

REVISTA ENERGETICA

AÑO 8

2/84

Marzo - Abril/84
March - April/84



Organización Latinoamericana de Energía
Latin American Energy Organization

PROGRAMA REGIONAL DE GEOTERMIA **olade** THE REGIONAL GEOTHERMAL
PROGRAM **olade** VULCANOLOGIA APLICADA A LA EXPLORACION GEOTERMICA
olade VOLCANOLOGY APPLIED TO GEOTHERMAL EXPLORATION **olade**
MOMOTOMBO: UN VOLCAN AL SERVICIO DEL PAIS **olade** MOMOTOMBO: A
VOLCANO AT THE SERVICE OF THE PEOPLE **olade** BIOMASA BIOCOMBUSTIBLES
BIOENERGIA **olade** BIOMASS BIOFUELS BIOENERGY **olade**

PROGRAMA REGIONAL DE GEOTERMIA

INTRODUCCION

- La situación geodinámica de los países latinoamericanos de la Costa Pacífica, favorece la existencia de un ambiente tectónico de margen continental activo (límite entre placas convergentes) el mismo que origina un amplio frente volcánico dominado por magmas andesíticos y sus productos diferenciados que, al producirse y ascender hacia la superficie en grandes volúmenes, determinan una anomalía térmica regional y un ambiente ideal para el desarrollo de campos geotérmicos de alta entalpía.
- El continente sudamericano corresponde a un gran ambiente geodinámico caracterizado por la convergencia entre la placa oceánica de Nazca que subduce bajo la placa continental sudamericana provocando un proceso del que resulta la cordillera de los Andes que se extiende, por miles de kilómetros, desde Argentina hacia la frontera colombo-venezolana, atravesando Chile, Bolivia, Perú y Ecuador. Esto representa que los Países Andinos ofrecen un gran interés geotérmico, justamente por la presencia de grandes fenómenos volcánicos que han ocurrido durante varios millones de años.
- En el caso de Centroamérica la situación geodinámica es aún más compleja, debido a la existencia de una unión triple provocada por el contacto entre tres (3) placas: la oceánica de Cocos y las continentales de Norteamérica y el Caribe.

De esta situación resulta un ambiente tectónico caracterizado por la subducción de la placa de Cocos y el consiguiente desarrollo de vulcanismo andesítico a lo largo de la faja pacífica de México, Nicaragua, Costa Rica, y parcialmente Honduras y Panamá.

Paralelamente con esos fenómenos de subducción, se desarrollan límites transformantes como los que caracterizan a los bordes septentrional y meridional de la placa del Caribe y que afectan a Guatemala y parte de las Antillas, al norte, y el borde septentrional del Continente Sudamericano, (Colombia y Venezuela) al Sur.

Las áreas de interés geotérmico corresponden tanto a las fajas pacíficas de vulcanismo andesítico como a las zonas de cruce entre el frente volcánico activo y las depresiones transversales.

- Como consecuencia del alto potencial geotérmico antes descrito, un gran número de países latinoamericanos iniciaron durante la pasada década sus programas de exploración geotérmica, principalmente alentados por el éxito obtenido en los primeros proyectos de México y El Salvador e impulsados por el brusco incremento de los precios del petróleo, que tuvo lugar en aquella época, dificultando seriamente la posibilidad de continuar disponiendo de energía térmica a base de petróleo y de bajo costo.

En América Latina, la geotermia ha sido utilizada casi exclusivamente como una fuente para la ge-



neración eléctrica constituyéndose en una alternativa de sustitución del petróleo para esos fines.

- La producción de energía eléctrica a partir de la geotermia ha crecido rápidamente de 563 GW-H en 1975 a 1809 GW-H en 1982, concentrada en México y El Salvador. Las previsiones indican que hacia 1985 se incrementará la capacidad instalada de 300 MW a 790 MW, con lo que se alcanzaría una generación de alrededor de 4700 GW-H. En 1983 fue inaugurada la primera etapa de la central de Momotombo (35 MW) en Nicaragua.
- Aún cuando la participación en la generación eléctrica en América Latina todavía es baja (0.4%), en El Salvador representa hasta un 45% la producción de energía eléctrica durante 1982.

En Nicaragua, con la primera etapa de Momotombo se cubre un 25% del total de la energía eléctrica consumida en el país; al entrar en operación la segunda etapa se espera alcanzar un 40%.

- De esta forma podría afirmarse que la geotermia puede jugar papeles importantes dentro del sector eléctrico de los países que disponen del recurso, y asimismo predecirse que, una vez terminada la evaluación de su magnitud ésta tendría una alta prioridad para su desarrollo y explotación.
 - En efecto, actualmente se desarrollan actividades más o menos continuas e intensivas en 18 países de la región, debiendo destacarse el impulso adquirido en aquellos que requieren sustituir el consumo de derivados de petróleo, por ser importadores netos, o por encontrarse cerca del límite del aprovechamiento de sus recursos hídricos.
- Pueden así constituirse en un gran aporte de energía firme (centrales de base) muy importante para los sistemas eléctricos en vías de integración, afianzándose como una buena alternativa de sustitución del petróleo y sus derivados, complementariamente con la hidroelectricidad.
- Teniendo en cuenta lo anterior, el Programa de Geotermia de OLADE, estuvo originalmente orien-

tado, de manera fundamental a promover y difundir el aprovechamiento de la energía geotérmica para fines de generación eléctrica, mediante los recursos de alta entalpía, a pesar de que los de media y baja entalpía potencialmente disponibles aún con mayor profusión, podrían competir con otras fuentes como el diesel y otros derivados del petróleo en diversos usos tales como: secado y presecado de granos, bagazos, calefacción y refrigeración agroindustrial, procesos industriales y generación de electricidad mediante sistemas no convencionales, etc., lo cual expande las posibilidades de una utilización más amplia del recurso.

LA METODOLOGIA DE EXPLORACION GEOTERMICA OLADE

Una de las dificultades por las que atravesamos los países latinoamericanos que empezaron a desarrollar sus programas de exploración geotérmica, fue la falta de una guía que permitiera la ejecución de dichos programas mediante la utilización racional de sus recursos para obtener resultados en plazos adecuados. Esta situación provocó, en aquella época, cierto grado de confusión, cuya resolución fue confiada a los esfuerzos aislados de "expertos" que intentaron enfrentarlo en función de sus propios puntos de vista fuertemente influenciados por el grado de su conocimiento personal o especialización.

La metodología OLADE, por el contrato, propende a un trabajo mancomunado de un grupo multidisciplinario de especialistas bajo una guía definida, aunque flexiblemente adaptable a las condiciones particulares de los distintos países y ambientes geológicos.

En general, un proyecto geotérmico tipo se compone de 2 partes claramente definidas; la primera, tiene un carácter de alto riesgo, similar a la exploración de cualquier mineral o energético, y su objetivo es la identificación del reservorio (campo geotérmico) incluyendo un estudio de su posible utilización. La segunda, es de tipo mixto (de riesgo exploratorio y tecnológico) y concierne al desarrollo y explotación del reservorio.



La primera parte involucra notables niveles de riesgo económico por lo que debe ser enfrentada con inversiones progresivamente crecientes. La segunda, por el contrario, implica riesgos menores pero requiere de inversiones más elevadas.

La experiencia acumulada ha demostrado que las dimensiones promedio de un sistema geotérmico se hallan comprendidas entre 10 y 100 Km². Si el proyecto geotérmico se encuentra dentro de una región de unos 10.000 - 100.000 Km², la localización de dicho sistema requiere de etapas de investigación intermedia que permitan: primero, la delimitación aproximada del área de interés (500 - 2000 Km²) en base a un estudio de reconocimiento, y, posteriormente, la individualización de una o más áreas interesantes, no mayores que 100 Km², dentro de los cuales se ubicarían los pozos exploratorios profundos.

Este criterio selectivo permite interpretar periódicamente y de forma integrada, los resultados de las investigaciones, y destacar las zonas poco favorables a la vez que fundamentar la decisión de pasar, o no, a la siguiente etapa de los estudios.

Posteriormente, un estudio de factibilidad evaluará el potencial del área investigada y definirá el diseño preliminar de los sistemas de conversión de energía. En base de estos datos se pueden planificar adecuadamente las operaciones a ejecutarse durante la fase de desarrollo.

Desde el punto de vista práctico, se ha convenido articular un proyecto geotérmico tipo en cinco (5) etapas distintas:

1. Estudio de reconocimiento
2. Estudio de prefactibilidad
3. Estudio de factibilidad
4. Desarrollo
5. Explotación

En septiembre de 1983, durante el Seminario Latinoamericano de Exploración Geotérmica desarrollado en Quito, Ecuador, se procedió a realizar una revisión de la Metodología OLADE correspondiente a las etapas de reconocimiento y prefactibilidad.

El grupo de trabajo encargado de la mencionada revisión concluyó en que a la luz de los resultados obtenidos en numerosas aplicaciones prácticas la Metodología OLADE representa el esquema más racional y económico para desarrollar un proyecto de exploración geotérmica dentro del contexto geológico dominante en los países de América Latina.

Sin embargo, se sugirió introducir algunas innovaciones sin que estas representen alguna variación en cuanto a la filosofía de fondo de la metodología, sino únicamente modificaciones necesarias conforme a los adelantos técnicos logrados durante los últimos años y la propia experiencia práctica acumulada en el desarrollo de varios proyectos (especialmente vulcanología).

Complementariamente a las metodologías ya estructuradas para un proyecto tipo; dentro de las prioridades del Programa Latinoamericano de Cooperación Energética (PLACE) en lo que respecta a la evolución de los recursos, se ha visto la necesidad de estructurar un procedimiento metodológico que conduzca a la evolución del potencial geotérmico a nivel de provincias geológicas y, eventualmente, a nivel de país. Dicha metodología deberá incluir la estimación de los recursos de alta, media y baja entalpía.

Se han desarrollado varias sesiones de trabajo con la participación de expertos en este campo, y se han definido las siguientes recomendaciones: a partir de la etapa de prefactibilidad, utilizar como guía, la metodología de evaluación presentada en la circular 790 del Servicio Geológico de los Estados Unidos, enriqueciéndola con criterios vulcanológicos de acuerdo a las condiciones predominantes en el medio latinoamericano. Dado el alto grado de incertidumbre que durante la etapa de reconocimiento presenta la estimación de los parámetros básicos necesarios para realizar la evaluación del potencial, se ha propuesto desarrollar una correlación que tome en cuenta los datos razonablemente factibles de obtenerse durante dicha etapa. Como una primera aproximación, se ha recomendado desarrollar para cada tipo de roca, una correlación entre las variables: volumen de material emitido durante la erupción versus la edad de la erup-

ción, tomando como parámetro de ajuste la cantidad de energía asociado con la intrusión magmática.

La metodología empleada y los resultados obtenidos durante la primera evaluación pasarán a integrarse a un proceso dinámico, con revisiones periódicas, el mismo que se tornaría gradualmente más confiable a medida que se disponga de mayor información en las etapas sucesivas. OLADE continúa trabajando en lo referente a completar los criterios para la estructuración metodológica definitiva.

4. SITUACION ACTUAL DE LA ENERGIA GEOTERMICA EN AMERICA LATINA Y PROGRAMA OLADE

El impulso adquirido por las actividades geotérmicas en la región involucra actualmente a 18 países, dentro de los cuales se han reconocido unas 60 áreas de interés que, a su vez, han permitido la estructuración de unos 40 proyectos de estudio; cuyos estados de avance oscilan entre estudios de reconocimiento hasta la explotación de 4 campos.

Es de destacarse que la capacidad geotermoeléctrica actualmente instalada en México, El Salvador y Nicaragua totaliza 305 MW, y constituye un gran instrumento de apoyo para incrementar la confianza por el fomento de los recursos geotérmicos dentro de la región. La figura 1 muestra los países que desarrollan proyectos geotérmicos y el cuadro N° 1, el estado de avance de acuerdo a la metodología OLADE.

Respondiendo al interés y solicitud de varios gobiernos de la región, hasta la fecha se desarrollaron bajo la coordinación de OLADE, trece (13) proyectos integrales, concernientes a la exploración geotérmica en sus fases de reconocimiento y prefactibilidad, cuadro N° 2. Las gestiones financieras para la realización de todos los trabajos fueron realizados por OLADE, lográndose financiamientos de carácter no reembolsable para todos los casos.

Tomando en cuenta que numerosos campos geotérmicos han superado las fases iniciales de la exploración, los países han solicitado asistencia de OLADE para el desarrollo de los estudios en fases más avan-

zadas, así como el apoyo en la búsqueda de financiamientos de carácter concesional para que sean asignados directamente a los países.

El cuadro N° 3 presenta costos y duración aproximada de los proyectos en ejecución y por iniciarse con la asistencia técnica de OLADE.

Adicionalmente se ha prestado apoyo técnico y de gestión financiera a los siguientes programas nacionales:

Nicaragua -	Estudio de factibilidad área el Hoyo - Montegalán	US\$ 2 x 10 ⁶
Honduras -	Reconocimiento nacional y prefactibilidad	US\$ 2 x 10 ⁶
BOLIVIA -	Estudio de factibilidad Sol de Mañana	US\$ 11 x 10 ⁶

Además se ha brindado asistencia técnica puntual para los estudios de prefactibilidad en Ecuador y República Dominicana.

CAPACITACION

Para satisfacer las necesidades de personal técnico nacional capacitado en las disciplinas relativas a la exploración geotérmica, derivadas de la ejecución de los antes referidos proyectos específicos, se ha implementado un amplio programa de capacitación a través de cursos de post-gradó en Geofísica, Geovulcanología, Ingeniería de Reservorios, Tecnología de Perforaciones y Geoquímica, dirigidos a los profesionales de la región directamente vinculados con los estudios que se desarrollan en sus respectivos países. Los cursos tienen una duración de 10 semanas cada uno y se han impartido con el apoyo de las siguientes universidades, institutos y organismos nacionales: Corporación Autónoma Universitaria de Manizales, Central de Hidroeléctrica de Caldas en Colombia; Universidad Central del Ecuador e Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL); Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); Comisión Federal de Electricidad (CFE) e Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) de México.



Para el curso de Geoquímica está previsto contar con el respaldo de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas y la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa en El Salvador.

Al concluir dicho programa, en 1984, se habrán capacitado alrededor de 200 profesionales originarios de los países de la región (cuadro N° 4)

Complementariamente se han desarrollado Seminarios orientado hacia el análisis y discusión de las nuevas tecnologías.

Así por ejemplo en 1983 se desarrollo, dentro del marco del Programa Latinoamericano de Cooperación Energética (PLACE), el Seminario Latinoamericano de Exploración Geotérmica, que contó con 112 delegados de 16 países de la región, teniendo como objetivos principales los siguientes aspectos: 1) Estado actual de la energía geotérmica en América Latina; 2) Estructuración del documento preliminar sobre metodología para estimación del potencial geotérmico; 3) Actualización de la metodología OLADE para exploración geotérmica, fases de reconocimiento y prefactibilidad. Todo esto aparte de las discusiones sobre planes de financiamiento de los proyectos geotérmicos y capacitación de recursos humanos de la región. Durante el presente año se efectuará el Seminario Centroamericano de Explotación Geotérmica.

En conjunto, todas estas actividades estuvieron dirigidas hacia el afianzamiento de la tecnología regional como un eficaz instrumento para alcanzar la independencia energética.

BAJA Y MEDIA ENTALPIA

Tomando en cuenta que la geotermia de baja y media entalpía presenta una de las opciones de utilización casi inmediata, se ha considerado concretar esfuerzos tendientes a involucrar a los sectores que están relacionados con las distintas etapas de desarrollo de los recursos geotérmicos para su aplicación en la industria, agroindustria y sistemas no convencionales de generación eléctrica.

En tal sentido, luego de una serie de actividades relacionadas con este campo en la República de Haití, se determinó la conveniencia de integrar un grupo de trabajo que llegase a definir una estrategia regional y elaborar un programa de difusión que estimule la utilización del recurso geotérmico en los países miembros que presenten características favorables. Para la realización de actividades el grupo de trabajo contó con el apoyo de UNESCO y del Instituto de Investigaciones Tecnológicas (IPT) de Brasil, efectuándose en sus instalaciones, en la ciudad de Sao Paulo, Brasil durante el mes de marzo de 1984, una reunión con participación de representantes de Brasil, Ecuador, México y Guatemala, así como también de técnicos de Francia e Italia.

Algunas de las estrategias de corto plazo a seguirse son las siguientes:

- Elaboración de documento metodológico que abarque desde la etapa de reconocimiento hasta la utilización.
- Realización de un Seminario Latinoamericano de geotermia de baja y media entalpía a celebrarse en Brasil, durante el mes de julio de 1985.
- Promover la ejecución de proyectos piloto sobre las aplicaciones y evaluación del potencial.

El seguimiento de las actividades anteriores está a cargo de IPT de Brasil con el apoyo técnico de OLADE.



AMERICA LATINA



LEYENDA

- ☼ CENTRAL GEOTERMoeLECTRICA
- ★ CAMPO GEOTERMICO EN DESARROLLO
- ⚙️ EXPLORACION: FACTIBILIDAD
- ▲ EXPLORACION: RECONOCIMIENTO Y PREFACTIBILIDAD

CUADRO 1

**ESTADO ACTUAL DE LAS ACTIVIDADES
GEOTERMICAS EN AMERICA LATINA**

1. MEXICO Y AMERICA CENTRAL

ETAPA DESARROLLADA

PAIS:	R	PF	F	D	E
1. Mexico	X	X	X	X	150 MW
2. Costa Rica			X		
3. El Salvador	X	X	X	X	95 MW
4. Guatemala	X	X	X		
5. Honduras	X				
6. Nicaragua	X	X	X	X	35 MW
7. Panamá	X	X			

2. AREA DEL CARIBE

ETAPA DESARROLLADA

PAIS	R	PF	F	D	E
1. Grenada	X				
2. Haití	X	X			
3. Jamaica	X				
4. República Dominicana	X	X			

3. AMERICA DEL SUR

ETAPA DESARROLLADA

PAIS	R	PF	F	D	E
1. Argentina (*)	X				
2. Bolivia		X			
3. Colombia	X	X			
4. Chile		X	X		
5. Ecuador	X	X			
6. Perú	X	X			
7. Venezuela		X			

(*) No es país miembro de OLADE

R = Reconocimiento a nivel nacional
 PF = Prefactibilidad
 F = Factibilidad
 D = Desarrollo
 E = Explotación

CUADRO 2

**ORGANIZACION LATINOAMERICANA
DE ENERGIA (OLADE)**

Programa Regional de Geotermia

PROYECTOS EJECUTADOS

PAIS	ETAPA DE ESTUDIOS	COSTO (MILES DE US\$)
1. Colombia	Reconocimiento	590
2. Ecuador	Reconocimiento	340
3. Ecuador	Prefactibilidad (Tufiño) parcial	200
4. Grenada	Reconocimiento	210
5. Guatemala	Reconocimiento	590
6. Haití	Reconocimiento	170
7. Haití	Prefactibilidad "Cul de Sac"	60
8. Jamaica	Reconocimiento	580
9. Nicaragua	Reconocimiento	600
10. Nicaragua	Prefactibilidad EL HOYO-SAN JACINTO	2.000
11. Panamá	Evaluación de información Provincia de Chiriquí	35
12. Perú	Reconocimiento	340
13. República Dominicana	Reconocimiento	170

CUADRO 3

**ORGANIZACION LATINOAMERICANA
DE ENERGIA (OLADE)**

Programa Regional de Geotermia

PROYECTOS EN EJECUCION

PAIS	NOMBRE	COSTO (MILES US\$)	PLAZO (MESES)
1. Panamá	Reconocimiento a nivel nacional	600	16
2. Panamá	Prefactibilidad del área Barú-Colorado	2200	23
3. Guatemala	Prefactibilidad del área Amatitlán	1860	16
4. Haití	Prefactibilidad baja y media entalpía	600	12
5. El Salvador	Desarrollo y Explotación Chipilapa-Ahuachapán	4000	20
6. Ecuador y Colombia	Prefactibilidad Proyecto Binacional Chiles - Cerro Negro y Tufiño	1200	16



CUADRO 4

**ORGANIZACION LATINOAMERICANA
DE ENERGIA (OLADE)**

Programa Regional de Geoterminia

ACTIVIDADES DE CAPACITACION

A CURSOS DE POST - GRADO (1981)

NOMBRE	Nº PAISES PARTIC.	Nº DE PARTICIPANTES
1. Tecnología de la Perforación	8	20
2. Ingeniería de Reservorios	11	20
		TOTAL 40

B CURSOS DE POST - GRADO (1983)

NOMBRE	Nº PAISES PARTIC.	Nº DE PARTICIPANTES
1. Geofísica aplicada	10	19
2. Tecnología de la perforación	12	22
3. Vulcanología aplicada	9	19
		TOTAL 60

C CURSOS DE POST - GRADO (1984)

NOMBRE	No. PAISES PARTIC.	Nº DE PARTICIPANTES
1. Ingeniería de Reservorios	13	20
2. Geofísica aplicada	12	20
3. Vulcanología aplicada	12	20
4. Tecnología de perforaciones	13	25
5. Geoquímica	12	22
		TOTAL 107

D SEMINARIOS

NOMBRE	LUGAR	Nº de Participantes
1. Seminario Centroamericano de Exploración (octubre/81)	Panamá	32
2. Seminario Latinoamericano de Exploración Geotérmica (5-9 septiembre/83)	Quito Ecuador	112
3. Seminario Centroamericano de Explotación Geotérmica (1984)	Managua, Nicaragua	30 (estimados)

THE REGIONAL GEOTHERMAL PROGRAM

Dr. Gustavo Cuellar

HEAD OF THE GEOTHERMAL PROGRAM
OLADE

INTRODUCTION

The geodynamic situation of the Latin American countries located on the Pacific Coast favors the existence of a tectonic environment on an active continental limit (boundaries between converging plates); and this gives rise to a broad volcanic front dominated by andesitic magmas and their differentiated products, which, upon being produced and rising to the surface in large volumes, determine a regional heat anomaly and an ideal setting for the development of high-enthalpy geothermal fields.

The South American continent corresponds to a large geodynamic environment characterized by the convergence of the Nazca Oceanic Plate, thereby causing the process which produced the Andes Mountains and extended for thousands of miles from Argentina to the Colombian-Venezuelan border, traversing Chile, Bolivia, Peru and Ecuador. This means that the Andean countries hold a great deal of geothermal interest, precisely because of the major volcanic phenomena that have occurred over millions of years.

In the case of Central America the geodynamic situation is even more complex, owing to the fact that there exists a contact point where three plates come together: the Cocos Oceanic Plate, and the North American and Caribbean Continental Plates.

From this situation results a tectonic environment characterized by the subduction of the Cocos Plate and the consequent development of andesitic volcanism along the Pacific Belt of Mexico, Nicaragua, Costa Rica and partially, Honduras and Panama.

Alongside these subduction phenomena, transforming limits are developed, such as those that characterize the northern and southern borders of the Caribbean Plate; these affect Guatemala and part of the Antilles, to the north, and the northern edge of the South American continent (Colombia and Venezuela), to the south.

The geothermal areas of interest correspond both to the Pacific belts of andesitic volcanism, as well as to the zones where the active volcanic front meets the cross depressions.

As a result of the large geothermal potential described above, a good number of Latin American countries during the last decade started up geothermal exploration programs, primarily encouraged by the success obtained in the first projects in Mexico and El Salvador, and further stimulated by the sharp increase in oil prices which occurred in that era and which presented major difficulties for the continued use of thermal energy based on low-cost oil.

In Latin America, geothermal energy has been used almost exclusively as a source of energy for electric power generation and has constituted an alternative and substitute for oil.

Concentrated in Mexico and El Salvador, the production of electricity based on geothermal energy grew rapidly from 536 GWh in 1975, to 1809 GWh in 1982. Forecasts indicate that by 1985 the installed capacity will increase from 300 MW to 790 MW, thereby yielding a



generation of some 4700 GWh. In 1983 the first stage of the Momotombo plant in Nicaragua (35 MW) was inaugurated.

Although geothermal's share in the electricity generation of Latin America as a whole is still only slight (0.4%), in El Salvador it accounted for up to 45% of the electric power production in 1982.

In Nicaragua, with the first stage of Momotombo, 25% of the country's total electricity consumption can be covered; once the second stage enters into operation, it is expected that a figure of 40% will be reached.

Thus, it can be affirmed that geothermal energy is able to play a significant role within the electric power sector of the countries that have this resource available; and it can be predicted that, once the assessment of resource magnitude has been concluded, it will become a top priority for development and exploitation.

In fact, activities are currently underway, in a more or less continuous and intensive way, in 18 countries of the region; and it should be underscored that these activities have received a substantial push due to the fact that these countries need to substitute the consumption of oil derivatives, since they are either net oil importers or else find themselves nearing the limit for development and use of their hydro resources.

Geothermal energy could therefore come to make a major contribution of firm energy (base stations), very important for the electric power systems which are in the process of integration and, as a complement to hydro-electricity, could serve as a good alternative and substitute for oil and oil products.

Keeping the foregoing in mind, the Geothermal Program of OLADE was originally geared basically to promoting and disseminating the development and use of geothermal energy for electricity generation purposes, on the basis of high-enthalpy resources—although the potentially more widely-available low- and medium-enthalpy resources could compete with other sources such as diesel and other oil derivatives in various uses such as grain and bagasse drying and pre-drying, agro-

industrial heating and refrigeration, industrial processes and electric power generation through non-conventional systems, etc., thereby expanding the possibilities for broader use of the resource.

THE GEOTHERMAL EXPLORATION METHODOLOGY OF OLADE

One of the difficulties experienced by the Latin American countries that began to develop geothermal exploration programs was the lack of guidelines for the implementation of such programs, with an eye to making rational use of their resources and obtaining results within suitable time periods. In that area this situation caused a certain amount of confusion, the resolution of which was entrusted to isolated "expert" efforts that attempted to cope with it as a function of their own points of view, strongly influenced by their level of knowledge or their field of specialization.

The OLADE methodology, however, promoted joint efforts by a multidisciplinary group of specialists within definite guidelines, although these are left somewhat flexible and adaptable to the particular conditions of the different countries and geological environments.

In general, a typical geothermal project is composed of two clearly-defined parts: the first is of a high-risk nature, similar to that involved in the exploration of any form of mineral or energy, and its object is to identify the reservoir (geothermal field), including a study on possible uses; the second includes exploration and technological risks and refers to the development and exploitation of the reservoir.

The first part involves high levels of economic risk, and should incorporate progressively larger investments. The second, on the other hand, entails fewer risks but requires larger investments.

The experience gained so far has demonstrated that the average dimensions of a geothermal system fall within 10 and 100 km². If the geothermal project is found within a region of some 10,000-100,000 km², the locating of that system requires intermediate inves-

tigation work that will make it possible, first, to approximately define the area of interest (500-2000 km²) on the basis of a reconnaissance study and, later on, to single out one or more areas of interest, no larger than 100 km², within which deep exploratory wells could be drilled.

These selection criteria permit periodic, integrated interpretation of investigation results and the detection of little-favorable areas; and they serve as the basis for the decision to proceed, or not, to the following stage of study.

Afterwards, a feasibility study assesses the potential of the area under investigation and defines the preliminary design of energy conversion systems. On the basis of these data, the operations to be executed during the development stage can be adequately planned.

From the practical standpoint, it has been agreed to articulate a typical geothermal project in five distinct stages:

1. Reconnaissance
2. Prefeasibility
3. Feasibility
4. Development
5. Exploitation

In September 1983 the Latin American Seminar on Geothermal Exploration (held in Quito, Ecuador) undertook a review of the OLADE methodology corresponding to the reconnaissance and prefeasibility stages.

The work group charged with the aforementioned revision concluded, in light of the results obtained in numerous practical applications, that the OLADE methodology represented the most rational, most economical scheme for developing a geothermal exploration methodology within the geological context prevailing in the countries of Latin America.

Nevertheless, it was suggested that some innovations be introduced, without any real variation in terms of the basic philosophy of the methodology, but rather necessary modifications in line with the technical advances made over the last few years and the practical

experience gained through the development of several projects (especially in the field of volcanology).

As a complement to the methodologies already structured for a typical project, within the priorities of the Latin American Energy Cooperation Program (PLACE), regarding evaluation of resources, it has become necessary to structure a methodological procedure that would lead to the assessment of geothermal potential at the level of geological provinces and, eventually, at the national level. Such a methodology should include estimates of the high-, medium-, and low-enthalpy resources.

Several work sessions have been held with the participation of experts in this field; and the following recommendations have been made: based on the pre-feasibility stage, the evaluation methodology presented in circular 790 of the United States Geological Survey should be used as a guide, enriched with volcanological criteria in line with the conditions predominating in Latin America. Given the large amount of uncertainty during the reconnaissance stage, in terms of the estimation of the basic parameters necessary in carrying out an assessment of potential, it has been proposed that a correlation be developed to take into account reasonably-viable data obtained during that stage. As a first approximation, it has been recommended that a correlation among the following variables be developed for each type of rock: volume of material emitted during eruption versus the age of the eruption, taking as an adjustment the amount of energy associated with the magmatic intrusion.

The methodology employed, and the results obtained during the first evaluation, would form part of a dynamic process with periodic updates, which would gradually become more and more reliable, as more and more information became available from subsequent stages. OLADE is continuing to work on criteria for the structuring of a definitive methodology.

CURRENT STATUS OF GEOTHERMAL ENERGY IN LATIN AMERICA AND THE OLADE PROGRAM

The momentum of the region's geothermal activities currently involves 18 countries, within which 60 areas

of interest have been recognized; this in turn has made it possible to structure some 40 study projects, whose degree of advancement ranges from reconnaissance up through exploitation (4 fields).

It should be noted that the currently installed geothermoelectric capacity in Mexico, El Salvador and Nicaragua totals 305 MW and constitutes a major source of support and increased confidence in the development of geothermal resources within the region. Figure 1 shows the countries that have geothermal projects underway, and Chart 1 shows their status, according to the OLADE methodology.

Responding to the interest and requests of several governments from within the region, to date under the coordination of OLADE thirteen overall projects have been undertaken, related to geothermal exploration in its reconnaissance and prefeasibility phases. (See Chart 2.) Efforts to procure funds for this work were also deployed by OLADE, and in almost all cases non-reimbursable financing was obtained.

Taking into account the fact that numerous geothermal fields have concluded the initial phases of exploration, the countries have requested technical assistance from OLADE in developing studies for the more advanced stages, as well as support in the search for concessional funds to be allocated directly to the countries.

Chart 3 indicates the cost and approximate duration of the projects underway, and about to start, with technical assistance from OLADE.

In addition, technical support and aid in financial procurement efforts have been provided to the following national programs:

Nicaragua:	Feasibility Study in the El Hoyo - Monte Galan area	US\$ 2 x 10 ⁶
Honduras:	National Reconnaissance and Prefeasibility	US\$ 2 x 10 ⁶
Bolivia:	Feasibility Study in the Sol de Mañana area	US\$ 11 x 10 ⁶

Technical assistance has also been lent occasionally to the prefeasibility studies in Ecuador and the Dominican Republic.

TRAINING

In order to satisfy the needs for national technical personnel trained in the disciplines related to geothermal exploration and derived from the implementation of the aforementioned specific projects, a far-reaching training program has been undertaken through graduate courses in geophysics, geovolcanology, reservoir engineering, drilling technologies, and geochemistry. These have aimed at professionals from the region who are directly tied to the studies being developed in their respective countries. The courses last ten weeks each, and they have been offered with support from the following universities, institutes and national organizations: the Autonomous University Corporation of Manizales and the Caldas Hydroelectric Station, in Colombia; the Central University of Ecuador and the Ecuadorian Institute of Electrification (INECEL); and the Autonomous National University of Mexico (UNAM), the Federal Electricity Commission (CFE) and the Institute of Electrical Research (IIE), in Mexico. For the course in geochemistry, backing is foreseen from the Central American University Jose Simon Cañas and the Lempa River Executive Hydroelectric Commission, in El Salvador.

By the time this program draws to a close in 1984, around 200 professionals from regional countries will have been trained. (See Chart 4.)

In complementary fashion, seminars have been developed, geared to the analysis and discussion of new technologies.

Thus, for example, within the framework of the Latin American Energy Cooperation Program (PLACE), the Latin American Seminar on Geothermal Exploration was held in 1983 with the participation of 112 delegates from 16 countries in the region, and with the following aspects as its main objectives: 1) current status of geothermal energy in Latin America; 2) structuring of a preliminary methodology document for estimating geothermal potential; 3) updating of the geothermal

exploration methodology of OLADE in its reconnaissance and prefeasibility phases -- all this in addition to discussions of how to fund geothermal projects and human resource training in the region.

During the present year, the Central American Seminar on Geothermal Exploitation will take place.

On the whole, these activities have been aimed at supporting regional technology as an effective instrument in attaining energy independence.

LOW AND MEDIUM ENTHALPY

Bearing in mind that low- and medium-enthalpy resources offer one of the options of almost immediate implementation, it has been thought to concentrate on efforts involving those sectors that are related to the different stages of development of geothermal resources for their application in industry, agroindustry, and non-conventional electricity generation systems.

In this regard, after a series of activities in this field in the Republic of Haiti, it was determined to be convenient to form a work group that would define a regional strategy and prepare a program of dissemination that would stimulate the use of the geothermal resources in the member countries that showed favorable characteristics. For the realization of work group activities, support was provided by UNESCO and the Institute of Technological Research (IPT) of Brazil, in whose facilities in the city of Sao Paulo a meeting was held in March 1984, with the participation of representatives from Brazil, Ecuador, Mexico and Guatemala, as well as technical experts from France and Italy.

Some of the short-term strategies to be followed are:

- Elaboration of a methodology document embracing reconnaissance up through utilization.
- Realization of a Latin American Seminar on Low and Medium Enthalpy, to be held in Brazil during July 1985.
- Promotion of pilot projects for the evaluation and application of geothermal potential.

Follow-up on the foregoing activities has been charged to the IPT of Brazil, with technical support from OLADE.

LATIN AMERICA



CHART 1

**CURRENT STATUS OF GEOTHERMAL
ACTIVITIES IN LATIN AMERICA**

1. MEXICO AND CENTRAL AMERICA

STAGE OF DEVELOPMENT

COUNTRY	R	PF	F	D	E
1. México	X	X	X	X	150 MW
2. Costa Rica			X		
3. El Salvador	X	X	X	X	95 MW
4. Guatemala	X	X	X		
5. Honduras	X				
6. Nicaragua	X	X	X	X	35 MW
7. Panama	X	X			

2. CARIBBEAN AREA

STAGE OF DEVELOPMENT

COUNTRY	R	PF	F	D	E
1. Grenada	X				
2. Haiti	X	X			
3. Jamaica	X				
4. Dominican Republic	X	X			

3. SOUTH AMERICA

STAGE OF DEVELOPMENT

COUNTRY	R	PF	F	D	E
1. Argentina (*)	X				
2. Bolivia		X			
3. Colombia	X	X			
4. Chile		X	X		
5. Ecuador	X	X			
6. Peru	X	X			
7. Venezuela		X			

* Not an OLADE member country

R = Reconnaissance at the national level
 PF = Prefeasibility
 F = Feasibility
 D = Development
 E = Exploitation

CHART 2

LATIN AMERICAN ENERGY ORGANIZATION (OLADE)

REGIONAL GEOTHERMAL PROGRAM

PROJECTS EXECUTED

COUNTRY	STAGE OF STUDY	COST (Thous. of US\$)
1. Colombia	Reconnaissance	590
2. Ecuador	Reconnaissance	340
3. Ecuador	Partial prefeasibility (Tufiño)	200
4. Grenada	Reconnaissance	210
5. Guatemala	Reconnaissance	590
6. Haiti	Reconnaissance	170
7. Haiti	Prefeasibility in Cul -de- Sac	60
8. Jamaica	Reconnaissance	580
9. Nicaragua	Reconnaissance	600
10. Nicaragua	Prefeasibility in El Hoyo-San Jacinto	2 000
11. Panama	Evaluation of information Province of Chiriqui	35
12. Peru	Reconnaissance	340
13. Dominican Republic	Reconnaissance	170

CHART 3

LATIN AMERICAN ENERGY ORGANIZATION (OLADE)

REGIONAL GEOTHERMAL PROGRAM

PROJECTS UNDERWAY

COUNTRY	NAME	COST (Thous. of US\$)	DURATION (months)
1. Panama	Reconnaissance at the national level	600	16
2. Panama	Prefeasibility in the Baru-Cerro Colorado area	2200	23
3. Guatemala	Prefeasibility in the Amatitlan area	1860	16
4. Haiti	Prefeasibility of low and medium enthalpy	600	12
5. El Salvador	Development and exploitation Chipilapa-Ahuachapan	4000	20
6. Ecuador and Colombia	Prefeasibility Binational Project Chiles-Cerro Negro-Tufiño	1200	16



CHART 4

LATIN AMERICAN ENERGY ORGANIZATION (OLADE)

REGIONAL GEOTHERMAL PROGRAM

TRAINING ACTIVITIES

A GRADUATE COURSES (1981)

NAME	N° OF PARTICIPATING COUNTRIES	N° OF PARTICIPANTS
1. Drilling Technology	8	20
2. Reservoir Engineering	11	20
		TOTAL 40

B GRADUATE COURSES (1983)

NAME	N° OF PARTICIPATING COUNTRIES	N° OF PARTICIPANTS
1. Applied Géophysics	10	19
2. Drilling Technology	12	22
3. Applied Volcanology	9	19
		TOTAL 60

C GRADUATE COURSES (1984)

NAME	N° OF PARTICIPATING COUNTRIES	N° OF PARTICIPANTS
1. Reservoir Engineering	13	20
2. Applied Geophysics	12	20
3. Applied Volcanology	12	20
4. Drilling Technology	13	25
5. Geochemistry	12	22
		TOTAL 107

D SEMINARS

NAME	PLACE	N° OF PARTICIPANTS
1. Central American Seminar on Geothermal Exploration (October 1981)	Panama	32
2. Latin American Seminar on Geothermal Exploration (September 5-9, 1983)	Quito Ecuador	112
3. Central American Seminar on Geothermal Exploitation (1984)	Managua, Nicaragua	30 (estimated)