivados de la Geotermia, son altamente competitivos frente a otras alternativas energéticas; aún más si se considera la actual crisis mundial.--
- g) Existe en el último decenio un marcado interés por el aprovechamiento de los recursos geotérmicos en el mundo entero para distintas aplicaciones: energía eléctrica (1.000 MW en ca-

pacidad actualmente instalada), calefacción y refrigeración en áreas pobladas, usos agrícolas, turismo, recuperación de sales minerales, producción de agua potable, agrícola y/o industrial, y otros usos varios más específicos.-

- h) Existe una asociación entre el volcanismo existente en el mundo y los fenómenos geotérmicos, de lo cual se deduce que Chile puede poseer un enorme potencial de estos recursos.-
- i) Presenta grandes ventajas económicas especialmente en países en vías de desarrollo.-
- j) El desarrollo de las actividades geotérmicas en Chile ha sido lento y debe ser acelerado cuanto antes, pues se estima de consecuencias beneficiosas para el país, por lo cual su potencial debe ser evaluado a la brevedad.-
- k) La evaluación preliminar de la descarga de los pozos ya perforados en El Tatio (Provincia de Antofagasta) entrega un caudal de 130 lts/seg. con un potencial energético del orden de los 10.000 KW.

GENERALIDADES SOBRE GEOTERMIA

1. Definiciones.-

Se conoce con el nombre de Geotermia aquella rama del saber científico y tecnológico que trata sobre la prospección, explotación y utilización de los recursos geotérmicos.-

Se clasifican como recursos geotérmicos al vapor y/o agua caliente salobre que circula subterráneamente a través de rocas permeables.-

Los recursos geotérmicos, convenientemente procesados, pueden dar origen a bienes tales como: energía eléctrica, energía calórica, agua y/o sales minerales.-

Conviene agregar que comúnmente se habla de energía geotérmica como aquella que proviene de la energía calórica interna natural de la Tierra, es decir, calor proveniente del magma terrestre.-

Los recursos geotérmicos, previamente definidos, implican la existencia de un sistema hidrológico salino, de temperatura anormalmente alta.- Este sistema hidrológico tiene su origen en precipitaciones pluviométricas que caen en cierta región, conocida como zona de recarga, donde parte de ellas filtran hacia subsuperficie, escurriéndose y/o evaporándose el resto.- El agua filtrada interacciona químicamente con las sales minerales depositadas o presentes en las rocas por las cuales circula, incrementando la salinidad de este flujo.- En su trayectoria el sistema hidrológico atraviesa una zona de alta temperatura y flujo calórico, el cual proviene de "porciones o bolsones magmáticos" entrampados en la corteza terrestre a una profundidad menor que lo normal, cuya evidencia más simple lo constituye la presencia de volcanes.- De ahí que este sistema hidrológico o acuífero se calienta, aumentando aún más la salinidad, producto de la diferencia de temperatura.- En su consiguiente trayectoria este fluido encuentra restricciones, barreras u obstáculos de carácter geológico que imposibilitan su normal camino, apareciendo en superficie en forma de manifestaciones geotérmicas naturales como ser: fumarolas (vapor) geysers (mezcla de vapor y agua en ebullición) y fuentes termales (agua caliente), a través de fisuras o fallas de conexión entre superficie y los estratos por los que circula el fluido.-

Aquel conjunto compuesto por el sistema hidrológico, la fuente calórica y las condiciones geológicas especiales, conocida como estructura geológica, forman lo que se da en llamar un yacimiento geotérmico.-

Como podrá apreciarse, un yacimiento geotérmico es una verdadera "caldera natural", ya que en ésta (estructura geológica) existe un fluido (sistema hidrológico) que es calentado por algún tipo de energía térmica (fuente calórica).-

Se diferencia de una anomalía geotérmica, la cual es una región donde existe solamente una gradiente térmica anormalmente alta (sólo fuente calórica) y de una cuenca geotérmica, la cual es una anomalía geotérmica donde existe un sistema hidrológico dinámico, pero carece de la configuración física de la caldera natural, es decir, de la estructura geológica, la cual puede asociarse como el estanque de agua de una caldera convencional.-

Los recursos geotérmicos, en especial la energía geotérmica, pertenecen a aquella rama de los recursos naturales renovables, por cuanto, el sistema hidrológico puede ser comparado con el mismo asociado a la producción de energía eléctrica por medio de centrales hidroeléctricas. Aún más, el sistema hidrológico geotérmico, a diferencia del utilizado en estas últimas centrales eléctricas, no es, más que ligeramente, afectado por los ciclos normales pluviométricos.- Por otra parte, aunque no totalmente cierto, tanto la estructura geológica de la "caldera natural" como la fuente calórica, poseen un carácter permanente, ya que la primera puede ser ligeramente afectada por movimientos telúricos o cambios en la permeabilidad de la roca por depositaciones de las sales del sistema hidrológico; y la fuente calórica tiene una degradación energética lenta, producto de su enfriamiento, la cual involucra enormes tiempos (del orden de los 70.000 años para bajar la temperatura de 1.200° C a 900° C).-

2. Principios de la explotación geotérmica.-

En general, las fases del desarrollo de los recursos geotérmicos van dirigidas a la detección de la "caldera natural" y sus características principales.- Por medio de pozos de sondaje se comunica en forma ordenada y controlada esta caldera con la superficie. Una vez el fluido endógeno alcanza ésta, es convenientemente procesado, de tal modo, que el vapor que resulte de este proceso es enviado a turbinas que mueven generadores, produciendo energía eléctrica la cual es distribuida a los centros de consumo.- El agua salina que del proceso previo se obtiene a cierta temperatura, puede ser enviada a plantas o centros desaladores, los cuales generalmente consisten en una serie de evaporadores en serie (sistema múltiple efecto), en los cuales se aprovecha la evaporación que se obtiene por las caídas sucesivas de presión por una parte; y por la transferencia de energía calórica del vapor que calefacciona un determinado evaporador, proveniente del evaporador inmediatamente anterior, por otra.- Los vapores de esta planta así obtenidos, en conjunto con el vapor proveniente de las turbinas que mueven los generadores de la central eléctrica, pueden ser condensados en torres de enfriamiento secas, y servir como agua primaria para usos tales como potable, agrícola y/o industrial.-

El desecho de la planta o central desaladora es una salmuera enriquecida por las sucesivas concentraciones, la cual puede ser tratada en plantas recuperadoras de sales minerales, a granel o en forma selectiva; eliminándose el residuo ya sea por reinyección en pozos perforados para tal efecto, en piletas de decantación, o mediante drenajes naturales.-

En consecuencia, también puede afirmarse que el proceso de explotación y utilización de los recursos geotérmicos es un proceso ambientalmente anticontaminante en general, salvo ligeras excepciones.-

La utilización de los recursos geotérmicos como fuente de energía calórica no sólo es aprovechada en el proceso descrito, sino también puede dirigirse vapor de baja presión y/o agua caliente de moderada temperatura para calefacción industrial, cultivos en invernaderos y otros usos menores.-

3. Fases del desarrollo de los recursos geotérmicos.-

Las fases que se requieren para llegar desde la detección de los recursos geotérmicos hasta la utilización de los bienes derivados de ellos, pueden sintetizarse en seis, a saber: prospección, exploración, perforación, explotación, generación y distribución.- Veamos brevemente cada una de estas fases en qué consiste:

- a) Prospección.- Caracterizada por un rápido reconocimiento de los posibles yacimientos geotérmicos, basada en la existencia de antecedentes históricos y disciplinas tales como geología, geoquímica y peraeofotogrametría infrarroja.-
- b) Exploración.- Realizada la fase anterior con resultados positivos, ésta se caracteriza por trabajos típicos de exploraciones, utilizando técnicas tales como: climatología, topografía, geología, geobalística, magnetometría, gravimetría, geofísica, geoquímica, termometría e hidrogeología.- A veces se hace uso de perforación de reconocimiento (pozos de pequeño diámetro).- El conjunto de estos trabajos tiende a individualizar las principales características del yacimiento en estudio, vale decir, la "caldera natural", con el fin de decidir la conveniencia de iniciar la fase siguiente. Si los resultados obtenidos son positivos, esta fase termina con la selección de las áreas más prometedoras del yacimiento para la perforación de pozos de producción.
- c) Perforación.- Ya al iniciar esta fase se tiene individualizada nuestra "caldera" y el paso lógico siguiente es poner en comunicación ésta con la superficie en forma ordenada y controlada.- Para ello se perforan pozos de producción (pozos de gran diámetro) en aquellas áreas seleccionadas en la fase anterior, teniendo principal-

mente en cuenta dos factores principales: máxima permeabilidad y máxima temperatura, es decir, máxima descarga volumétrica y energética.-

Por este medio, el fluido endógeno (vapor y/o agua caliente) es transportado a superficie.-

d) Explotación.- Esta fase se caracteriza por la evaluación termodinámica y volumétrica de los pozos perforados, la determinación de sus potenciales energéticos y volumétricos, estudios de comportamiento de campo y sus reservas probadas y potenciales, estudios de factibilidad técnicos y económicos de centrales de proceso y generación de bienes, y la instalación de todos aquellos equipos necesarios para el proceso y conducción de los recursos geotérmicos a las centrales de generación de bienes.-

e) Generación.- Genéricamente esta fase se define como aquella que transforma los recursos geotérmicos en bienes utilizables, vale decir, el proyecto, construcción y operación de centrales geotermoeléctricas, desaladoras, plantas recuperadoras de sales minerales valiosas, y otros tales como: centros de calefacción y refrigeración, cultivos mediante invernaderos, turismo y algunos más especiales: producción de agua pesada, usos en la producción de celulosa, etc. como se menciona en la bibliografía mundial existente.-

f) Distribución.- Los bienes producidos derivados de los recursos geotérmicos de la fase anterior deben ser distribuidos a los centros de consumo, mediante ya sea el caso, líneas de transmisión eléctrica, acueductos, transporte de sales minerales recuperadas, sistemas de calefacción y refrigeración, etc.

También a esta etapa le compete la eliminación de desechos industriales.-

4. Tecnología.-

Los procesos tecnológicos involucrados en las diferentes fases están en su mayoría dominados por el hombre, y actualmente existe a escala mundial un marcado aceleramiento en la investigación, desarrollo y aplicación de tecnologías cada vez más eficientes y económicas.

Es así que aunque el total esclarecimiento y predicción del comportamiento del fenómeno geotérmico está aún en desarrollo, la instalación de centros generativos principalmente de energía eléctrica comienza a marcar un acelerado desarrollo mundial, en gran medida debido a sus costos altamente competitivos, incrementados aún más por la actual crisis energética mundial, y al enorme éxito que han obtenido ya las existentes plantas geotermoeléctricas repartidas en la Tierra.

A modo de ejemplo, el yacimiento The Geysers (California, USA) ha experimentado el siguiente desarrollo acumulativo: 12 MW (1960), 26 MW (1963), 54 MW (1966), 81 MW (1968), 190 MW (1971), 300 MW (1973), estimándose una reserva total de 3.000 MW (valores 1971).-

En lo que se refiere a técnicas de perforación, ellas ya no constituyen problema y su perfeccionamiento va a la par con la de la industria petrolera.- En explotación, las instalaciones necesarias y sistemas de evaluación son cada día más eficientes y precisos. Experiencias de laboratorio ya se están sometiendo a escala industrial, y muchas de ellas ya forman parte del conjunto tecnológico convencional actualmente dominado.-

En generación, las plantas geotermoelectricas no se diferencian fundamentalmente de los convencionales y enormes adelantos se han conseguido no sólo en las unidades turbogeneradoras, sino también en sus sistemas de enfriamiento, equipos auxiliares y ciclos térmicos.-

En Desalación, probablemente, existen varias etapas tecnológicas que aclarar, debido a que convencionalmente su proceso implica energía y agua independientemente (Plantas Desaladoras de agua de mar calefaccionadas con combustible), mientras que en Geotermia, ambas variables van unidas y actúan dependientemente.-

Finalmente la distribución de todos aquellos bienes derivados de los recursos geotérmicos utilizan sistemas convencionales probados.-

En todo caso no se desea pretender que los problemas tecnológicos que origina la utilización de los recursos geotérmicos están del todo resueltos, sino enfatizar en el marcado desarrollo que se está obteniendo y su grado de sofisticación para producir mayor eficiencia y economía.

5. Economía.-

En toda producción de bienes debe al menos considerarse dos factores: la necesidad del bien y su costo.- Para este último debe estudiarse las diferentes alternativas de procesos de producción y seleccionar, entre otras variables, la de costo más atrayente.-

Es obvio que en esta selección pueden intervenir variables o factores de mayor importancia que la del costo en sí, pero no cabe duda que éste en general es de los primordiales.-

En esta etapa no se pretende discutir de si frente a una situación concreta los bienes derivados de los re-



cursos geotérmicos son en sí de mayor o menor costo; sino reflejar algunos valores internaciones que sobre el tema han circulado.-

Costos de operación de plantas eléctricas

<u>Tipo de planta.</u>	<u>Costo en Mills de US\$ por KWH</u>
Nuclear	5,42 - 11,56
Hidroeléctrica	5,00 - 11,36
Termoeléctrica	5,47 - 7,74
Geotérmica	2,00 - 3,00

Fuente: Facca and Dam, Geothermal Power Economics (Los Angeles, Worldwide Geothermal Exploration, 1968), p. 43

Costos de Energía Eléctrica en los Estados Unidos en mills/KWH

<u>Tipo de combustible</u>	<u>Con factor de carga variable</u>	<u>Con factor de carga base.</u>
Petróleo	6,27	4,87
Gas natural	6,19	4,82
Carbón	6,14	5,22
Nuclear	5,49	5,42
Hidroeléctrica	4,79	3,45
Geotérmica	2,96	2,96

Fuente: Alvin Kaufman, "An Economic Appraisal of Geothermal", Public Utilities Fortnightly, Set. 30, 1971, pp 19-23

Desde 1968, las misiones técnicas de asistencia de las Naciones Unidas han estimado los siguientes costos de generación eléctrica en los países que se indican comparados con la alternativa más competitiva, expresados en Mills/KWH., para plantas entre 5 MW y 330 MW.

<u>País</u>	<u>Alternativa Geotérmica</u>	<u>Alternativa Competitiva</u>
Nicaragua	5,6	9,1 (térmica)
Guatemala	5,7	9,1 (térmica)
Etiopía	4,0	6,0 (hidro)
Etiopía	5,8	27,6 (diesel)
Filipinas	3,6	6,25 (térmica)
Filipinas	9,2	16,0 (diesel)
Grecia	3,2	6,7 (térmica)
India	3,0	7,1 (térmica)
Kenya	4,11	8,92 (hidro)
El Salvador	6,6	- . -

Fuente: Extractado de Geothermics, March 1972, p. 44.-

Costos de Generación de energía eléctrica en Estados Unidos.

<u>Tipo</u>	<u>Costo (mills/KWH)</u>
Térmica (petróleo pérsico)	10 (*)
Térmica (petróleo continental americano)	10 (*)
Geotérmica	6
Nuclear	12

(*) Petróleo a razón de US\$ 3,50/barril

Fuente: Geothermal Resources for Electric Power Production: Their present status and future prospects, by G. R. Robson.

La lista de cuadros de costos que podrían presentarse es larga y no es ese el propósito, sino mostrar, adecuadamente que los costos de generación eléctrica por métodos geotérmicos no son sólo económicos sino altamente competitivos.- Cabe mencionar que todos estos cuadros han sido producidos con anterioridad a la actual crisis energética, derivada del alza sustancial de los precios del petróleo, que de ser actualizadas mejorarían aún más las ventajas económicas de la utilización de la energía geotérmica.

Un extracto de un artículo publicado por la Sección Energía de las Naciones Unidas: "Aspects of the Development of Geothermal Resources in less Developed Countries", Geothermics, March 1972, pp 42-45, refiriéndose a los aspectos económicos de la generación de energía eléctrica en países en vías de desarrollo indica las siguientes ventajas:

- a) Simplicidad de instalaciones
- b) Costos de capital bajos por unidad de potencia instalada
- c) Ahorro de divisas por importación de combustibles.- Una planta de 30 MW representa un ahorro de US\$ 1.500.000 anual en importación de petróleo a US\$ 20/Tonelada de "fuel oil"
- e) La ausencia de combustible en una planta geotérmica significa que prácticamente todos los costos de operación son fijos, siendo éstos independiente del factor de carga.
- f) Efecto escala altamente ventajoso
- g) Facilidad de ampliación de acuerdo al crecimiento de la demanda, en volúmenes bajos de capacidad agregada a instalar.
- h) Ideal para operar con factor de carga base, a diferencia de las hidroeléctricas que dependen de la topografía e hidrología local.
- i) No produce contaminación en general; y en especial, tiene fácil solución.

En este capítulo se ha hecho especial referencia a la producción de energía eléctrica en lo que aspectos económicos se refiere.- La razón se debe que de los recursos geotérmicos, la producción de energía eléctrica ha sido la principal utilización hasta la fecha.

En lo que respecta a recuperación de sales minerales, la información disponible no es tan abundante como la anterior, pero ciertos valores indicadores pueden ser expuestos:

- a) En el Valle Imperial de California (USA), la venta de los minerales por pozo perforado puede ser tan alta como US\$ 300.000 anuales.-
- b) En ciertos proyectos geotérmicos en Latinoamérica, asistidos por las Naciones Unidas, el ingreso total proveniente por la venta de sales minerales de Cesio y Litio puede variar entre 1 y 3 millones de dólares por pozo.-
- c) Cloruro de Magnesio encontrado en fuentes termales en Etiopía puede ser producido con bajísimo costo, mientras el precio de la tonelada en el mercado mundial es de US\$ 700.-

En lo que a producción de agua se refiere, tal cual se expresara anteriormente, no existe actualmente ninguna planta desaladora geotérmica industrial en operación, de modo que el aspecto económico no puede ser mencionado seriamente.

En todo caso existe evidencia que agua puede producirse por métodos geotérmicos a costos competitivos.- Más aún, para algunos proyectos geotermoeléctricos específicos el agua puede ser considerada como un subproducto del proceso, lo que al estudiar sus costos de producción, éstos pueden resultar más bajos, al tomar en cuenta sólo las inversiones marginales para su proceso y utilización.- Además, en aquellos casos en que el agua cobre un interés mayor que la producción de energía eléctrica (p. ej.: zonas desérticas), la explotación geotérmica puede ser dirigida a la máxima obtención de la primera en desarrollo de la última, lo cual ciertamente redundaría en un menor costo de producción.-

Finalmente debe destacarse que si en un proyecto de utilización de recursos geotérmicos el efecto deseado es la producción, de un bien determinado, las consideraciones económicas podrán variar sustancialmente si éste es tratado como un complejo, es decir, producción de más de un bien, ya que los productos que se desean obtener pueden ser dependientes entre sí.-

6. Geotermia en el Mundo.-

En el último decenio se ha comenzado a observar, a escala mundial, un marcado interés por la utilización de los recursos geotérmicos, preferentemente, la producción de energía eléctrica.- Si bien es cierto, entre 1961 y 1970 la capacidad de generación eléctrica instalada, por métodos geotérmicos, au-

mentó de 600 MW a sobre 900 MW, resultando una tasa de crecimiento muy pequeña, y actualmente es cercano a las 1.000 MW, un notable aumento en el número de países interesados en la explotación de estos recursos se ha observado paralelamente, y actividades de exploraciones, perforaciones y explotación se realizan cada día con mayor intensidad en muchos de ellos.

Es así que de una decena de países ya preocupados por Geotermia en 1961, de la lista actual, podemos nombrar los siguientes entre los de cierto desarrollo importante de actividades: Algeria, Canarias, Checoslovaquia, CHILE, Colombia, El Salvador, Etiopía, Filipinas, Grecia, Guatemala, Hawai, Hungría, Indonesia, Islandia, Italia, Japón, Kenya, Méjico, Nicaragua, Nueva Zelandia, Taiwán, Turquía, URSS, USA y Yugoslavia.-

Al analizar esta lista, no es raro observar que las zonas de actividades geotérmicas en ellas se encuentran en regiones altamente volcánicas. Más aún, la mayoría de ellos se agrupan en torno a los llamados "cinturones de fuego" del océano Pacífico y del Mar Mediterráneo, caracterizados por su alto grado de volcanismo.- Es así entonces que existe una notable asociación entre volcanismo y geotermia, de modo que es posible afirmar que Chile puede poseer un gran potencial geotérmico.-

De la información que se dispone, la utilización presente o en proyecto de los recursos geotérmicos en los distintos países, por su tipo de aplicación es la siguiente:

a) Energía Eléctrica.-

- Italia: 390 MW instalados en las cercanías de Lardarello (Florencia)
- U.S.A.: 300 MW instalados en The Geysers (California) y por entrar en operación, 110 MW adicionales.-
- Nueva Zelandia: 192 MW instalados en Wairakei y en proyecto 200 MW adicionales en Bwadlands.-
- Méjico: 75 MW instalados en Cerro Prieto (Mexicali) y en proyecto 75MW adicionales en el mismo yacimiento.-
- Japón: 32 MW instalados en Matsukawa (20 MW) y Ohtake (12 MW) y en proyecto 30 MW (Hachobaru) adicionales.-
- Unión Soviética: 6 MW instalados en la península de Kamchatka.-
- Islandia: 3 MW instalados.-
- El Salvador: 30 MW por instalar y en proyecto 60 MW adicionales en Ahuachapán.-

Del listado se deduce que actualmente existe una capacidad mundial instalada y en operación de 998 MW, por entrar en operación 100 MW y en proyecto 395 MW.-

b) Agua Potable.-

Froyectos en Islandia y Méjico.-

c) Calefacción y refrigeración en área pobladas.-

En operación en Islandia, Nueva Zelandia y Japón, y en proyecto en URSS y Hungría.

d) Usos Agrícolas.-

En operación en Islandia, Japón, Nueva Zelandia y USA.-

e) Turismo.-

En operación en USA, Japón y Nueva Zelandia.-

f) Recuperación de sales minerales.-

En proyecto en Islandia, Japón, Méjico, USA y Etiopía.-

g) Uso industrial.-

En operación en N. Zelandia en la producción de papel, en proyecto en Islandia en la producción de diatomitas y abandonado en Italia en la producción de ácido bórico.-

h) Producción de agua pesada (D₂O).-

En proyecto en Nueva Zelandia y en Islandia.-

Resumiendo, es posible afirmar que existe un marcado interés mundial por el aprovechamiento de los recursos geotérmicos, y que su aplicación en operación o en proyecto es múltiple.-

7. Geotermia en Chile.-

Chile es un país geotérmico y la mejor evidencia es la presencia de la larga cordillera volcánica de Los Andes y el gran número de manifestaciones geotérmicas naturales.- El único aprovechamiento actual de los recursos geotérmicos es el turismo que se realiza en las localidades donde se presentan estas manifestaciones naturales, ya sea por su magnificencia o por sus condiciones terapéuticas (baños termales).-

Desde un punto de vista industrial, parece ser que El Tatio, localidad del Departamento de El Loa en la provincia de Antofagasta, a 4.000 mts. de altura en el Altiplano y cerca de 100 Kms. al este de Chuquicamata, ha sido el primer yacimiento geotérmico que comenzó a ser estudiado para una eventual producción de energía eléctrica.-

Ya en 1921, un ingeniero italiano llamado Ennio Tocchi, con experiencia geotérmica en Larderello, inició perforaciones de pozos industriales en esta localidad, debiendo suspender las actividades por problemas técnicos y financieros.-

En 1967, ya en conocimiento de informes realizados en el Norte del país, el Gobierno de Chile y las Naciones Unidas firmaron un convenio para estudiar el aprovechamiento de los recursos geotérmicos en un área de 108.000 Km², de las provincias de Tarapacá y Antofagasta, entre el meridiano 69° 30' y la frontera oriental chilena.- Los objetivos perseguidos por ese convenio eran: reconocer el área en estudio; seleccionar las localidades más promisorias; realizar trabajos de exploración en ellas; perforar pozos de reconocimiento y evaluación, que de ser positivos, se continuarían con perforación de pozos de producción; realizar estudios de producción y evaluación; y emprender un estudio de factibilidad técnico y económico, para aprovechar los recursos geotérmicos descubiertos.-

La Corporación de Fomento de la Producción fué nombrada por el Gobierno como organismo gubernamental participante en este Convenio, y para materializarlo, esa Corporación creó el "Comité para el Aprovechamiento de la Energía Geotérmica" para cumplir dicha misión.-

El desarrollo histórico de las actividades del proyecto desde su fecha de iniciación en Julio de 1967 hasta el presente, ha sido el siguiente:

- a) Provisión de infraestructura para las operaciones a ejecutar, la cual comprende la habilitación de oficinas y Campamentos, caminos de acceso, contrataciones de personal, adquisiciones nacionales y extranjeras, etc.
- b) Reconocimiento preliminar del área de Convenio, comprendiendo la prospección inicial geológica y geoquímica de ella, detectando una decena de anomalías geotérmicas, de las cuales se seleccionaron tres para mayores estudios; a saber: El Tatio en la Provincia de Antofagasta, Fuchuldiza y Suriri en la Provincia de Tarapacá, ubicadas cerca de la frontera oriental chilena y sobre 4.000 mts. de altura en el Altiplano.
- c) Desarrollo del yacimiento El Tatio, el cual comprende el reconocimiento exploratorio general y en detalle consistente en trabajos climatológicos, topográficos, geológicos, geofísicos, geoquímicos, termométricos e hidrológicos; perforación de 6 pozos de reconocimiento y evaluación de pequeño diámetro (4½"), como base para la selección del área de perforación de pozos de producción; perforación de 5 pozos de producción de gran diámetro (10"), los cuales se conectarán a la planta geotermoeléctrica; y evaluación preliminar de la descarga volumétrica y energética de 4 de ellos.
- d) Desarrollo del yacimiento Fuchuldiza, el cual comprende el reconocimiento exploratorio general y en detalle, similar al de El Tatio, suspendido en 1971 por falta de recursos. En todo caso falta muy poco para completar este reconocimiento.
- e) Desarrollo del yacimiento Suriri, el cual sólo comprende actividades preliminares geológicas y topográficas del área, suspendiendo las faenas en 1971 por falta de recursos.

f) Actividades anexas, las cuales comprenden el adiestramiento de personal chileno, mediante becas de perfeccionamiento en el extranjero y trabajo en conjunto con los expertos de Naciones Unidas en Chile, en disciplinas de especialización geotérmica; construcción de instalaciones; estudios y proyectos complementarios (p. ej: instalación de una planta piloto refinadora de azufre en El Tatio) etc.

Los resultados del proyecto con Naciones Unidas hasta el presente han sido los siguientes:

- a) En el Tatio la evaluación preliminar volumétrica y energética de 4 de los 5 pozos perforados (el 5º será evaluado a mediados de Marzo) ha dado como resultado una producción del orden de 130 lts/seg de caudal total de descarga con cantidad de vapor suficiente para generar 10.000 KW de potencia eléctrica.
- b) En Puchuldiza los trabajos de exploraciones no han sido aún finalizados, por falta de recursos, pero los hasta ahora obtenidos son promisorios; y en Suriri no hay mayores resultados.-

El Programa a ejecutar hasta el fin del proyecto con Naciones Unidas, estimado en Setiembre de este año, se centra casi exclusivamente en El Tatio, el cual considera; perforación de 2 pozos de producción adicionales; evaluación volumétrica y energética de toda el área de producción; estudio de factibilidad técnico y económico de El Tatio en lo que a instalación de central eléctrica se refiere, incluyendo aspectos complementarios como ser: utilización del agua (central desaladora), recuperación de sales minerales y otros; y la instalación y operación de una planta piloto desaladora de 40 m³/día, donada por Gran Bretaña, bajo el programa de asistencia técnica con ese país.-

En el aspecto general, el programa a ejecutar consultará informes finales de los expertos de Naciones Unidas en las distintas disciplinas geotérmicas y recomendaciones para futuro desarrollo en el área de convenio, con mención especial para El Tatio y Puchuldiza; y un informe final del Proyecto que será presentado al Supremo Gobierno.-

8. Comentarios Generales.-

Las actividades geotérmicas en Chile no sólo deberán seguir con la finalización del Convenio con Naciones Unidas, sino deben ser incrementadas a medida que el país las permita y requiera.-

Dado un estudio de factibilidad técnico y económico positivo para el caso de El Tatio, debe continuarse con la etapa siguiente de gastos de inversión para centrales de proceso generadores de productos (centrales eléctricas, desaladoras y/o recuperadoras de sales minerales).-

La reactivación de las faenas en Puchuldiza y Suriri debe ser emprendida para la continuidad eficiente de las actividades geotérmicas en conjunto con la preparación de un catas-

tro completo nacional de anomalías y posibles yacimientos geotérmicos, de modo que en el futuro, a medida que el país lo necesite, se integren nuevos centros de generación de bienes, derivados de los recursos geotérmicos.-

Frente a la actual crisis mundial energética, la Geotermia puede jugar un papel importante en la zona norte del país, carente de recursos hidroeléctricos, con el beneficio adicional de poder proporcionar agua potable, agrícola y/o industrial para una gran zona desértica, sin excluir algunos otros productos derivados adicionales, como ser recuperación de sales minerales.-

Siendo Chile un país altamente volcánico y dada su asociación con los fenómenos geotérmicos, la evaluación del potencial energético que de ellos puede derivarse debe ser rápidamente emprendida, con el fin de sustituir en el futuro, parte de la energía que actualmente se importa, produciendo un ahorro de divisas para el país.-

