



COMISION NACIONAL DE ENERGIA

TELEFONO:(505) 222-5576
FAX: (505) 222-4629
www.cne.gob.ni

**PLAN MAESTRO GEOTÉRMICO DE
NICARAGUA**

Volumen I

INFORME DE SINTESIS

Parte B: Anexos

OCTUBRE DE 2001



CONTENIDO

ANEXO B: METODOLOGIA PARA ESTIMACION DE RESERVAS ENERGETICAS.....	5
B.1 INTRODUCCIÓN	5
B.2 ESTIMACIÓN DE RESERVAS PARA ÁREAS DE CATEGORÍA 1 Y CATEGORÍA 2.....	6
<i>B.2.1 Metodología para Estimación.....</i>	<i>6</i>
<i>B.2.2 Ejemplo de Aplicación de la Metodología.....</i>	<i>10</i>
B.3 ESTIMACIÓN DE RESERVAS PARA ÁREAS DE CATEGORÍA 3	10
<i>B.3.1 Metodología para Estimación.....</i>	<i>11</i>
<i>B.3.2 Estimación de Parámetros del Cuerpo de Magma.....</i>	<i>17</i>
<i>B.3.3 Ejemplo de Aplicación de la Metodología.....</i>	<i>21</i>
<i>B.3.4 Discusión.....</i>	<i>22</i>
B.4 REFERENCIAS.....	23
FIGURAS.....	25
ANEXO F: BIBLIOGRAFIA.....	35
ANEXO G: ASPECTOS AMBIENTALES.....	78
G.1.1 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE LA CORDILLERA VOLCÁNICA	78
<i>G. 1.2 Reglamentos Ambientales Vigentes</i>	<i>81</i>
G.2 ASPECTOS AMBIENTALES Y PROYECTOS GEOTÉRMICOS.....	86
<i>G.2.1 Efectos del Desarrollo Geotérmico sobre el Ambiente.....</i>	<i>86</i>
<i>G.2.2 Experiencias de Proyectos Previos.....</i>	<i>88</i>
<i>G.2.3 El Procedimiento de Permiso Ambiental.....</i>	<i>91</i>
<i>G.2.4 El Permiso Ambiental para Proyectos Geotérmicos</i>	<i>97</i>
<i>G.2.5 Estudio de Impacto Ambiental.....</i>	<i>100</i>
G.3 REFERENCIAS.....	101
ANEXO H: CONCESIONES Y LICENCIAS	111
H.1 INTRODUCCIÓN	111
H.2 MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL	111
H.3 EXPLORACIÓN DE RECURSOS GEOTÉRMICOS	112
<i>H.3.1 El Permiso de Reconocimiento.....</i>	<i>113</i>
<i>H.3.2 La Concesión de Exploración.....</i>	<i>114</i>
H.4 EXPLOTACIÓN DE RECURSOS GEOTÉRMICOS	119
<i>H.4.1 Obtención de la Concesión de Explotación.....</i>	<i>120</i>
<i>H.4.2 Obligaciones del Concesionario.....</i>	<i>121</i>
H.5 LA GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA	122
<i>H.5.1 Introducción.....</i>	<i>122</i>



H.5.2 <i>La Licencia de Generación Geotérmica</i>	123
H.6. REFERENCIAS.....	127
FIGURAS	128
FORMULARIO DE SOLICITUD DE CONCESIÓN DE EXPLORACIÓN GEOTÉRMICA	132
FORMULARIO DE SOLICITUD DE CONCESIÓN DE EXPLOTACIÓN GEOTÉRMICA	137
FORMULARIO DE SOLICITUD DE LICENCIA DE GENERACIÓN GEOTÉRMICA	142
FIGURAS	152
ANEXO I: CONSIDERACIONES DE INFRAESTRUCTURA	155
I.1 EL SISTEMA ELÉCTRICO DE NICARAGUA	155
I.1.1 <i>Introducción</i>	155
I.1.2 <i>El Mercado de Energía Eléctrica</i>	155
I.1.3 <i>El Proceso de Privatización del Sector Eléctrico</i>	156
I.1.4 <i>El Sistema de Generación</i>	158
I.1.5 <i>El Sistema de Transmisión - Distribución</i>	164
I.2 LA RED VIAL	167
I.3. REFERENCIAS.....	169
TABLAS	171
FIGURAS	173
ANEXO J: REQUERIMIENTOS PARA LA FACTIBILIDAD, ÁREA DE MANAGUA - CHILTEPE	177
J.1 FACTIBILIDAD DE LOS RECURSOS GEOTÉRMICOS	177
J.1.1 <i>Introducción</i>	177
J.1.2 <i>Consideraciones Para la Elaboración de un Estudio de Factibilidad</i>	177
J.1.3 <i>Consideraciones Locales</i>	181
J.1.4 <i>Diseño Civil</i>	183
J.1.5 <i>Diseño Mecánico</i>	184
J.1.6 <i>Diseño Eléctrico</i>	185
J.1.7 <i>Factibilidad Ambiental</i>	186
J.1.8 <i>Factibilidad Económica</i>	187
J.1.9 <i>Alcance del Estudio</i>	187
J.1.10 <i>Costos</i>	189
J.1.11 <i>Organización del Proyecto</i>	190
J.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD EN EL AREA DE MANAGUA-CHILTEPE	191
J.3 DEMOSTRACIÓN DEL RECURSO GEOTÉRMICO.....	192
J.3.1 <i>Interpretación Geológica Detallada</i>	193
J.3.2 <i>Suministro de Agua</i>	195
J.3.3 <i>Caminos y Plataformas de Perforación</i>	196



<i>J.3.4 Pozos Exploratorios de Diámetro Reducido</i>	197
<i>J.3.5 Pozos de Diámetro Comercial</i>	200
J.4 DISEÑO PRELIMINAR DE LA CENTRAL ELÉCTRICA Y DE LAS INSTALACIONES SUPERFICIALES	202
J.5 PERMISOS AMBIENTALES Y CONCESIONES.....	202
J.6 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	205
T A B L A S	207
FIGURAS	215
ANEXO K: REQUERIMIENTOS PARA LA FACTIBILIDAD, ÁREA DE MASAYA – GRANADA – NANDAIME	224
K.1 FACTIBILIDAD DEL RECURSO GEOTÉRMICO	224
K.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD EN EL ÁREA DE MASAYA-GRANADA- NANDAIME.....	224
K.3 DEMOSTRACIÓN DEL RECURSO GEOTÉRMICO.....	225
<i>K.3.1 Interpretación Geológica Detallada</i>	226
<i>K.3.2 Suministro de Agua</i>	228
<i>K.3.3 Caminos y Plataformas de Perforación</i>	229
<i>K.3.4 Pozos para Medir el Gradiente de Temperatura</i>	231
<i>K.3.5 Agujeros Exploratorios de Diámetro Reducido</i>	232
<i>K.3.6 Pozos de Diámetro Comercial</i>	235
K.4 DISEÑO PRELIMINAR DE LA CENTRAL ELÉCTRICA Y DE LAS INSTALACIONES SUPERFICIALES	236
K.5 PERMISOS AMBIENTALES Y CONCESIONES.....	237
K.6 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	240
T A B L A S	242
FIGURAS	249



ANEXO B: METODOLOGIA PARA ESTIMACION DE RESERVAS ENERGETICAS

B.1 Introducción

Para propósitos de estimación de reservas, las áreas geotérmicas identificadas en Nicaragua se pueden clasificar en 3 categorías, basándose en el estado de exploración y desarrollo en el campo:

- Categoría 1: Son áreas que han experimentado una exploración geológica, geoquímica y geofísica considerable y en las cuales se han realizado perforaciones y pruebas de pozos comerciales. Dentro de esta categoría solamente se encuentran las áreas de Momotombo y San Jacinto - Tizate. En estas áreas se conoce razonablemente bien la distribución de temperatura sub-superficial, áreas y espesores de los yacimientos.
- Categoría 2: En estas áreas todavía no se han perforado pozos comerciales, pero se ha llevado a cabo suficiente exploración geológica, geoquímica y geofísica como para identificar yacimientos potenciales y permitir una estimación aproximada del rango de temperatura de los yacimientos, su área y su espesor.
- Categoría 3: En estas áreas, a la fecha, la exploración se ha limitado a identificar yacimientos potenciales. La información principal disponible de estos prospectos es la localización, tamaño y características geológicas de los volcanes o complejos volcánicos existentes.

Tal como se describe en las siguientes dos secciones, para las áreas de Categoría 1 y Categoría 2 se ha aplicado una metodología para estimación de reservas, y otra para las áreas de la Categoría 3.

Cabe decir que la estimación de un cierto nivel de reservas en MW dentro de un área no garantiza que se pueda desarrollar o sostener tal capacidad de generación comercial dentro del área en



cuestión. Para el desarrollo y mantenimiento de cualquier capacidad comercial de generación, es requisito indispensable la presencia tanto de reservas adecuadas como de una productividad que sea comercialmente atractiva. Desafortunadamente, la existencia de pozos con productividad comercial no se puede probar sin haber realizado la perforación y prueba de los mismos.

Si se comprueba la existencia de reservas adecuadas y de un nivel comercial de productividad inicial en por lo menos unos cuantos pozos, entonces se puede estimar la capacidad inicial de desarrollo. Sin embargo, aún entonces puede no ser posible pronosticar con confianza a largo plazo la degradación potencial de los pozos que alimentan la planta, a menos que, y no sin que antes, se haya acumulado suficiente historial de producción del proyecto. Por lo tanto, aún cuando se pudiera estimar la capacidad inicial de desarrollo, la sostenibilidad a largo plazo de esta capacidad no siempre se puede estimar con confianza. Solamente cuando se llega a tener disponible suficiente historial de producción en un proyecto en funcionamiento es que se puede usar tal información para calibrar un modelo numérico del yacimiento, que luego puede usarse para pronosticar el comportamiento del pozo. Por lo tanto, por lo menos en la fase de exploración, se debe considerar como optimista cualquier estimación sobre reservas que se haga del área.

B.2 Estimación de Reservas para Áreas de Categoría 1 y Categoría 2

B.2.1 Metodología para Estimación

En las primeras etapas de desarrollo de un campo geotérmico, generalmente se emplea un método volumétrico para estimar las reservas de energía. Este método inicia con estimaciones del volumen del yacimiento y de la temperatura promedio dentro de un volumen especificado de roca con los cuales se calcula el calor en el sitio. El siguiente parámetro que se calcula es el factor de recuperación, que es la fracción de calor en el sitio que se puede aprovechar en la superficie. Luego se usa un "factor de utilización" que convierte la energía calórica del fluido aprovechado en energía eléctrica para calcular las reservas en términos de MM-años.



Se ha usado, con algunas modificaciones, la metodología de estimación de reserva volumétrica introducida a mediados de los años 1970 por el United States Geological Survey (White et al., 1976; Muffier, 1979). GeothermEx ha mejorado este método tomando en cuenta las incertidumbres de algunos de los parámetros, utilizando un método probabilístico. A continuación se dan detalles de este método.

En el método usado por GeothermEx, la capacidad máxima sostenible de una planta (E) se da como:

$$E = Ahc_v(T - T_0) \cdot R/F/L \quad (\text{B-1})$$

donde:

A = extensión del área del yacimiento.

h = espesor del yacimiento,

c_v = calor específico volumétrico del yacimiento,

T = temperatura promedio del yacimiento,

T_0 = temperatura de rechazo (equivalente al promedio de temperatura ambiente anual)

R = eficiencia total de recuperación (fracción de energía térmica en el sitio del yacimiento, que se convierte en energía eléctrica en la planta)

F = factor de capacidad de la planta (fracción de tiempo durante el cual la planta genera energía en una base anual), y

L = vida útil de la planta

El parámetro R se determina como sigue:



$$R = \frac{W r \cdot e}{C_f (T - T_o)} \quad (B-2)$$

donde:

r = factor de recuperación (fracción de energía térmica en sitio recuperable en la superficie)

c_f = calor específico del fluido del yacimiento,

W = trabajo máximo disponible termodinámicamente del fluido producido, y

E = factor de utilización, que toma en cuenta pérdidas mecánicas y de otra índole que ocurre en un ciclo real de potencia.

El parámetro c_v en (B-1) está dado por:

$$C_v = p_r c_r (1 - \emptyset) + p_f c_f \emptyset \quad (B-3)$$

donde:

p_r = densidad de la matriz rocosa,

c_r = calor específico de la matriz de roca,

p_f = densidad del fluido del yacimiento,

∅ = porosidad del yacimiento.

El parámetro W en (B-2) se deriva de la Primera y Segunda Leyes de la Termodinámica como sigue:

$$dW = dq (1 - T_o/T), \text{ y} \quad (B-4)$$

$$dq = c_f dT \quad (B-5)$$



donde q representa la energía térmica.

Los siguientes parámetros necesarios para estimación de las reservas se pueden asumir para todas las posibilidades en todas las categorías, con poca incertidumbre:

Calor específico volumétrico de la roca (c_r) = 2,280 kJ/m³/°C (basado en tipos representativos de roca en Nicaragua)

Temperatura de Rechazo (T_o) = 30°C (temperatura ambiente promedio en Nicaragua)

Factor de Utilización (e) = 0.45 (típico en plantas geotérmicas modernas)

Factor de Capacidad de Planta (F) = 0.90 (típico en plantas geotérmicas modernas)

Vida útil de la planta (L) = 30 años (periodo normal de amortización de una planta eléctrica geotérmica)

Se consideró que el resto de los parámetros necesarios para estimación de reservas tenían incertidumbre significativa. Con el fin de estimar las reservas en las áreas de Categoría 1 o de Categoría 2 de una manera probabilística, se ha utilizado el método de simulación de Monte Carlos. En este método, se asume que cada una de las variables con incertidumbre es una variable aleatoria dentro de un rango dado de valores. Se deben estimar los valores mínimos y máximos posibles de cada uno de los parámetros inciertos para poder definir este rango. Además, si se durante varios cientos de veces. Se puede demostrar que si se hace una cantidad suficiente de tiradas, se puede definir una distribución de probabilidades para los valores de la reserva. Se aplican verificaciones estadísticas para comprobar la validez de esta distribución. Una vez que se obtiene una distribución válida, los resultados pueden ser presentados ya sea como un histograma o como una gráfica de distribución de probabilidades de los valores de la reserva.



Las estimaciones de los siguientes parámetros inciertos para cada una de las áreas geotérmicas se derivaron del modelo conceptual de probabilidad descrita en el reporte individual de prospección: temperatura promedio del yacimiento, área del yacimiento y espesor del yacimiento. Se asume que otros dos parámetros inciertos, porosidad y factor de recuperación, son iguales en las prospecciones de Categoría 1 y de Categoría 2. Se asume una probabilidad uniforme de 0.03 a 0.7 para la porosidad, y de 0.1 a 0.2 para el factor de recuperación.

Los valores dentro de los rangos especificados para los parámetros inciertos son muestreados aleatoriamente unas 1,000 veces, y las reservas se calculan para cada conjunto muestreado de parámetros. Cabe decir que la metodología es exactamente la misma para estimación de las áreas de Categoría 1 y Categoría 2. La única diferencia entre las dos categorías es la magnitud de la incertidumbre en tres de las variables del yacimiento: temperatura, área y espesor. En las áreas de Categoría 1, estas variables tendrían mucho menos incertidumbre que en las áreas de Categoría 2. Por lo tanto, la desviación estándar en la distribución de probabilidades de las reservas calculadas sería más alta para las áreas de Categoría 2 que las de Categoría 1.

B.2.2 Ejemplo de Aplicación de la Metodología

Las **Figuras I-B.1** y **I-B.2** muestran los histogramas y las gráficas de probabilidad acumulada, respectivamente, de la capacidad en MW calculada mediante la simulación de Monte Carlos ara el área de Chiltepe (un área de Categoría 2) para una planta de 30 años de vida útil. La **Figura I-B.1** indica que las reservas recuperables de energía bajo el área de Chiltepe tienen un valor promedio de unos 113 MW (la desviación estándar es de 58 MW) y un valor más probable de unos 75 MW. La **Figura I-B.2** muestra que existe una probabilidad del 90% de que las reservas de ese campo sean superiores a 50 MW.

B.3 Estimación de Reservas para Áreas de Categoría 3



B.3.1 Metodología para Estimación

En un sistema geotérmico, la fuente primordial de calor es el magma emplazado (alojado) a niveles relativamente someros por debajo de la superficie del terreno como parte del proceso de actividad volcánica. De acuerdo con su emplazamiento, el cuerpo de magma calienta gradualmente la roca circundante por conducción conforme se enfría y cristaliza para formar cuerpos intrusivos de roca. Las reservas de energía calórica alrededor del cuerpo de magma se concentran gradualmente mediante convección del calor de los fluidos que circulan a través de las fallas y fracturas en la roca circundante. Tales fallas y fracturas a menudo son el resultado de esfuerzos inducidos por emplazamientos de magma. Esta transferencia de calor convectivo eventualmente produce yacimientos geotérmicos individuales localizados en bolsas superficiales de rocas porosas y permeables, en la vecindad de un volcán.

Obviamente, la suma total de reservas energéticas en todos los yacimientos geotérmicos dentro de la zona calentada alrededor de un volcán no puede exceder las reservas totales de energía dentro de esta zona caliente. Las reservas de energía recuperable en un área de Categoría 3 donde existe un solo volcán puede entonces representarse como una fracción de las reservas totales de energía en la zona calentada alrededor del volcán, lo cual es posible aproximar a partir del conocimiento que se tenga sobre las características del magma, como se discute más adelante. Por lo tanto, aún cuando dentro de un área de Categoría 3 no es posible definir o identificar un yacimiento individual, sí es posible estimar las reservas de energía geotérmica del límite superior.

Es posible calcular la transferencia conductiva de calor de un cuerpo de magma hacia la roca circundante si uno puede estimar los siguientes parámetros básicos del magma: volumen, profundidad a la cual se encuentra, edad y temperatura. Aunque la forma del cuerpo magmático también influye en la transferencia de calor, normalmente es mucho menos importante que las otras cuatro variables en cuanto a circulación de calor transferido en aquellos cuerpos de



magma con formas relativamente equidimensionales (tal como formas aproximadas de cubos o esferas). La forma llega a ser crítica para la circulación solamente en el caso de aquellas formas con una o dos dimensiones mucho más prominentes que las otras, tal como diques, "sills" o tapones angostos. Las propiedades de la roca que rodea el magma son bien conocidas en comparación con las características del magma; por lo tanto, para este cálculo se pueden asumir valores típicos de propiedades de la roca en tales sistemas volcánicos. El cálculo requiere también que se asuma una "condición de frontera" matemática para el magma.

En un cuerpo de magma, se reconocen tres condiciones de frontera idealizadas:

- magma en proceso de enfriarse (una vez en su sitio, el cuerpo de magma se enfría continuamente);
- magma de temperatura constante (hay tanta convección dentro del cuerpo de magma que retiene indefinidamente su temperatura original); y
- magma con descarga continua de calor (debido a convección continua dentro del magma, la razón de descarga de calor del cuerpo de magma permanece constante para siempre).

Es necesario hacer alguna de estas tres idealizaciones para poder resolver la ecuación diferencial que describe el proceso de transferencia de calor del magma. La primera idealización es más conservadora que las otras dos. Por lo tanto, se ha asumido una condición de magma en proceso de enfriamiento, y se han utilizado soluciones matemáticas ya publicadas (Carslaw *et al.*, 1959; Lovering, 1935; Lachenbruch, 1957a, 1957b).

Para este estudio GeothermEx ha usado la solución descrita más adelante. Si una intrusión esférica de magma de radio R y temperatura T_0 tiene su centro a una profundidad l por debajo de la superficie del suelo (mantenida a temperatura cero para $t \geq 0$), y si la sub-superficie tuvo una temperatura inicial de cero en todo punto (ver **Figura I-B.3**), entonces la temperatura T , en



el tiempo t , y en cualquier punto a una distancia x del centro de la caldera o centro volcánico, y a una profundidad z , está dada por:

$$\begin{aligned}
 T(x, z, t) = & \frac{T_0}{2} \left\{ \operatorname{erf} \left(\frac{r+R}{2\sqrt{\alpha t}} \right) - \operatorname{erf} \left(\frac{r-R}{2\sqrt{\alpha t}} \right) \right. \\
 & - \frac{2\sqrt{\alpha t}}{r\sqrt{\pi}} \left[\exp \left\{ \frac{-(r-R)^2}{4\alpha t} \right\} - \exp \left\{ \frac{-(r+R)^2}{4\alpha t} \right\} \right] \\
 & - \operatorname{erf} \left(\frac{r'+R}{2\sqrt{\alpha t}} \right) + \operatorname{erf} \left(\frac{r'-R}{2\sqrt{\alpha t}} \right) \\
 & \left. + \frac{2\sqrt{\alpha t}}{r'\sqrt{\pi}} \left[\exp \left\{ \frac{-(r'-R)^2}{4\alpha t} \right\} - \exp \left\{ \frac{-(r'+R)^2}{4\alpha t} \right\} \right] \right\} \quad (\text{B-6})
 \end{aligned}$$

donde:

K = conductividad térmica de la roca circundante,

c = calor específico de la roca circundante,

ρ = densidad de la roca circundante,

$$\alpha = K/\rho c, \quad (\text{B-7})$$

$$r = \sqrt{x^2 + (l + R - z)^2}, \quad (\text{B-8})$$

$$r' = \sqrt{x^2 + (l + R + z)^2}, \quad (\text{B-9})$$

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-u^2} du. \quad (\text{B-10})$$



Se puede usar esta solución matemática para calcular la distribución de temperatura con respecto al tiempo y a la distancia del cuerpo de magma. A estas temperaturas se les debe sumar la temperatura inicial de todos los puntos antes del emplazamiento del magma. La distribución de temperatura inicial está dada por el gradiente vertical regional de temperatura que existió antes de la intrusión del magma. Así, uno puede estimar la temperatura para cualquier profundidad por debajo de una localización en la superficie, a cualquier distancia dada de la cámara de magma y para cualquier tiempo después del emplazamiento del magma. Las Figuras I-B.4 y I-B.5 muestran las temperaturas calculadas a varios niveles de profundidad como función del tiempo para distancias de cero km y de ocho km respectivamente, de un cuerpo magmático a 850°C, a una profundidad de 10 km. Las Figuras I-B.6 y I-B.7 muestran las temperaturas calculadas versus profundidad para diferentes tiempos, a distancias de cero km y de ocho km respectivamente, para el mismo cuerpo de magma. Se pueden calcular distribuciones similares de temperaturas con respecto a espacio y tiempo siguiendo el emplazamiento del magma a partir de la ecuación (B-6) para cualquier cuerpo de magma con una forma razonablemente equidimensional.

A partir de la distribución calculada de temperatura alrededor del cuerpo de magma, uno puede estimar la temperatura promedio que hay debajo de cualquier prospecto dado, dentro de un rango dado de profundidad. Para propósitos de este estudio se ha asumido un límite conservador de profundidad de cuatro km. También se ha asumido una temperatura promedio de corte de 200°C; es decir, cualquier volumen de roca por debajo de la superficie que tenga una temperatura de menos de 200°C se considera como no comercial y fuera del "yacimientos" comercial. Esta última suposición es también conservadora. Finalmente, se ha asumido un gradiente de temperatura sub-superficial vertical de 50°C/km antes del emplazamiento del magma; esto permite estimar la energía calórica con la cual ha contribuido por sí solo el cuerpo de magma.

Lo anterior es también una suposición conservadora.



Se pueden calcular las reservas geotérmicas asociadas con el cuerpo de magma a partir de una distribución de temperatura calculada utilizando una forma modificada de la metodología descrita anteriormente. Para tal estimación, la ecuación (B-1) puede volverse a escribir como:

$$E = dc_v(T-T_o) R/F/L, \quad (B-11)$$

donde:

E = reservas en NIW por km² a una distancia x del centro de la caldera,

d = profundidad a la cual se van a estimar las reservas de energía, y

T = temperatura promedio calculada entre la superficie del suelo y una profundidad d a una distancia x del centro de la caldera.

El resto de los parámetros en (B-11) son los mismos que para (B-1).

Una vez que se opta por una solución (por una condición de frontera asumida) y estima todas las propiedades requeridas de la roca, el desafío es estimar las cuatro características del magma (volumen, profundidad, edad y temperatura). Todas las cuatro características son inciertas; por lo tanto, GeothermEx ha usado un método de simulación de Monte Carlos. Para cada "tirada" (tirada de los datos, es decir, iteración del cálculo) se pueden calcular las reservas geotérmicas por km² a una distancia x del centro del volcán muestreando a partir de una función de densidad de probabilidad de cinco variables inciertas, es decir, volumen, profundidad del magma, edad del magma, temperatura del magma y factor de recuperación. La definición del factor de recuperación y la metodología de la estimación volumétrica de las reservas son exactamente las mismas que se han descrito para las áreas de Categoría 1 y Categoría 2.



Se ha asumido que solamente de un 10% a un 20% de la energía calórica (en rocas a poca profundidad, menor de cuatro km y a temperaturas superiores a los 200°C) alrededor del cuerpo de magma, estaría concentrada en yacimientos geotérmicos adecuados para explotación, y solamente un 50% de esta energía termal sería recuperable. Esto da un factor de recuperación de 0.05 a 0.1. Aún cuando los pozos no se perforaran a tal profundidad, la convección a través de fallas y fracturas sin duda acarrearía una parte de ese calor desde las profundidades hacia los pozos de producción. Cabe decir que el magma en proceso de enfriamiento no siempre causa mucha elevación de temperatura por conducción a profundidades perforables (hasta 3 kilómetros). No obstante, la intrusión de un cuerpo de magma o de múltiples intrusiones de cuerpos de magma induce esfuerzos en las rocas encajantes, lo que se manifiesta mediante fracturas, que permiten la convección hidrotermal. Temperaturas atractivamente elevadas a profundidades perforables son el resultado de procesos de convección hacia la parte superior del calor del magma a través de agua que circula por el terreno. La **Figura I-B.8** muestra las reservas calculadas por km², más o menos una desviación estándar, como función de la distancia desde el centro del volcán, para el caso de un magma con las siguientes características (para el área de Cosigüina, ver Volumen II de este informe):

- temperatura inicial de 900° a 1,100°C;
- volumen de 50 a 100 km³;
- profundidad del emplazamiento de 3 a 7 km; y
- edad del emplazamiento de 30,000 a 60,000 años.

De esta cifra es claro que la contribución del magma a las temperaturas sub-superficiales en este caso llega a ser carente de importancia a una distancia superior a los cuatro km del centro del volcán. Se pueden preparar gráficas similares para cualquier volcán con solo asignar los rangos



adecuados para los parámetros del magma (profundidad, volumen, edad y temperatura). De tales gráficas se puede calcular la reserva total del volcán como sigue:

Si E es la reserva en MW/km^2 (desde la superficie del terreno hasta la profundidad d) a una distancia de x km del centro del volcán), entonces las reservas totales en el sitio debido al cuerpo de magma están dadas por:

$$\text{Reservas} = 2\pi \int_0^{x'} (xE) dx, \quad (\text{B-12})$$

donde x' es la distancia más larga desde el centro del volcán a la cual el magma ha causado la elevación de temperatura.

Si se tienen múltiples volcanes con diferentes edades, profundidades, volúmenes, etc., dentro de una cierta área, las reservas totales pueden aproximarse mediante la suma de las reservas con la ecuación (B-12), para todos los cuerpos de magma representados por los volcanes.

B.3.2 Estimación de Parámetros del Cuerpo de Magma

Es difícil determinar con precisión el tamaño, forma, posición, profundidad y temperatura inicial del complejo magmático debajo de un volcán activo o reciente. Se pueden aplicar ciertas técnicas, incluyendo métodos geofísicos y petrológicos, para medir estos parámetros; sin embargo, la precisión que se puede lograr con estos métodos es variable, y requieren estudio y análisis sustancial y detallado para lograr un nivel razonable de confianza. Se han llevado a cabo muy pocos estudios de este tipo para los volcanes de la Cordillera Volcánica de Nicaragua, y por lo tanto no existe un conjunto de datos que nos permita comparar con una base consistente, los diferentes complejos magmáticos asociados.

Por tal razón, se ha adoptado un método que depende de características fácilmente observables en los volcanes para estimar los parámetros del cuerpo magmático necesarios para calcular las



reservas de energía en el Estudio Plan Maestro. Esta metodología puede dar estimaciones que son menos precisas de lo que se lograría mediante métodos más sofisticados, pero tiene la importante ventaja de suministrar una base consistente y objetiva para determinar los parámetros críticos de cada volcán.

Tamaño y Forma

El magma que asciende desde su punto de generación (típicamente, en el manto) puede quedar emplazado debajo de la superficie o ser eruptado por encima de ella. Por lo general, la cantidad de magma que se erupta como lava o material piroclástico queda compensada por una cantidad aproximadamente igual que se emplaza en niveles más someros (unos pocos km) en forma de cuerpo de magma o roca intrusiva. Por lo tanto, el volumen del complejo magmático / intrusivo debajo de un volcán puede estimarse aproximadamente determinando el volumen asociado de material extrusivo.

En la mayoría de los volcanes dentro de las áreas del Estudio Plan Maestro, la mayor cantidad de material eruptado ha permanecido como parte de los edificios volcánicos actuales. Esto es particularmente cierto en el caso de los estrato-volcanes en forma de cono como el Momotombo, San Cristóbal y Concepción, en donde la actividad eruptiva está dominada por flujos de lava y erupciones piroclásticas moderadamente explosivas. En estos casos, el volumen del edificio volcánico representa una buena estimación del volumen mínimo del complejo magmático / intrusivo disponible para actuar como fuente de calor geotérmico. El volumen de cada uno de los volcanes o complejos volcánicos en las diferentes áreas que componen el Estudio Plan Maestro ha sido calculado a partir de mapas topográficos detallados, para estimar el volumen mínimo de magma.

La eliminación o dispersión de material por causa de erosión, vulcanismo más explosivo, o subsidencia, tenderá a reducir el tamaño del edificio volcánico y a causar una subestimación del



volumen de magma. Tomando esto en cuenta, el tamaño máximo del complejo magmático / intrusivo bien puede ser el doble del tamaño mínimo estimado a partir del volumen del edificio volcánico. Por lo tanto, cuando el volumen del magma se ha estimado por este método, se asume que su distribución de probabilidad está en el rango de entre uno y dos veces el volumen calculado de material eruptado.

La estimación del volumen por este método puede ser demasiado conservador para volcanes más explosivos, que forman calderas (como las de la Península de Chiltepe), debido a que, por la naturaleza de su actividad, tienden a dispersar material en un área más amplia, haciendo difícil una estimación exacta del volumen de los productos eruptados. Además, es más probable que estos volcanes tengan antiguas y bien desarrolladas cámaras de magma. Por esta razón, cuando cabe la posibilidad de sub-estimar el volumen de los productos eruptados, se ha usado un método diferente para estimar el volumen de magma, basándonos en las dimensiones de la caldera.

Una erupción importante, que forma una caldera, no vacía por completo la cámara de magma en la cual se originó. Varios estudios han mostrado que se expulsa solamente de un 10% a un 20% del magma de la parte superior de la cámara. El tamaño de la caldera formada por el colapso de la parte superior de la cámara como consecuencia de una erupción es aproximadamente igual al volumen del magma eruptado. Por consiguiente, se puede estimar que el tamaño del complejo magmático es aproximadamente de cinco a 10 veces el volumen de la caldera que se formó más recientemente. Tales límites han sido usados como límites de distribución de probabilidad del volumen de magma en los casos donde no es aplicable el método del volumen de los productos eruptivos.

Tal como se discutió en la Sección B.3.1, el cálculo de reservas de energía es relativamente independiente de la forma del cuerpo de magma. Por lo tanto, no se ha intentado estimar las



dimensiones específicas del complejo magmático de cada volcán; de todas formas, tales estimaciones serían altamente especulativas. Para unos pocos volcanes, existe una razón para inferir que la distribución de magma puede desviarse significativamente de una forma normal, y donde cabe tal posibilidad, en los respectivos volúmenes individuales de este reporte, se discute el posible impacto sobre las reservas

Profundidad

El magma que no se desplaza hacia la superficie tenderá a acumularse a una profundidad cercana a aquella en la cual su densidad está en equilibrio con la densidad de la roca circundante. A esta profundidad se le conoce como nivel neutro de flotación, y generalmente está a unos cinco km por debajo de la superficie. Algo del magma puede estar emplazado a profundidades más someras (en forma de diques u otros cuerpos intrusivos pequeños), y la base de la cámara de magma puede estar más profunda, pero el nivel neutro de flotación representa una estimación útil de la profundidad del cuerpo del magma. En los volcanes investigados como parte del Estudio Plan Maestro, a menos que exista alguna otra información más específica, se ha asumido que la distribución de probabilidad de la profundidad del magma tiene límites comprendidos entre tres km y siete km.

Temperatura

Los volcanes de la Cordillera Volcánica de Nicaragua comparten características petrológicas afines, lo que sugiere condiciones similares en la génesis del magma. La preponderancia de vulcanismo de basáltico a andesítico en los volcanes (Nyström *et al.*, 1993) indica que en la mayoría, si no en todos, el magma emplazado a niveles someros puede ser fundamentalmente



basáltico. Se ha asumido un rango de 900° a $1,100^{\circ}$ para la distribución de probabilidad de la temperatura inicial del magma, reflejando el rango típico de temperatura para esta composición inferida de magma.

Edad

Generalmente, la edad del emplazamiento de magma puede ser estimada con mayor confianza que el tamaño y la forma del complejo. Entre las fuentes de información para estimar la edad se pueden incluir:

- datación radiométrica de productos efusivos;
- inferencias de tasas de actividad efusiva (por ejemplo, McKnight et al., 1997); y
- comparación con otros volcanes cuyas edades se conocen mejor.

La cantidad de información disponible para estimar las edades de los volcanes dentro de las áreas del Estudio Plan Maestro es variable, aunque suficiente para construir distribuciones de probabilidad adecuadas para ser usadas en cálculos de reserva de energía. Detalles específicos de estimación de la edad se describen en los volúmenes individuales de este reporte.

B.3.3 Ejemplo de Aplicación de la Metodología

La metodología presentada anteriormente fue aplicada a cada una de las áreas de Categoría 3 identificadas en este estudio. Se asumió que los siguientes parámetros para estimación de recursos eran los mismos para todas las áreas de Categoría 3 :

Profundidad máxima considerada = 4 km

Temperatura de corte del recurso = 200°C



Calor latente de solidificación del magma	= 300 kJ/kg/°C
Gradiente de temperatura vertical inicial	= 50°C/km
Conductividad térmica de la roca	= 0.0025 kJ/m/s/°C
Calor específico de la roca	= 1.0 kJ/kg/°C
Densidad de la roca	= 2,700 kg/m ³
Porosidad de la roca	= 3%
Factor de utilización	= 45%
Temperatura de Rechazo	= 30°C
Factor de recuperación	= 5% a 10 % (probabilidad uniforme)

Los siguientes parámetros fueron estimados por separado para cada área individual de la Categoría 3:

- volumen del magma;
- profundidad del magma;
- edad del magma; y
- temperatura del magma.

Por ejemplo, para el Volcán Cosigüina, estos parámetros son como se listan arriba. La **Figura I-B.8** muestra la gráfica resultante de reservas en MW por km² en función de la distancia desde el centro de la caldera, siendo las reservas totales de 425 MW.

B.3.4 Discusión



La metodología descrita anteriormente utilizada para las áreas de Categoría 3 es intrínsecamente menos exacta que la metodología usada para las áreas de Categoría 1 y Categoría 2. No obstante, ante la ausencia de algún método directo para estimar las temperaturas subsuperficiales, de las áreas de yacimientos y el espesor de los mismos, el método propuesto es la única metodología consistente y cuantitativa para estimación de las reservas geotérmicas, por lo menos, en el límite superior. El estimar las reservas de esta forma permite comparar un área de Categoría 3 con otra, y posibilita realizar un inventario a nivel nacional del potencial de las reservas geotérmicas en áreas inexploradas o exploradas de manera inadecuada.

B.4 Referencias

Carslaw, H. S. y J. C. Jaeger, 1959. Conduction of heat in solids, 2nd edition. Oxford University Press.

Lachenbruch, A. H., 1957a. Thermal effects of the ocean on permafrost. Geological Society of America Bulletin, Vol. 68.

Lachenbruch, A. H., 1957b. Three-dimensional heat conduction in permafrost beneath heated buildings. United States Geological Survey Bulletin 1052-B, pp. 51-69.

Lovering, T. S., 1935. Theory of heat conduction applied to geological problems. Geological Society of America Bulletin, Vol. 46.

McKnight, S.B. y S. N. Williams, 1997. Old cinder cone or young composite volcano? The nature of Cerro Negro, Nicaragua. Geology, Vol. 25, No. 4, pp. 339-342.

Muffier, L. J. P., Editor, 1978. Assessment of geothermal resources of the United States - 1978. United States Geological Survey Circular 790, United States Department of the Interior.



COMISION NACIONAL DE ENERGIA

TELEFONO:(505) 222-5576
FAX: (505) 222-4629
www.cne.gob.ni

Nyström, J. O., B. Levi, S. Torbjörn, A.E. Fallick y M. Darce, 1993. Cenozoic volcanism within the Nicaraguan geotraverse (Vulcanismo Cenozoico en la Geotraversa Nicaragüense). Revista Geológica de América Central, Vol. 16, pp. 107-111.

White, D. E. y D. L. Williams, Editors, 1976. Assessment of geothermal resources of the United States - 1975. United States Geological Survey Circular 726, United States Department of the Interior.

FIGURAS

Figura I-B.1: Histograma de capacidad energetica, Managua-Chiltepe

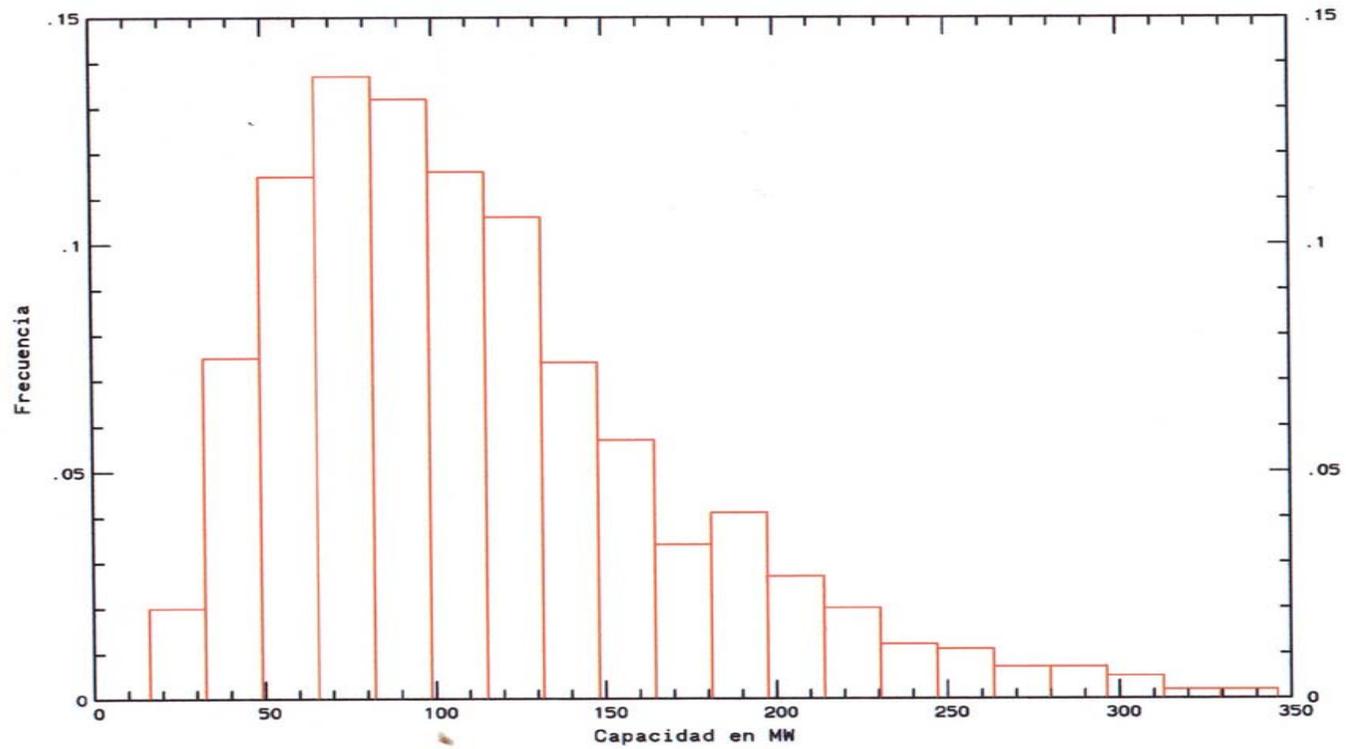
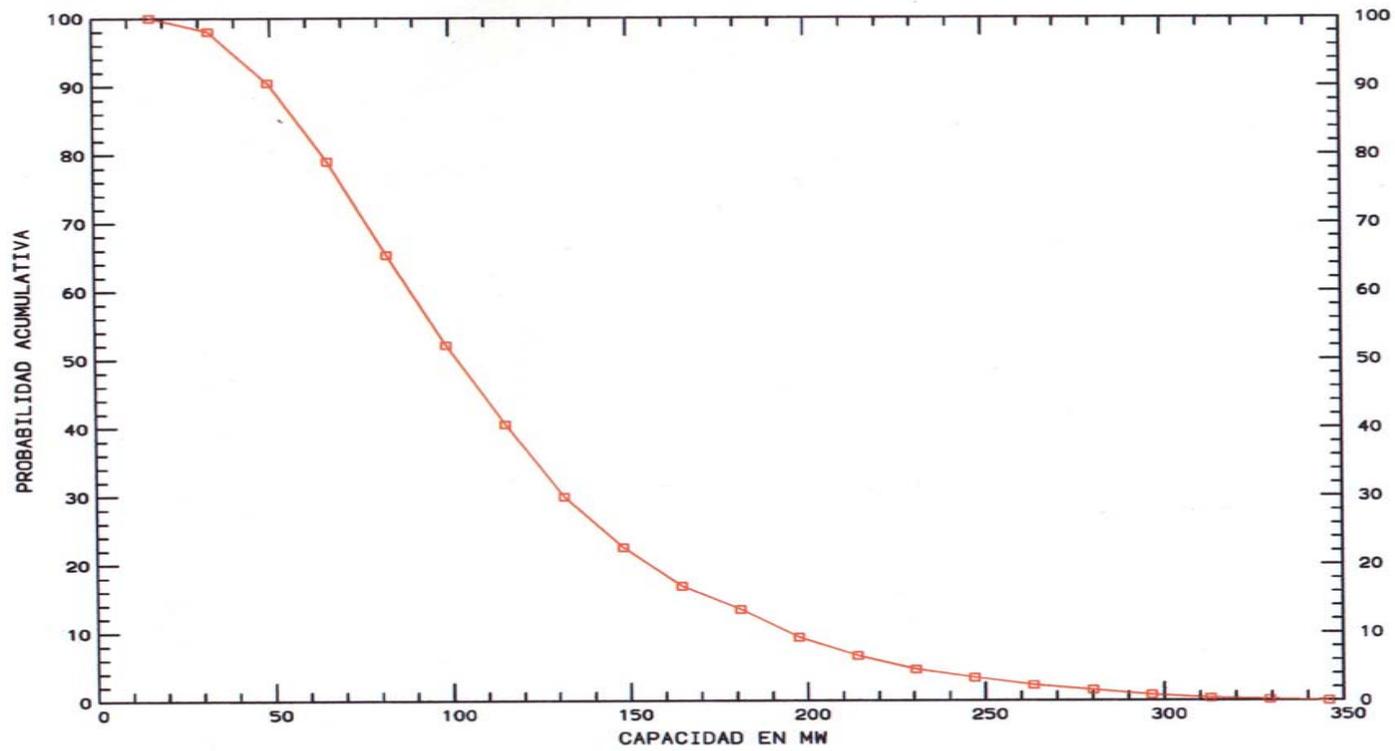


Figura I-B.2: Probabilidad acumulativa de capacidad energetica, Managua-Chiltepe



GeothermEx, Inc.
02-20-2001 Chil3cmp.plt

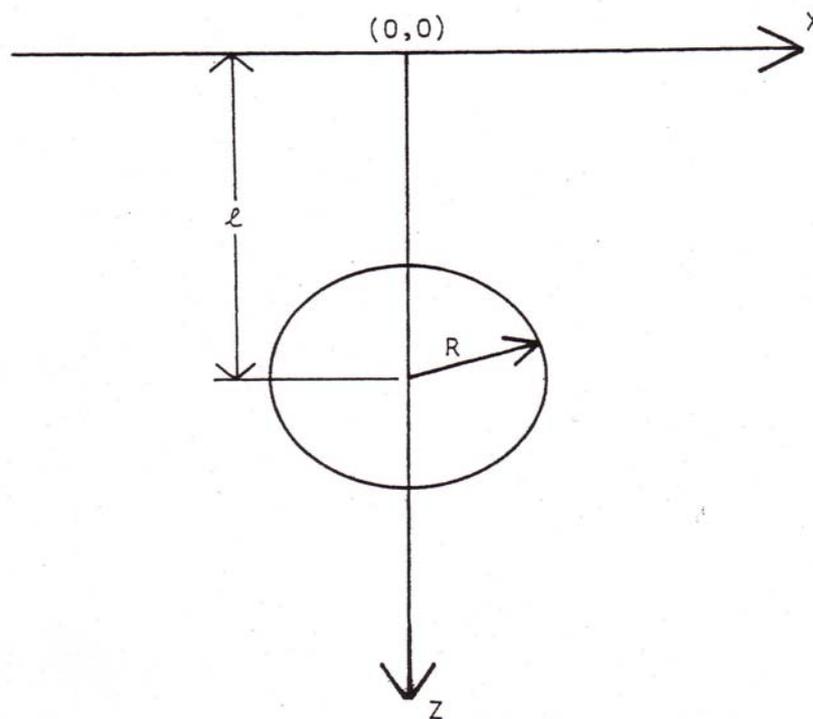


Figura I-B.3: Diagrama esquemático del modelo esférico de magma

2000, GeothermEx, Inc.

Figura I-B.4: Diagrama de temperatura vs. tiempo para distancia = 0 km

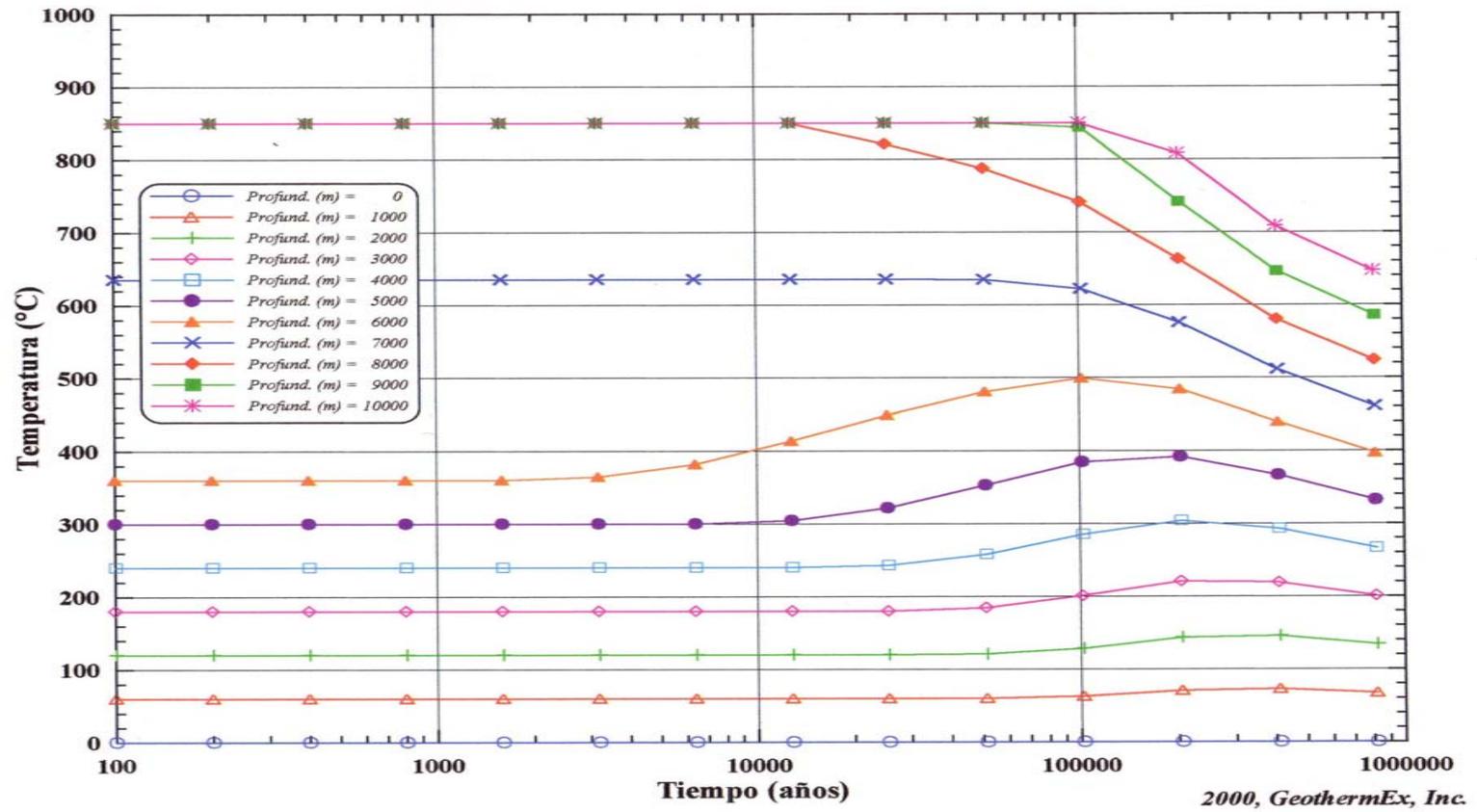


Figura I-B.5: Diagrama de temperatura vs. tiempo para distancia = 8 km

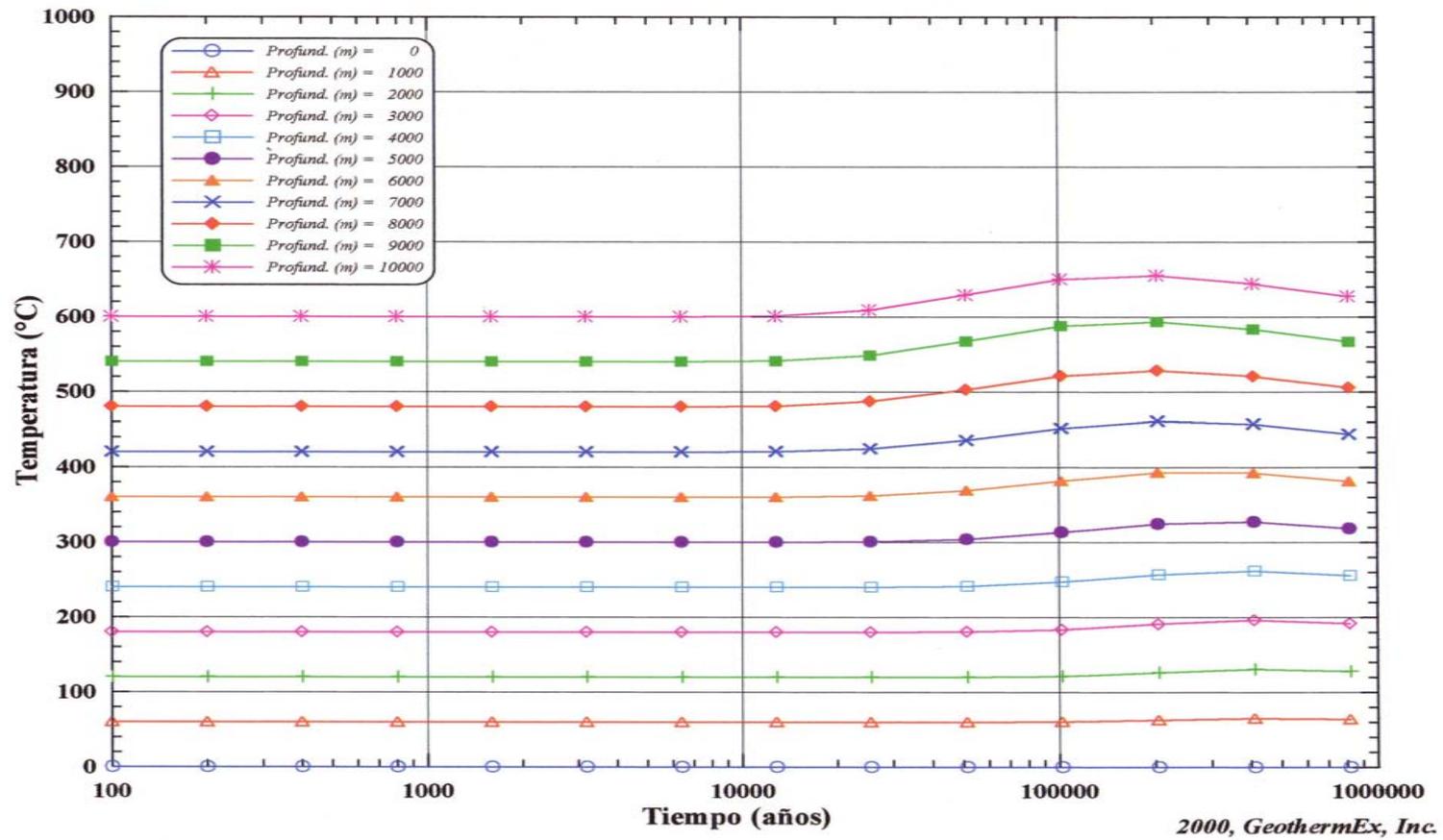


Figura I-B.5: Diagrama de temperatura vs. tiempo para distancia = 8 km

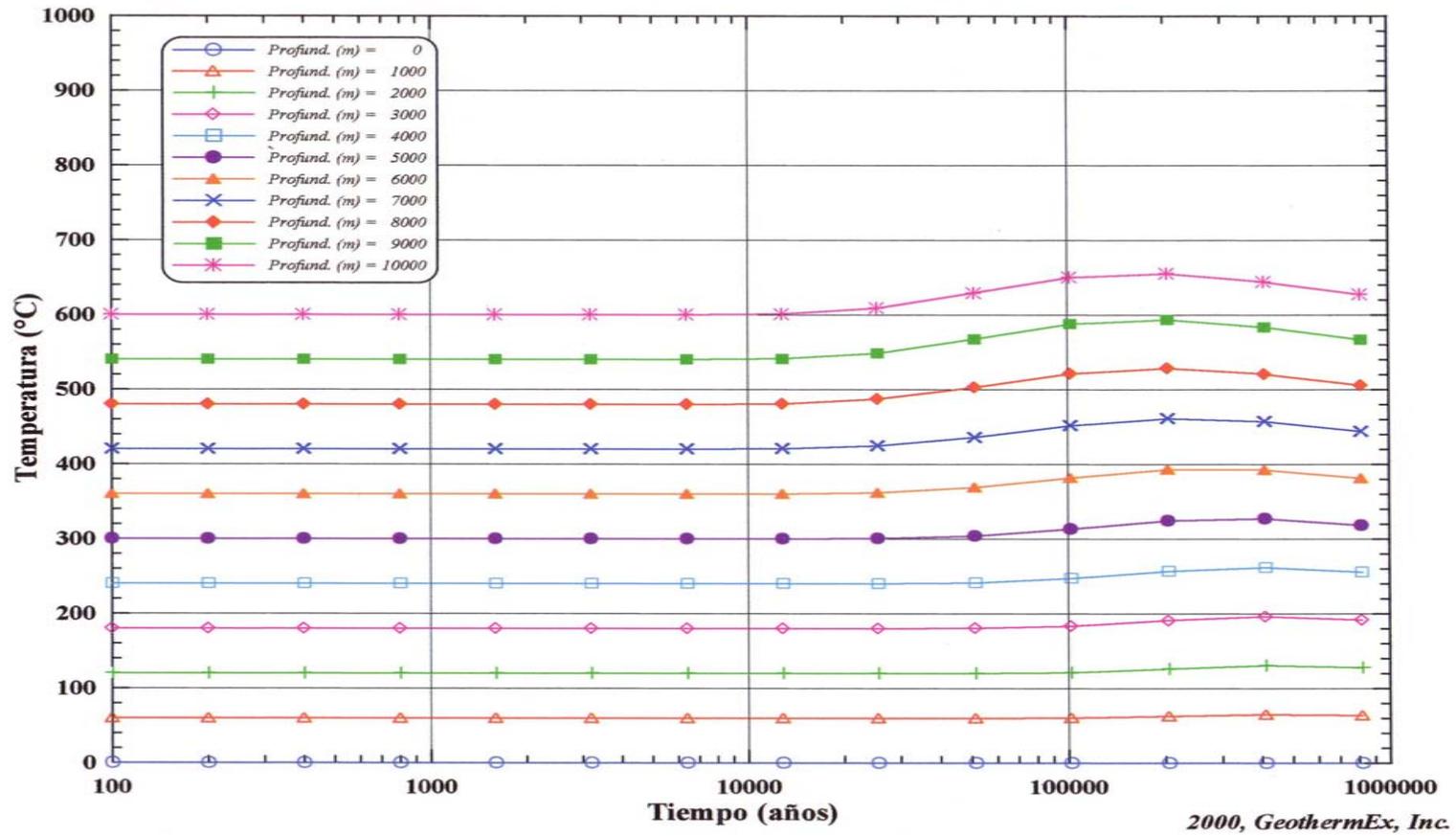


Figura I-B.6: Diagrama de temperatura vs. profundidad para distancia = 0 km

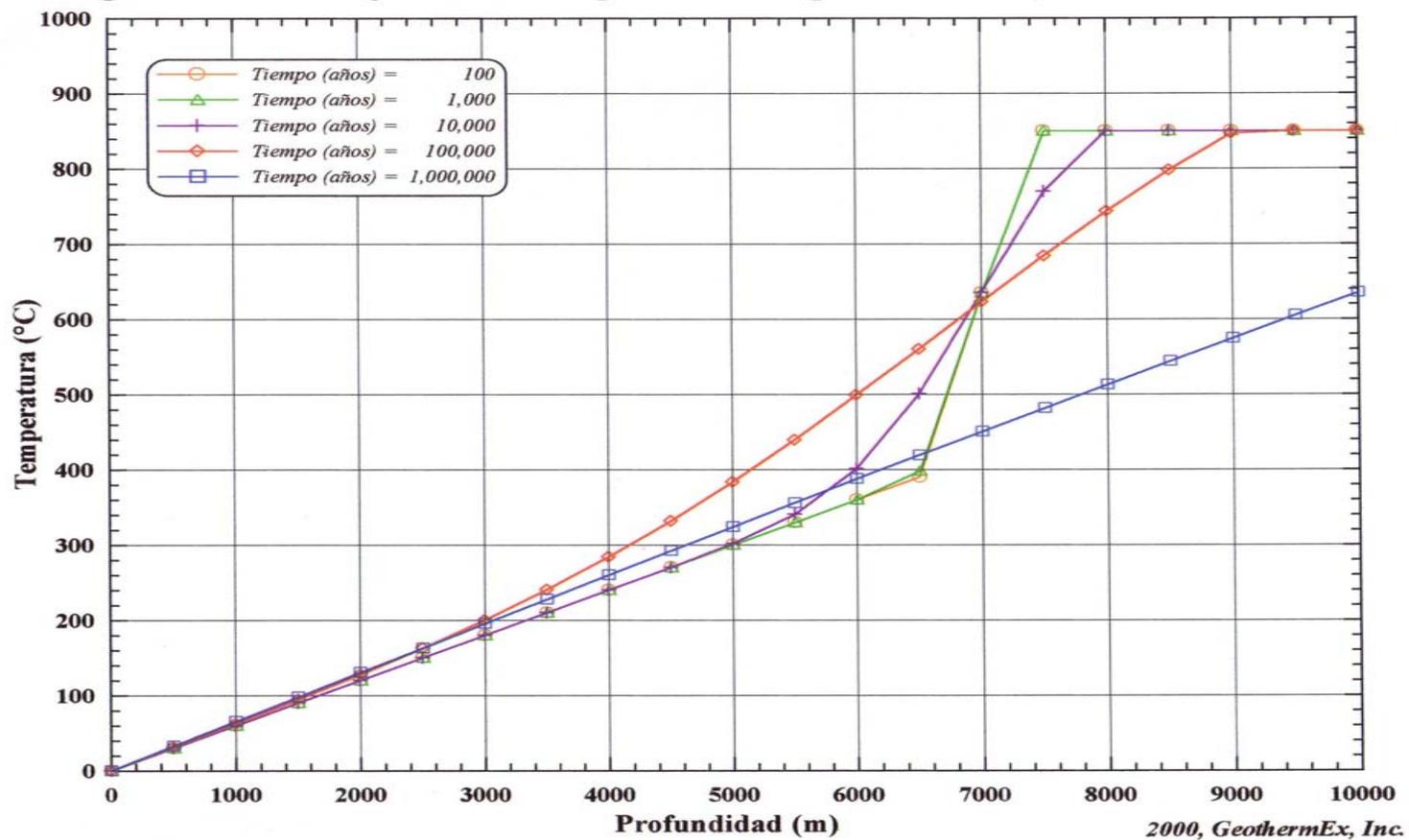


Figura I-B.7: Diagrama de temperatura vs. profundidad para distancia = 8 km

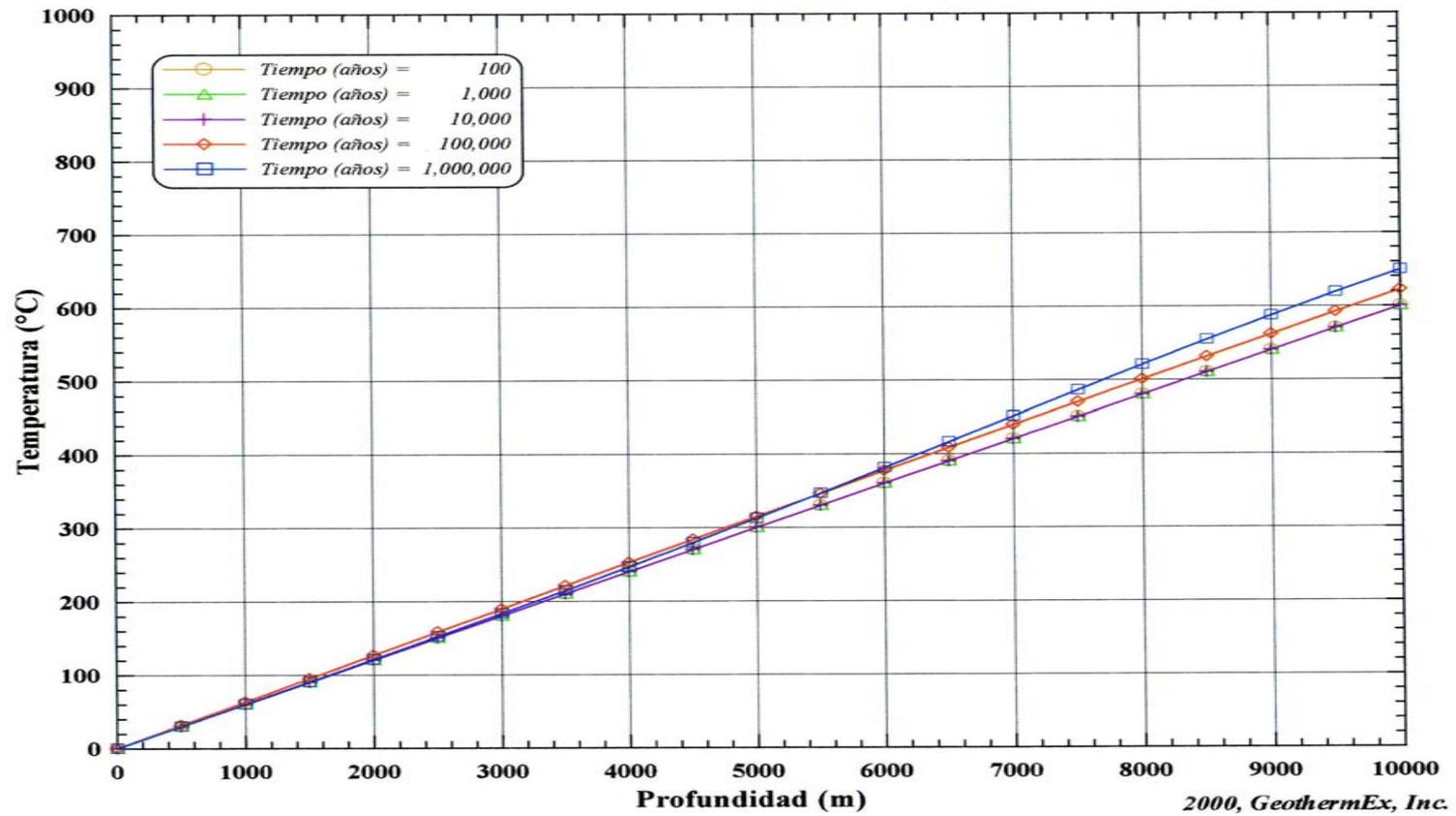
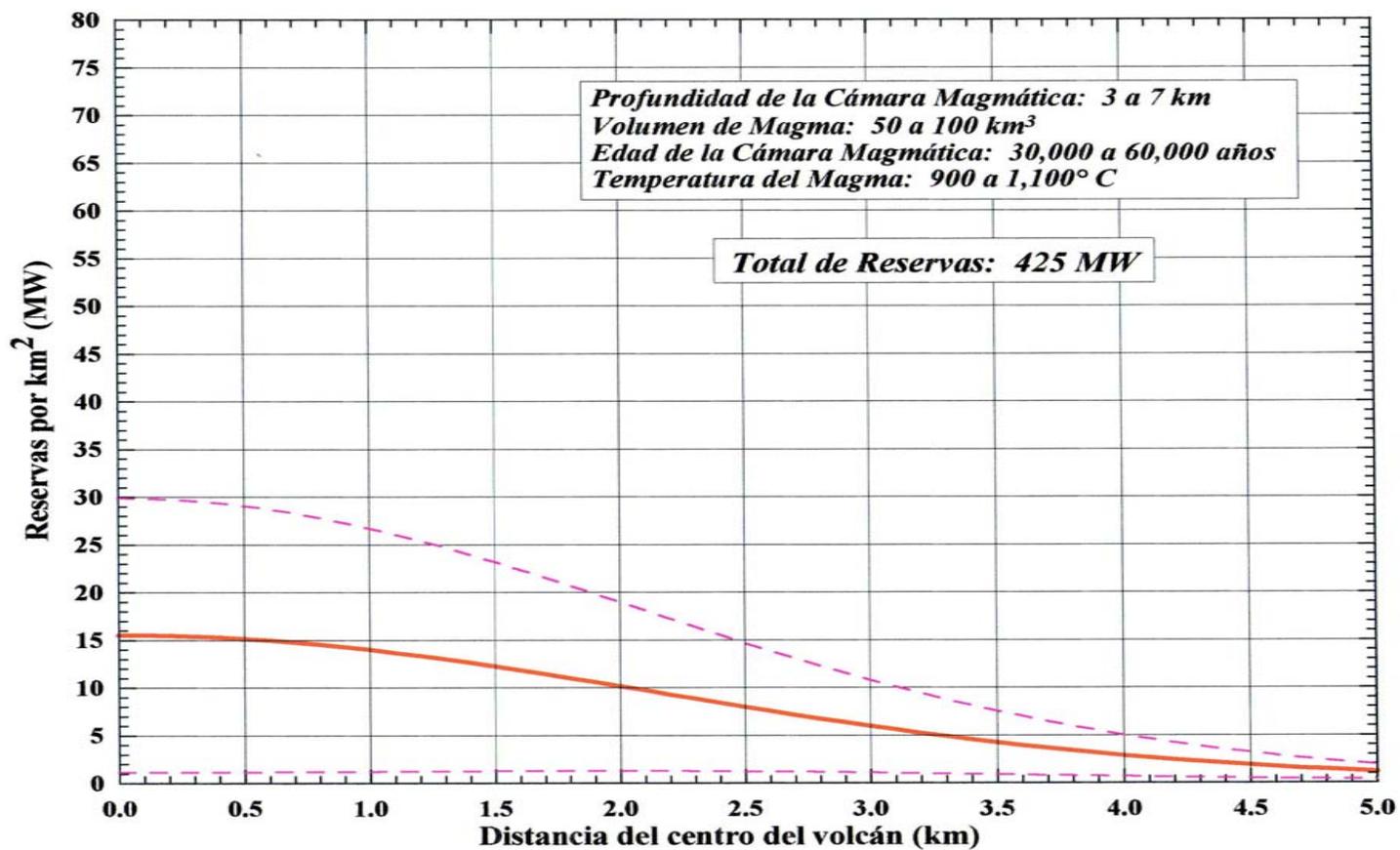


Figura I-B.8: Cálculo de reservas, Volcán Cosigüina





ANEXO F: BIBLIOGRAFIA

- Aitken, M. J, 1985. Thermoluminescence Dating. Academic Press, London, 359 pp.
- Alemán Lacayo A. J., 1998. Primer informe de gobierno, 1997. Mensaje presidencial del 10 de enero de 1998 a la honorable asamblea nacional.
- Anexo I-H: Informaciones adicionales han sido obtenidas a través de discusiones con varios funcionarios del Instituto Nicaragüense de Energía (INE).
- Anexo I-I: Informaciones adicionales han sido obtenidas a través de discusiones con técnicos de diferentes sectores de INE y de ENEL y en el ámbito del Seminario: Futuro de la Industria Eléctrica de Nicaragua ante la Reestructuración del Sector. Asociación Nicaragüense de Ingenieros y Arquitectos (ANIA), Managua, 24 de Noviembre de 1999.
- ANIA, 1999. Futuro de la Industria Eléctrica de Nicaragua Ante la Reestructuración del Sector, Participación de la Empresa Privada en el Sector Eléctrico, La Ley de la Industria Eléctrica y su Reglamento Asociación Nicaragüense de Ingenieros y Arquitectos (ANIA).
- Arguello, S., A. Fonseca, D. Ríos y A. Pastora, 1999. Exploraciones geotérmicas, exploraciones geofísicas, área San Jacinto - Tizate. Instituto Nicaragüense de Energía, Sección Geofísica.
- Bananera San Luis, 1997. Archivos de la Bananera San Luis de Chinandega. Análisis químicos de aguas hechos por Laboratorios Laquis, 1997.
- Banco Central de Nicaragua, Informes Anuales, 1997, 1998, 1999.
- Beamish, D. y J. Travassos, 1992. The use of D+ in Magnetotelluric interpretation. J. Appl. Geophys. 29, 1-19.
- Bedmar, A. P., 1985. Informe preliminar sobre origen de las filtraciones de agua en la mina "El Limón", Nicaragua. Proyecto NIC/8/002. Organismo Internacional de Energía Atómica, Sección de Hidrología Isotópica, Viena, Austria. 5 pág. + 2 fig.
- Bedmar, A. P., 1988. Estudio sobre las filtraciones de la mina Santa Pancha (Nicaragua). Organismo Internacional de Energía Atómica, Sección de Hidrología Isotópica, Viena, Austria. 63 pág. Junio, 1988.



- Bennett, R., 1970. Reporte final, proyecto de recursos geotérmicos - etapa una, parte 7, geoquímica del área del proyecto geotérmico Nicaragüense, para el gobierno de Nicaragua, Ministerio de Economía, Industria y Comercio, Diciembre de 1970. Texas Instruments Incorporated, Services Group.
- Bice, D. C., 1977. Surficial geology of central Marrabios Range, Nicaragua. (Informe preparado para California Energy Co./ENALUF, no publicado.)
- Bice, D. C., 1985. Quaternary volcanic stratigraphy of Managua, Nicaragua; correlation and source assignment for multiple overlapping plinian deposits. Geological Society of America Bulletin, Vol. 96, No. 4, pp. 533-566.
- Bodvarsson, G., 1971. Geothermal investigations in Nicaragua, report prepared for the government of Nicaragua, Ministry of Economy, Industry and Commerce, February 1971. Archivos de GeothermEx, Inc.
- Bonvalot, S., Y. Albouy y D. Rémy, 1992. Geophysical survey of the Masaya Caldera (Nicaragua) EOS, Transactions American Geophysical Union, Vol. 73, No. 43 suppl., p. 348.
- Bowers, C., 1982. Geochemistry and petrology of Telica volcano, Nicaragua. B. S. thesis, Rutgers University, New Brunswick, N.J., U.S.A., 34 pp.
- Braun, L. T., 1971. Geothermal Exploration in Nicaragua. Parte de: United Nations Symposium on the Development and Utilization of Geothermal Resources, Proceedings, Vol. 2, Part 1, Geothermics, Vol. 2, No.2, pp. 41-42.
- Brown, R. D., P. J. Ward y G. Plafker, 1973. Geologic and Seismologic Aspects of the Managua, Nicaragua Earthquakes of December 23, 1972. U. S. Geological Survey Professional Paper 838.
- Burbach G. V., C. Frohlich, W. D. Pennington y T. Matumoto, 1984. Seismicity and tectonics of the subducted Cocos plate. Journal of Geophysical Research, Vol. 89, pp. 7719-7735.
- Burns, P. y A. Campbell, 1978. Descriptions of the new thermal discovery east of volcán Telica and of the north volcán Telica fumaroles California Energy Company, Inc., August 1978.



- Burns, P., A. Campbell, y J. L. Moore, 1978. Thermal prospects of the San Jacinto - Tizate area, Nicaragua (unedited preliminary report subject to minor revision) California Energy Company, Inc.
- CalEnergy, 1978. Temperature gradient hole investigations conducted by California Energy Company - ENALUF in the vicinity of El Hoyo and Momotombo volcanoes, 1976 - 1977. Table 1, Summary of temperature gradient hole data. (Informe de California Energy Company, Inc., a Empresa Nacional de Luz y Fuerza, Junio, 1978. Nota: todas las coordenadas UTM de los pozos son aproximaciones.)
- California Energy Co., 1978. Feasibility report: Momotombo geothermal field expansion to 105 MW. Part I, Summary and recommendations. Preparado para Empresa Nacional de Luz y Fuerza, October, 1978, por California Energy Company, Inc..
- California Energy Co., 1978. Temperature gradient hole investigations conducted by California Energy Co. - ENALUF in the Vicinity of El Hoyo and Momotombo Volcanoes, 1976-1977. Por California Energy Company, Inc.
- California Energy Co., 1978. Thermal prospects of the San Jacinto Tizate area. (Informe preparado por Burns P. y Campbell A.)
- Carr, M. J. et al., 1979. Potassium content of lavas and depth to the seismic zone in Central America. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Vol. 5, pp. 387-401.
- Carr, M. J. y W. I. Rose, 1987. CENTAM - a database of analysis of Central American volcanic rocks. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Vol. 33, pp. 239-240.
- Carr, M. J., 1984. Symmetrical and segmented variation of physical and geochemical characteristics of the Central American volcanic front. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Vol. 20, No. 3-4, pp. 231-252.
- Carr, M. J., M. D. Feingenson y E. A. Bennet, 1990. Incompatible element and isotopic evidence for tectonic control of source mixing and melt extraction along the Central American arc. *Contributions in Mineralogy and Petrology*, Vol. 105, pp. 369-380.
- Carr, M. J., M. D. Feingenson y E.A. Bennet, 1990. Incompatible element and isotopic evidence for tectonic control of source mixing and melt extraction along the Central American arc. *Contributions in Mineralogy and Petrology*, Vol. 105, pp. 369-380.



- Carreño Collatupa, R., 1998, Evaluación del desastre y de peligro residual en el volcán Casita; identificación y evaluación preliminar de peligros asociados a terrenos inestables en algunos puntos del norte y centro de Nicaragua. Ayuda Humanitaria y Cuerpo Suizo de Socorro en Caso de Catástrofe - AH+CSS, Agencia Suiza Para El Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), y Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), Informe de Consultoría.
- Carslaw, H. S. y J. C. Jaeger, 1959. Conduction of heat in solids, 2nd edition. Oxford University Press.
- Censos Nacionales, 1995. Cifras Oficiales Preliminares, República de Nicaragua - INEC, Septiembre de 1995.
- CIGEO y ANGPA, 1995. Seminario-panel exploración de aguas subterráneas, centro de convenciones "Olof Palme", jueves 16 de febrero de 1995, Managua, Nicaragua. Centro de Investigaciones Geocientíficas (CIGEO, UNAN - Managua) y Asociación Nacional de Geólogos y Profesionales Afines (ANGPA), Auspiciado por: Proyecto Nic/91/032, PNUD-INIFOM-INAA.
- CITES, 1977. Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Firmada en Washington el 3 de Marzo de 1973. Decreto No. 7. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 183, Agosto de 1977.
- Collins; D. E., M. R. Niccum y D. C. Bice, 1976. Preliminary summary of late Pleistocene and Holocene volcanic and sedimentary stratigraphy of the Managua area, Nicaragua. Publicaciones Geológicas ICAITI No. V.
- Connor, C. B. et al., 1996. Soil ²²²Rn pulse during the initial phase of the June-August 1995 eruption of Cerro Negro, Nicaragua. Journal of Volcanology and Geothermal Research, Vol. 73, No. 1-2; pp. 119-127.
- Connor, C. B., 1997. A proposal for quantitative volcanic hazard assessment of Telica Volcano, Nicaragua. Proposal No: 20-20445, February 3, 1997, from Center for Nuclear Waste Regulatory Analyses, Southwest Research Institute, San Antonio, TX, to UNOCAL Geothermal, Santa Rosa, CA.
- Constable, S. C., R. L. Parker y C. G. Constable, 1987. Occam's inversion - A practical algorithm for generating smooth models from electromagnetic sounding data. Geophysics, 52, 289-300.



Constitución Política de la República de Nicaragua.

Creación de Reservas Naturales en el Pacífico de Nicaragua. Decreto No. 1320, del 8 de Septiembre de 1983. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 213 del 19 de Septiembre de 1983.

Creusot-Eon, A., 1991. Actividad actual del Volcán Telica. Informaciones colectadas el 6 de marzo. Managua, 6 de Marzo de 1991 (carta en archivos ENEL).

Creusot-Eon, A., 1993. Informe geovolcanológico del complejo Telica, evaluación de los riesgos volcánicos en la zona, Junio de 1993. Archivos de ENEL Geotermia.

Cruden, A., 1989. The structure of south-western Nicaragua. A preliminary assessment. University of Upsala. Swedish Cooperation, INNIINES/SAREC Project. ID-nr: URAP 89001, Date: 1989-02-07. (Informe no publicado.)

DAL / ELC / ENEL, 1995. Estudios de evaluación del potencial energético, Factibilidad de la estabilización y de la tercera unidad geotermoeléctrica del campo geotérmico de Momotombo, Fase IA - investigaciones geocientíficas: Anexo D - Estudio Geoquímico. Managua, Octubre de 1995. Contrato BID PS0.4.304.00-C, para BID (Banco Interamericano de Desarrollo, Washington D. C. Estados Unidos) y ENEL (Empresa Nicaragüense de Electricidad, Managua, Nicaragua), por DAL SPa, Milano, Italia, ELC (Electroconsult), Italia, y ENEL.

DAL / ELC / ENEL, 1995. Estudios de evaluación del potencial energético, Factibilidad de la estabilización y de la tercera unidad geotermoeléctrica del campo geotérmico de Momotombo, Fase IA - investigaciones geocientíficas. Informe interno ENEL (Empresa Nicaragüense de Electricidad), Managua, Nicaragua. DAL SpA, Milano, Italia. ELC - Electroconsult, Milano, Italia.

DAL / ELC / ENEL, 1995. Estudios de evaluación del potencial energético, factibilidad de la estabilización y de la tercera unidad geotermoeléctrica del campo geotérmico de Momotombo, Fase IA - investigaciones geocientíficas: Informe de síntesis, Anexo C - Estudios geofísicos, y Anexo D - Estudio geoquímico. Managua, Octubre de 1995. BID (Banco Interamericano de Desarrollo) Washington D.C., Estados Unidos. ENEL (Empresa Nicaragüense de Electricidad), Managua, Nicaragua. DAL SpA, Milano, Italia. ELC - Electroconsult, Milano, Italia.



- DAL SpA, 1989. Campo geotérmico Momotombo: Optimización del sistema campo-planta, informe final. Informe interno ENEL (Empresa Nicaragüense de Electricidad), Managua, Nicaragua. DAL SpA, Milano, Italia.
- DAL SpA, 1991. Campo geotérmico de Momotombo: Estudio de factibilidad de la tercera unidad. Actualización del modelo del campo. Informe interno ENEL (Empresa Nicaragüense de Electricidad), Managua, Nicaragua. DAL SpA, Milano, Italia.
- DAL SpA, 1991. Campo geotérmico de Momotombo: Estudio de factibilidad para la tercera unidad. Pozos existentes, Historia, Características, Datos de perforación y mediciones. DAL Spa, Milán, Agosto de 1991, para Instituto Nicaragüense de Energía, MOM 122/003.
- DAL SpA, 1992a. Proyecto geotérmico San Jacinto - Tizate. Servicios de ingeniería para el desarrollo del campo. Síntesis de la información existente y ubicación de tres pozos de prueba. Intergeoterm, Managua, Nicaragua. DAL SpA, Milano, Italia.
- DAL SpA, 1992b. Proyecto geotérmico San Jacinto - Tizate. Servicios de ingeniería para el desarrollo del campo. Marco de referencia ambiental. Intergeoterm, Managua, Nicaragua. DAL SpA, Milano, Italia.
- DAL SpA, 1993. Exploración de nuevas áreas geotérmicas en el macizo del Volcán Telica. DAL Informe SJT 126/011 NIC, Septiembre de 1993.
- DAL SpA, 1993. Investigación geoelectrica en las áreas Volcán Telica Norte y Volcán Telica Oeste. Términos de Referencia. DAL Informe SJT 126/013, Octubre de 1993.
- DAL SpA, 1993. Programa de exploración en el área de El Ñajo. DAL Memo SJT-068 NIC 25.10.93.
- DAL SpA, 1994. Campo Geotérmico de Momotombo: Estudio de factibilidad de la tercera unidad. Modelado del campo. Informe interno ENEL (Empresa Nicaragüense de Electricidad), Managua, Nicaragua. DAL SpA, Milano, Italia.
- DAL Spa, 1994. Momotombo y San Jacinto - Tizate, experiencias y perspectivas de la geotermia en Nicaragua. DAL SpA.
- DAL SpA, 1994. Pozo SJ-1. Resultados y evaluación del sector San Jacinto (Septiembre 1994). Proyecto Geotérmico San Jacinto - Tizate. ENEL (Empresa Nicaragüense de Electricidad), Managua, Nicaragua. Informe SJT 126/018. DAL SpA, Milano, Italia.



- DAL SpA, 1995, Proyecto geotérmico San Jacinto - Tizate, Informe de factibilidad, Vol. 1, Evaluación del recurso e ingeniería, Agosto de 1995. ENEL (Empresa Nicaragüense de Electricidad), Managua, Nicaragua. DAL SpA, Milano, Italia.
- DAL SpA, 1995. Proyecto geotérmico San Jacinto - Tizate, Informe de factibilidad, Volumen I, Evaluación del recurso e ingeniería. DAL Spa, Managua, Agosto de 1995. ENEL (Empresa Nicaragüense de Electricidad), Managua, Nicaragua. Tabla 4.2 - Características químicas del fluido de El Tizate, Tabla 4.3 - Análisis químicos de los pozos de El Tizate, Tabla 4.4 - Análisis de los gases no condensables en los pozos de El Tizate.
- DAL Spa, 1995. Proyecto geotérmico San Jacinto - Tizate, Informe de factibilidad, Vol. 2, Marco de referencia ambiental, Agosto de 1995. ENEL, Managua, Nicaragua.
- DAL SpA, 1997. Proyecto geotérmico Momotombo, Pozo MT-43. Perforación, datos geológicos, mediciones y pruebas. Informe interno ENEL (Empresa Nicaragüense de Electricidad), Managua, Nicaragua. DAL SpA, Milano, Italia.
- DAL SpA, 1997. Proyecto geotérmico Momotombo: resumen de los resultados de las perforaciones del Programa FIV. Informe interno ENEL (Empresa Nicaragüense de Electricidad), Managua, Nicaragua. DAL SpA, Milano, Italia.
- Dames & Moore, 1978. Informe final del estudio geológico de las ciudades del sistema metropolitano Tipitapa - Granada - Masaya - Carazo (Diriamba - Jinotepe - Dolores), Préstamo AID No 524~W/U~029, Mayo 1978. Por Consorcio Dames & Moore - LAMSA, para Gobierno de Nicaragua, Comité Interagencial, Viceministerio de Planificación Urbana.
- Dames & Moore, 1978. Report on seismic risk assessment for the proposed geothermal power plant, Volcán Momotombo field, Nicaragua. Job No. 10899-001-03. September 1, 1978.
- Darce, M. et al., 1989. Alteration patterns in volcanic rocks within an east-west traverse through central Nicaragua. Journal of South American Earth Sciences, Vol. 2, No. 2, pp. 155161.
- Darce, M. et al., 1995. Similarities and differences between the Momotombo geothermal field and the La Libertad gold deposit, Nicaragua. Revista Geológica de América Central, Vol. 18, p. 95.



TELEFONO:(505) 222-5576
FAX: (505) 222-4629
www.cne.gob.ni

- Darce, M., 1987. Geología del distrito minero La Libertad, Nicaragua. 1987. "Geology of the La Libertad mining district, Nicaragua". Revista Geológica de América Central, Vol. 7, pp. 65-82.
- Decker, R. W. et al., 1974. Symposium on Volcanism in Mexico and Central America; A Collection of Papers. Bulletin Volcanologique, Vol.37, No. 3.
- Decker, R. y B. Decker, 1998, Volcanoes. W.H. Freeman and Company, New York, third edition.
- Declaración de Áreas Protegidas en Varios Cerros, Macizos Montañosos, Volcanes y Lagunas del País. Decreto No. 42/91, del 31 de Octubre de 1991. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 207 del 4 de Noviembre de 1991.
- Declaración de Utilidad Pública de la Construcción del Proyecto "San Jacinto Tizate". Decreto No. 18/94, del 18 de Abril de 1994. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 236 del 16 de Diciembre de 1994.
- Decreto No. 1320, del 8 de Septiembre de 1983. Creación de Reservas Naturales en el Pacífico de Nicaragua. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 213 del 19 de Septiembre de 1983.
- Decreto No. 42-91, del 31 de Octubre de 1991. Declaración de Áreas Protegidas en Varios Cerros, Macizos Montañosos, Volcanes y Lagunas del País. La Gaceta, Diario Oficial No. 207 del 4 de Noviembre de 1991.
- Del Giudice, D., 1959. Informe sobre las investigaciones de las fuerzas endógenas en Nicaragua. Boletín No. 3, pp. 49-84.
- Delmelle, P., P. Baxter, A. Beaulieu y otros, 1999. Origin, effects of Masaya Volcano's continued unrest probed in Nicaragua. EOS, Transactions American Geophysical Union, Vol.80, No.48, pp.575, 579, 581.
- Desconocido, 1979. Cronología de las investigaciones geotérmicas en Nicaragua hasta 1979. Archivos de ENEL Geotermia.
- Desconocido, 1998. Report on the October 30, 1998 avalanche and breakout flow of Casita Volcano, Nicaragua, triggered by Hurricane Mitch. November 14, 1998.



TELEFONO:(505) 222-5576
FAX: (505) 222-4629
www.cne.gob.ni

- Dewey, J. W., y S. T. Algermissen, 1972. Seismicity of the Middle America arc-trench system near Managua, Nicaragua. Bulletin Seismological Society of America, Vol. 64, No. 4, pp. 1033-1048.
- Discovery Channel Online, 1999. Earth Alert Discovery Channel website (página de internet).
- Duke, M. C., 1973. Impact of Managua earthquake on earthquake engineering. Parte de: Managua, Nicaragua Earthquake of December 23, 1972: Earthquake Engineering Research Institute Conference Proceedings, Vol. I, Nov. 29-30, San Francisco, California, pp. 1-7.
- Eckstein, Y., 1978. Geothermal investigations in Nicaragua. Report prepared for Consorcio IECO - Lahmeyer (International Engineering Company, Inc. y Lahmeyer International GMBH), Managua, Nicaragua, August 1978. Archivos de GeothermEx, Inc.
- Eckstein, Y., 1979. Hydrogeochemistry of the Momotombo geothermal system, Nicaragua. January, 1979. Preparado para International Engineering Company, Inc. (IECO), San Francisco, California EUA.
- Eckstein, Y., et al., 1982. A new geothermal anomaly in Nicaragua. Parte de: Hydrogeothermal Studies; 26th International Geological Congress, J. Lavigne y J.B.W. Day, eds.. Journal of Hydrology, Vol. 56, pp. 163-174.
- Ehrenborg, J., 1996. A new stratigraphy for the Tertiary volcanic rocks of the Nicaraguan Highland. Geological Society of America Bulletin, Vol. 108, No. 7, pp. 830-842.
- Ehrenborg, J., 1999. Geologic Map of Western Nicaraguan Highland, Central America. Geological Society of America, Map and Chart Series MCH084 1999, escala 1:250,000.
- ELC, 1975. Prospezione geoelettrica per ricerche geotermiche sulle falde meridionali del vulcano Momotombo (Nicaragua), rapporto finale, Gennaio 1975. Preparado por S.G.A. s.r.l., Milano, Italia, para ELC - Electroconsult, Milano, Italia.
- ELC, 1976. Estudio de factibilidad de la primera planta geotérmica en Nicaragua. Momotombo geothermal field geochemical report. Informe no publicado. Preparado por ELC - Electroconsult, Milano, Italia, para ENALUF - Empresa Nacional de Luz y Fuerza, Managua, Nicaragua, C.A..
- ELC, 1976. Estudio de factibilidad de la primera planta geotérmica en Nicaragua. Momotombo geothermal field gravimetric survey. Informe no publicado. Preparado por ELC -



- Electroconsult, Milano, Italia, para ENALUF - Empresa Nacional de Luz y Fuerza, Managua, Nicaragua, C.A. Mayo de 1976, GNI-D-3772.
- ELC, 1977. Estudio de factibilidad de la primera planta geotérmica en Nicaragua, Momotombo geothermal field feasibility report, September 1977. Por ELC - Electroconsult, Milano, Italia, para ENALUF - Empresa Nacional de Luz y Fuerza, Managua, Nicaragua, C.A..
- ELC, 1982. Estudio de pre-factibilidad del área geotérmica Masaya - Granada - Nandaime, Informe de síntesis. Para INE (Instituto Nicaragüense de Energía), Managua, Nicaragua, por ELC - Electroconsult, Milano, Italia, Octubre de 1982, GMN-D-5515.
- ELC, 1982. Estudio de pre-factibilidad del área geotérmica Masaya - Granada - Nandaime, Informe geológico - vulcanológico. Para Instituto Nicaragüense de Energía, Managua, Nicaragua, por ELC - Electroconsult, Milano, Italia, Octubre de 1982, GMN-D-5511.
- ELC, 1982. Estudio de pre-factibilidad del área geotérmica Masaya - Granada - Nandaime, Informe hidrogeológico - geoquímico. Para INE (Instituto Nicaragüense de Energía), Managua, Nicaragua, por ELC - Electroconsult, Milano, Italia, Octubre de 1982, GMN-D-5513, incluyendo: PLANO GMN-1011 - Mapa Hidrogeoquímico, Tabla 1 - Análisis Químicos, y Tabla III - Correspondencia entre la numeración del Plano GMN-1011 y la numeración original.
- ELC, 1982. Estudio de pre-factibilidad del área geotérmica Masaya - Granada - Nandaime, prospección de radón y mercurio. Para Instituto Nicaragüense de Energía, Managua, Nicaragua, por ELC - Electroconsult, Milano, Italia, Octubre de 1982, GMN-D-5514.
- ELC, 1983. Segunda unidad de la planta geotérmica de Momotombo. Estudio de Factibilidad. Informe no publicado.
- Electrodyne Surveys, 1979. Electrical Geophysical Surveys in Nicaragua, June 1979. Electrodyne Surveys.
- Electrodyne Surveys, 1980. INE - Instituto Nicaragüense de Energía, Plan maestro de desarrollo eléctrico 1977 - 2000 Nicaragua, Volumen 5.2, Geothermal resources inventory: Geophysics investigations (Electrical geophysical surveys in Nicaragua 1978). Preparado para Consorcio IECO - LAHNIEYER, Managua, Nicaragua, por Electrodyne Surveys Inc., Reno, Nevada EUA, Marzo de 1979.



TELEFONO:(505) 222-5576

FAX: (505) 222-4629

www.cne.gob.ni

- Elming, S. A. y T. Rasmussen, 1997. Results of magnetotelluric and gravimetric measurements in western Nicaragua, Central America. *Geophysical Journal International*, Vol. 128, No. 3, pp. 647-658.
- ENALUF, 1977. Recopilación de datos geoquímicos. Empresa Nacional de Luz y Fuerza, Proyecto Geotérmico, Managua, D.N., Nicaragua, Noviembre 1977.
- ENEL Gerencia de Geotermia, 1999. Biblioteca sala de conferencia, Junio de 1999 ENEL, Empresa Nicaragüense de Electricidad, Gerencia de Geotermia.
- ENEL, 1997. Calidad de aguas subterráneas, zonas aledañas a Momotombo. Elaborado por: Ing. Karla Miranda Jaime y Ing. Jerónimo Calero Aries. De: Informe de Octubre 1997, ENEL (Empresa Nicaragüense de Electricidad) Gerencia Geotermia, Química y Ambiente, Managua, Nicaragua - Nov. 1997.
- ENEL, 1998. Informe de actividades, 1997. Campo San Jacinto - Tizate, Historial geoquímico. Por: ENEL (Empresa Nicaragüense de Electricidad) Gerencia de Geotermia, Química y Ambiente, Managua, Nicaragua - Feb. 1998.
- ENEL, 1998b. Informe de actividades 1997. ENEL Gerencia de Geotermia, Química y Ambiente. Parte III - Registro isotópico (estables y radioactivos), aguas y vapor geotérmico, aguas superficiales y subterráneas (descarga de agua y vapor geotérmico, campo geotérmico de Momotombo; aguas superficiales no geotérmicas, Momotombo, La Paz Centro, Isla Momotombito, Malpaisillo). Parte del proyecto OIEA-NIC/8/008. Febrero de 1998. ENEL (Empresa Nicaragüense de Electricidad) Gerencia de Geotermia, Química y Ambiente, Managua, Nicaragua.
- ENEL, 1998c. Informe Trimestral Oct. - Dic. 1998. ENEL Gerencia de Geotermia, Química y Ambiente. Parte A - Geoquímica isotópica en pozos de producción del campo Momotombo. Oct/Dic 1998. 17 de Diciembre de 1998. ENEL (Empresa Nicaragüense de Electricidad) Gerencia de Geotermia, Química y Ambiente, Managua, Nicaragua.
- ENEL, 1999. Centro de documentación ENEL, bibliografía sobre geotermia en Nicaragua. ENEL Centro de Documentación.
- ENEL, 2000. Base de Datos de reconocimientos químicos de sistemas geotérmicos y regiones circundantes de Nicaragua, de la Empresa Nicaragüense de Electricidad (ENEL), Gerencia de Geotermia, Química y Ambiente, Laboratorio Químico. Versión original en archivo Datos.xls de MS-Excel, última vez redactado a fines del año 1999, Autor:



Domingo Mora Z.. Nota: se dice que este archivo contiene todos los análisis químicos hechos por el laboratorio de ENALUF, luego del INE y luego de ENEL. Se dice también que los análisis antes de 1970 fueron hechos por el laboratorio de IRENA (MARENA), prestando sus servicios al ENALUF.

Estudio de Tarifas Basadas en Costos Marginales ENEL-INE-BID, Enero de 1998.

FUNDENIC-SOS, 1999. Evaluación y re-definición del sistema de Áreas Protegidas del Pacífico y centro norte de Nicaragua. Volumen I: Áreas Protegidas del Pacífico. Informe no publicado, elaborado para MARENA/PROTIERRA/CBA, Managua, Nicaragua.

Galeno Linhares, C., D. Granda y L. Núñez, 1994. La Geotermia en Nicaragua. INE (Instituto Nicaragüense de Energía).

Galindo, J., 1835. Eruption of the volcano of Cosigüina (Nicaragua). American Journal of Science, Vol. 28, No. 2, pp. 332-336.

Gamble, T. D., W. M. Goubau y J. Clarke, 1979. Magnetotellurics with a remote reference: Geophysics, 44 53-68.

Gemmel, B., 1987. Geochemistry of metallic trace elements in fumarolic condensates from Nicaraguan and Costa Rican volcanoes. Journal of Volcanology and Geothermal Research, Vol. 33, pp.161-181.

Geomineraria Italiana s.r.l., 1981. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua (impresión de computadora de datos químicos), Sept. 1981. OLADE (Organización Latino Americana de Energía), procesamiento de los datos por Geochemex, California, E.U.A.

Geomineraria Italiana s.r.l., 1981. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, Anexo 15B, Mapa de los puntos de agua termales, escala 1:250.000. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).

Geomineraria Italiana s.r.l., 1981. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, Anexo 16, Mapa de los tipos químicos de las aguas. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).



- Geomineraria Italiana s.r.l., 1981. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, Anexo 18, Mapa de las anomalías de amoniaco. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- Geomineraria Italiana s.r.l., 1981. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, Anexo 19, Mapa de las anomalías de boro. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- Geomineraria Italiana s.r.l., 1981. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, Anexo 20, Mapa de las anomalías de temperatura. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- Geomineraria Italiana s.r.l., 1981. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, Anexo 3, Mapa geológico esquemático del eje volcánico meridional de Nicaragua, escala 1:100.000. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- Geomineraria Italiana s.r.l., 1981. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, Anexo 17, Mapa de las anomalías de anhídrido carbónico. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- Geomineraria Italiana s.r.l., 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto (impresión de computadora de datos químicos), Jan. 1982 OLADE (Organización Latino Americana de Energía) -- procesamiento de los datos por Geochemex, California, E.U.A..
- Geomineraria Italiana s.r.l., 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo 10, Fichas de los puntos de agua termales, Febrero 1982. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- Geomineraria Italiana s.r.l., 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo 11, Mapa de las anomalías de Bouguer, escala 1:50.000. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- Geomineraria Italiana s.r.l., 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto,



- Anexo 12, Mapa gravimétrico regional (1 > 10km), escala 1:50.000. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- Geomineraria Italiana s.r.l., 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo 13, Mapa gravimétrico residuos, escala 1:50.000. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- Geomineraria Italiana s.r.l., 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo 14A, Mapa de ubicación de estaciones gravimétricas. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- Geomineraria Italiana s.r.l., 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la república de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo 15A, Mapas de ubicación SEV. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- Geomineraria Italiana s.r.l., 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo 15D, Seudosecciones geoeléctricas. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- Geomineraria Italiana s.r.l., 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo 15E, Secciones electro-estratigráficas. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- Geomineraria Italiana s.r.l., 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo 18, Mapa de las anomalías de anhídrido carbónico y de temperatura, escala 1:50000, OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- Geomineraria Italiana s.r.l., 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo LA, Secciones geológicas, escala 1:50.000. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- Geomineraria Italiana s.r.l., 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto,



- Anexo 3, Fichas de ubicación de las muestras de rocas recogidas, Febrero 1982. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- Geomineraria Italiana s.r.l., 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo 4, Fichas petrográficas, Febrero 1982. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- Geomineraria Italiana s.r.l., 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo 7, Mapa de calidad de las aguas, escala 1:50000. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- Geomineraria Italiana s.r.l., 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo 8, Mapa de los DT, escala 1:50000 OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- Geosystem, 2000. Magnetotelluric and time-domain electromagnetic surveys, Chiltepe, Tipitapa, Mombacho, Ometepe Nicaragua. Final report volume 1 of 2 - Acquisition report, and Final report volume 2 of 2 - Interpretation report. Prepared for GeothermEx, Inc., Richmond, CA, on behalf of Comisión Nacional de Energía (CNE), Managua, Nicaragua, by Geosystem Srl, Milan, July 2000.
- GeothermEx, 2000. Proyecto de Estudio Plan Maestro Geotérmico de Nicaragua. Para la Comisión Nacional de Energía (CNE), Managua, Nicaragua. Por GeothermEx, Inc., Richmond, CA EUA. Datos de campo, del Anexo C - Base de datos de ubicaciones hidrogeológicas (pozos, manantiales, fumarolas) (en CD) y del Anexo D - Base de datos químicos de fluidos (en CD).
- Gillespie T. W. y J. C. Martínez-Sánchez, 1996. Flora y vegetación del Isla de Ometepe. Technical Report 13. MARENA, Managua, Nicaragua.
- Goldsmith, L. H., 1977. Geology and development history of the Momotombo geothermal field, Nicaragua manuscrito, March 1977. ENEL Centro de Documentación.
- Goldsmith, L. H., 1979. Geothermal exploration strategy - a case history. Geothermal Resources Council Transactions, Vol.3, pp. 261-263.



- Gonzalez, G., 1991. Geological modeling based on gravity and magnetic measurements in the northern part of the Nicaraguan depression Thesis, Division of Applied Geophysics, Luleá University of Technology, Luleá Sweden, 1991: 1 OL (80 pp.).
- GRC, 1997. Power line to be built across Central America. Geothermal Resources Council Bulletin, Vol. 26, No.4, p.119, April 1997.
- Griaznov y otros, 1993. Tema: 876-92d, Investigación del contenido natural de isótopos en las aguas termales del yacimiento San Jacinto a fin de estudiar su génesis y dinámica. Por: Griaznov, T.A., Poliakov, V.A., Celetskiy, Y.B. y Postnikov, G.L, Instituto de Investigación Científica de Hidrología y Geología Ingeniería (VSEGUINGUEO) y Comité de Geología y Utilización de las riquezas del subsuelo adjunto al Gobierno de a Federación Rusa (ROSKOMNEDRA), C. Zeleniy, 1993.
- Guevara, G. y G. Dévoli, 1999. Peligro a inestabilidad de laderas e inundaciones en el Municipio de Posoltega. INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales), Managua, Nicaragua.
- Harding Lawson Associates, 1998. Estudio de impacto ambiental para la perforación exploratoria de los recursos geotérmicos de la concesión El Najo - Santa Isabel, Municipio de Telica, Departamento de León, República de Nicaragua. Informe preparado para Unocal Geotérmica Nicaragua, S.A., Managua, Nicaragua, por Harding Lawson Associates, Engineering and Environmental Services, Novato, CA, EUA, Proyecto de HLA No.40746, August 6, 1998.
- Hazlett, R. W., 1977. Geology and hazards of the San Cristóbal volcanic complex, Nicaragua. Thesis (Master of Arts) - Dartmouth College, Hanover, NH, USA.
- Hazlett, R. W., 1981. Structural controls on Quaternary volcanism, northwestern Nicaragua. Geological Society of America Abstracts with Programs, Vol. 13, No. 2, p. 60.
- Hazlett, R. W., 1987. Geology of the San Cristóbal volcanic complex, Nicaragua. Journal of Volcanology and Geothermal Research, Vol. 33, No. 1-3, pp. 223-230.
- Heilner, D. E. y L. T. Braun, 1971. Reporte final, proyecto de recursos geotérmicos - etapa una, parte 1, sumario del proyecto, para el gobierno de Nicaragua, Ministerio de Economía, Industria y Comercio, Febrero de 1971. Texas Instruments Incorporated, Services Group.



TELEFONO:(505) 222-5576

FAX: (505) 222-4629

www.cne.gob.ni

- Henríquez, A. M., 1999. Datos documentales de las principales actividades volcánicas en Nicaragua 1520 - 1997, elaborado por Prof. A. M. Henríquez, 13 de Mayo de 1999. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), Dirección de Geofísica, Dpto. Sismología.
- Herrstrom, E. A., M. K. Reagan y J. D. Morris, 1995. Variations in lava composition associated with flow of asthenosphere beneath southern Central America Geology, Vol. 23, No. 7, pp. 617-620.
- Hill, B. E., F. M. Conway, y A. W. Macfarlane, 1998. 1995 eruptions of Cerro Negro Volcano, Nicaragua, and risk assessment for future eruptions. Geological Society of America Bulletin, Vol. 110, No. 10, pp. 1231-1241.
- Hill, B. E., P. C. La Femina, W. Strauch y otros, 1999. August 1999 eruption of Cerro Negro volcano, Nicaragua, successfully forecast using time-volume relationships EOS, Transactions American Geophysical Union, 1999 Fall Meeting.
- Hradecky, P., 1987. Geología de Volcán Mombacho y sus alrededores. Archivo de INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales), Managua, Nicaragua. Informe no publicado.
- Hradecky, P., 1988. La evolución geológica del volcán Apoyeque. Informe de INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales), Managua, Nicaragua, Marzo de 1988 (70 pp.), por P. Hradecky en cooperación con D. Helman Taleno.
- Hradecky, P., 1988, Los aspectos geológicos de la 1835 erupción del volcán Cosigüina, Nicaragua. INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales), Observatorio Geofísico, Managua, Nicaragua.
- Hradecky, P., 1997. Estudio geológico para reconocimiento de riesgo natural y vulnerabilidad en el área de Managua. Servicio Geológico Checo en colaboración con INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales), Managua, Nicaragua.
- Hradecky, P., 1998. Estudio geológico para reconocimiento de riesgo natural y vulnerabilidad geológica en el área de Masaya y Granada. Servicio Geológico Checo en colaboración con INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales), Managua, Nicaragua.
- ICGN, 2000. Análisis isotópico por el Instituto de Ciencias Geológicas y Nucleares (Institute of Geological and Nuclear Sciences), Lower Hutt, New Zealand, Stable Isotope Laboratory.



- IECO - Lahmeyer, 1980. INE - Instituto Nicaragüense de Energía, Plan maestro de desarrollo eléctrico 1977-2000 Nicaragua. Volume 5 - Geothermal resources inventory. Consorcio IECO (International Engineering Company) - Lahmeyer, Managua, Nicaragua.
- IECO - Lahmeyer, 1980. INE - Instituto Nicaragüense de Energía, Plan maestro de desarrollo eléctrico 1977-2000 Nicaragua. Volume 5.2 - Geothermal resources inventory: Geophysics investigations (Electrical geophysical surveys in Nicaragua 1978, prepared for IECO - LAHNEYER CONSORTIUM by Electrodyne Surveys, March 1979). Consorcio IECO - Lahmeyer, Managua, Nicaragua (preparado por Electrodyne Surveys Inc., Reno, Nevada, EUA).
- IECO - Lahmeyer, 1980. Plan maestro de desarrollo eléctrico 1977-2000, Nicaragua. INE.
- IECO, 1978. INE - Instituto Nicaragüense de Energía, Plan Maestro de Desarrollo Eléctrico 1977 - 2000 Nicaragua, Volumen 5.1 - Geothermal resources, geochemistry investigations (Geothermal interpretation of groundwater geochemistry in the áreas of Masaya, Managua, Northern Marrabios Range, Juigalpa and Rama, Nicaragua, February 1979). Preparado por GeothermEx, Inc., Dr. Christopher W. Klein, James B. Koenig y Walter Wilde, Richmond, CA, EUA, October 1978; para Consorcio IECO - Lahmeyer, Managua, Nicaragua, 1980.
- IECO, 1980. Archivo de datos misceláneos del proyecto IECO - Lahmeyer: mapas sismológicas, geológicas, de química y temperatura Consorcio IECO - Lahmeyer.
- Incer, J., 1975. Geografía ilustrada de Nicaragua. Editora y Distribuidora Nicaragüense S.A.
- INE, 1988. Proyecto geotérmico El Hoyo - Monte Galán (Nicaragua), Instituto Nicaragüense de Energía, Dirección General de Recursos Geotérmicos, Managua, Nicaragua, C.A., Octubre de 1988.
- INE, 1994. Campo geotérmico de Momotombo, 2 x 3 5 MW, actualización del estudio de factibilidad, informe de evaluación del recurso. Instituto Nicaragüense de Energía, Managua, Nicaragua, C.A., Julio de 1994.
- INE, 1995. Plan de expansión de generación y transmisión de Nicaragua. Manuscrito de INE.
- INEC, 1995. VII censo de población y III de vivienda. Total de vivienda y población por rango de edades, según Departamento, Municipio, Comarca y Localidades (León).



- INEC, 1995. VII censo de población y III de vivienda. Total de vivienda y población por rango de edades, según Departamento, Municipio, Comarca y Localidades (Managua).
- INETER, 1995. República de Nicaragua, mapa de amenaza volcánica. Escala 1:400,000.
- INETER, 1997a. República de Nicaragua, Temperatura Media Anual en Grados Celsius (°C), Período 1971-1990. Escala 1: 750,000. Mapa publicado por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, Dirección de Geodesia y Cartografía.
- INETER, 1997b. República de Nicaragua, Precipitación Media Anual (°C), Período 1971-1990. Escala 1: 750,000. Mapa publicado por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, Dirección de Geodesia y Cartografía - Dirección de Meteorología.
- INETER, 1998. Las lluvias del siglo en Nicaragua. El Huracán Mitch, las lluvias y otros eventos ciclónico y su recurrencia en Nicaragua, 1892-1998.
- INETER, 1999. Sismos de Nicaragua. Catalogo Bianual 1997-1998. INETER, Mayo de 1999.
- INETER, 2000. Sismos de Nicaragua. Catalogo Bianual 1999. INETER, Abril de 2000.
- INETER-CEPREDANAC, 1994. Peligro volcánico "Volcán Telica." Informe preparado por Navarro C.M., 80 pp.
- INTER-GEOTERM S. A., 1992. Primer informe sobre el estudio y organización hidrogeológica en la Zona Geotérmica San Jacinto - Tizate INTERGEOTERM, S. A., (por G.N. Sabarniy, M. Pérez, L. López y M. Downs), Aprobado por Ing. E. Martínez Tiffer.
- INTERGEOTERM S. A., 1992. Proyecto, trabajos de prospección en el campo geotérmico de San Jacinto (Nicaragua), C. Moscú 1992, revisión del texto en español: Ing. R. Arcia Lacayo y Ing. M. Pérez INTERGEOTERM - INE (por G.N. Zabarniy, A.J. Postnikov, S.V. Spektor, S.V. Ostapenko y A.A. Shpak).
- INTERGEOTERM S. A., 1993. Informe Sobre los Trabajos de Exploración Geológica, Hidrogeológica y Geofísica en el Campo de San Jacinto en el Período Comprendido de 01.08.92 Hasta 01.02.93. INTERGEOTERM, S. A., Managua, Marzo 1993 (por M. Pérez y G.N. Zabarni).



TELEFONO:(505) 222-5576
FAX: (505) 222-4629
www.cne.gob.ni

- INTERGEOTERM S. A., 1993. Proyecto de exploraciones en el campo geotérmico El Ñajo. INTERGEOTERM, S. A., Managua, 1993 (por S.V. Ostapenko, Y.L. Majalkin y N.V. Baklikov).
- INTERGEOTERM S. A., 1994. Proyecto de búsqueda en el sector de San Jacinto del campo geotérmico de San Jacinto - Tizate. INTERGEOTERM, S. A., Departamento de Exploración (por S. Ostapenko y N. Baklikov).
- INTERGEOTERM S. A., 1994. Proyecto de exploración en el área geotérmica de San Jacinto - Tizate (área "Santa Isabel"). INTERGEOTERM, S. A., Departamento de Exploración; (por S. Ostapenko, N. Baklikov y S. Spektor) Aprobado Gerente General Ing. E. Martínez Tiffer, - de Mayo de 1994.
- INTERGEOTERM S. A., 1995?. San Jacinto - Tizate geothermal field, Nicaragua: exploration and conceptual model. INTERGEOTERM, S. A. (por S. Ostapenko, S. Spektor y Y. Netesov).
- JICA, 1993. The study on water supply project in Managua, main report. Japan International Cooperation Agency (JICA), Republic of Nicaragua, Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados, (prepared by Kokusai Kogyo Co., Ltd., Tokyo), September 1993.
- Jónsson, J., 1973. Report on geological investigations in Nicaragua. United Nations Geothermal Resources Development Nicaragua NIC/71/510, WR-10, November 1973.
- Juárez Ponce, M., L. Serra Vásquez y A. Paisano, 1998. Ometepe: hacia el desarrollo sostenible. Fundación Entre Volcanes, Moyogalpa, Isla de Ometepe, Nicaragua.
- Kasameyer, P. y T. Meidav, 1999. Application of microseismicity in geothermal exploration at El Hoyo, Nicaragua. Proceedings Geothermal Program Review XVII, May 18-20, 1999, Berkeley CA, U. S. Department of Energy, Office of Geothermal Technologies, DOE/EE-1099, pp.39-41.
- Kasameyer, P., A. T. Smith y L. J. Hutchings, 1999. Microseismicity survey of the El Hoyo - Monte Galán geothermal region in Nicaragua. Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, CA, USA. UCRL-ID-133825.
- Keller, G. y N. Harthill, 1970. Final report, Geothermal resources project, Stage one, Part 6, Electrical geophysical surveys. Prepared for government of Nicaragua, Ministry of



- Economy, Industry and Commerce, December 1970 Texas Instruments Incorporated, Services Group.
- Keller, G. y N. Harthill, 1970. Reporte final, Proyecto de recursos geotérmicos - Etapa una, Parte 6. Prospecciones de geofísica eléctrica. Para el gobierno de Nicaragua, Ministerio de Economía, Industria y Comercio, Diciembre de 1970 Texas Instruments Incorporated, Services Group.
- Kerr, R. A., 1994. Volcanoes with bad hearts are tumbling down all over. *Science*, Vol. 264, No. 5159, p. 660.
- Krásny, J. y G. Hecht, 1998. Estudios hidrogeológicos e hidroquímicos de la región del Pacífico de Nicaragua. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), Dirección de Recursos Hídricos, Departamento de Hidrogeología, Managua, Nicaragua, 1998.
- Kumpulainen, R. A., 1995. Stratigraphy and sedimentology in western Nicaragua. *Revista Geológica de América Central*, Vol. 18, pp. 91-94.
- La Femina, P. C., F.M. Conway y A.W. Macfarlane, 1994. Passive degassing at Volcán Telica, Nicaragua. *EOS, Transactions American Geophysical Union*, Vol. 75, No. 44 Suppl., pp. 718-719.
- La Femina, P. C., 1997. Monitoring of soil mercury and soil gas radon and carbon dioxide at two active volcanoes: Cerro Negro and Telica, Nicaragua. Florida International University, Miami, Florida, USA . MS thesis.
- Lachenbruch, A. H., 1957a. Thermal effects of the ocean on permafrost. *Geological Society of America Bulletin*, Vol. 68.
- Lachenbruch, A. H., 1957b. Three-dimensional heat conduction in permafrost beneath heated buildings. *United States Geological Survey Bulletin* 1052-B, pp. 51-69.
- Larsen, J., R. L. Mackie, A. Manzella, A. Fordelisi, y S. Rieven, 1996. Robust smooth magnetotelluric transfer functions. *Geophysical Journal International*, 124 801-819.
- LaTorraca, G. A., T. R. Madden y J. Korringa, 1986. An analysis of the magnetotelluric impedance for three-dimensional conductivity structures. *Geophysics*, 51 1819-1829.



- Leeds, D. J., 1973. Destructive earthquakes of Nicaragua. Parte de: Managua, Nicaragua Earthquake of December 23, 1972. Earthquake Engineering Research Institute Conference Proceedings, Vol. I, Nov. 29-30, San Francisco, California, pp. 26-51.
- Leeds, D. J., 1974. Catalog of Nicaraguan earthquakes. Bulletin Seismological Society of America, Vol. 64, No. 4, pp.1135-1158.
- Lefebure, D. V., 1986. The Mina El Limón area and the Telica complex: two examples of Cenozoic volcanism in northwestern Nicaragua, Central America. PhD thesis, Department of Geology, Carleton University, Ottawa, Canada. 1986, by David V. Lefebure. 355 pp. y mapas. Análisis químicos en la tabla 8.1 y Anexo IV.
- Levi, B., R. A. Kumpulainen y M. Darce, 1995. Diagenesis in the volcanoclastic sequences of western Nicaragua; mineralogical breaks and tectonic implications. Revista Geológica de América Central, Vol. 18, pp. 87-90.
- Ley Creadora del Parque Nacional del Volcán Masaya. Decreto No. 79, del 23 de Mayo de 1979.
- Ley de la Industria Eléctrica. Ley No. 272, del 18 de Marzo de 1998. Publicada en La Gaceta, Diario Oficial No. 74, del 23 de Abril de 1998.
- Ley de Protección del Patrimonio Cultural de la Nación. Decreto No. 11/82, del 22 de Noviembre de 1982. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 282 del 2 de Diciembre de 1982.
- Ley de Reforma a la Ley Orgánica del Instituto Nicaragüense de Energía (INE). Ley No. 271 del 3 de Marzo de 1998. Publicada en La Gaceta, Diario Oficial No. 63 del 1 de Abril de 1998.
- Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Ley No. 217 del 2 de Mayo de 1996. Publicada en la Gaceta, Diario Oficial No. 105 del 6 de Junio de 1996.
- Ley General sobre la Explotación de las Riquezas Naturales. Decreto No. 316 del 12 de Marzo de 1958. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 83 del 17 de Abril de 1958.
- Ley Orgánica del Instituto Nicaragüense de Energía (INE). Decreto No. 87-85. Publicado en La Gaceta, Diario oficial No. 106 del 6 de Junio de 1985.



- Lilljequist, R. y G. Hodgson, 1983. Desplazamiento de actividades volcánicas durante el Terciario y la relación entre paleoarcos volcánicos y depósitos de minerales en Nicaragua. INETER, Informe no-publicado, Junio 1983 (80 pp.).
- Lovering, T. S., 1935. Theory of heat conduction applied to geological problems. Geological Society of America Bulletin, Vol. 46.
- Mackie, R. L. y W. Rodi, 2000. Nonlinear conjugate gradients algorithm for 2D magnetotelluric inversion, Geophysics, in press.
- Martínez Bermúdez, W., 1993. The interrelationships between volcanic and seismic activity to subduction-related tectonics in western Nicaragua. Journal of the Geological Society of Japan (Chishitsugaku Zasshi), Vol. 99, No.3, pp. 185-194.
- Martínez Bermúdez, W.A., 1993(?). Tectonic and volcanic geology of the Nejapa alignment in Managua, Nicaragua. Thesis (Doctoral), Graduate School of Science and Technology, Nügata University, Nügata, Japan.
- Martínez Tiffer, E. y R. Arcia Lacayo, 1986. El desarrollo de la geotermia en Nicaragua. Dirección General de Recursos geotérmicos.
- Martínez Tiffer, E. y R. Arcia Lacayo, 1988. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos. INE - Instituto Nicaragüense de Energía, Dirección General Recursos Geotérmicos.
- Martínez Tiffer, E. y S. Ostapenko, 1995. San Jacinto-Tizate geothermal field in Nicaragua; first results of feasibility study. Geothermal Resources Council Bulletin, Vol. 24, No. 10; pp. 345-350.
- Martínez Tiffer, E., 1995. Situación del proyecto geotérmico San Jacinto - Tizate en relación a nuevos inversionistas, 5 de Julio de 1995. ENEL (Empresa Nicaragüense de Electricidad).
- Martínez Tiffer, E., R. Arcia Lacayo y G. Sabtino, 1988. Geothermal development in Nicaragua In: Small Geothermal Resources, Part 2 - Geothermal Projects in Developing Countries, E. Barbier, M.H. Dickson, y M. Fanelli, eds. Geothermics, Vol. 17, No. 2/3, pp. 333-354.



- Martínez Tiffer, E., R. Arcia Lacayo y G. V. Chilingarian, 1993. Development of geothermal energy. Nicaragua Energy Sources, Vol. 15, No. 3, pp. 531-560.
- Martínez Tiffer, E., y R. Arcia Lacayo, 1995. Momotombo geothermal field. Parte de: Energy and Mineral Potential of the Central American-Caribbean Region. Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources, Earth Science Series, Vol. 16, R. L. Miller, G. Escalante, J. A. Reinemund, y M. J. Bergin, eds. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 239-245.
- Martínez, M. y J. G. Viramonte, 1971. Estudio geológico de la cordillera de los Marrabios. Servicio Geológico Nacional, publicado por Catastro e Inventario de Recursos Naturales, Managua, Nicaragua, 3 5 pp, .
- Martínez, M. y J. Viramonte, 1973. Estudio geológico de la cordillera de los Marrabios, Nicaragua. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial, Guatemala. Publicación Geología, 4, pp. 138-147.
- Martini, M. et al., 1996. Chemical characters of the gaseous phase in different stages of volcanism; precursors and volcanic activity. Parte de: Monitoring and Mitigation of Volcano Hazards, pp. 199-219.
- Mazzolini, M., 1970. Reporte final, proyecto de recursos geotérmicos - etapa una, parte 5, prospecciones de gravedad y magnético. Para el gobierno de Nicaragua, Ministerio de Economía, Industria y Comercio, Julio de 1970. Texas Instruments Incorporated, Services Group.
- McBirney, A. R. y H. Williams, 1964. The origin of the Nicaraguan depression. Bulletin of Volcanology, Vol. 27, p. 63.
- McBirney, A. R. y H. Williams, 1965. Volcanic history of Nicaragua. University of California Publications in Geological Sciences, Vol. 55, pp. 1-65.
- McBirney, A. R., 1952-1953. Memorandum y cartas a Mr. Spencer acerca de la exploración y perforación de pozos someros en la zona de El Tizate. Archivo ENEL.
- McBirney, A. R., 1955. The origin of the Nejapa Pits near Managua, Nicaragua. Bulletin of Volcanology, Vol. 17, pp. 145-154.



- McBirney, A. R., 1956. The Nicaraguan volcano Masaya and its caldera. Transactions American Geophysical Union, Vol. 37, pp. 83-96.
- McBirney, A. R., 1958. Active volcanoes of Nicaragua and Costa Rica, Central America. Catalogue of the active volcanoes of the world including solfatara fields, Part 6, pp. 107-146.
- McKenzie, W. F. y A. H. Truesdell, 1977. Geothermal reservoir temperatures estimated from the oxygen isotope compositions of dissolved sulfate and water from hot springs and shallow drillholes. Geothermics, Vol.5, pp.51-61.
- McKnight, S. B. y S. N. Williams, 1997. Old cinder cone or young composite volcano? The nature of Cerro Negro, Nicaragua. Geology, Vol. 25, No. 4, pp. 339-342.
- McKnight, S. B., 1995. Geology and petrology of Cerro Negro Volcano, Nicaragua. Thesis, Master of Sciences, Arizona State University.
- Meidav, T. y B. Teplow, 1998. Update on the geothermal exploration program at the El Hoyo geothermal area, Nicaragua Federal Geothermal Research Program Update, Fiscal Year 1997, Geothermal R&D Program. Preparado para U. S. Dept. of Energy por Princeton Economic Research, Inc., Rockville, MD, p. 2-75 to 2-79.
- Mooser F., H. Meyer-Abich y A. R. McBirney, 1958. Catalogue of the active volcanoes of the world including solfatara fields. Part VI, Central America. Publicación de la "International Volcanological Association".
- Mufrler, L. J. P., Editor, 1978. Assessment of geothermal resources of the United States - 1978. United States Geological Survey Circular 790, United States Department of the Interior.
- Naciones Unidas, 1974. Aprovechamiento de recursos geotérmicos, Nicaragua. Conclusiones y recomendaciones del proyecto. Informe no publicado. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Naciones Unidas, Nueva York DP/UN/NIC-71- 510/1.
- Navarro, M., 1994. Peligro volcánico "Volcán Telica." INETER - CEPREDANAC. Informe no-publicado, 75 pp.
- Nekut, A. G. y P. A. Eaton, 1990. Effects of pipelines on EM soundings: Expanded Abstracts, 60th Annual SEG Meeting, 491-494.



Nissen, J., S. Elming y A. Enstrbm, 1986. Geoelectrical deep soundings in the Nicaraguan depression zone. SAREC (Swedish Agency for Research Cooperation) Project, in collaboration with the Ministry of External Cooperation (MCE). Informe no-publicado. Fecha: 1986-12-18, ID-nr: URAP 86005. University of Luleå, Sweden.

Normativa de Concesiones y Licencias Eléctricas. Resolución No. 017-INE-1999.

Nystróm, J. O., B. Levi, S. Torbjörn, A. E. Fallick y M. Darce, 1993. Cenozoic volcanism within the Nicaraguan geotraverse (Vulcanismo Cenozoico en la Geotraversa Nicaragüense). Revista Geológica de América Central, Vol. 16, pp. 107-111.

OIEA, 1996. International Atomic Energy Agency, Project NIC/8/008-03, Interpretation of geochemical and isotopic data from well discharges in the Momotombo Geothermal Field, Nicaragua, with recommendations on monitoring studies. Informe por Stefan Arnórsson, Mayo de 1996. Table 3 - Stable isotopic composition of river waters, lakes and ground waters from wells in the area around the Momotombo geothermal field. Table 4. Isotopic composition of water and steam discharged from wells at Momotombo. Table 5. Tritium content of surface waters, ground waters and geothermal waters from the Momotombo area.

OIEA, 1997. Tabla (1 pág.) de análisis isotópicos por el laboratorio de la Organización Internacional de Energía Atómica, Vienna, Austria, muestreo del año 1997, hecho por ENEL, en las áreas de Momotombo, El Hoyo-Monte Galán y Tipitapa. Datos proporcionados por la Gerencia de Geotermia de ENEL.

OIEA, s/f. Análisis isotópico por el laboratorio de la Organización Internacional de Energía Atómica, Vienna, Austria. Datos proporcionados por la Gerencia de Geotermia de ENEL.

OIM, 1999. Características socio-demográficas de la población rural de Nicaragua. A partir de la información del censo de población de 1995.

OLADE, 1981. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de reconocimiento, puntos de muestreo y datos hidroquímicos (impresión de computadora). OLADE (Organización Latino Americana de Energía).

OLADE, 1981. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua (impresión de computadora de datos químicos), Sept. 1981. OLADE



- (Organización Latino Americana de Energía), preparado por Geomineraria Italiana s.r.l., procesamiento de los datos por Geochemex, California, E.U.
- OLADE, 1981. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, Anexo 15B, Mapa de los puntos de agua termales, escala 1:250.000. OLADE (Organización Latino Americana de Energía) preparado por Geomineraria Italiana s.r.l.
- OLADE, 1981. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, Anexo 16, Mapa de los tipos químicos de las aguas. OLADE (Organización Latino Americana de Energía) preparado por Geomineraria Italiana s.r.l.
- OLADE, 1981. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, Anexo 17, Mapa de las anomalías de anhídrido carbónico. OLADE (Organización Latino Americana de Energía) preparado por Geomineraria Italiana s.r.l.
- OLADE, 1981. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, Anexo 18, Mapa de las anomalías de amoniaco. OLADE (Organización Latino Americana de Energía) preparado por Geomineraria Italiana s.r.l.
- OLADE, 1981. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, Anexo 19, Mapa de las anomalías de boro. OLADE (Organización Latino Americana de Energía) preparado por Geomineraria Italiana s.r.l.
- OLADE, 1981. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, Anexo 20, Mapa de las anomalías de temperatura. OLADE (Organización Latino Americana de Energía) preparado por Geomineraria Italiana s.r.l.
- OLADE, 1981. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, Anexo 3, Mapa geológico esquemático del eje volcánico meridional de Nicaragua, escala 1:100.000. OLADE (Organización Latino Americana de Energía) preparado por Geomineraria Italiana s.r.l.
- OLADE, 1981. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, Diciembre 1981. OLADE - Organización Latino Americana de Energía.
- OLADE, 1981. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, Informe final, Diciembre 1981. OLADE - Organización Latino Americana de Energía.



- OLADE, 1981. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, Informe geofísico, Diciembre 1981. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- OLADE, 1981. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, Informe geoquímico, Diciembre 1981. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- OLADE, 1981. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, Informe geo-vulcanológico, Diciembre 1981. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- OLADE, 1981. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, Informe hidrogeológico, Diciembre 1981. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- OLADE, 1981. Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua: a) Informe geoquímico, b) Anexo 15A - Fichas de los puntos de agua termales, y, c) Anexo (sin número), (Tabulación de) Puntos de muestreo y datos hidroquímicos. Por la Organización Latinoamericana de Energía. Diciembre 1981.
- OLADE, 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto (impresión de computadora de datos químicos), Jan. 1982 OLADE (Organización Latino Americana de Energía), preparado por Geomineraria Italiana s.r.l. -- procesamiento de los datos por Geochemex, California, E.U.A.
- OLADE, 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo 11, Mapa de las anomalías de Bouguer, escala 1:50.000. OLADE (Organización Latino Americana de Energía) preparado por Geomineraria Italiana s.r.l.
- OLADE, 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo 12, Mapa gravimétrico regional (1 > 10 km), escala 1:50.000. OLADE (Organización Latino Americana de Energía) preparado por Geomineraria Italiana s.r.l.
- OLADE, 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo 13, Mapa gravimétrico



- residuos, escala 1:50.000. OLADE (Organización Latino Americana de Energía) preparado por Geomineraria Italiana s.r.l.
- OLADE, 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo 14A, Mapa de ubicación de estaciones gravimétricas OLADE (Organización Latino Americana de Energía) preparado por Geomineraria Italiana s.r.l..
- OLADE, 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la república de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo 15A, Mapas de ubicación SEV. OLADE (Organización Latino Americana de Energía) preparado por Geomineraria Italiana s.r.l.
- OLADE, 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo 15D, Seudosecciones geoelectricas. OLADE (Organización Latino Americana de Energía) preparado por Geomineraria Italiana s.r.l.
- OLADE, 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo 15E, Secciones electrostratigráficas. OLADE (Organización Latino Americana de Energía) preparado por Geomineraria Italiana s.r.l.
- OLADE, 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo 18, Mapa de las anomalías de anhídrido carbónico y de temperatura, escala 1:50000. OLADE (Organización Latino Americana de Energía) preparado por Geomineraria Italiana s.r.l.
- OLADE, 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo 1 A, Secciones geológicas, escala 1:50.000. OLADE (Organización Latino Americana de Energía) preparado por Geomineraria Italiana s.r.l.
- OLADE, 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo 3, Fichas de ubicación de las muestras de rocas recogidas, Febrero 1982. OLADE (Organización Latino Americana de Energía) preparado por Geomineraria Italiana s.r.l.



- OLADE, 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo 4, Fichas petrográficas, Febrero 1982. OLADE (Organización Latino Americana de Energía) preparado por Geomineraria Italiana s.r.l.
- OLADE, 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo 7, Mapa de calidad de las aguas, escala 1:50000. OLADE (Organización Latino Americana de Energía) preparado por Geomineraria Italiana s.r.l.
- OLADE, 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Anexo 8, Mapa de los DT, escala 1:50000. OLADE (Organización Latino Americana de Energía) preparado por Geomineraria Italiana s.r.l.
- OLADE, 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Informe final, Febrero 1982. OLADE - Organización Latino Americana de Energía, Instituto Nicaragüense de Energía.
- OLADE, 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Informe geofísico, Febrero 1982. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- OLADE, 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, Estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Informe geoquímico, hidrogeoquímica, parte A, B, C, Febrero 1982. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- OLADE, 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Informe geoquímico, hidrogeoquímica, Parte D, Febrero 1982. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).
- OLADE, 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Informe geo-volcanológico, Febrero 1982. OLADE (Organización Latino Americana de Energía).



- OLADE, 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, Estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto: a) Anexo 10 - Fichas de los puntos de agua termales, y, c) Anexo 21 - Tabulación de puntos de muestreo y datos hidroquímicos. Por la Organización Latinoamericana de Energía. Febrero, 1982.
- OLADE, 1982. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua. Estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto.
- OLADE, 1982b. Aprovechamiento de los recursos geotérmicos de la República de Nicaragua, Estudio de prefactibilidad del área El Hoyo - San Jacinto, Informe geoquímico, Geoquímica de los gases. Por la Organización Latinoamericana de Energía. Febrero, 1982.
- Osburn, E. y P. Storm, 1978. Temperature gradient hole investigations conducted by California Energy Co. - ENALUF in the vicinity of El Hoyo and Momotombo volcanoes, 1976 - 1977 Informe de California Energy Co., Inc. a la Empresa Nacional de Luz y Fuerza, June 1978.
- Ostapenko S. V., S. V. Spektor and Y. P. Netesov, 1998. San Jacinto-Tizate geothermal field, Nicaragua: exploration and conceptual model. Geothermics, Vol. 27, No. 3, pp. 361378.
- Ostapenko S. V., S. V. Spektor, H. Dávila, E. Porras y M. Pérez, 1996. A reservoir engineering assessment of the San Jacinto - Tizate geothermal field, Nicaragua. Proc. 21 st Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, California, Jan. 22-24, 1996.
- Ostapenko S. V., S. V. Spektor, Y. P. Netesov y F. Romero, 1997. Geothermal exploration of El Ñajo field, Nicaragua. Proceedings 22nd Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, California, Jan, 27-29, 1997.
- Ostapenko S. y N. Baklikov, 1994. Proyecto de búsqueda en el Sector de San Jacinto del Campo Geotérmico de San Jacinto - Tizate. Intergeoterm, S.A., Departamento de Exploración.
- Ostapenko S., N. Baklikov y S. Spektor, 1994. Proyecto de exploración en el área geotérmica de San Jacinto - Tizate (área "Santa Isabel"). Intergeoterm, S.A., Departamento de Exploración, Mayo de 1994.



TELEFONO:(505) 222-5576
FAX: (505) 222-4629
www.cne.gob.ni

- Ostapenko, S. V., S. V. Spektor y Y. P. Netesov, 1998. San Jacinto-Tizate geothermal field, Nicaragua; exploration and conceptual model. *Geothermics*, Vol. 27, No. 3, pp. 361-378.
- Ostapenko, S. V., Y. L. Majalkin y N. V. Baklikov, 1993. Proyecto de exploraciones en el campo geotérmico El Ñajo. INTERGEOTERM, S.A., Managua, 1993
- Ostapenko, S. y F. Romero Chavez, 1995. Shallow gas and temperature survey at San Jacinto - Tizate geothermal field, Nicaragua (Levantamiento de gases del subsuelo y temperaturas superficiales en el campo geotérmico San Jacinto - Tizate, Nicaragua) *Geotermia El* Revista Mexicana de Geoenergía, Vol. 11, No.3, pp. 145-154 (Sep.- Dic. 1995).
- Parsons Corporation, 1972. Final technical report, volume III, The water resources of Nicaragua. Tax Improvement and National Resources Inventory Project, Nicaragua, Prepared under the supervision of Parsons Corporation in Joint Venture with Marshall & Stevens Incorporated and International Aero Service Corporation, Operations Consultant
- Parsons, 1972. Final Technical Report, Volume IV, The Geology of Western Nicaragua. Tax Improvement and National Resources Inventory Project, Nicaragua. Prepared under the supervision of Parsons Corporation in Joint Venture with Marshall & Stevens Incorporated and International Aero Service Corporation, Operations Consultant. Managua, Nicaragua, March 1972. Datos geoquímicos en Chapter V, Thermal Spring and Lake Water, con tablas asociadas.
- Pérez, L. M. y G. Zabarni, 1993. Informe Sobre los Trabajos de Exploración Hidrogeológica y Geofísica en el Campo de San Jacinto en el Período Comprendido de 01.08.92 hasta 01.02.93: INTERGEOTERM, S.A., Managua, Marzo 1993.
- Phoenix Geophysics, 1977. Dipole-dipole resistivity survey of the Momotombo geothermal field, Nicaragua. Informe no publicado, preparado para California Energy Company Inc.
- Phoenix Geophysics, 1977. Report on the reconnaissance resistivity survey of the San Jacinto area, Nicaragua, Central America. Prepared by Phoenix Geophysics Incorporated for California Energy Company. (por B. S. Bell) (fecha 1978?)
- Phoenix Geophysics, 1977. Report on the resistivity survey of the Momotombo area, Nicaragua, Central America. Prepared for California Energy Company by Phoenix Geophysics Incorporated, August 1977.



Plan de Expansión de Generación y Transmisión de Nicaragua Informe Final Mayo de 1995.
Rafael Campo y Pablo Corredor.

Población y Desarrollo en Nicaragua. Profamilia - Rapid IV, Infome , 1993.

Primer Informe de Gobierno, 1997. Arnoldo Alemán Presidente de la República de Nicaragua.

Procedimientos para Obtener Permiso Ambiental. Serie: Evaluación de Impacto Ambiental.
Folleto instructivo publicado por MARENA-DGCA.

Quijano León, J. L., 1988. Informe preliminar sobre el agua termal de la mina Santa Pancha en Nicaragua, Proyecto NIC/8/002-02. Organismo Internacional de Energía Atómica, Sección de Hidrología Isotópica, Vienna, Austria. 8 pág. + 1 fig.

Quijano León, J. L., 1989. Informe de los logros obtenidos durante la segunda misión en Nicaragua del proyecto sobre estudios geoquímicos e isotópicos en campos geotérmicos, NIC/8/005, J.L. Quijano León. Período de la misión: 3 al 16 de Diciembre de 1989 OIEA.

Quijano León, J. L., S/F. Informe preliminar sobre el aprovechamiento de la energía térmica extraída de la mina Santa Pancha en Nicaragua. Proyecto NIC/8/002-02. Organismo Internacional de Energía Atómica, Sección de Hidrología Isotópica, Vienna, Austria. 3 pág.

Quijano León, J. L., 1989. Primer informe parcial sobre la composición química e isotópica de los fluidos producidos en el campo geotérmico del Momotombo, Nicaragua. Por: J.L. Quijano León. Proyecto: NIC/8/005 OIEA.

Reagan, M. K., J. D. Morris, E. A. Herrstrom y M. T. Murrell, 1994. Uranium series and beryllium isotope evidence for an extended history of subduction modification of the mantle below Nicaragua. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 58, No. 19, pp. 4199-4212.

Reestructuración Institucional del Sector Minero. Decreto No. 39-95. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 120 del 28 de Junio de 1995.

Reforma a la Ley Orgánica del Instituto Nicaragüense de Energía. Decreto No. 25-92. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial, No. 80 del 28 de Abril de 1992.



- Reglamento de Áreas Protegidas de Nicaragua. Decreto No. 14-99. Publicado en la Gaceta, Diario Oficial No. 42 y 43 del Z y 3 de Marzo de 1999.
- Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica. Decreto No. 42-98. Publicado en La Gaceta, Diario oficial No. 116 del 23 de Junio de 1998.
- Reglamento de la Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Decreto No. 9-96. Publicado en la Gaceta, Diario Oficial No. 163 del 29 de Agosto de 1996.
- Reglamento de Permiso y Evaluación de Impacto Ambiental. Decreto Presidencial No. 45-94. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 203 del 31 de Octubre de 1994.
- Roggensack, K., R. L. Hervig, S. B. McKnight, y S. N. Williams, 1997. Explosive basaltic volcanism from Cerro Negro volcano: influence of volatiles on eruptive style. *Science*, Vol. 277, September, 1997.
- Rojas, J., 1985. Estudio de las posibilidades de desarrollo de la geotermia de baja y media entalpía en Nicaragua Bureau de Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M.), Service Géologique National, Département Géothermie et Hydroénergie, Orléans Cedex, Francia y Ministère des Relations Extérieures de la Coopération et du Développement, Paris, Francia. Rapport de B.R.G.M. 85 SGN 122 GTH. Abril 1985.
- Ruzicka, M., P. Hradecky, y E. Stanik, 1998. Breve informe sobre visita del grupo de geólogos checos al Volcán Casita. Servicio Geológico, Praga.
- Rymer, H., B. van Wyk de Vries, J. Stix y G. Williams-Jones, 1998. Pit crater structure and processes governing persistent activity at Masaya volcano, Nicaragua *Bulletin of Volcanology*, Vol.59, pp.345-355.
- S.G.A., 1975. Prospezione geoelettrica per ricerche geotermiche sulle falde meridionali del vulcano Momotombo (Nicaragua), rapporto finale, Gennaio 1975. Preparado por S.G.A. s.r.l., Milano, Italia para ELC - Electroconsult.
- S.P.E.G., 1983. Estudio magnetotelúrico, zona de Granada, Masaya - Nandaime (Nicaragua). Société de Prospection et d'Études Géothermiques, Julio de 1983.
- S.P.E.G., 1985. Estudio Magnetotelúrico, El Hoyo - Monte Galán, Nicaragua Société de Prospection et d'Études Géothermiques, Noviembre de 1985.



- Sabarniy, G. N., M. Pérez, L. López y M. Downs, 1992. Primer informe sobre el estudio y organización hidrogeológica en la zona geotérmica San Jacinto - Tizate. Intergeoterm, S.A., Managua, Nicaragua, 1992.
- Schmoll, H. R., R. D. Krushensky, y E. Dobrovolny, 1975. Geologic considerations for redevelopment planning of Managua, Nicaragua, following the 1972 earthquake. United States Geological Survey Professional Paper 914, 23 pp.
- Schwartz, D. P., D. R. Packer, and K. D. Weaver, 1975. New information on offset of the Central American volcanic chain near Managua, Nicaragua. Geological Society of America Abstracts with Programs, p.1262.
- Scintrex, Ltd., 1973(?). Figura 3 - Proyecto Geotérmico, Momotombo y vecindad: La Paz Centro - Puerto Momotombo - Malpaisillo, Perfiles de isoresistividad (ohm-m); Figura 5 - Proyecto geotérmico, San Jacinto - Tizate - Ñajo, Perfiles de isoresistividad (ohm-m).
- Scott, K. M., 1999. Volcanic landslides, debris avalanches, and debris flows in Nicaragua resulting from Hurricane Mitch, October-November, 1998 - recommendations for mitigation from U. S. Geological Survey mission of January 19 - 30, 1999. Cascades Volcano Observatory, U. S. Geological Survey.
- Segundo Informe de Gobierno, 1998. Arnoldo Alemán Presidente de la República de Nicaragua.
- Self, S., M. R. Rampino y M. J. Carr, 1989. A reappraisal of the 1835 eruption of Cosigüina and its atmospheric impact. Bulletin of Volcanology, Vol. 52, No. 1, pp. 57-65.
- Shah, H. C., T. C. Zsutty, H. Krawinkler, C. P. Mortgat, A. Kiremidjian, y J. O. Dizon, 1976. A study of seismic risk for Nicaragua, part II, commentary. The John A. Blume Earthquake Engineering Research Center, Dept. of Civil Engineering, Stanford University, Report No. 12A, March 1976.
- Sheridan, M. F., C. Siebe, D. Bonnard, W. Strauch, M. Navarro, J. Cruz, y N. Buitrago, 1998. Informe sobre la avalancha y el flujo de agua con sedimentos, en el Volcán Casita, Nicaragua, disparados por el Huracán Mitch. Anexo I (p. 141-143) de: INETER, 1998, Las lluvias del siglo en Nicaragua. El Huracán Mitch, las lluvias y otros eventos ciclónicos y su recurrencia en Nicaragua. 1892-1998.



- Sigurgeirsson T, 1975. Report on volcanic risk involved in the Momotombo geothermal project. U.N. consultant report, October 1975, Managua, Nicaragua/74/003.
- Sigvaldason, G. E., 1973. Geothermal resources development, Nicaragua, NIC/71/510, report on a geochemical survey of the Momotombo geothermal area, Nicaragua, C.A., Managua, September 1973. Archivos de GeothermEx, Inc..
- Simkin, T., y L. Siebert, 1994. Volcanoes of the World, 2nd edition, Smithsonian Institution, Washington, D.C. USA
- Smith A. T. y P. Kasameyer, 1997. Microseismicity study of the El Hoyo - Monte Galán geothermal prospect, Nicaragua. Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, California, USA. Informe UCRL-ID-127876.
- Smithsonian Institution, 1998. Global Volcanism Program, Preliminary Notices of Volcanic Activity, Worldwide Activity Notices Smithsonian Institution: internet website.
- Smithsonian Institution, 1999. Global Volcanism Program, Volcanic Activity Reports. Internet website URL <http://www.nmnh.si.edu/gvp/volcano/region4..>
- Snyder, G. et al., 1997. Recycled sediments in volcanic fluids of southern Central America; iodine isotopic evidence. Geological Society of America Abstracts with Programs, Vol. 29, No. 6, p. 418.
- Snyder, G. y U. Fehn, 1999?. Iodine-129 in volcanic fluids of southern Central America: preliminary report. Department of Earth and Environmental Sciences, 227 Hutchison Hall, University of Rochester, Rochester, NY, 14627, USA, 9 pp..
[email: sndr@uhura.cc.rochester.edu](mailto:sndr@uhura.cc.rochester.edu), fehn@dbl.cc.rochester.edu.
- Société de Prospection et d'Études Géothermiques (S.P.E.G.), 1985. Estudio magnetoteléxico MT-S-EX y SOFREM. El Hoyo - Monte Galán, Nicaragua. Informe de interpretación. Informe no publicado.
- Sternberg, B. K., J. C. Washburne y L. Pellerin, 1988. Correction for the static shift in magnetotellurics using transient EM soundings: Geophysics 53 1459-1468.
- Stoiber, R. E. y M. J. Carr, 1973. Quaternary volcanic and tectonic segmentation of Central America. In: Symposium on volcanism in Mexico and Central America, R.W. Decker et al, eds. Bulletin Volcanologique; Vol. 37, No. 3, pp. 304-325.



- Stoyer, C. H., 1990. Efficient Computation of Transient Sounding Curves for Wire Segments of Finite Length Using an Equivalent Dipole Approximation: *Geophysical Prospecting*, 38 87-99
- Strack, K.-M., 1992. Exploration with deep transient electromagnetics. *Methods in Geochemistry and Geophysics*; 30, 373pp
- Sussman, D., 1985. Apoyo Caldera, Nicaragua; a major Quaternary silicic eruptive center. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Vol. 24, No. 3-4, pp.249-282.
- Sussman, D., 1985. Erratum; Apoyo Caldera, Nicaragua; a major Quaternary silicic eruptive center. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Vol. 26, No. 3-4; p.389.
- TCI, 2000. Análisis químico de líquido o gas por Thermochem Labs, Inc., Santa Rosa, California, EUA
- Teilman, M. A., September 1979. A geochemical reconnaissance of thermal and nonthermal waters in Nicaragua *Geothermal Resources Council Transactions*, Vol.1.3, pp,717-720.
- Tercer Informe de Gobierno, 1999. Arnoldo Alemán Presidente de la República de Nicaragua.
- Texas Instruments Inc., 1970. Final report, Geothermal resources project, Stage one, Part 2, Regional geology, Thermal manifestations of western Nicaragua. Prepared for government of Nicaragua, Ministry of Economy, Industry and Commerce, August 1970. Texas Instruments Incorporated, Services Group (por J.B. Thigpen).
- Texas Instruments Inc., 1970. Reporte final, Proyecto de recursos geotérmicos - Etapa una, Parte 5, Prospecciones de gravedad y magnético. Para el gobierno de Nicaragua, Ministerio de Economía, Industria y Comercio, Julio de 1970. Texas Instruments Incorporated, Services Group (por M. Mazzolini).
- Texas Instruments Inc., 1970. Reporte final, Proyecto de recursos geotérmicos - Etapa una, Parte 6, Prospecciones de geofísica eléctrica. Para el gobierno de Nicaragua, Ministerio de Economía, Industria y Comercio, Diciembre de 1970. Texas Instruments Incorporated, Services Group (por G. Keller y N. Harthill).
- Texas Instruments Inc., 1970. Reporte final, Proyecto de recursos geotérmicos - Etapa una, Parte 7, Geoquímica del área del proyecto geotérmico Nicaragüense. Para el gobierno de



- Nicaragua, Ministerio de Economía, Industria y Comercio, Diciembre de 1970. Texas Instruments Incorporated, Services Group (por R. Bennett).
- Texas Instruments Inc., 1971. Reporte final, Proyecto de recursos geotérmicos - Etapa una, Parte 1 - Sumario del proyecto. Para el gobierno de Nicaragua, Ministerio de Economía, Industria y Comercio, Febrero de 1971. Texas Instruments Incorporated, Services Group (por DE. Heilner y L.T. Braun).
- Texas Instruments Incorporated Services Group, 1971. Final report, Geothermal resources project, Stage one, Part 10 - Conclusions and recommendations. Prepared for government of Nicaragua, Ministry of Economy, Industry and Commerce, February 1971. Texas Instruments Incorporated, Services Group.
- Texas Instruments, 1970. Proyecto de recursos geotérmicos, Etapa una. Informe no publicado.
- Texas, 1970. Reporte final, Proyecto de recursos geotérmicos - Etapa una, Parte 2, Geología regional, manifestaciones termales de Nicaragua occidental; para el Gobierno de Nicaragua, Ministerio de Economía, Industria y Comercio; por John B. Thigpen, Texas Instruments Incorporated, Services Group. Agosto de 1970. - y - Reporte final, Proyecto de recursos geotérmicos - Etapa una, Parte 7, Geoquímica del área del proyecto geotérmico Nicaragüense; para El Gobierno de Nicaragua, Ministerio de Economía, Industria y Comercio; por R. Bennett, Texas Instruments Incorporated, Services Group; Diciembre de 1970.
- Thigpen, J. B., 1970. Final report, geothermal resources project - stage one, part 2, regional geology, thermal manifestations of western Nicaragua, prepared for government of Nicaragua, Ministry of Economy, Industry and Commerce, August 1970. Texas Instruments Incorporated, Services Group.
- Thigpen, J. B., 1970, Reporte final, proyecto de recursos geotérmicos - etapa una, parte 3, geología superficial área de San Jacinto - Tizate - Ñajo, para el gobierno de Nicaragua, Ministerio de Economía, Industria y Comercio Texas Instruments Incorporated, Services Group.
- Torquil Smith, J., 1995. Understanding telluric distortion matrices: Geophys. J. Int., 122, 219-226.
- Trans-Pacific Geothermal Corporation, 1997. Exploration of the El Hoyo-Monte Galán geothermal concession, final report. Trans-Pacific Geothermal Corporation.



- Ui, T., 1973. Recent volcanism in Masaya-Granada área, Nicaragua. Bulletin Volcanologique, Vol. 36, No. 1, pp. 174-190.
- United Nations, 1989. El Hoyo - Monte Galán - San Jacinto geothermal project, Managua, Nicaragua, C.A. (geothermoelectric feasibility study), project recommendation (NIC/GT/88/001) United Nations Revolving Fund for Natural Resources Exploration, July 1989.
- Univ.Roch., 2000. Análisis de isótopos de helio y de gases nobles, por el laboratorio isotópico del Departamento de Ciencias de la Tierra (Earth Sciences), Universidad de Rochester, Rochester, New York, EUA. Atención: Profesor Dr. Robert Poreda.
- Unocal Geotérmica Nicaragua S. A., 1998. Concesión para la exploración de recursos geotérmicos El Ñajo - Santa Isabel, Departamento de León. Primer año de concesión, 28 de Agosto de 1997 - 27 de Agosto de 1998. Informe de actividad y resultados de la exploración de superficie. Informe presentado al Instituto Nicaragüense de Energía.
- Unocal Geotérmica Nicaragua S. A., 1998. Estudio de impacto ambiental para la perforación exploratoria de los recursos geotérmicos de la Concesión El Ñajo - Santa Isabel, Municipio de Telica, Departamento de León, República de Nicaragua. Elaborado por Harding Lawson Associates, Agosto de 1998.
- UNOCAL, 1991. Muestreo y datos de campo del año 1991. Análisis por University of Utah Research Institute, ID# 3910183 y 84.UNS, 19 marzo 1991, muestras # MAS08 y MAS09. (Obtenido de los archivos públicos de ENEL.)
- UNOCAL, 1998. Concesión para la Exploración de Recursos Geotérmicos El Ñajo - Santa Isabel, Departamento de León, Primer Año de Concesión, 28 de Agosto de 1997 - 27 de Agosto de 1998, Informe de Actividad y Resultados de la Exploración de Superficie. UNOCAL Geotérmica Nicaragua, S.A., Managua, Nicaragua, Septiembre de 1998.
- Valenza, M., 1983. Oxygen and sulfur fugacities in the crater fumarolic gases of Momotombo (Nicaragua) Parte de (reprinted from): Geochemical Surveillance of Volcanic and Seismic Activities , M.Carapezza y S.A.Fedotov, eds., International Council of Scientific Unions, Committee on Data for Science and Technology, Paris - 1983.
- van Wyk de Viles B., 1990(?). Preliminary report on the geology of the Managua aquifer. Sections for hydrogeological modeling. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, Departamento de Vulcanología. Informe no publicado (fecha incierto).



- van Wyk de Vries, B. y A. Borgia, 1996. The role of basement in volcano deformation In: Volcano Instability on the Earth other Planets, W.J. Mcguire, A..P. Jones y J. Neuberg, eds. Geological Society Special Publications, Vol. 110, pp. 95-110.
- van Wyk de Vries, B. y A. Borgia, 1996. The role of basement in volcano deformation. In: Volcano Instability on the Earth other Planets, W.J. Mcguire, A. P. Jones y J. Neuberg, eds., Geological Society Special Publications, Vol. 110, pp. 95-110.
- van Wyk de Vries, B. y O. Merle, 1996. The effect of volcanic constructs on rift fault patterns Geology, Vol. 24, No. 7; pp. 643-646.
- van Wyk de Vries, B., 1986. A hazard report for INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales), volcanic and seismic risks on Isla de Ometepe, Lago de Nicaragua, Nicaragua, an analysis based on fieldwork carried out in February - May 1986. INETER C.D.T. 9036.
- van Wyk de Vries, B., 1986. A hazard report for INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales), volcanic and seismic risks on Isla de Ometepe. Lago de Nicaragua, Nicaragua, an analysis based on fieldwork carried out in February - May 1986. INETER C.D.T. 9036
- van Wyk de Vries, B., 1993. Tectonics and magma evolution of Nicaraguan volcanic systems. Thesis (Doctoral), Department of Earth Sciences, The Open University, September 1993, 328 pp.
- van Wyk de Vries, B., G.C. Brown y A. Borgia, 1993. Spreading at Concepcion Volcano, Nicaragua. EOS, Transactions American Geophysical Union, Vol. 74, No. 43 Suppl., p. 646
- van Wyk de Vries, B., N. Kerle, y D. Petley, 2000. Sector collapse forming at Casita volcano, Nicaragua. Geology, Vol. 28, No. 2, pp. 167-170.
- van Wyk de Vries, B., N. Kerle, y J. Froger, 1999. Structural analysis of Casita slump: origin, hazards, and comparison with nearby volcanoes. Center de Recherches Volcaniques, Magmas et Volcans, (UMR-6254), Universite Blaise Pascal, 63000 Clermont-Ferrand, France.
- van Wyk de Vries, B., N. Kerle, y J. Froger, 1999. Structural analysis of Casita slump: origin, hazards, and comparison with nearby volcanoes Center de Recherches Volcaniques,



- Magmas et Volcans, (UMR16254), Universite Blaise Pascal, 63000 Clermont-Ferrand, France
- Vozoff, K., 1991. The magnetotelluric method in Electromagnetic Methods in Applied Geophysics, Vo12B 641-711, pub. SEG.
- Vuataz, F. D., F. Iundt, C. Fouillac y J. Rojas, 1984. Estudio geoquímico de los fluidos de algunos pozos campo geotérmico de Momotombo, Nicaragua Institut Mixte de Recherches Geothermiques, A.T.P. PIRSEM "GEOTHERMIE 82", Decisión no. 252, 84 SGN 349 IRG, Agence Francaise Pour la Maitrise de l'Energie, Bureau de Recherches Geologiques et Minieres, Ministere de la Recherche et de la Technologie, Centre National de la Recherche Scientifique
- Walker J. A., M. J. Carr, M. D. Feingenson y R. I. Kalamarides, 1990. The petrogenetic significance of interstratified high- and low-Ti basalts in central Nicaragua. *J. Petrol.*, Vol. 22, pp. 1142-1163.
- Walker, J. A. et al., 1993. Shallow open-system evolution of basaltic magma beneath a subduction zone volcano: the Masaya Caldera Complex, Nicaragua. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Vol. 56, No. 4, pp. 379-400.
- Walker, J. A. et al., 1993. Shallow open-system evolution of basaltic magma beneath a subduction zone volcano: the Masaya Caldera Complex, Nicaragua. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Vol. 56, No. 4, pp. 379-400.
- Walker, J. A. y M. J. Carr, 1986. Compositional variations caused by phenocryst sorting at Cerro Negro volcano, Nicaragua. *Geological Society of America Bulletin*, Vol. 97, pp. 1156-1162.
- Walker, J. A., 1984. Volcanic rocks from the Nejapa and Granada cinder cone alignments, Nicaragua, *Central America Journal of Petrology*, Vol. 25, No. 2; pp. 299-342
- Ward, P. L., J. Gibbs, D. Harlow, y Q. Aburto, 1974. Aftershocks of the Managua, Nicaragua earthquake and the tectonic significance of the Tiscapa fault. *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 64, pp. 1,017-1,029.
- Weinberg, R. F., 1992. Neotectonic development of western Nicaragua. *Tectonics*, Vol. 11, No. 5, pp. 1010-1017.



TELEFONO:(505) 222-5576
FAX: (505) 222-4629
www.cne.gob.ni

- Weyl, R., 1980. Geology of Central America. Gebrüder Borntraeger, Berlin y Stuttgart, Germany.
- Wheelock, J., J. Incer, L. Cardenal, y A. Rodríguez, 2000. Desastres naturales de Nicaragua. Guía para conocerlos y prevenirlos. Hispamer, Managua.
- White, D. E. y D. L. Williams, Editors, 1976. Assessment of geothermal resources of the United States - 1975. United States Geological Survey Circular 726, United States Department of the Interior.
- Wight, D. E., 1988. SEG MT/EMAP Data Interchange Standard, Revision 1.0: SEG, Tulsa, OK, 91pp.
- Williams, H., 1952. The great eruption of Cosigüina, Nicaragua, in 1835; with notes on the Nicaraguan volcanic chain. University of California Publications in Geological Sciences, Vol. 29, No. 2, pp. 21-46.
- Williams, R. L., 1972. The geology of western Nicaragua. Final technical report. Vol. IV, Catastro, Managua, Nicaragua, p. 221. (Part of the final report "Tax improvement and natural resources inventory project, Nicaragua," Parsons Corp., 1972).
- Williams, S. N., 1983. Geology and eruptive mechanisms of Masaya Caldera complex, Nicaragua. Thesis (Doctoral), Dartmouth College.
- Williams, S. N., 1983. Plinian airfall deposits of basaltic composition. Geology, Vol. 11, No. 4, pp. 211-214.
- Woodward-Clyde Consultants, 1975. Preliminary evaluation of active faulting in western Nicaragua. Prepared for Vice Ministerio de Planificación Urbana, Gobierno de la República de Nicaragua, Managua, Nicaragua.
- Wunderman, R., E. Venzke, A. Arroyo, D. Charvonia, M. Berriman y R. Peesel, 2000. Bulletin of the Global Volcanism Network Bulletin of the Global Volcanism Network, Smithsonian Institution, Vol. 25, No. 2
- Zabarniy, G. N., A. J. Postnikov, S. V. Spektor, S. V. Ostapenko y A. A. Shpak, 1992. Proyecto, trabajos de prospección en el campo geotérmico de San Jacinto (Nicaragua), C.Moscú 1992, revisión del texto en español: Ing. R. Arcia Lacayo y Ing. M. Pérez INTERGEOTERM – INE



COMISION NACIONAL DE ENERGIA

TELEFONO:(505) 222-5576
FAX: (505) 222-4629
www.cne.gob.ni

Zúñiga, A., July-September 1998. Nicaragua latest developments in geothermal IGA Newsletter

Zúñiga-Mayorga, A., 1998. Nicaragua Country Update. Transactions Geothermal Resources Council, Vol.22, pp.279-283, September 20-23, 1998



ANEXO G: ASPECTOS AMBIENTALES

G.1.1 Características Ambientales de la Cordillera Volcánica

Aspectos Climáticos Generales

Las estaciones meteorológicas del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) se ubican en su mayoría en las principales ciudades y centros poblados del país. Por lo tanto, no existen datos específicos de las áreas de los volcanes, cuyas condiciones climáticas tienen que evaluarse basándose en los mapas regionales de parámetros climáticos publicados por INETER. Tales mapas incluyen el Mapa de Precipitación Media Anual (**Figura 1-G. 1**) y el Mapa de Temperatura Media Anual (**Figura I-G.2**).

En general, toda la Depresión Nicaragüense está dominada por una situación climática de tipo tropical, con temperatura media anual alrededor de los 27°C y con precipitaciones medias anuales en el rango de los 1,000-1,800 mm, dependiendo de la ubicación (ver **Figuras I-G.1 y I-G.2**). El clima presenta esencialmente dos estaciones: una estación seca, o verano (noviembre - abril), y una estación lluviosa, o invierno (mayo - octubre). A mediados de la estación lluviosa, entre finales de julio y principios de agosto, ocurre en general un breve período seco, conocido como canícula. Las temperaturas máximas anuales se registran en los meses comprendidos entre marzo y mayo, y varían entre 38°C y 40°C. Las temperaturas mínimas anuales ocurren entre diciembre y febrero, y oscilan generalmente entre 15°C y 17°C.

En los relieves volcánicos, la distribución de la temperatura y de las precipitaciones resulta afectada por la topografía. Según Incer (1973) y FUNDENIC-SOS (1999), en la cordillera volcánica la temperatura disminuye un grado centígrado cada 120-150 m de elevación. Por otro lado, los aspectos orográficos originan variaciones locales en el régimen de las precipitaciones, por su interferencia con corrientes que acarrearán aire húmedo desde el vecino Océano Pacífico, o



con corrientes ascendentes calientes que se generan en las planicies adyacentes. Estas variaciones se reflejan a su vez en zonas microclimáticas que varían de un edificio volcánico a otro, y desde una ladera a otra de un mismo edificio volcánico. En toda la cordillera volcánica han sido identificadas las siguientes zonas climáticas: Tropical Seca; Tropical con Transición a Húmeda; Tropical Húmeda; Sub-Tropical con Transición a Húmeda; Sub-Tropical Húmeda; Montaña con Transición a Húmeda; y Montaña Húmeda (FUNDENIC-SOS, 1999).

Aspectos Generales de la Flora y la Fauna

A pesar de la existencia de varias Reservas Naturales y Áreas Protegidas a lo largo de toda la cordillera volcánica de Nicaragua, no existen todavía estudios detallados y completos sobre la flora y la fauna existente en los varios complejos volcánicos. La investigación más reciente que enfrenta este tema de manera sistemática, aunque preliminar, es el estudio llevado a cabo por FUNDENIC-SOS (1999) en el ámbito del proyecto de evaluación y redefinición del sistema de áreas protegidas. Por lo tanto, se hace amplia referencia a este estudio en este informe.

En general los bosques originarios que cubrían los macizos volcánicos han sido en gran medida degradados por la intervención humana. En la actualidad quedan pocas áreas, muy fragmentadas, que conservan todavía bosques naturales limitadamente alterados. La fauna, sometida a caza indiscriminada, afectada por los incendios forestales, y sujeta a una continua reducción y fragmentación de su hábitat natural, es ahora bastante reducida. Algunas de las especies mayores típicas del bosque tropical han desaparecido en varias áreas.

Las características de los ecosistemas locales, incluyendo la cobertura vegetal y la fauna asociada, están relacionadas con las variaciones en la temperatura y precipitación que ocurren en casi todos los macizos volcánicos, como se describió anteriormente. Un caso especial se da en los volcanes que tienen intensa actividad fumarólica, como son el San Cristóbal, el Masaya,



El Hoyo y el Concepción. Los sectores de estos volcanes que están constantemente afectados por los gases volcánicos se caracterizan por coberturas vegetales muy empobrecidas, que tienen pocas especies, resistentes a las condiciones adversas. En las cumbres de los volcanes activos y las coladas lávicas recientes se observan zonas con vegetación pionera, muy escasa y de bajo porte.

Especies Protegidas o en Peligro de Extinción

La “Lista Roja de Especies Animales Amenazadas,” elaborada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), informa que en Nicaragua existen 65 especies de animales en peligro de extinción. Dos de las especies, el mono araña y el lagarto, han sido claramente identificadas en algunas zonas de la cordillera volcánica (FUNDENIC-SOS, 1999). No se puede excluir la existencia de otras especies amenazadas.

Nicaragua adhirió a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES), firmado en Washington el 3 de Marzo de 1977. Por lo tanto, mantiene un listado de especies animales y vegetales amenazadas, el comercio y la exportación de las cuales están restringido. Dicho listado, conocido como “Listado CITES,” se subdivide en tres secciones:

- Apéndice I: Incluye todas las especies en peligro de extinción, que son o pueden ser afectadas por el comercio. El comercio de estas especies está sujeto a regulaciones muy estrictas establecidas por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA).



- Apéndice II: Incluye todas las especies que no se encuentran actualmente en peligro de extinción, pero podrían llegar a esa situación si no se aplican medidas preventivas para evitar utilizaciones incompatibles con su sobrevivencia.
- Apéndice III: Incluye todas las especies que cualquiera de los firmantes de la CITES manifieste que se hallan sometidas a reglamentación dentro de su jurisdicción con el objetivo de prevenir o restringir su explotación, y que necesitan la cooperación de otras partes en el control de su comercio.

En la cordillera volcánica, a pesar de la intervención humana bastante intensa, se reporta todavía la presencia de especies de particular valor biológico, incluidas en el Apéndice I CITES y algunas también en la Lista Roja de ILTCN. Estas especies incluyen la lapa roja (*Ara macao*), el mono araña (*Ateles geoffroyi*), el mono congo (*Alouatta palliata*), el puma (*Felis concolor*), el leoncillo (*Felis yagouarondi*), el gato montés (*Felis wiedii*), el lagarto (*Crocodylus acutus*) y el pájaro guairón (*Mycteria americana*). Mayores detalles acerca de la distribución de estas especies se dan en los volúmenes del Plan Maestro relativos a las áreas específicas (Volúmenes II a XI).

Con respecto a la flora, la situación es aparentemente menos grave, y solamente algunas especies de orquídeas (*Cattleya skinneri* y *Phragrripedium spp.*) están incluidas en el Apéndice I del CITES.

G. 1.2 Reglamentos Ambientales Vigentes

Introducción

La cordillera volcánica cuaternaria se eleva sobre la planicie y los lagos de la Depresión Nicaragüense, originando en su conjunto un elemento de particular interés escénico y de



indudable valor ambiental. Debido a sus condiciones morfológicas, que han impedido parcialmente el avance de la frontera agrícola, los edificios volcánicos representan, además, zonas favorecidas para la conservación del manto boscoso y de la fauna. Sin embargo, la intervención humana a lo largo de toda la cordillera volcánica ha sido bastante intensa, a través de la caza, la explotación de los recursos del bosque, las quemas y las prácticas agrícolas. Todo esto ha dejado sectores fragmentados que conservan todavía importantes rasgos de los ecosistemas originarios, intercalados con zonas agrícolas y bosques de crecimiento secundario.

En las últimas dos décadas el gobierno de Nicaragua ha intentado implementar medidas para conservar, proteger y promover la recuperación de los valores ambientales. En 1983 decretó la creación de reservas naturales en varias zonas de la región del Pacífico, incluyendo las cumbres de todos los edificios volcánicos (Decreto No. 1320-83). En 1991 otro Decreto (No. 42-91) reforzó el anterior, declarando como “Áreas Protegidas de Interés Nacional” los volcanes y lagunas volcánicas del país. Otras disposiciones más específicas existen para ciertas áreas, como es el caso del Parque Nacional del Volcán Masaya (Decreto No. 79-79).

El Decreto No. 1320-83 estableció, en principio, una zona de amortiguamiento alrededor de cada reserva natural; sin embargo, el reglamento para la creación de las zonas de amortiguamiento todavía no ha sido elaborado. El reciente estudio de FUNDENIC-SOS (1999) elaboró propuestas de redefinición para todas las áreas protegidas existentes a lo largo de la cordillera volcánica, incluyendo la institución de las respectivas zonas de amortiguamiento. Estas propuestas están actualmente en fase de evaluación por parte de las instituciones competentes.

En la práctica, la mayoría de las áreas protegidas han quedado sin una efectiva delimitación física y sin un verdadero control y administración. En algunos casos, hay una falta de



coordinación entre las diferentes instituciones del Estado; por ejemplo, se han otorgado tierras a cooperativas agrícolas en áreas anteriormente decretadas como protegidas o propuestas como zonas de amortiguamiento. Recientemente (en 1998-99) el MARENA ha empezado a tratar de ordenar la situación, a través de la formulación del Reglamento de Áreas Protegidas de Nicaragua (Decreto No. 14-99) y por medio de la realización de un estudio de evaluación y redefinición del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP). En la región del Pacífico, este estudio ya ha sido terminado hasta la fase de evaluación técnica (FUNDENIC-SOS, 1999), y sus conclusiones y sugerencias, como ya se ha mencionado anteriormente, están en fase de revisión y evaluación.

Decreto No. 1320-83 - Creación de Reservas Naturales

El Decreto No. 1320-83 instituye al rango de Reserva Natural Protegida, con carácter inalienable, todas las cumbres de los volcanes, a partir de elevaciones que varían en función de cada complejo volcánico. Los objetivos del Decreto son generales y de tipo preventivo, dejando al MARENA (anteriormente conocido como Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente, o IRENA) la tarea de reglamentar la ley. Al respecto, el Artículo 1 establece que:

"El Presente Decreto tiene por objeto proteger y prevenir mayores deterioros ecológicos de aquellas áreas naturales significativas de nuestra geografía. "

Con referencia a las restricciones en dichas áreas, el Artículo 3 del Decreto dice:

"Constituyen infracciones a la presente Ley:

- a) La destrucción de la cobertura vegetal y la extracción de productos y subproductos forestales.*
- b) La caza de especies faunísticas protegidas.*
- c) La pesca con medios ilícitos.*



- d) *La aplicación de quemas y la iniciación de fuegos forestales.*
- e) *Construcción de infraestructura vial y habitacional y cualquier obra de ingeniería.*
- f) *La introducción de cualquier tipo de ganado para fines de pastoreo.*
- g) *La introducción de prácticas agrícolas inadecuadas a las condiciones del medio.*

“No obstante lo establecido en los incisos anteriores, los propietarios o usuarios de las áreas reservadas, previa autorización del Ministro Director, ice-Ministro, Sub-Director o Delegado Regional de IRENA, podrán realizar algunas de las actividades agrícolas, ganaderas, forestales o de infraestructura previamente enunciadas.”

Por lo tanto, una posible interpretación del decreto es que excluye la posibilidad de que se puedan realizar operaciones de exploración y explotación geotérmica en el interior de cualquiera de las Reservas Naturales definidas a lo largo de la cordillera volcánica, a menos que tales actividades sean específicamente autorizadas por el Ministro del MARENA.

Decreto No. 42-91 - Declaración de Áreas Protegidas

El Decreto No. 42-91 es una Declaración de Arcas Protegidas en Varios Cerros, Macizos Montañosos, Volcanes y Lagunas del País. Con respecto a la región del Pacífico, el Artículo 2 del Decreto dice:

“Declárense además Áreas Protegidas de Interés Nacional los volcanes, lagunas cratéricas y esteros del Pacífico o definidas como reservas naturales en la ley del 19 de septiembre de 1983, además de las lagunas de Asososca, Tiscapa, Nejapa, Jiloá, Masaya y Apoyo.”

Este decreto faculta al IRENA (ahora MARENA) a:



“... definir los límites topográficos para cada una de estas Áreas Protegidas y de Interés Nacional, categorizando su manejo y protección, y a desarrollar con las respectivas autoridades municipales en donde dichas Áreas Protegidas se encuentran, las acciones que se establezcan de regulación y control, protección forestal y restauración ecológica de aquellas áreas degradadas, que sean necesarias para beneficiar la conservación de los ecosistemas naturales que contengan y frenen el deterioro de las cuencas, la erosión en sus laderas y la destrucción de los manantiales que en ella se originan.”

Una vez delimitadas las áreas, el Decreto manda a establecer:

“... las normas y regulaciones relativas a la conservación de sus ecosistemas, protección de especies, aprovechamiento racional de sus recursos naturales y protección de las cuencas.”

Cabe observar que, hasta la fecha, las medidas correspondientes han sido implementadas de forma limitada.

Decreto No. 14-99 - Reglamento de Áreas Protegidas de Nicaragua

El Decreto No. 14-99 reglamenta lo establecido por la Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, con referencia específica al SINAP. Es importante observar que la Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales establece que:

“No serán sujetos de exploración y explotación, los recursos naturales renovables y no renovables que se encuentren en áreas legalmente protegidas” (Artículo 106).

Con respecto a las “Reservas Naturales” (que incluyen la mayoría de las áreas protegidas de la cordillera volcánica) el Reglamento de Áreas Protegidas de Nicaragua establece los siguientes “Objetivos de Manejo”:



- *Conservar y restaurarlos ecosistemas naturales y hábitats de la vida silvestre que se encuentran en proceso de reducción por la intervención de sus ambientes ecológicos.*
- *Producir bienes y servicios en forma sostenida para bienestar de las comunidades, según la capacidad del área, pudiendo ser estos: agua, madera, vida silvestre, incluyendo peces u otros productos marinos, recreación al aire libre.*

En las “Directrices para la Administración” se establece, entre otras, las siguientes restricciones de particular interés a los fines del desarrollo de proyectos geotérmicos:

- *Prohibir las actividades de exploración y explotación minera, petrolera, concesiones forestales y pesqueras u otras en conflicto con los objetivos del área.*
- *Restringir el uso del área hasta que sean completados los estudios adecuados que recomienden la mejor utilización de los recursos naturales contenidos en ella.*

El Reglamento requiere una autorización otorgada por la Dirección General de Áreas Protegidas (DGAP) del MARENA, para realizar actividades en un área protegida. La DGAP verificará el cumplimiento de los requisitos de Ley y elaborará las normas técnicas para la evaluación de los impactos ambientales correspondientes.

G.2 Aspectos Ambientales y Proyectos Geotérmicos

G.2.1 *Efectos del Desarrollo Geotérmico sobre el Ambiente*

Los proyectos geotérmicos activados hasta la fecha en Nicaragua no son muchos y, con exclusión de los proyectos de Momotombo y San Jacinto - Tizate, han involucrado solamente la ejecución de estudios exploratorios de superficie, con limitado impacto sobre la población y el



ambiente local en general. Por lo tanto, no hay muchos antecedentes como para identificar con precisión todos los potenciales problemas que pudieran surgir durante el desarrollo de un proyecto geotérmico.

Se observa que la cordillera volcánica, y especialmente su sector occidental conocido como Cordillera de los Marrabios, se caracteriza por una baja densidad de población, con comunidades muy pobres dedicadas básicamente a la agricultura de subsistencia. Cualquier proyecto que pueda traer beneficio a la población a través de generar empleo y mejorar indirectamente la economía local es generalmente bien aceptado. Se pueden evitar problemas y conflictos de orden social por medio de contactos directos con las instituciones locales y con las comunidades involucradas, explicando con anticipación las actividades del proyecto y los requerimientos de fuerza laboral local en cada fase de su desarrollo. Varios Organismos no Gubernamentales (ONG), nacionales e internacionales, ya tienen proyectos de tipo social, ambiental e infraestructural en muchas de las áreas volcánicas; por lo tanto, constituyen una referencia muy importante.

Toda la cordillera volcánica tiene un potencial turístico, el cual no ha sido ampliamente explotado hasta la fecha, por falta de infraestructuras adecuadas. Las iniciativas turísticas están más avanzadas en el sector sudoeste de la cordillera (la región comprendida entre el Volcán Masaya y la Isla de Ometepe). En esta zona, la población local está interesada en la protección de esta importante fuente de ingreso para la economía local. Aunque no se han efectuado actividades de desarrollo geotérmico anteriormente en el sector sudoeste, se puede considerar que no deberían surgir problemas insuperables, siempre y cuando el proyecto propuesto no resulte en conflicto con las actividades turísticas, y que sea adecuadamente presentado y promocionado frente a la población y las instituciones locales.



La presencia de recursos históricos y arqueológicos es otro aspecto de interés. Se conoce que las poblaciones indígenas precolombinas utilizaban las fuentes termales, las lagunas cratéricas y los volcanes como lugares de culto. Por lo tanto, es probable que en algunas de las áreas geotérmicas existan restos arqueológicos. La exploración y evaluación de estos recursos han sido limitadas. Son pocos los sitios identificados a lo largo de la cordillera volcánica, y prácticamente ninguno de estos ha sido completamente valorado.

Existe la posibilidad de que obras o excavaciones relacionadas con el desarrollo de un proyecto geotérmico descubran recursos arqueológicos. Tales descubrimientos activarían las disposiciones de la Ley de Protección del Patrimonio Cultural de la Nación (Decreto No. 11-82), las cuales establecen la suspensión de las obras hasta que el hallazgo sea completamente valorado. Por lo tanto, en muchos casos puede resultar conveniente evaluar el área de las obras con anterioridad, para evitar sucesivos problemas. La Ley prevé, además, que un monto variable entre el 1% y el 10% del valor de la obra, deberá en estos casos ser entregado al fisco en concepto de contribución a la valorización del recurso arqueológico.

G.2.2 Experiencias de Proyectos Previos

Las experiencias de los proyectos geotérmicos anteriores son limitadas a:

- el proyecto de San Jacinto - Tizate, de la empresa Intergeoterm, S.A.;
- la concesión El Ñajo - Santa Isabel, de la empresa Unocal Geotérmica Nicaragua, S.A.;
- la concesión El Hoyo- Monte Galán, de la empresa Trans-Pacific Geothermal Corporation; y
- el campo geotérmico de Momotombo.



El proyecto de Momotombo se encuentra en una zona aislada y despoblada; además, fue desarrollado por el Gobierno en tiempos cuando no existían los reglamentos ambientales actuales. Por lo tanto, no representa un ejemplo de la aplicación de las leyes y reglamentos ambientales.

El Proyecto de San Jacinto - Tizate

El proyecto de San Jacinto - Tizate se inició a finales de 1992, cuando todavía no existía la obligación de efectuar estudios ambientales y, prácticamente, no recibió ningún control por parte del MARENA. Además, el proyecto no afectó la zona de Reserva Natural del Volcán Telica. En 1995 el proyecto se paralizó y ahora está en fase de reactivación, para lo cual debe de cumplir con todos los requerimientos y la legislación ambiental vigente.

Durante la primera etapa de estudios de este proyecto, la experiencia con la población local fue bastante positiva, a pesar de que no se llevó a cabo ningún programa específico de información y promoción del proyecto con las comunidades locales. La mayoría de la población acogió el proyecto con entusiasmo, y se benefició temporalmente de una sensible mejoría en la economía local. El proyecto no afectó la limitada actividad turística que existe alrededor de “Los Hervideros de San Jacinto.”

Algunos problemas específicos surgieron con un pequeño grupo de propietarios de tierras, quienes atrasaron algunas de las actividades por no acceder a la venta de sus tierras, o por pedir remuneraciones muy elevadas. Este problema quedó sin resolverse a causa de la suspensión del proyecto, aunque la empresa Intergeoterm obtuvo la “Declaración de Utilidad Pública” de su proyecto a través del Decreto Presidencial No. 18-94. Este ha sido un caso aislado, pero, aún si los proyectos geotérmicos gozan del derecho de utilidad pública, los potenciales conflictos deben de ser tomados en debida consideración y prevenidos con un adecuado manejo de las



relaciones con la comunidad local. Se estima que un proceso de expropiación de este tipo generalmente requiere de aproximadamente un año, en trámites con el Instituto Nicaragüense de Energía (INE), negociaciones, juicio y fallo de la autoridad competente.

Después de la paralización del proyecto, hubo un intento por parte de los habitantes de San Jacinto de relacionar la perforación efectuada en el área, con un supuesto desplazamiento de las fumarolas ubicadas a orillas del pueblo (Hervideros de San Jacinto) que había afectando algunas viviendas. Este hecho no tuvo mucho seguimiento, pero es un ejemplo que se puede considerar con el fin de prevenir conflictos potenciales en el futuro, en San Jacinto o en otras áreas en donde exista una relación entre las manifestaciones termales y la población local.

La Concesión El Ñajo - Santa Isabel

La concesión El Ñajo - Santa Isabel, manejada por la empresa Unocal Geotérmica Nicaragua, S.A. (UGN) en el período 1997-1999, y ahora propiedad de la empresa SAI Geotérmica Nicaragua, S.A., incluye un sector de aproximadamente 3 km² de Reserva Natural. Durante la gestión de UGN, el MARENA no demostró oposición a la autorización del proyecto de perforación exploratoria, pero al final emitió un permiso ambiental que no dio claramente el pleno derecho al desarrollo de las actividades de perforación dentro de la Reserva Natural. La situación se mantuvo sin resolverse por cierto tiempo, y luego quedó sin definición debido al retiro de la empresa.

A pesar de no haber realizado actividades de impacto significativo en el campo, UGN empezó con anticipación un programa de acercamiento y consolidación de las relaciones con las comunidades locales. Presentó las actividades del proyecto al público, y estableció programas de ayuda a los habitantes afectados por el Huracán Mitch, en Octubre de 1998. Todo esto contribuyó a crear una base sólida de relaciones con las comunidades y las instituciones locales.



Sin embargo, la suspensión del proyecto antes del inicio de las actividades de perforación impidió valorar completamente los resultados de estas acciones preparatorias.

Otro problema experimentado por UGN está relacionado con el hecho que la Reserva Natural del Volcán Telica, conforme a su definición de “Reserva Natural”, aparece clasificada bajo la Categoría IV en la Lista de las Naciones Unidas de Parques Nacionales y Áreas Protegidas, según el Reglamento de Áreas Protegidas de Nicaragua (Artículo 9). Proyectos que afectan, directamente o indirectamente, áreas así clasificadas no pueden ser financiados a través de los principales organismos y bancos internacionales, tales como el Banco Mundial o la OPIC.

La Concesión El Hoyo - Monte Galán

La concesión El Hoyo - Monte Galán incluye parte de las Reservas Naturales del Volcán El Hoyo y del Volcán Momotombo. La empresa Trans-Pacific Geothermal Corporation (TGC) obtuvo el permiso ambiental para realizar la perforación exploratoria, con algunas restricciones dentro de la zona de reserva (en el área de la Caldera de Galán). Hasta la fecha, TGC no ha empezado las correspondientes actividades. La zona del proyecto está poco poblada, y la empresa no ha realizado programas importantes de acercamiento con las comunidades locales.

G.2.3 El Procedimiento de Permiso Ambiental

Introducción

Al igual que la mayoría de los países latinoamericanos, Nicaragua ha emprendido en la última década un proceso de sensibilización institucional hacia el medio ambiente. Este ha resultado en la elaboración de leyes, reglamentos y normas ambientales dirigidas a la protección de los recursos naturales del país bajo una visión de desarrollo sostenible.



En enero de 1994 el Instituto Nicaragüense de los Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA) fue elevado a rango de Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA). El MARENA tiene las funciones de coordinar y dirigir las políticas ambientales en el país, y el mandato de normar, regular y controlar el ambiente y los recursos naturales. Para cumplir con este mandato, internamente se formó en 1994 la Dirección General de Calidad Ambiental (DGCA), la cual asumió las responsabilidades de la gestión ambiental. La DGCA es la entidad responsable de regular y controlar la calidad del ambiente y de los recursos hídricos. Su actividad ha sido subdividida en dos ramas principales:

- regulación y control correctivo de todas las actividades establecidas antes de 1994; y
- acción de carácter preventivo, aplicada a todas las nuevas actividades, incluyendo rehabilitación, ampliación o reconversión de proyectos ya existentes, que por su naturaleza pueden causar impactos al medio ambiente.

Al mismo tiempo, se formó en el Instituto Nicaragüense de Energía (INE) un Departamento de Control Ambiental, para dar seguimiento a los problemas ambientales de los proyectos energéticos y de hidrocarburos.

Marco Legal

La gestión ambiental en Nicaragua se ejecuta a través del Reglamento de Permiso y Evaluación de Impacto Ambiental. Este reglamento obliga la realización de un Estudio de Impacto Ambiental y la tramitación de un correspondiente Permiso Ambiental para todas las actividades que, por su naturaleza, pueden causar un deterioro importante en el medio ambiente. Dichas actividades son definidas y detalladas en el mismo reglamento.



El reglamento establece los procedimientos que el MARENA, a través de la DGCA, utilizará para evaluar el impacto ambiental de cada actividad y otorgar el Permiso Ambiental. El mismo reglamento establece también las obligaciones para obtener el Permiso Ambiental de una actividad propuesta.

Los acápites “a” y “e” del Artículo 5 del reglamento establecen que ciertos proyectos energéticos están sujetos a la presentación de un estudio y documento de impacto ambiental para la concesión del permiso ambiental. Esto incluye los proyectos de exploración y explotación de recursos geotérmicos, así como los proyectos de generación de energía de cualquier fuente, superior a cinco MW de potencia, y las líneas de transmisión de energía con voltaje mayor de 69 kV.

Si la zona afectada por el proyecto incluye áreas protegidas, el proceso de obtención del permiso ambiental queda regulado por el reglamento mencionado anteriormente. Sin embargo, todos los instrumentos legislativos relativos al área protegida serán también considerados para los fines del otorgamiento del Permiso Ambiental. Estos incluyen la Ley General del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales, el Reglamento de Áreas Protegidas de Nicaragua, el decreto de constitución del área protegida, su plan de manejo, y otros eventuales instrumentos legislativos pertinentes. La DGCA del MARENA gestionará y coordinará el proceso de evaluación de impacto ambiental, pero la DGAP participará activamente en el proceso y deberá emitir una “Autorización de Actividades en Área Protegida,” la cual será parte integrante del Permiso Ambiental.



Obtención del Permiso Ambiental

De acuerdo con el Reglamento de Permiso y Evaluación de Impacto Ambiental, todos los proyectos geotérmicos, a partir de su fase de exploración hasta la fase de generación, están sujetos a la ejecución de un Estudio de Impacto Ambiental conforme a los requerimientos del MARENA, para la obtención del Permiso Ambiental correspondiente. El INE participa también en el proceso del permiso, a través de su Departamento de Calidad Ambiental (DCA). Representantes del DCA son incluidos en el grupo técnico de MARENA que da seguimiento a todo el proceso de evaluación de impacto ambiental. El DCA facilita, además, las relaciones y los contactos entre el proponente del proyecto geotérmico y el MARENA.

La obtención del Permiso Ambiental requiere de una serie de gestiones con la DGCA del MARENA, las cuales se resumen en la **Figura I-G.3** y se describen brevemente a continuación.

Gestiones Iniciales

El primer paso consiste en llenar un Formulario de Solicitud de Permiso Ambiental (Formulario 1-G. 1), y pagar en la caja central de MARENA la cantidad de 400 Dólares estadounidenses por concepto de Costos de Tramitación. El formulario requiere información general acerca del proyecto, y debe ser firmado por un representante, con adecuado poder legal de la empresa que propone el proyecto.

Cuando el formulario, junto con el recibo oficial de pago de los costos de tramitación, ha sido entregado a la DGCA del MARENA, se conforma un grupo técnico, el cual estará a cargo de todo el proceso técnico y administrativo del proceso de permiso ambiental, según lo establecido en el Reglamento de Permiso y Evaluación de Impacto Ambiental. En el caso de los proyectos geotérmicos, dicho grupo técnico, además de personal del MARENA, incluye a representantes del DCA del INE. El grupo técnico coordina con el proponente una visita de inspección general



al área del proyecto. En 20 días hábiles después de recibir la solicitud de permiso ambiental, entrega al proponente los Términos de Referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental.

Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental

El proponente debe realizar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) conforme a los Términos de Referencia emitidos por el MARENA, y será responsable por la calidad y contenido del mismo. El EIA debe ser realizado por un equipo multi-disciplinario de profesionales calificados y acreditados, conforme a las disciplinas involucradas en el estudio.

Junto al EIA, debe redactarse un Documento de Impacto Ambiental (DIA). Este es un informe que sintetiza el contenido del EIA, expresado en un lenguaje claro y de fácil comprensión, para dar a conocer a las autoridades locales y al público en general las actividades del proyecto y los resultados y conclusiones del EIA realizado. El EIA y el DIA, se entregan a la DGCA del MARENA, junto con otros documentos complementarios, según lo establecido en los Términos de Referencia.

Revisión del Estudio de Impacto Ambiental

El grupo técnico efectúa una revisión preliminar del EIA dentro de los primeros 10 días hábiles después de recibirlo. La revisión consiste esencialmente en comprobar que la información proporcionada cumple con todos los requisitos de los Términos de Referencia. Si se concluye la revisión sin objeciones por parte del grupo técnico, el proponente debe publicar un aviso, según el formato específico proporcionado por el MARENA, una sola vez en dos periódicos locales, para comunicar que el DIA está disponible para la consulta del público interesado. Este paso puede omitirse si se opta por una presentación pública, como se especifica más adelante.



Al mismo tiempo el grupo técnico empieza la evaluación del EIA en todos sus detalles. La evaluación se cumple en un plazo mínimo de 30 días hábiles, y no mayor de un tercio del tiempo utilizado para la elaboración del estudio, sin exceder los 120 días hábiles. Si la información suministrada en el EIA no es satisfactoria, el MARENA solicitará al proponente información adicional, la cual debe ser proporcionada dentro de un plazo de 3 meses, a través de un máximo de dos adendum al EIA. En caso de no proporcionar la información dentro de los 3 meses, el proceso será suspendido y deberá re-iniciarse, sometiendo una nueva solicitud de permiso ambiental.

Consulta Pública

Una vez que el MARENA apruebe el EIA, el proponente debe someter el proyecto a Consulta Pública. Esta puede efectuarse según dos modalidades diferentes:

- Hacer disponible el Documento de impacto Ambiental en sitios establecidos de acceso público, en la localidad o localidades en que se llevará a cabo el proyecto. De esta manera los interesados podrán consultar el DIA y emitir sus comentarios por escrito dentro de un plazo determinado.
- Hacer una presentación y discusión pública del DIA, con participación de: consejos municipales; cabildos; organizaciones gremiales, sociales, sindicales y comunitarias; organizaciones no gubernamentales; brigadistas ecológicos; y la población en general. El proponente se hace cargo de organizar la presentación pública, mientras que el MARENA participa esencialmente como observador, recolectando todas las opiniones y sugerencias originadas dentro del proceso de consulta. Estas son luego analizadas y valoradas por el grupo técnico, y pueden ser incluidas en el dictamen final.



Resolución

Concluido el proceso del EIA y la Consulta Pública, el grupo técnico emite un Dictamen Técnico y la DGCA emite una Resolución Administrativa en respuesta a la solicitud de permiso ambiental. La resolución se envía al proponente y, en caso positivo, especifica las condiciones bajo las cuales el proyecto puede ser ejecutado. Si el área del proyecto incluye un sector de Área Protegida, la Resolución Administrativa de Permiso Ambiental debe ser acompañada por una Autorización de Actividades en Área Protegida, emitida por la DGAP del MARENA. En caso de resolución negativa, la misma se fundamenta por el MARENA, y el proponente puede actuar conforme a lo establecido en el Artículo 19 del Reglamento de Permiso y Evaluación de Impacto Ambiental.

Cumplimiento del Permiso

Una vez otorgado el permiso, el proponente tiene un tiempo límite para iniciar las actividades del proyecto, y debe presentar a la DGCA informes periódicos sobre el avance de las mismas y sobre el correspondiente manejo ambiental. La DGCA supervisa, en forma directa o por delegación, el cumplimiento de las condiciones establecidas por el Permiso Ambiental. En caso de incumplimiento, MARENA puede aplicar sanciones conforme a lo establecido por las leyes de la República de Nicaragua.

G.2.4 El Permiso Ambiental para Proyectos Geotérmicos

La ejecución de un Estudio de Impacto Ambiental, según los requerimientos del MARENA, incluye una planificación detallada de las obras a ejecutarse. En el caso de un proyecto geotérmico, esta incluye: la ubicación de los pozos y respectivos caminos de acceso; y el tamaño y ubicación de la planta, los va productos, y los demás componentes de la instalación



geotérmica. Por otro lado el INE requiere un Permiso Ambiental emitido oficialmente por el MARENA, antes de otorgar cualquier concesión o licencia geotérmica.

Todo esto puede causar ciertos problemas, porque al empezar un proyecto geotérmico, especialmente cuando éste se encuentra en su fase de exploración, no se tienen los datos suficientes para llenar los requisitos del EIA. Por ejemplo, no se pueden ubicar los sitios de perforación, ni se conocen el tamaño ni la localización de la planta, antes de conocer bien las características del recurso geotérmico. Sin embargo, la experiencia de los proyectos anteriores en fase de Concesión de Exploración ha demostrado que el problema se puede resolver ejecutando el EIA por etapas, conforme al desarrollo del proyecto, como se describe a continuación:

- Para obtener la Concesión de Exploración, se gestiona con el MARENA un Permiso Ambiental que corresponde a la primera fase de exploración (básicamente los estudios geocientíficos de superficie). Esto es aceptado por el INE con los fines de otorgar la Concesión. El EIA se reduce a una descripción de las investigaciones geocientíficas programadas, y de las medidas que el proponente aplicará para prevenir/mitigar impactos. En casos recientes (SAI Geotérmica Nicaragua, Aplicación El Ñajo - Santa Isabel, 1999; Triton Energy, Aplicación Volcán Casita, 1999) el MARENA determinó que la fase de exploración geocientífica no requirió de un EIA; por lo tanto, el Permiso Ambiental se redujo a una sencilla carta de autorización para la ejecución de los estudios. Este tipo de documento se obtiene por lo general en un período de dos a tres semanas a partir de la entrega de una Solicitud de Permiso Ambiental al MARENA. Queda el compromiso de efectuar estudios específicos de impacto ambiental antes de desarrollar las sucesivas etapas de perforación y construcción.



- Durante el período de vigencia de la Concesión de Exploración, antes de empezar las obras de perforación, se debe realizar un EIA que, a este nivel, puede incluir con cierto detalle de planificación solamente la ejecución de los pozos exploratorios. Por este medio se obtiene un Permiso Ambiental para la perforación exploratoria. De esta manera UGN en 1999 y TGC en 1998 obtuvieron los Permisos Ambientales para la perforación exploratoria en sus respectivas concesiones.
- La sucesiva fase de desarrollo del campo, la cual incluye la perforación de pozos de producción e inyección y la instalación de la planta, requiere la ejecución de un nuevo EIA y a la emisión del correspondiente Permiso Ambiental por parte de MARENA. Este es también un requisito esencial del INE para el otorgamiento de la Concesión de Explotación y la Licencia de Generación. Sin embargo, no existen experiencias previas para conocer en detalle los mecanismos y los requisitos de este proceso.

En la **Figura I-G.3** se puede observar que todo el proceso de obtención del Permiso Ambiental puede requerir hasta 7 meses, sin incluir el tiempo necesario para la elaboración del EIA. Las experiencias anteriores, tanto de proyectos geotérmicos como de otros proyectos similares de recursos naturales, indican que es prudente iniciar los procedimientos ambientales por lo menos 8-9 meses antes de la fecha en la cual se espera obtener el Permiso Ambiental.

Es fundamental para el éxito de los procedimientos ambientales establecer una buena y estrecha comunicación con la DGCA de MARENA, y con la DCA de INE. El intercambio de documentación técnica, con abundante información gráfica y esquemática, así como la participación activa en las inspecciones de campo, también son importantes para el éxito del proceso.



G.2.5 Estudio de Impacto Ambiental

El EIA requerido hasta ahora por el MARENA para los proyectos geotérmicos incluye básicamente los siguientes temas:

- Información General: Objetivos del proyecto; descripción del área; caracterización general de las actividades del proyecto; estudios anteriores y razones para la selección del área.
- Descripción de las Actividades del Proyecto: Preparación y acceso a los sitios de obras; tipo y características de las perforaciones; servicios requeridos; fuentes de efluentes; emisiones y desechos; características, uso y ubicación de combustibles, lubricantes y otros materiales peligrosos; mantenimiento de equipos y actividades de limpieza; cronograma de trabajo; fuerza laboral utilizada; abandono y restauración del sitio.
- Marco de Referencia Ambiental: Ambiente físico (clima, terreno, recursos hídricos, peligros naturales); ambiente biológico (flora, fauna, hábitat único o sensible, especies amenazadas o en peligro de extinción); ambiente socio-cultural (características de la población; instituciones locales, economía local, uso de la tierra, servicios públicos e infraestructura, educación, salud); recursos arqueológicos, históricos y culturales.
- Evaluación de los Impactos Potenciales: Impactos sobre el ambiente físico (aire, suelos, aguas superficiales y subterráneas); impactos sobre el ambiente biológico (flora, fauna, especies en peligro de extinción, hábitat sensible); impactos sobre el ambiente sociocultural (población, uso de la tierra y medios de vida, economía local, servicios públicos, salud pública); impactos sobre recursos arqueológicos, históricos y culturales.



- Medidas de Prevención y Mitigación: Relativas a todos los impactos potenciales identificados en el párrafo anterior.
- Programa de Gestión Ambiental: Relativo a todos los impactos potenciales.

El Documento de Impacto Ambiental debe incluir los mismos temas tratados en el EIA, con la diferencia que la información debe de ser presentada en forma sintética, haciendo amplio uso de gráficas, y usando un lenguaje de fácil comprensión para un público no técnico.

G.3 Referencias

FUNDENIC-SOS, 1999. Evaluación y Re-definición del Sistema de Arcas Protegidas del Pacífico y Centro Norte de Nicaragua. Volumen I: Arcas Protegidas del Pacífico. Informe no publicado, elaborado para MARENA/PROTIERRA/CBA.

CITES - Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Firmada en Washington el 3 de Marzo de 1973. Decreto No. 7. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 183, Agosto de 1977.

Creación de Reservas Naturales en el Pacífico de Nicaragua. Decreto No. 1320, del 8 de Septiembre de 1983. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 213 del 19 de Septiembre de 1983.

Declaración de Arcas Protegidas en Varios Cerros, Macizos Montañosos, Volcanes y Lagunas del País. Decreto No. 42/91, del 31 de Octubre de 1991. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 207 del 4 de Noviembre de 1991

Declaración de Utilidad Pública de la Construcción del Proyecto "San Jacinto Tizate". Decreto No. 18/94, del 18 de Abril de 1994. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 236 del 16 de Diciembre de 1994

Incer, J., 1973. Geografía Ilustrada de Nicaragua. Editora y Distribuidora Nicaragüense S.A.

Ley Creadora del Parque Nacional del Volcán Masaya. Decreto No. 79, del 23 de Mayo de 1979.



TELEFONO: (505) 222-5576

FAX: (505) 222-4629

www.cne.gob.ni

Ley de Protección del Patrimonio Cultural de la Nación. Decreto No. 11/82, del 22 de Noviembre de 1982. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 282 del 2 de Diciembre de 1982

Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Ley No. 217 del 2 de Mayo de 1996. Publicada en la Gaceta, Diario Oficial No. 105 del 6 de Junio de 1996.

Procedimientos para Obtener Permiso Ambiental. Serie: Evaluación de Impacto Ambiental. Folleto instructivo publicado por MARENA-DGCA.

Reglamento de Permiso y Evaluación de Impacto Ambiental. Decreto Presidencial No. 45-94. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 203 del 31 de Octubre de 1994.

Reglamento de la Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Decreto No. 9-96. Publicado en la Gaceta, Diario Oficial No. 163 del 29 de Agosto de 1996.

Reglamento de Áreas Protegidas de Nicaragua. Decreto No. 14-99. Publicado en la Gaceta, Diario Oficial No. 42 y 43 del 2 y 3 de Marzo de 1999.

Unocal Geotérmica Nicaragua, S.A., 1998. Estudio de Impacto Ambiental para la Perforación Exploratoria de los Recursos Geotérmicos de la Concesión El Ñajo - Santa Isabel, Municipio de Telica, Departamento de León, República de Nicaragua. Elaborado por Harding Lawson Associates, Agosto de 1998.

FORMULARIO I-G.1

Formulario de Solicitud de Permiso Ambiental

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (MARENA)

DIRECCION GENERAL DEL AMBIENTE (DGA)

FORMULARIO DE SOLICITUD DE PERMISO AMBIENTAL

No Expediente: _____

I. DATOS GENERALES

1. Nombre del Proyecto: _____

2. Nombre del Solicitante: _____

3. Nombre del Representante Legal: _____

4. Dirección del Solicitante: _____

5. Teléfono: _____ **Fax:** _____ **E-mail:** _____

II. UBICACION DEL PROYECTO

1. Departamento: _____ **Municipio: Comarca:** _____

2. Zona Urbana: _____ **Zona Rural:** _____

3. Dirección Exacta del Proyecto: _____

4. Área del Proyecto: _____

III. DESCRIPCION DEL PROYECTO

1. Nuevo: _____ Rehabilitación: _____ Ampliación: _____ Reversión: _____

2. Etapa del Proyecto:

Perfil: _____ Prefactibilidad: _____ Ampliación: _____ Reversión: _____

Rehabilitación: _____

3. Descripción Detallada del Proyecto:

(Definir etapas, identificar acciones y/o procesos principales, costos, área total que abarca el proyecto, área de las instalaciones, etc. Utilice hojas adicionales).

4. Indicar, en el terreno donde se ubicará el proyecto, en un perímetro de 1000 m, la existencia de las siguientes áreas y estructuras:

Áreas Protegidas: _____ Ríos, Manantiales: _____ Esteros: _____

Arrecifes de Coral: _____ Bienes Paleontológicos: _____

Bienes Arqueológicos: _____

Bienes Históricos y Artísticos: _____

Especificar cual(es):

5. ¿Qué tipo de actividades se realizan en predios colindantes con el área donde estará ubicado el proyecto, que se encuentren comprendidos en un radio menor o igual a 1000 m?

6. ¿El proyecto restringe el aprovechamiento o uso de otros recursos naturales por parte de la población local?

SI: _____ **NO:** _____

Explique:

7. Se construirán caminos de acceso al sitio del proyecto?

SI: _____ **NO:** _____

¿Se trata de caminos temporales o de uso permanente? Ubíquelos en el mapa y describa.

8. ¿Se prevé la explotación de bancos de préstamo durante la fase de construcción?

Si _____ **No** _____ **Ubique en el mapa y describa** _____

9. Se ha obtenido anteriormente o se encuentra en trámite el Permiso Especial para la explotación de estos bancos?

Si _____ **No** _____

Explique:

10. En la fase de construcción del proyecto se afectan áreas con cubierta vegetal?

Si: _____ **No:** _____

11. Indicar si habrá desplazamiento de la población.

Si: _____ **No:** _____

12. Servicios que demanda el proyecto

Recurso de agua en las fases de construcción y funcionamiento

Fuente de Abastecimiento	Consumo (m ³ /día) Construcción	Consumo (m ³ /día) Funcionamiento
Conectado a la red		
Pozo		
Otro suministro		

Profundidad de la tabla de agua: _____

13. Demanda de energía

Fuente de Abastecimiento: _____ **Cantidad:** _____

Si posee otras fuentes de abastecimiento indicar	
Tipo de combustible utilizado	
Cantidad utilizada para generar fluido eléctrico (por unidad de tiempo)	
Forma de almacenamiento del combustible	

14. Estimación del volumen de aguas residuales descargadas: _____ m³/día

15. Punto de descarga final para el efluente de las aguas residuales domésticas e industriales (Marque con una X)

Río	<input type="checkbox"/>	Mar abierto	<input type="checkbox"/>
Lago o Laguna	<input type="checkbox"/>	Quebrada o arroyo	<input type="checkbox"/>
Cauce	<input type="checkbox"/>	Alcantarillado Municipal	<input type="checkbox"/>
Embalse	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>

Especifique:

16. Describa el tipo de desechos sólidos generados y disposición prevista, incluyendo el método de transporte al sitio de disposición final

17. Describa el tipo de emisiones a la atmósfera que se generarán y métodos preventivos

18. Indique la repercusión del proyecto en la comunidad, anotando cualquier opinión que se haya formado sobre el proyecto por la alcaldía, las asociaciones, la comunidad y el gobierno regional

Yo, _____, confirmo que toda la información suministrada en este instrumento y los anexos que lo acompañan, es verdadera y correcta y someto por este medio la Solicitud de Permiso Ambiental para el proyecto arriba descrito.

Fecha de Solicitud: _____

Firma del representante Legal: _____

Fecha recibido en la oficina de EIA: _____

Firma y Sello del Administrador de la Oficina de EIA: _____

NOTA: Presentar Original y Tres Copias de:

Formulario de Solicitud

Poder Notariado que acredite al Representante Legal Perfil del Proyecto

Mapa de Ubicación

Recibo Original Caja Oficial del Pago de Trámites del Permiso Ambiental



ANEXO H: CONCESIONES Y LICENCIAS

H.1 Introducción

Los recursos naturales son considerados de propiedad del Estado, en conformidad con el Artículo 102 de la Constitución Política de la República de Nicaragua. Esto aplica a cualquier elemento o factor económico que ofrezca la naturaleza y sea susceptible de ser utilizado por el hombre, incluyendo el agua termal y el vapor geotérmico existente en el subsuelo. Su aprovechamiento por particulares está sujeto a la Ley General sobre Explotación de las Riquezas Naturales.

El Ministerio de Economía es el órgano encargado de administrar y aplicar la Ley arriba mencionada. Sin embargo, en el caso específico de los recursos geotérmicos y de los hidrocarburos, el poder administrativo ha sido otorgado al Instituto Nicaragüense de Energía (INE), a través de la Ley Orgánica del INE y sucesivas reformas. El INE es la agencia encargada de otorgar las concesiones y licencias, y controlar las actividades de exploración, explotación y generación geotermoeléctrica, así como de todas las demás fuentes de energía.

H.2 Marco Legal e Institucional

Dos distintos cuerpos de leyes regulan la exploración y desarrollo de un recurso geotérmico en Nicaragua, para fines de generar electricidad:

- Ley General sobre Explotación de las Riquezas Naturales, la cual regula el otorgamiento de las concesiones de exploración y explotación del recurso geotérmico; y
- Ley de la Industria Eléctrica, y su Reglamento, los cuales regulan el otorgamiento de las licencias de generación y transmisión, y de las concesiones de distribución eléctrica.



Para definir los montos y modalidades de pago de los derechos correspondientes al Estado por concesiones de exploración y explotación, el INE, además de la Ley General sobre Explotación de las Riquezas Naturales, hace referencia al Decreto de Reestructuración Institucional del Sector Minero (No.39-95), Artículo 13, y al correspondiente Acuerdo Ministerial entre el Ministerio de Finanzas y el Ministerio de Economía y Desarrollo.

Una Ley Especial de la Industria Geotérmica, que complementará la Ley General sobre Explotación de las Riquezas Naturales, está en fase adelantada de formulación y está siendo actualmente analizada por la Comisión Nacional de Energía, antes de ser entregada al Poder Ejecutivo y luego sometida para su aprobación a la Asamblea Nacional.

Cualquier persona, natural o jurídica, nicaragüense o extranjera, con capacidad de adquirir derechos y contraer obligaciones, podrá solicitar y adquirir concesiones y licencias en conformidad con las leyes mencionadas, siempre y cuando demuestre la capacidad técnica y financiera suficiente para llevar a cabo las actividades correspondientes. La Ley de la Industria Eléctrica requiere, además, que el concesionario (Agente Económico) sea domiciliado en el país.

H.3 Exploración de Recursos Geotérmicos

La Ley General sobre Explotación de las Riquezas Naturales especifica dos diferentes instrumentos legales para autorizar la exploración de un recurso natural:

- el Permiso de Reconocimiento; y
- la Concesión de Exploración.



El primero es un permiso para efectuar estudios preliminares, mientras que el segundo faculta la investigación del recurso con todos los medios técnicos y científicos necesarios para determinar la existencia del mismo y definir su potencial económico.

H.3.1 El Permiso de Reconocimiento

Cualquier ciudadano nicaragüense o persona residente en Nicaragua puede efectuar libremente investigaciones sobre la existencia de recursos naturales, sin necesidad de obtener permiso o contribuir impuestos, responsabilizándose de los eventuales daños que sus investigaciones causaran al Estado o a particulares. Sin embargo, la Ley General sobre Explotación de las Riquezas Naturales requiere la obtención de un Permiso de Reconocimiento en los casos específicos listados a continuación:

- extranjeros no residentes en Nicaragua o sus agentes, aunque estos últimos sean residentes en el país;
- toda persona nicaragüense o extranjera que deseara efectuar investigaciones en terrenos ya otorgados en concesión para la exploración o explotación de riquezas naturales de naturaleza similar, pero no igual a aquella objeto del reconocimiento solicitado; y
- toda persona nicaragüense o extranjera que deseara efectuar investigaciones en terrenos de propiedad particular.

El Permiso de Reconocimiento no da derechos exclusivos de ninguna clase y autoriza solamente la realización de investigaciones preliminares, con la finalidad de mejorar el conocimiento sobre la existencia del recurso. Debido a sus características, el Permiso de Reconocimiento es poco usado en Nicaragua, especialmente en el caso de los recursos



geotérmicos, para los cuales ya existen resultados de investigaciones preliminares realizadas en el pasado. Cabe, sin embargo, reportar que en 1998 la empresa propietaria de la concesión de exploración geotérmica denominada El Ñajo - Santa Isabel (Unocal), solicitó y obtuvo un Permiso de Reconocimiento para efectuar muestreos geoquímicos a lo largo de toda la cordillera volcánica cuaternaria, afuera de las áreas ya otorgadas en concesión geotérmica a otras empresas. Esto se hizo para mantenerse en estricto cumplimiento de las leyes de la República de Nicaragua y, por ende, prevenir eventuales conflictos con otros concesionarios, instituciones y propietarios de terrenos.

H.3.2 La Concesión de Exploración

La Concesión de Exploración es el instrumento básico para empezar un proyecto geotérmico en Nicaragua. Confiere al concesionario, por un tiempo determinado y dentro de un área delimitada, el derecho exclusivo de explorar y determinar el potencial económico del recurso. La Ley General sobre Explotación de las Riquezas Naturales establece que el período de cada concesión no puede ser mayor a tres años, con la posibilidad de prorrogarse por otro período igual, siempre y cuando:

- la solicitud sea efectuada antes del vencimiento de la concesión;
- el concesionario haya cumplido con todos los deberes y pagos correspondientes; y
- existan razones que justifiquen la prórroga.

Hasta la fecha, las concesiones de exploración geotérmica otorgadas por el INE han sido por un período de tres años, con el fin de permitir la ejecución de un programa completo de exploración desde la fase de investigaciones geocientíficas hasta la perforación de pozos exploratorios profundos.



La Ley General sobre Explotación de las Riquezas Naturales no especifica limitaciones de extensión del área de concesión. Sin embargo, ha sido la política del INE otorgar concesiones de exploración sobre áreas no superiores a 100-150 km², considerando las características y la distribución de los recursos geotérmicos en la cordillera volcánica cuaternaria de Nicaragua.

Para obtener una concesión de exploración de recursos geotérmicos es necesario someter una solicitud a la Dirección General de Electricidad del INE, a través de un formulario específico (ver el Formulario 1-H. 1). Los principales pasos a seguir se resumen en la **Figura I-H.1** y se describen a continuación.

Gestiones Iniciales

La Solicitud de Exploración Geotérmica requiere la siguiente información:

- nombre, características, datos legales y registrales, testimonio de escritura de constitución (en caso de personas jurídicas), domicilio y representante legal de la empresa en Nicaragua, con el respectivo poder legal;
- información sobre el área solicitada (nombre, ubicación en mapas, coordenadas de los límites) y objetivo de la exploración;
- período de vigencia solicitado;
- descripción del proyecto y cronograma de las actividades de exploración;
- estimación de las inversiones anuales;
- experiencia de la empresa y curriculum vitae del personal técnico;



- Permiso Ambiental emitido por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA).

La solicitud debe ser entregada en duplicado a la Dirección General de Electricidad del INE, ya sea directamente por el interesado o por un representante con poder legal para tal efecto. Al entregar la solicitud es necesario pagar en la caja general del INE las cantidades de 200 Dólares estadounidenses y 1,000 Córdobas, respectivamente por concepto de Gastos de Tramitación y Depósito de Costas.

Evaluación de la Solicitud

Una vez recibida la solicitud, la Dirección General de Electricidad procede a la revisión de la documentación presentada, para verificar que el solicitante tenga las capacidades civiles, legales, técnicas y financieras necesarias. Al mismo tiempo verifica que el área solicitada esté disponible para los fines de la solicitud. El INE podrá pedir información adicional, cuando la documentación presentada no es suficiente. La evaluación generalmente requiere entre dos y tres semanas. Al final, la Dirección General de Electricidad comunica al solicitante el resultado.

Publicación de la Solicitud

Una vez que la Dirección General de Electricidad haya calificado la solicitud como aceptable, ordena que ésta sea publicada tres veces en La Gaceta, Diario Oficial, a cuenta del interesado, con intervalos de cinco días. Antes de la segunda publicación, se publica un resumen de la solicitud por tres días consecutivos en un diario de circulación nacional, siempre a cuenta del interesado. Cualquier persona que se considere con derechos adquiridos o con derechos preferentes con respecto a la solicitud, puede oponerse dentro de un término de treinta días,



contados a partir de la primera publicación en La Gaceta. Cualquier oposición dará lugar a un proceso de evaluación, hasta obtener un fallo de la autoridad competente.

Otorgamiento de la Concesión

Si no existen oposiciones cuando termina el proceso de publicación, la solicitud de concesión es sometida al Consejo de Dirección del INE, el cual toma decisión al respecto y, en caso positivo, emite un Acuerdo de Otorgamiento. El solicitante es notificado a través de la Dirección General de Electricidad; y tiene un plazo de treinta días para comunicar al INE su aceptación. En caso positivo el solicitante debe pagar la suma de 500 Dólares estadounidenses por cada año otorgado, en concepto de Impuesto de Otorgamiento.

Depósito de Garantía

Después de aceptar la concesión, el solicitante debe constituir un Depósito de Garantía. Este puede ser una Garantía Bancaria irrevocable, emitida por un banco nicaragüense, a favor de la Tesorería General de la República, por una cantidad equivalente al 10% del costo estimado de la inversión a efectuarse en el primer año de concesión.

El Contrato de Concesión

Al final del proceso el Concesionario y el INE suscriben en un Contrato de Concesión, frente a un Notario Público de la República de Nicaragua. En el contrato se estipulan las condiciones específicas de la concesión, incluyendo los derechos y las obligaciones respectivas de las partes, el programa de trabajo y todas las demás informaciones.

Inscripción de la Concesión



La Ley General sobre Explotación de las Riquezas Naturales requiere en fin que cualquier concesión sea inscrita en el Registro Público de la Propiedad del Departamento o Departamentos en los cuales se ubica el área de concesión.

Como se puede observar en la **Figura I-H.1**, el tiempo necesario para obtener una Concesión de Exploración es de aproximadamente tres meses, siempre y cuando no hayan atrasos relacionados con el suministro de información insuficiente o incompleta, o con oposición del público u otros interesados.

Obligaciones del Concesionario Durante el Período de Concesión

El mantenimiento de la Concesión de Exploración requiere que el concesionario cumpla con ciertas obligaciones técnicas y económicas. Los principales requerimientos técnicos son:

- Iniciar las actividades de exploración dentro de los seis meses sucesivos a la entrada en vigencia del Contrato de Concesión. Las actividades de exploración no pueden interrumpirse por un período mayor de seis meses consecutivos, salvo en casos fortuitos o de fuerza mayor debidamente comprobados ante la Dirección General de Electricidad.
- Mantener informado al INE sobre las actividades de exploración, proporcionando informes trimestrales de avance e informes técnicos al final de cada fase o estudio del programa de exploración. Por lo general, al inicio de cada Contrato de Concesión se establece un Comité de Coordinación, compuesto por representantes del INE y del Concesionario. Dicho Comité se reúne cada tres meses para evaluar el informe de avance de las actividades y discutir los eventuales problemas.



- Presentar al INE programas detallados de la perforación y prueba de los pozos.

Las principales obligaciones económicas son las de pagar al Fisco, en concepto de Canon Superficial por cada hectárea de la superficie de concesión, la cantidad de 0.25 Dólares estadounidenses durante el primer año, 0.75 Dólares durante el segundo año y 1.5 Dólares durante el tercer año. El pago debe efectuarse al inicio de cada año.

Modificaciones del Área de Concesión

La Ley General sobre Explotación de las Riquezas Naturales establece la posibilidad de renunciar parcial o totalmente al área de concesión. Esto puede efectuarse, por comunicación escrita, en cualquier momento del período de concesión.

En el caso de las Concesiones de Exploración Geotérmica, el INE ha aceptado también solicitudes de modificación del área originariamente establecida. Un ejemplo es la Concesión El Hoyo - Monte Galán, de la empresa Trans-Pacific Geothermal Corporation, la cual fue modificada al final de su primer año, excluyendo algunos sectores por un total de 45 km² e incluyendo un nuevo sector de 20 km².

H.4 Explotación de Recursos Geotérmicos

El aprovechamiento del recurso geotérmico requiere la obtención de una Concesión de Explotación, bajo las provisiones de la Ley General sobre la Explotación de las Riquezas Naturales. La Concesión de Explotación confiere al concesionario el derecho exclusivo de extraer y utilizar los fluidos geotérmicos existentes en el subsuelo del área de concesión. Sin embargo, no faculta la generación de electricidad, para la cual es necesario obtener una Licencia de Generación (ver la sección H.5).



H.4.1 Obtención de la Concesión de Explotación

El procedimiento de obtención de la Concesión de Explotación es análogo al procedimiento para la Concesión de Exploración (ver **Figura I-H.1**). Debe someterse una solicitud a través de un formulario específico (Formulario I-H.2), con datos generales acerca del solicitante, el área de concesión, el tipo y cronograma de las actividades de explotación, y las inversiones a realizarse. La evaluación y aprobación de la solicitud proceden como ya descrito para la Concesión de Exploración, con la única diferencia que la publicación en La Gaceta no es siempre requerida, como se describe a continuación.

El dueño de una Concesión de Exploración tiene el “derecho inherente y preferente” de obtener una Concesión de Explotación dentro de la misma área, siempre y cuando presente una solicitud al INE antes del vencimiento de su Concesión de Exploración, y haya cumplido con todas las obligaciones correspondientes. En este caso el otorgamiento de la Concesión de Explotación no está sometido al proceso de publicación en La Gaceta, y el tiempo necesario para obtener la concesión puede reducirse a aproximadamente dos meses.

Es necesario publicar la solicitud en La Gaceta y en un diario de circulación nacional, como ya descrito en el caso de la Concesión de Exploración, si la Concesión de Explotación es solicitada por una persona que no goza del derecho arriba mencionado, ya sea porque no es el dueño de la Concesión de Exploración correspondiente o porque, aún habiendo sido el dueño, está solicitando la explotación fuera del período de vigencia de la exploración. Si durante el proceso de publicación surgiesen otros interesados en la misma área, la asignación de la concesión puede realizarse por medio de una licitación pública.



La Ley General sobre la Explotación de las Riquezas Naturales no requiere específicamente que la extensión de la concesión sea reducida al pasar desde una Concesión de Exploración a una de explotación. Sin embargo, la orientación general del INE en este respecto es la de requerir una cierta reducción de área, con el objetivo de otorgar en explotación solamente el sector que el concesionario demuestre necesario para el desarrollo de su proyecto.

La Ley General sobre Explotación de las Riquezas Naturales no establece períodos específicos para la vigencia de una Concesión de Explotación. La única referencia existente en Nicaragua es aquella de Momotombo, donde se estableció en 1994 una Concesión de Explotación por un período de 20 años sobre un área de 9 km². Sin embargo, parece que el INE actualmente tiene la intención de conformarse con lo establecido por la Ley de la Industria Eléctrica para las Licencias de Generación, que especifica un plazo máximo de 30 años. Dicha Licencia debe acompañar a la Concesión de Explotación del recurso geotérmico, por lo tanto es razonable que los dos instrumentos legales tengan el mismo período de vigencia.

H.4.2 Obligaciones del Concesionario

El concesionario tiene la obligación de iniciar los trabajos de explotación dentro de seis meses a partir de la fecha de firma del contrato correspondiente, y de mantener informado al INE acerca de las actividades del proyecto, en conformidad a lo establecido por la Ley General sobre Explotación de las Riquezas Naturales (Artículo 81). También hay que cumplir con los siguientes pagos e impuestos:

- Impuesto de Otorgamiento: a pagarse al inicio de la concesión, por el monto de 250 Dólares estadounidenses por cada año otorgado.



- Garantía de Cumplimiento: constituye un depósito de garantía irrevocable, a favor de la Tesorería General de la República, por el monto correspondiente al 10% de la inversión estimada del primer año de la concesión.
- Canon Superficial: por cada hectárea de concesión se pagarán 4 Dólares estadounidenses en los primeros dos años, 8 Dólares en el tercer y cuarto año, y 12 Dólares a partir del quinto año.
- Participación del Estado: La Ley General sobre Explotación de las Riquezas Naturales prevé una participación del Estado, en concepto de regalía en función de la cantidad del producto o sustancia extraída, una vez que el recurso entre efectivamente en su fase de extracción y aprovechamiento. La Ley no prevé específicamente el caso del fluido geotérmico, pero, para "sustancias minerales en general" establece una regalía no menor del 2%. Cabe, sin embargo, observar que el INE no ha dictado hasta la fecha ninguna norma específica al respecto.

H.5. La Generación Geotermoeléctrica

H.5.1 Introducción

De acuerdo con lo establecido por la Ley de la Industria Eléctrica y su Reglamento, cada agente económico que realice actividades en el sector de la energía eléctrica en Nicaragua debe obtener una correspondiente Concesión o Licencia. La Ley establece los siguientes tipos de habilitaciones:

- Licencia de Generación;
- Licencia de Transmisión; y



- Concesión de Distribución.

La Normativa de Concesiones y Licencias Eléctricas define las condiciones, requisitos e informaciones necesarias, bajo las cuales el INE otorgará estas concesiones y licencias. La normativa fue elaborada por el INE en conformidad con lo establecido por la Ley Orgánica del INE y sucesivas Reformas, y con la Ley de la Industria Eléctrica. En el caso de un proyecto geotérmico, una vez obtenida la Concesión de Explotación, la cual habilita el aprovechamiento del recurso, se deberá obtener una Licencia de Generación para poder producir electricidad.

H.5.2 La Licencia de Generación Geotérmica

La Licencia de Generación autoriza la producción de electricidad utilizando las unidades generadoras, las obras y las instalaciones específicamente definidas en ella. La licencia identifica el tipo de planta, la fuente de energía y, cuando corresponde, el sistema de transmisión a construirse para conectar la planta generadora al sistema primario de la red de transmisión nacional. La Licencia de Generación puede ser otorgada por un plazo de hasta treinta años.

Siendo la generación geotérmica basada sobre la explotación de un recurso natural, la correspondiente licencia debe incluir la documentación que avala el cumplimiento de lo requerido por la Ley General sobre Explotación de las Riquezas Naturales. Esto significa que la Licencia de Generación está subordinada a la obtención previa de la Concesión de Explotación sobre la misma área.



El proceso para obtener la Licencia de Generación es análogo al procedimiento anteriormente descrito para las concesiones de exploración y explotación. Los principales pasos a seguir se resumen en la **Figura I-H.2** y se describen a continuación.

Gestiones Iniciales

El interesado debe presentar una solicitud a la Dirección General de Electricidad del INE, según el formulario establecido y con documentación adjunta, conforme a los requerimientos de la Normativa de Concesiones y Licencias Eléctricas (ver Formulario I-H.3). Antes de tramitar la solicitud, el interesado debe constituir un Depósito de Costas de 1,000 Córdobas, en un banco designado y a favor del INE.

La información necesaria para el Formulario de Solicitud es la siguiente:

- identificación del solicitante y de su apoderado o representante legal;
- identificación de la empresa que se convertirá en el titular de la licencia;
- domicilio establecido para recibir notificaciones; y
- listado de la documentación adicional adjunta.

La información adicional que debe adjuntarse al formulario de solicitud en el caso de una licencia de generación geotérmica es la siguiente:

- documentación legal que acredite la constitución de la empresa y su representante;
- recibo de pago del Depósito de Costas a favor del INE;
- estudio de impacto ambiental aprobado por MARENA;



- anexos que incluyen información detallada acerca de los equipos de generación y conexión, sobre las actividades del proyecto, y sobre los aspectos ambientales del mismo (ver Formulario I-H.3); y
- Solicitud de Servidumbre, identificando las servidumbres requeridas para el desarrollo del proyecto, la delimitación del área y el motivo.

Evaluación de la Documentación

Al recibir la solicitud, el INE verifica que la documentación sea completa y, en caso positivo, procede a su aceptación formal y registro. Luego procede, dentro de un plazo de 15 días hábiles, a analizar la documentación presentada, verificando que sea satisfactoria y conforme con lo establecido por la Normativa de Concesiones y Licencias Eléctricas. El INE puede requerir que se proporcione información adicional, indicando el plazo disponible para suministrar dicha información. Si persiste la insuficiencia de la documentación presentada al fin del plazo, la solicitud será rechazada por el INE.

Otorgamiento de la Licencia

Si toda la documentación es aprobada, el INE procede, dentro un plazo de 30 días hábiles, a tomar una decisión al respecto y, en caso positivo, emite una Resolución de Otorgamiento.

Pago de Derecho de Otorgamiento



Si el INE dictamina positivamente y concede la licencia, el titular de la misma debe pagar al Estado un monto equivalente a 0.1% del valor de la inversión, en concepto de Derecho de Otorgamiento.

Depósito de Garantía

El titular de la licencia debe constituir una garantía de cumplimiento por el monto (en el caso específico de generación geotérmica) del 1% del valor de la inversión inicial del proyecto. La garantía debe entregarse al INE antes de la suscripción del contrato correspondiente, y debe ser emitida por un banco u otra institución financiera legalmente constituida en el país y de reconocido prestigio. Su vigencia debe ser hasta un año después de la fecha estimada de la conclusión de las obras iniciales del proyecto.

Contrato de Licencia de Generación

Dentro de 10 días de haber aceptado el Acuerdo de Otorgamiento, el interesado procede a suscribir un Contrato de Licencia de Generación con el INE, según el formato pre-establecido por la Normativa de Concesiones y Licencias Eléctricas.

Publicación del Contrato

El contrato entrará en vigencia a partir de su publicación por tres días consecutivos en dos diarios de circulación nacional, sin perjuicio de su posterior publicación La Gaceta, Diario Oficial, a cuenta del interesado, por tres veces, con intervalos de cinco días entre cada publicación.



Como se puede observar en la **Figura I-H.2**, el tiempo necesario para tramitar una Licencia de Generación Geotérmica puede variar entre dos meses y medio y tres meses, siempre y cuando no haya atrasos debidos a la presentación de información insuficiente o incompleta.

H.6. Referencias

Constitución Política de la República de Nicaragua

Ley General sobre la Explotación de las Riquezas Naturales. Decreto No. 316 del 12 de Marzo de 1958. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 83 del 17 de Abril de 1958.

Ley Orgánica del Instituto Nicaragüense de Energía (INE). Decreto No. 87-85. Publicado en La Gaceta, Diario oficial No. 106 del 6 de Junio de 1985.

Ley de Reforma a la Ley Orgánica del Instituto Nicaragüense de Energía (INE). Ley No. 271 del 3 de Marzo de 1998. Publicada en La Gaceta, Diario Oficial No. 63 del 1 de Abril de 1998.

Ley de la Industria Eléctrica. Ley No. 272 del 18 de Marzo de 1998. Publicada en La Gaceta, diario Oficial No. 74 del 23 de Abril de 1998.

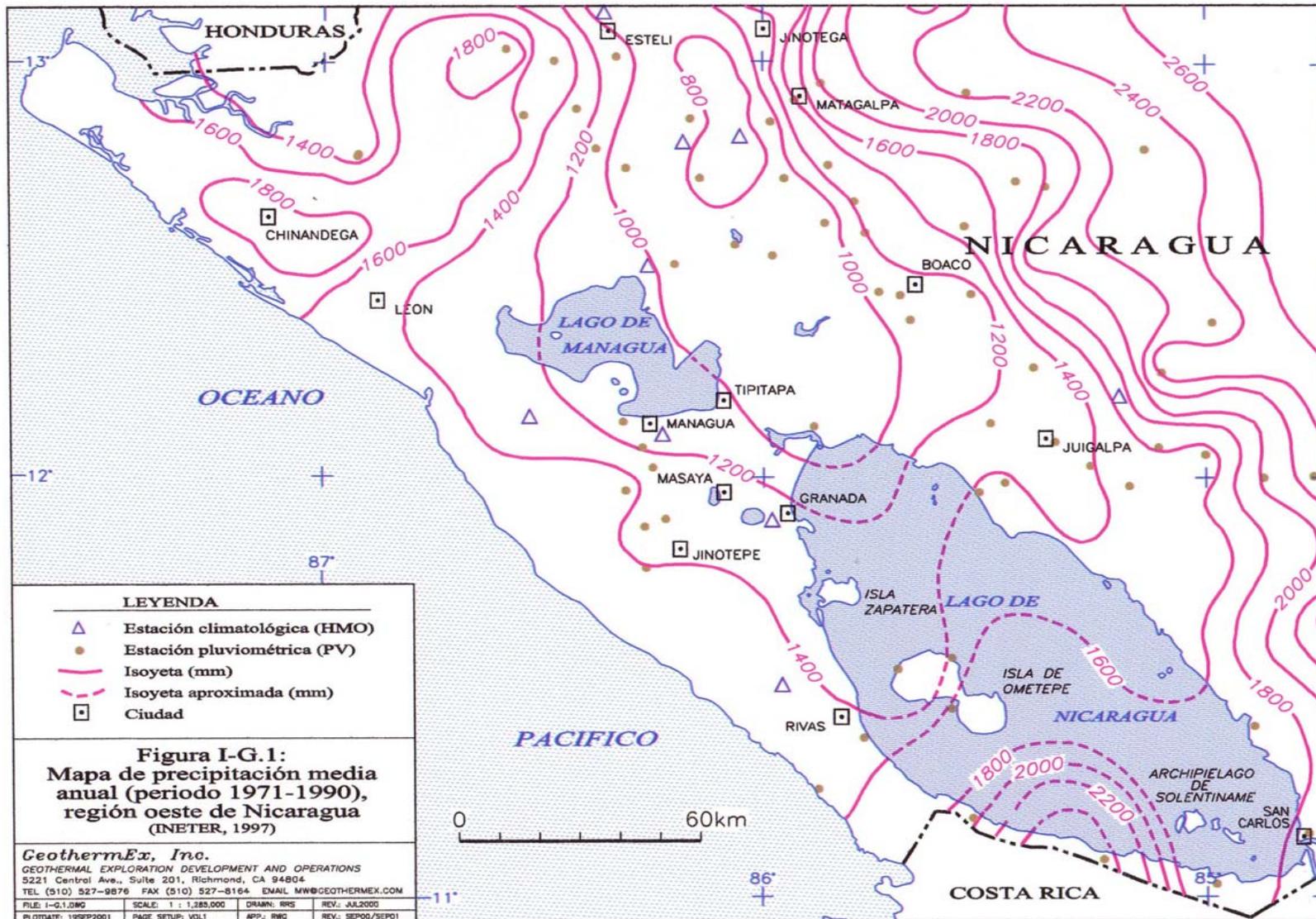
Reestructuración Institucional del Sector Minero. Decreto No. 39-95. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 120 del 28 de Junio de 1995.

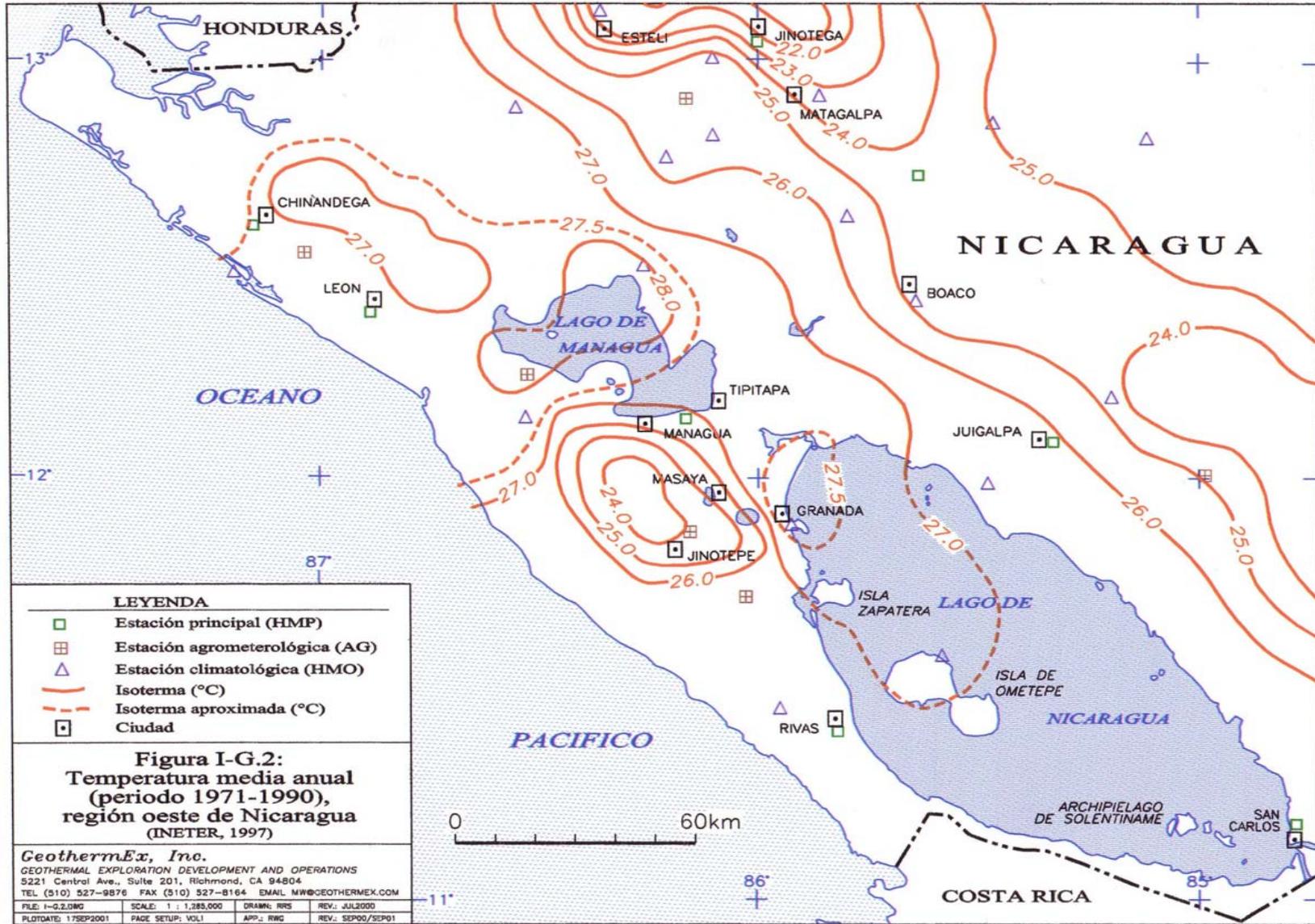
Reforma a la Ley Orgánica del Instituto Nicaragüense de Energía. Decreto No. 25-92. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial, No. 80 del 28 de Abril de 1992.

Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica. Decreto No. 42-98. Publicado en La Gaceta, Diario oficial No. 116 del 23 de Junio de 1998.

Normativa de Concesiones y Licencias Eléctricas. Resolución No. 017-INE-1999.

FIGURAS





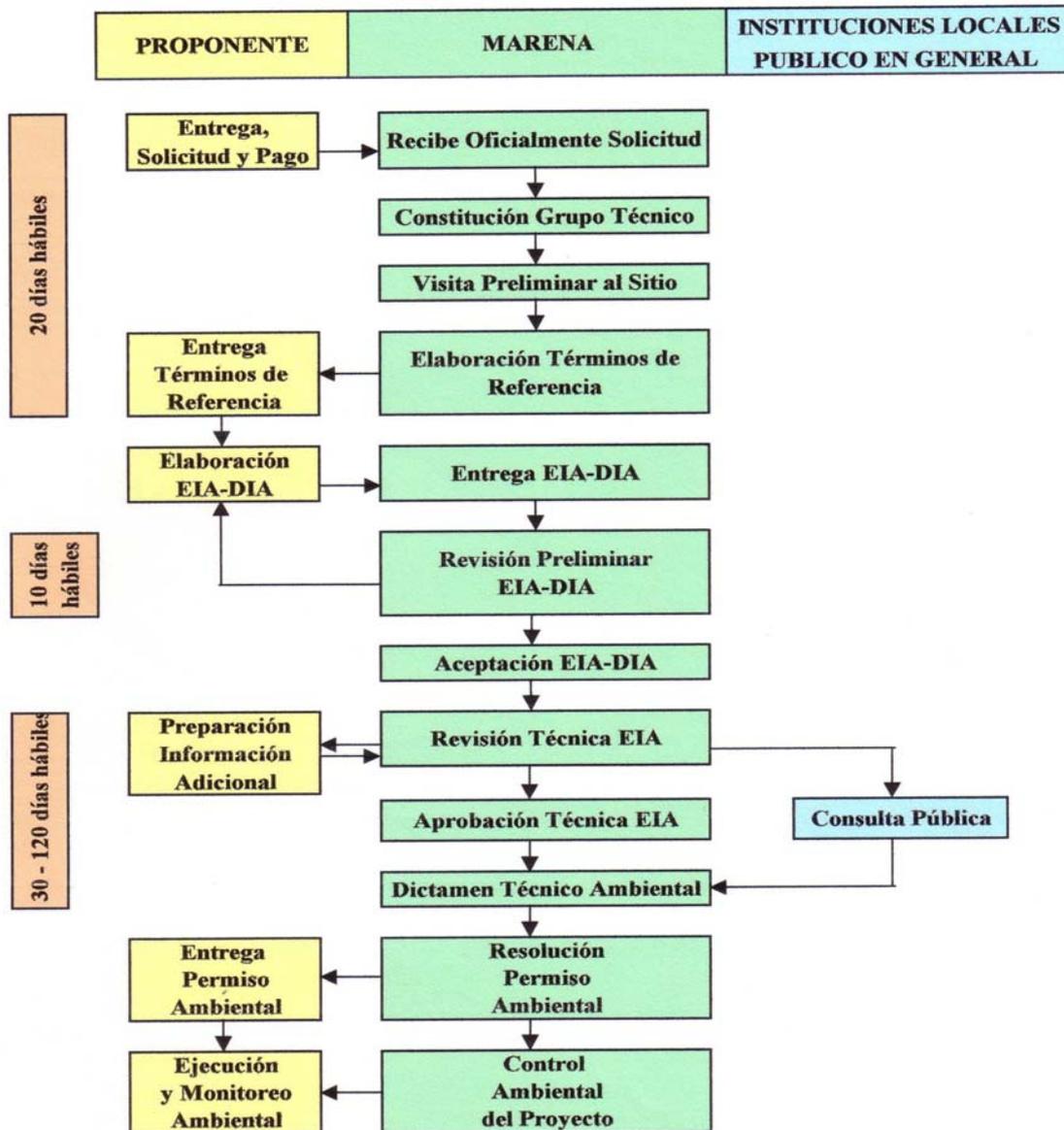


Figura I-G.3: Proceso de evaluación de impacto ambiental

FORMULARIOS I-H.1

FORMULARIO DE SOLICITUD DE CONCESIÓN DE EXPLORACIÓN GEOTÉRMICA

**INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ENERGIA
DIRECCION GENERAL DE ELECTRICIDAD**

**REQUISITOS PARA LA OBTENCION DE CONCESION
DE EXPLORACION GEOTERMICA**

1. DOCUMENTACION LEGAL

- 1.1. Testimonio de escritura de constitución de la Sociedad o de la Empresa. copias simple de la misma y copia autentica de los estatutos, si los hubiere, cuando el solicitante fuere una sociedad.
- 1.2 Poder Especial que acredita al representante de la Empresa en Nicaragua

2. DOCUMENTACION TECNICA Y FINANCIERA

2.1. Comprobante de Capacidad Técnica

- 2.1.1. Experiencia de la empresa
- 2.1.2. Curriculum Vitae del personal técnico que estará a cargo de las investigaciones y trabajos de exploración
- 2.1.3. Localización del área geotérmica. Mapa del territorio nacional donde se indique la ubicación de la zona a que se refiere la solicitud.
- 2.1.4. Dos planos con información suficiente del área o lugar solicitado, así como su extensión aproximada y demás características pertinentes.
- 2.1.5. Descripción de la Metodología y Técnicas a emplear durante la etapa de exploración.
- 2.1.6. La descripción general de los trabajos de exploración que intente realizar el solicitante durante la vigencia de la concesión.
- 2.1.7. Cronograma de Actividades de Exploración
- 2.1.8. Estimación de inversiones.

2.2. Comprobante de Capacidad Financiera.

- 2.2.1. Estados financieros de la empresa de los últimos tres años (como mínimo).

3. DOCUMENTACION AMBIENTAL

- 3.1. Permiso Ambiental emitido por MARENA

4. PAGOS

- 4.1. Comprobantes de Pago de tramitación
- 4.2. Depósito de garantía equivalente al 10% de la inversión del primer año de la Concesión

5. LLENAR FORMATO DE SOLICITUD

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ENERGIA
Dirección General de Electricidad

SOLICITUD DE CONCESION DE EXPLORACION GEOTERMICA

1. NOMBRE DEL O DE LOS SOLICITANTES

No. R.U.C.

--	--

(Persona Natural: nombre y apellidos completos. Persona Jurídica: nombre, razón social o denominación)

Para personas jurídicas solamente:

Datos de Inscripción	Número	Folios	Tomo	Libro	Facha
Reg. de					
Reg. de					

Registrado en: _____

2. NOMBRE DEL REPRESENTANTE DE LA EMPRESA

--

3. DOMICILIO DE LA EMPRESA (Sea en Nicaragua o en el Extranjero)

--

4. NOMBRE DEL REPRESENTANTE DE LA EMPRESA EN NICARAGUA

--

5. DOMICILIO EN NICARAGUA PARA RECIBIR NOTIFICACIONES

Calle y No.	Apdo.
Ciudad	Tel.Fax.

6. INFORMACIÓN Y UBICACION DEL AREA DE GEOTERMICO

Nombre de Área	Área Solicitada:
Municipio(s):	Departamento(s):
Hojas Topo. INETER Esc:1:50.000	Hojas Topo. INETER esc: 1:250.000

7. EL MOTIVO DE LA EXPLORACION SERA:

--

8. VERTICES DE LA POLIGONAL QUE DEFINE EL AREA DE EXPLORACIÓN GEOTERMICA

Vert.	Coord. NORTE	Coord. ESTE	Vert.	Coord. NORTE	Coord. ESTE
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

Las coordenadas anteriores fueron calculadas de forma: Gráfica (), Analítica ()

9. PERIODO DE VIGENCIA SOLICITADO: _____ AÑOS

10. REGISTRO DE LA SOLICITU (JD (PARA USO EXCLUSIVO DEL I.N.E)

Nombre y Firma del Solicitante o Representante	No. de Reg. (_____)
	Fecha: () 199() Hora: () : () hr. No. De tantos () No. de Folios ()
	Nombre y Firma del Titular de Recepción

ACTA DE ADMISIÓN	ACTA DE NO. ACEPTACIÓN
<p>La presente solicitud se admite para su estudio y trámite de aprobación. Para tal efecto, la Dirección General de Electricidad le asigna el siguiente.</p> <p>No. de expediente: CGE - () () () () () / () ()</p>	<p>Esta solicitud No se Acepta por:</p> <p>No indicar los datos señalados en la(s) fracción (es):</p> <p>_____</p> <p>No presentar el (los) documento (s) siguiente (s):</p> <p>_____</p>
<p>Sello</p> <p>Nombre y Firma del funcionario que autoriza</p>	<p>Sello</p> <p>Nombre y Firma del funcionario responsable</p>

11. PAGOS REQUERIDOS PARA LA EXPLORACION

1.	Solicitudes	
	1. a Concesión de Exploración	US\$ 200.00 (Doscientos Dólares)
2.	Depósitos de Costa a favor de INE	US\$ 1000.00 (Un mil Córdoba)
3.	Impuesto de Otorgamiento	
	3.a Concesión de Exploración	US\$ 500.00 (Quinientos Dólares) / año otorgado
4.	Canon Superficial	
	4.a Concesión de Exploración	
	Primer año	US\$ 0.25 / hectárea otorgada
	Segundo Año	US\$ 0.75 / hectárea retenida
	Tercer y cuarto año	US\$ 1.50 / hectárea retenida
	Quinto año en adelante	US\$ 3.00 / hectárea retenida

FORMULARIOS I-H.2

FORMULARIO DE SOLICITUD DE CONCESIÓN DE EXPLOTACIÓN GEOTÉRMICA

**INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ENERGIA
DIRECCION GENERAL DE ELECTRICIDAD**

**REQUISITOS PARA LA OBTENCION DE CONCESION
DE EXPLOTACION GEOTERMICA**

1. DOCUMENTACION LEGAL

- 1.1. Testimonio de escritura de constitución de la Sociedad o de la Empresa. copia simple de la misma y copia autentica de los estatutos, si los hubiere, cuando el solicitante fuere una sociedad
- 1.2. Poder Especial que acredita al representante de la Empresa en Nicaragua

2. DOCUMENTACION TECNICA Y FINANCIERA

2.1. Comprobante de Capacidad Técnica

- 2.1.1. Experiencia de la empresa
- 2.1.2. Curriculum Vitae del personal técnico que estará a cargo de las investigaciones y trabajos de explotación
- 2.1.3. Localización del área geotérmica. Mapa del territorio nacional donde se indique la ubicación de la zona a que se refiere la solicitud.
- 2.1.4. Dos planos con información suficiente del área o lugar solicitado, así como su extensión aproximada y demás características pertinentes.
- 2.1.5. Descripción de la Metodología y Técnicas a emplear durante la etapa de explotación.
- 2.1.6. La descripción general de los trabajos de explotación que intente realizar el solicitante durante la vigencia de la concesión.
- 2.1.7. Cronograma de Actividades de Explotación
- 2.1.8. Estimación de inversiones.

2.2. Comprobante de Capacidad Financiera.

- 2.2.1. Estados financieros de la empresa de los últimos tres años (como mínimo).

3. DOCUMENTACION AMBIENTAL

- 3.1. Permiso Ambiental emitido por MARENA

4. PAGOS

- 4.1. Comprobantes de Pago de tramitación
- 4.2. Depósito de garantía equivalente al 10% de la inversión del primer año de la Concesión

5. LLENAR FORMATO DE SOLICITUD

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ENERGIA
Dirección General de Electricidad

SOLICITUD DE CONCESION DE EXPLOTACION GEOTERMICA

1. NOMBRE DEL O DE LOS SOLICITANTES

No. R.U.C.

--	--

(Persona Natural: nombre y apellidos completos. Persona Jurídica: nombre, razón social o denominación)

Para personas jurídicas solamente:

Datos de Inscripción	Número	Folios	Tomo	Libro	Facha
Reg. de					
Reg. de					

Registrado en: _____

2. NOMBRE DEL REPRESENTANTE DE LA EMPRESA

--

3. DOMICILIO DE LA EMPRESA (Sea en Nicaragua o en el Extranjero)

--

4. NOMBRE DEL REPRESENTANTE DE LA EMPRESA EN NICARAGUA

--

5. DOMICILIO EN NICARAGUA PARA RECIBIR NOTIFICACIONES

Calle y No.	Apdo.
Ciudad	Tel.Fax.

6. INFORMACIÓN Y UBICACION DEL AREA DE GEOTERMICO

Nombre de Área	Área Solicitada:
Municipio(s):	Departamento(s):
Hojas Topo. INETER Esc:1:50.000	Hojas Topo. INETER esc: 1:250.000

7. EL MOTIVO DE LA EXPLOTACION SERA:

--

8. VERTICES DE LA POLIGONAL QUE DEFINE EL AREA DE EXPLOTACIÓN GEOTERMICA

Vert.	Coord. NORTE	Coord. ESTE	Vert.	Coord. NORTE	Coord. ESTE
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

Las coordenadas anteriores fueron calculadas de forma: Gráfica (), Analítica ()

9. PERIODO DE VIGENCIA SOLICITADO: _____ AÑOS

10. REGISTRO DE LA SOLICITU (JD (PARA USO EXCLUSIVO DEL INE))

Nombre y Firma del Solicitante o Representante	No. de Reg. (_____)
	Fecha: () 199() Hora: () : () hr. No. De tantos () No. de Folios ()
	Nombre y Firma del Titular de Recepción

ACTA DE ADMISION	ACTA DE NO. ACEPTACION
<p>La presente solicitud se admite para su estudio y trámite de aprobación. Para tal efecto, la Dirección General de Electricidad le asigna el siguiente.</p> <p>No. de expediente: CGE - () () () () () / () ()</p> <p>Sello</p> <p>Nombre y Firma del funcionario que autoriza</p>	<p>Esta solicitud No se Acepta por:</p> <p>No indicar los datos señalados en la(s) fracción (es):</p> <p>_____</p> <p>No presentar el (los) documento (s) siguiente (s):</p> <p>_____</p> <p>Sello</p> <p>Nombre y Firma del funcionario responsable</p>

11. PAGOS REQUERIDOS PARA LA EXPLOTACION

1. Solicitudes	
1. a Concesión de Explotación	US\$ 200.00 (Doscientos Dólares)
2. Depósitos de Costa a favor de INE	US\$ 1000.00 (Un mil Córdoba)
3. Impuesto de Otorgamiento	
3. a Concesión de Explotación	US\$ 250.00 (Doscientos cincuenta Dólares) / año otorgado
4. Canon Superficial	
4. a Concesión de Explotación	
Primer y Segundo año	US\$ 4.00(cuatro dólares)/ hectárea otorgada
Tercero y Cuarto Año	US\$ 8.00(ocho dólares)/ hectárea retenida
Quinto año en adelante	US\$ 12.00(doce dólares)/ hectárea retenida

FORMULARIOS I-H.3

FORMULARIO DE SOLICITUD DE LICENCIA DE GENERACIÓN GEOTÉRMICA

**INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ENERGIA
DIRECCION GENERAL DE ELECTRICIDAD**

**REQUISITOS PARA LA OBTENCION DE LICENCIA
DE GENERACIÓN GEOTERMICA**

1. DOCUMENTACION LEGAL

- 1.1. Documentación legal que acredite la constitución de la empresa.
- 1.2. Documentación que acredite la personería jurídica del apoderado o representante

2. ANEXOS

- 2.1. Anexo de Equipamiento
- 2.2. Anexo de Obras
- 2.3. Anexo Ambiental

3. PERMISOS

- 3.1. Permiso Ambiental otorgado por el del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA).
- 3.2. Documentación de gestión del proyecto ante la Municipalidad correspondiente (para el sector Atlántico, si es el caso).

4. DEPOSITOS Y PAGOS

- 4.1. Depósito de Costas a la orden del INE en un banco autorizado. Será recibido una vez cumplidos todos lo requisitos de conformidad con lo establecido por el INE.
- 4.2. Derecho de Otorgamiento. Un décimo del uno por ciento (0.1 del 1%) del valor de la inversión establecido en el Anexo de Obras

5. LLENAR FORMATO DE SOLICITUD DE LICENCIA DE GENERACIÓN

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ENERGIA
Dirección General de Electricidad

SOLICITUD DE LICENCIA DE GENERACION

1. NOMBRE DEL SOLICITANTE	No. R.U.C.

(Nombre, razón social o denominación)

2. NOMBRE DEL REPRESENTANTE DE LA EMPRESA e IDENTIFICACION

PODER ESPECIAL DEL REPRESENTANTE LEGAL EN NICARAGUA

Datos de Inscripción	Número	Folios	Tomo	Libro	Facha
Reg. de					
Reg. de					

3. NOMBRE DE LA EMPRESA e IDENTIFICACIÓN (en caso de consorcio, identificación de cada uno)

(Nombre, razón social o denominación)

Datos de Inscripción	Número	Folios	Tomo	Libro	Facha
Reg. de					
Reg. de					

4. OBJETO DE LA SOLICITUD marcar con una x

4.1 LICENCIA DE GENERACIÓN	
a) Eólica	
b) Geotérmica	
c) Hidroeléctrica	
d) Térmica	
e) Otro (especificar)	

5. LISTADO DE LA DOCUMENTACION QUE SE ADJUNTA

6. DOMICILIO PARA RECIBIR NOTIFICACIONES

Calle y No.	Apdo.
Ciudad	Tel.Fax.

10. REGISTRO DE LA SOLICITUD (JD (PARA USO EXCLUSIVO DEL INE))

	Para uso exclusivo de INE No. de Reg. (_____) Fecha: () () () Hora: () : () No. De tantos () No. de Folios ()
Nombre y Firma del Solicitante o Representante	Nombre y Firma del Titular de Recepción
ACTA DE ADMISIÓN La presente solicitud se admite para su estudio y trámite	
Sello	
Nombre y firma del funcionarios que autoriza	

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ENERGIA

ANEXO DE EQUIPAMIENTO LICENCIA DE GENERACIÓN

I. INFORMACION BASICA

1. Documentación de la empresa que acrediten que cuenta con capacidad técnica y experiencia en el tipo de actividad involucrada.
2. Carta compromiso firmada por el representante de la empresa, en el que indique la obligación de cumplir con las normas de operación y diseño del INE.
3. Carta compromiso firmada por el representante de la empresa, en la que indica la obligación de presentar los estudios del impacto de la conexión al sistema de transmisión para su conexión a la red y habilitación como agente.

II. INFORMACIÓN ADICIONAL

1. Características técnicas de la planta

- Nodo de conexión
- Características Generales.

2. Equipo de Transformación

- Capacidad nominal
- Impedancia (de secuencia positiva, de secuencia negativa, de secuencia cero.)
- Razón de transformación, voltaje nominales
- Grupo de conexión
- Pérdidas (en vacío, a plena carga)
- Método de puesta a tierra.
- Tipo de cambiador de derivaciones (con o sin carga), pasos y rango de regulación.
- Máxima sobrecarga, curva de daño.
- Sistema de protecciones y ajustes.

3. Disyuntores (Interruptores de Potencia)

- Tensión nominal.
- Corriente nominal
- Capacidad de interrupción simétrica y asimétrica
- Capacidad de cierre en cortocircuito
- Ciclo de operación nominal
- Tiempo de operación
- Tipo (aceite, neumático, SF₆, vacío, etc.)

4. Generadores.

- Voltaje aparente nominal
- Voltaje nominal.
- Factor de potencia nominal
- Potencia Conexión
- Método de puesta en tierra.
- Reactancia sincrónica (de eje directo x_d , de eje en cuadratura X_d)
- Reactancia (de secuencia cero X_0 , de secuencia negativa x_2).
- Reactancia subtransitoria saturada x''_{dsat}
- Límite inferior de potencia reactiva (capacitaba)
- Límite superior de potencia reactiva (inductiva)
- Resistencia (de secuencia cero r_0 , de secuencia negativa r_2 , del estator)
- Corriente de cortocircuito (trifásico de estado estable, bifásico de estado estable, monofásico de estado estable.)
- Razón de cortocircuito
- Constante de inercia
- Tipo de rotor (polo salientes, polo lisos)
- Constante de tiempo transitoria de cortocircuito eje Directo T'_d , de cortocircuito eje en cuadratura T'_q
- Constante de tiempo subtransitoria de cortocircuito eje directo T''_d , de cortocircuito eje en cuadratura T''_q)
- Reactancia transitoria (de eje directo x'_d , de eje en cuadratura x'_q)
- Reactancia subtransitoria(de eje directo x''_d , de eje en cuadratura x''_q , de saturación de Potier x_p)
- Curva de saturación de la corriente de campo con generador en circuito abierto a las siguientes condiciones:
 - 120% del voltaje terminal nominal
 - 110% del voltaje terminal nominal
 - 50% del voltaje terminal nominal
- Sistema de protecciones y ajustes.

5. Número de unidades generadoras y agrupamiento en GGD.

- Descripción de cada unidad generadora.
- Tipo.
- Tasa de indisponibilidad forzada prevista.
- Marca.
- Capacidad nominal
- Indisponibilidad forzada prevista
- Curva de eficiencia prevista
- Programa de mantenimiento característicos (ciclo de mantenimientos mayores. y menores) e índices de disponibilidad forzada previsto, de acuerdo a las recomendaciones y manuales del fabricante.
- Garantía del fabricante restricciones ala operación (mínimo técnico, condiciones y tiempo de arranque y parada).La información podrá basarse en datos del prototipo. En caso de que los datos correspondan a un prototipo el titular de Licencia deberá suministrar posteriormente los datos que resulten de los ensayos y puesta en operación de las unidades generadoras.

6. Sistema de regulación automática del voltaje

- Modelo, diagrama de bloques
- Ganancia
- Corriente máximas y mínimas de excitación
- Velocidad de respuesta
- Sistema de protecciones y ajustes

7. Sistemas de regulaciones automáticas de velocidad

- Modelo, Diagrama de bloques
- Estatismo
- Ganancia
- Límite rampa de variación de carga (Incremento y/o decremento de carga)
- Velocidad de respuesta
- Sistema de protección y ajustes

8. Subestaciones.

Diagrama unifilar de la subestación, mostrando lo siguientes equipos y sus principales especificaciones técnicas.

- Barras colectoras
- Equipo de transformación
- Interruptores
- Conexiones de puesta a tierra
- Equipo (de medición, de sincronización, de comunicación).
- Sistema de protección.
- Transformadores de corriente y voltaje
- Pararrayos(Tensión nominal, Tipo, Máximo voltaje en la tensión del pararrayos, Tensión de Cebado, Tensión de flameo del aislador, Energía máxima de disipación)

9. Dispositivo de recierre de línea de transmisión

- Tipo de dispositivo
- Tipo de operación (monofásico, trifásico, instantáneo, sincroverificado)
- Tiempo de recierre
- Número de intentos de recierre

10. Equipo de compensación de reactivos

- Tipo de equipo
- Capacidad nominal
- Rango de operación
- Características del control automático
- Punto de conexión

11.. Sistemas de Protección (Relevadores)

- Tipo de relevador
- Características de operación.
- Rango de operación.
- Ubicación
- Ajustes

- Procedimiento de lectura y significado de cada mensaje o indicación.

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ENERGIA

ANEXO DE OBRAS LICENCIA DE GENERACIÓN GEOTÉRMICA

I. INFORMACIÓN BASICA

1. Descripción General del Proyecto

2. Antecedentes

2.1) Documentación que acrediten la Capacidad técnica y experiencia de la empresa en el tipo de obras (incluir antecedentes de las empresas contratistas, si es el caso)

3. Cronograma de Trabajos

3. 1) Identificación de todas las obras a realizar.

3.2) Plazos previstos: Fecha temprana Fecha tardía 3.3) Cronograma de Obras del proyecto

4. Cronograma de Inversión

4.1) Costos asociados de cada una de las actividades a ser realizadas. Cuadro mostrando la Descripción de las actividades, Unidad, cantidad, costo unitario, subtotal de cada actividad y Costo total de las obras civiles y de las obras electromecánicas.

5. Documentación que acredite la capacidad financiera de la empresa para realizar las obras

5.1) Estados financieros de la empresa (los últimos tres años como mínimo)

6. Modalidad de financiamiento

6.1) Prestamos acordados o previstos

6.2) Recursos propios

7. Informes

7.1) Periodicidad de los informes de Avance de obras(no menor de tres meses)

7.2) Detalle de las características en cada informe de avance

7.3) Informe especial (a opción del INE)

II. INFORMACIÓN ADICIONAL

1. Plano de la planta en mapa y los servicios anexos complementarios.

2. Localización de la planta en mapa escala 1:50,000, delimitación del área geográfica. Identificación de la localidad (Comarca, municipio, Departamento)

3. Sistema de enfriamiento, Sistema de abastecimiento y tratamiento de agua, sistemas para descarga de fluidos geotérmicos, pozos de inyección.

4. Planes previstos de explotación del recurso.

5. Sistemas de seguridad (sistema contra incendios).

6. Datos adicionales específicos a las características del tipo de obra de la generación involucrada.

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ENERGIA

ANEXO AMBIENTAL LICENCIA DE GENERACIÓN

I. INFORMACION BASICA.

1. Estudio de impacto ambiental aprobado y Permiso Ambiental expedido por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA).
2. Los compromisos asumidos de monitoreo ambiental, de existir, que surgen de la aprobación del estudio de parte de MARENA.
3. Cláusula indicando la obligación de presentar, cuando corresponda, planes de protección del medio ambiente, firmada por el representante legal de la empresa.
4. Cláusula indicando el compromiso de demostrar el cumplimiento de las normas vigentes de protección del medio ambiente y ecosistema, firmada por el representante legal de la empresa.

II. FORMACIÓN ADICIONAL

1. Para Proyectos Nuevos

- 1.1. Plan de Acción Ambiental detallado para la fase de construcción del proyecto.
- 1.2. Sistema de Gestión Ambiental para la fase de operación.

2. Para Proyectos Existentes

Sistema de Gestión Ambiental para la fase de operación

FIGURAS

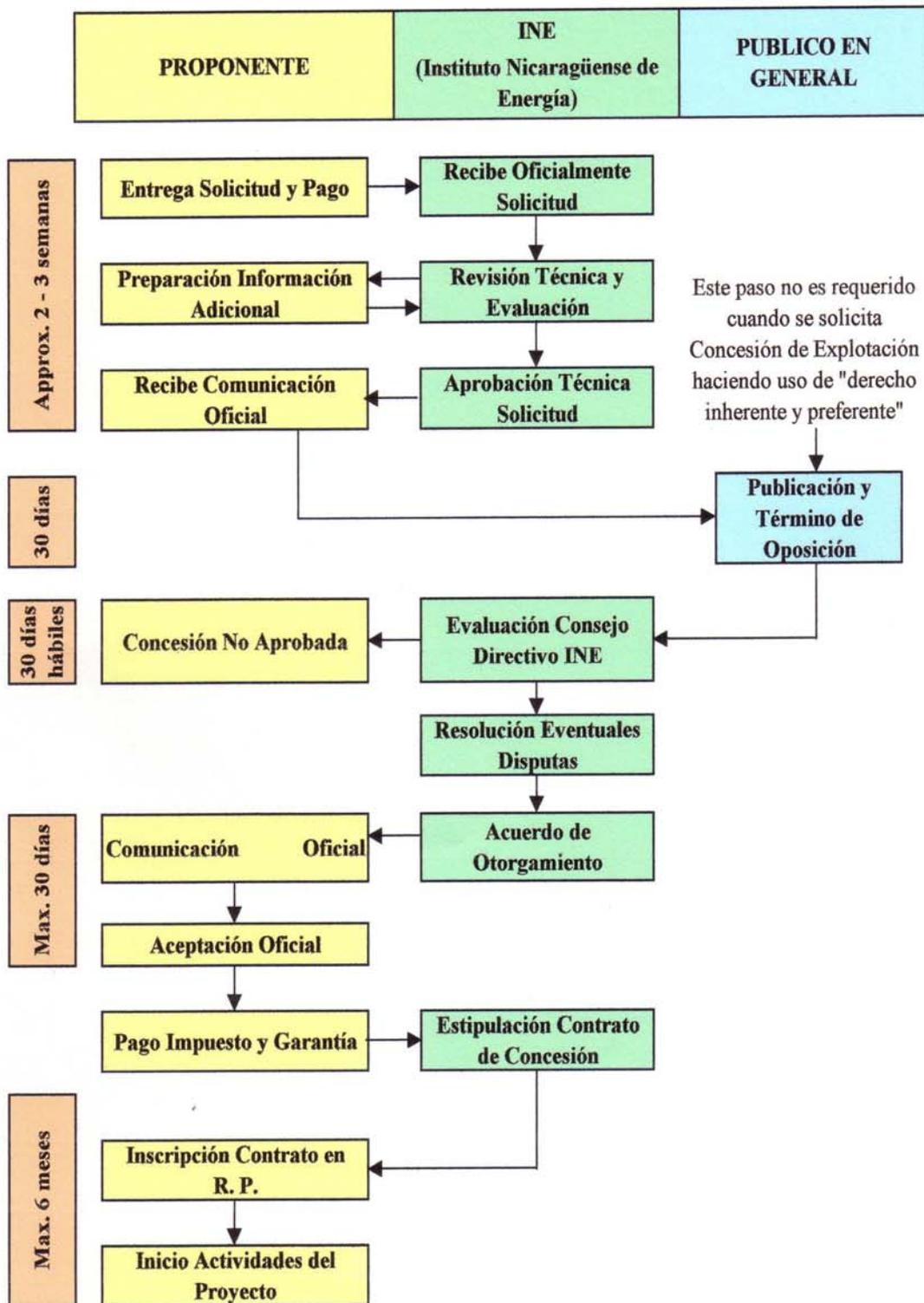


Figura I-H.1: Procedimiento de concesión de exploración y explotación geotérmica

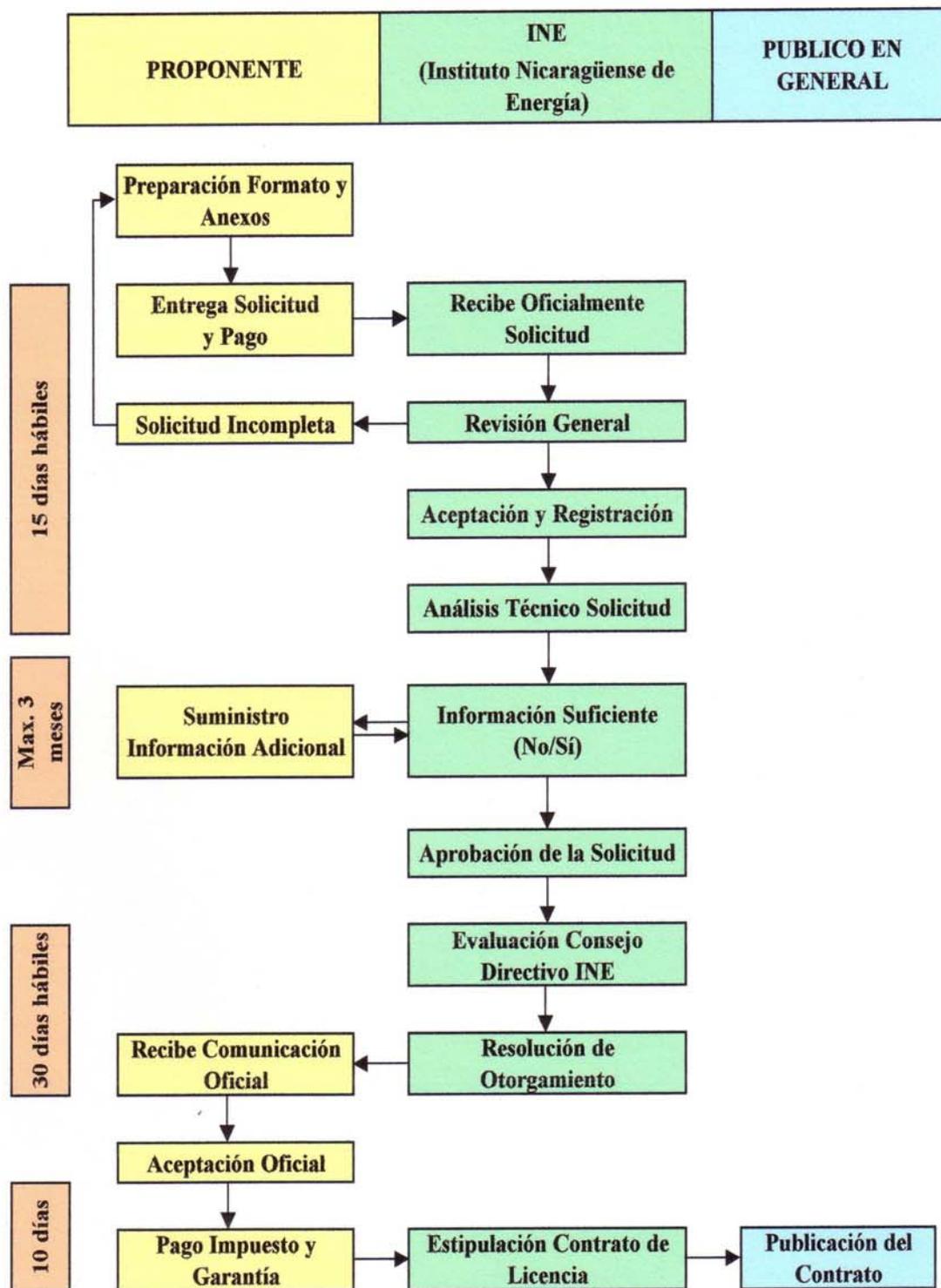


Figura I-H.2: Procedimiento de licencia de generación geotérmica



ANEXO I: CONSIDERACIONES DE INFRAESTRUCTURA

I.1 El Sistema Eléctrico de Nicaragua

I.1.1 Introducción

El Sistema Eléctrico de Nicaragua está compuesto por:

- un sistema principal de generación, transmisión y distribución, denominado Sistema Interconectado Nacional (SIN); y
- Sistemas Aislados, que abastecen algunas poblaciones de la región Atlántica y la Isla de Ometepe, en el Lago de Nicaragua.

El SIN sirve toda la región occidental y central de Nicaragua, en la cual se concentra más del 90% de la población y la mayoría de las actividades económicas del país. El Centro Nacional de Despacho de Carga (CNDC) controla todo el sistema de generación, transmisión y distribución de una manera centralizada. El CNDC, ubicado en la ciudad de Managua, está conectado con todos los centros de generación del SIN a través de un sistema automatizado.

I.1.2 El Mercado de Energía Eléctrica

La población actual de Nicaragua es de aproximadamente 5 millones y, a partir de 1980, ha crecido a una razón anual promedio del 3.5%. En la región del Pacífico, que incluye los Departamentos de Chinandega, León, Managua, Masaya, Granada, Carazo y Rivas, y que corresponde al 15% de la superficie total del país, se concentran más de 3 millones de habitantes. El 80% de la demanda total de electricidad está localizada en esta región.

En la región de Managua (la ciudad capital y su periferia) se encuentra la mayoría de la actividad comercial e industrial del país. Las demás regiones se dedican principalmente a actividades ganaderas y agrícolas, con bajos niveles de mecanización e industrialización. Por lo tanto, el mayor consumo de energía eléctrica se concentra en la región de Managua, la cual



tenía 160,000 usuarios a finales de 1999, que correspondían al 37% de los 433,201 clientes del SIN, y representaban un 50% del consumo nacional.

Los usuarios de la Empresa Nicaragüense de Electricidad se han incrementado con un promedio anual del 4.4% durante la última década. Sin embargo, este fenómeno es básicamente el resultado del aumento de la población. El índice de electrificación se ha mantenido prácticamente constante, alrededor del 50%, a partir de 1994. Según las estadísticas de OLADE, Nicaragua sigue siendo uno de los países latinoamericanos con menor consumo per capita de electricidad (aproximadamente 280 kWh por año).

Los sistemas aislados atienden a 9,529 clientes. Han experimentado un incremento de generación del 27% en 1999, debido a la instalación de nuevas unidades en varias comunidades.

La demanda máxima de potencia fue de 387 MW en 1999. La demanda de energía eléctrica ha crecido en Nicaragua a una razón anual del 8%, y, en base a estudios realizados en los años 1994-1995 con la asistencia técnica y financiera del Banco Interamericano de Desarrollo, la demanda de potencia en los próximos diez años alcanzará valores proyectados entre 714 y 852 MW, dependiendo del escenario económico, energético y demográfico que se tome en consideración.

1.1.3 El Proceso de Privatización del Sector Eléctrico

La Empresa Nicaragüense de Electricidad (ENEL), de dominio estatal, fue hasta 1996 la única empresa en el país con funciones de generar, transmitir, distribuir y comercializar la energía eléctrica. En 1996, frente a la falta de recursos estatales para desarrollar nuevos proyectos de generación, ENEL empezó a contratar el suministro de energía con productores privados. Se firmó el primer contrato, para un suministro de 10 MW, con la empresa Nicaraguan Sugar States Ltd. (Ingenio Azucarero San Antonio). En 1997 se integró al SIN la primera planta privada de Nicaragua (CENSA, en Puerto Sandino). Sucesivamente, otros generadores privados entraron al sistema a través de contratos de compraventa de energía



(PPA) con ENEL. Actualmente existen cinco plantas privadas conectadas al SIN; tres son de tipo térmico y dos son de biomasa.

A1 mismo tiempo, conforme al proceso general de modernización y reforma del estado, se inició un programa de reestructuración del sector eléctrico. Este programa se basa en la división del ENEL en diferentes empresas de generación, transmisión y distribución. La división se efectuó en 1999, con la ayuda técnica y económica del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Se formaron las siguientes empresas sectoriales:

- GECSA Generadora Eléctrica Central, Sociedad Anónima
- GEOSA Generadora Eléctrica Occidental, Sociedad Anónima
- HIDROGESA Generadora Hidroeléctrica, Sociedad Anónima
- GEMOSA Generadora Momotombo, Sociedad Anónima
- DISNORTE S.A. Distribuidora de Electricidad del Norte, Sociedad Anónima
- DISSUR S.A. Distribuidora de Electricidad del Sur, Sociedad Anónima
- ENTRESA Empresa Nacional de Transmisión de Energía Eléctrica,
Sociedad Anónima

Las empresas generadoras y distribuidoras serán completamente privatizadas a través de un proceso de licitación pública. La privatización de las empresas distribuidoras DISNORTE y DISSUR fue completado en los últimos meses del 2000, con la adjudicación de ambas empresas al grupo Unión Fenosa. Por otro lado, la licitación de las empresas generadoras, efectuada a finales del 2000, resultó desierta y el correspondiente proceso de privatización está actualmente en fase de reorganización.

El único sector que quedará bajo dominio estatal, según la Ley de la Industria Eléctrica, es la empresa de transmisión ENTRESA. La operación y control del sistema eléctrico quedarán a



cargo del CNDC, el cual operará como un ente dependiente de ENTRESA, bajo la supervisión de un Consejo de Operación integrado por el Instituto Nicaragüense de Energía (INE) y representantes de los agentes del mercado.

En los últimos años el gobierno de Nicaragua ha promocionado la participación del sector privado en la generación eléctrica. En este contexto, se reportan los siguientes acontecimientos:

- En Julio de 1999 se autorizó a CENSA un incremento de generación de 27 MW en la Planta de Puerto Sandino, a cambio de una reducción en el precio de venta y una extensión del plazo contractual.
- En Septiembre de 1999 se alcanzó un acuerdo de compraventa de energía eléctrica con la empresa Intergeoterm S.A. para la explotación del Campo Geotérmico de San Jacinto - Tizate, con generación de 66 MW a partir del año 2002.
- Existen negociaciones para un nuevo contrato con el Ingenio Azucarero San Antonio, el cual tiene una planta de cogeneración (biomasa) ubicado en Chichigalpa (Chinandega).
- Existen planes para licitar el primer proyecto de energía eólica, por una capacidad de 20 MW.

1.1.4 El Sistema de Generación

Características Generales

El Sistema Eléctrico de Nicaragua generó 2,069 GWh en 1999. El 99% de la energía fue generado por las plantas conectadas al SIN, mientras que el 1% corresponde a los sistemas aislados. Durante los 1990 la generación total anual se incrementó en un 55%. Este incremento ha sido básicamente atendido con una mayor generación térmica, ya que la capacidad instalada se mantuvo sin variar hasta 1997 (ver **Figura I-I.1**).



Debido a una falta de inversión estatal en el sector eléctrico, no se cubrió la demanda máxima en los años 1994, 1996 y 1997, lo que ocasionó racionamientos de electricidad. Estos problemas se resolvieron a partir de 1998 con la contratación de generadores privados (ver **Figura I-I.1**). En 1998 se cubrió una demanda máxima de 380 MW con una capacidad instalada neta de 389 MW. En 1999 la situación mejoró, y a finales del año la capacidad disponible en el SIN fue de 439 MW, y la demanda máxima fue de 387 MW.

Las Plantas de Generación del SIN

La producción de energía eléctrica del SIN está basada en tres sistemas energéticos principales: térmico, hidroeléctrico y geotérmico. El conjunto, a finales de 1999 tenía una capacidad instalada de 603 MW y una capacidad disponible de 439 MW. Las características generales de las plantas generadoras se resumen en la Tabla I-I.1, mientras que su ubicación y relaciones con el sistema de transmisión se presentan en la **Figura I-I.2**.

Como se puede observar en la Tabla I-1.1, una parte importante de la generación de ENEL viene de plantas instaladas en los años 1960 y 1970, las cuales son ahora obsoletas y están cercanas al final de su vida útil. El Huracán Mitch en Octubre de 1998 causó daños serios a varias instalaciones de generación, sobretodo a las hidroeléctricas; en su mayoría los daños han sido reparados. ENEL ha estado realizando programas de mantenimiento periódico, y recientemente ha implementado importantes obras de reparación y rehabilitación, con el objetivo de aumentar la vida útil del sistema y mantener niveles de eficiencia aceptables.

Plantas Termoeléctricas

El sistema termoeléctrico incluye plantas operadas por ENEL (o, mejor dicho, por las recién formadas empresas sectoriales GECSA y GEOSA), y plantas operadas por empresas privadas. Las características principales de cada planta se describen a continuación.

- **Planta Managua:** Ubicada en la ciudad de Managua y operada por GECSA, se compone por una unidad principal de 45 MW, con turbina de vapor (Asgen), instalada en 1971, y



dos pequeñas unidades de seis MW, con motor de combustión interna (Wartsila), instaladas en 1994 y 1998 respectivamente. Todas las unidades utilizan Bunker C como combustible. La unidad principal, aunque recientemente fue parcialmente rehabilitada, sigue siendo un punto débil de la generación de Nicaragua, por su edad y limitada confiabilidad. Dos unidades de 15 MW instaladas en 1958 están ahora fuera de servicio.

- Planta Nicaragua: Ubicada en Puerto Sandino y operada por GEOSA, se compone de dos unidades de 50 MW cada una, con turbinas de vapor (Brown Boveri), instaladas en 1976. Ambas unidades utilizan Bunker C como combustible, y tienen problemas relacionados con la edad. Recientemente se han ejecutado obras de rehabilitación, pero también esta planta representa un punto débil del sistema de generación de Nicaragua.
- Planta Las Brisas: Ubicada en el sector occidental de Managua y operada por GECSA, es una planta con turbinas de gas, compuesta por una unidad de 25 MW (Pratt & Whitney), que entró en operación en 1992, y otra de 40 MW (Steward & Stevenson) que entró en operación en 1998.
- Planta Chinandega: Ubicada en la ciudad homónima y operada por GEOSA. Es una vieja turbina de gas de 15 MW (Brown Boveri), instalada en 1967, luego retirada del servicio y rehabilitada a inicio de los'90 con la esperanza de que pudiera utilizarse por un periodo adicional de 10 años.
- Planta CENSA de Puerto Sandino: Propiedad de la Corporación Eléctrica Nicaragüense S.A. (subsidiaria de AMFELS), tiene un motor de combustión interna (Caterpillar), alimentada por Bunker C. Entró en operación en Julio de 1997, con una capacidad nominal de 35 MW. Una ampliación de 27 MW está en su fase conclusiva.



- Planta TPC de Tipitapa: Propiedad la empresa Tipitapa Power Company (subsidiaria de COASTAL), tiene un motor de combustión interna (Wartsila), con una capacidad nominal de 56.7 MW. Entró en operación en Febrero de 1999.
- Planta EEC de Corinto: Propiedad de la Empresa Energética Corinto (subsidiaria de ENRON), esta planta está instalada sobre un sistema de barcaza en el Puerto de Corinto. Tiene un motor de combustión interna (Wartsila), y entró en operación comercial en los últimos meses de 1999. Su capacidad es de 70 MW, de los cuales 50 MW son contratados con ENEL y 20 MW son de reserva, disponibles para grandes consumidores, mercado de ocasión o exportación.
- Planta ISA de Chichigalpa: La planta del Ingenio San Antonio es propiedad de la empresa Nicaraguan Sugar States Ltd., la cual tiene contratado con ENEL un suministro de 10 MW, y está contemplando la negociación de un nuevo contrato para suministrar 15 MW adicionales. Es una planta de cogeneración basada sobre combustión de biomasa (bagazo), derivada del procesamiento de la caña de azúcar.
- Planta Timal: Es una planta de biomasa, con una capacidad nominal de 10 MW, instalada en el Ingenio Azucarero de Timal en Tipitapa.

Plantas Geotérmicas

El Sistema Geotérmico consiste actualmente de la Planta de Momotombo. Esta planta tiene dos turbinas de 35 MW, las cuales entraron en operación en 1983 y 1989, respectivamente. La potencia efectiva de la planta Momotombo sufrió una importante reducción en la segunda mitad de los 1990, hasta estabilizarse alrededor de 10-12 MW. Información más detallada sobre el proyecto de Momotombo se encuentra en el Volumen VII de este informe.

En junio de 1999 la gestión de la planta de Momotombo fue adjudicada, a través de una licitación internacional, a la empresa ORMAT International Inc. ORMAT está actualmente operando el campo y la planta a través de un Contrato de Suministro y Compra de Energía y



de un Contrato de Asociación en Participación con ENEL (ahora GEMOSA), por un plazo de 15 años. Bajo estos contratos ORMAT, además de operar el campo y la planta, se hará cargo de recuperar los niveles de generación.

Plantas Hidroeléctricas

El Sistema Hidroeléctrico está conformado por las siguientes plantas:

- Planta Centro América: Operada por HIDROGESA, es un sistema de regulación anual, alimentado por el embalse de Apanás (Jinotega), instalado en 1965, y compuesto por dos unidades de 25 MW. Su factor de utilización es del 41%. La planta ha sido parcialmente rehabilitada en los últimos años.
- Planta Santa Bárbara: Operada por HIDROGESA, está ubicada aguas abajo de la planta Centro América, con regulación inferior a la mensual y con un factor de utilización del 27%. Fue incorporada al SIN en 1971, con dos unidades de 25 MW. La planta fue parcialmente rehabilitada en los últimos años, pero luego la represa fue completamente destruida en 1998 por el Huracán Mitch. Las obras de reparación fueron completadas en Septiembre de 1999, y ahora la central está funcionando con su capacidad original.
- Mini-centrales Wawule y Las Canoas: Operadas respectivamente por las empresas de distribución DISNORTE y DISSUR, son dos pequeñas plantas con capacidad de 1.6 y 1.8 MW, y un factor de utilización del 18%. Wawule entró en operación en 1997 y Las Canoas en 1990.

Los Sistemas Aislados de Generación

Los sistemas aislados tienen actualmente una capacidad total instalada de 11.15 MW y son operados en parte por ENEL y en parte por municipalidades. Las principales plantas aisladas son las de Puerto Cabezas (4.23 MW), Rosita (1.09 MW), Waspan (1.04 MW), y la Isla de Ometepe (1.86 MW). Las demás plantas tienen capacidades variables entre 37 y 365 kW.



En el transcurso de 1999 se incorporaron 18 nuevas unidades en los sistemas aislados. De ellas, 10 se ubican en la RAAN (Wawabar, Karata, Sahsa, Santa Marta, Mulukuku, Leimus, Bulkiam, Sisin, km 43 y Sandy Bay), tres en la RAAS (Tasbapauni, El Bluff, Pueblo Nuevo), y cinco en la zona Norte y Central del país (El Cuá-Bocay, Wiwilí, El Jobo, Pancasán, El Corozo). Además se efectuaron importantes obras de rehabilitación y ampliación en todos los sistemas aislados ya existentes.

Planes de Expansión del Sistema de Generación

Desde hace tiempo se han considerado, a niveles diferentes, proyectos de generación en los diferentes sectores (térmico, hidroeléctrico y geotérmico) para la expansión del sistema de generación en Nicaragua. El plan de expansión actual del ENEL prevé la entrada en operación de la planta geotérmica de San Jacinto - Tizate (66 MW) y la recuperación de la generación de Momotombo. Estas ampliaciones estarían programadas para el período entre 2001 y 2002. Se contempla también la instalación de tres unidades de 35 MW en el campo de El Hoyo - Monte Galán en el período 2005-2009.

A corto y mediano plazo no resultan atractivos los proyectos hidroeléctricos, con excepción del proyecto Larreynaga (17 MW) que se justificaría para el año 2003. A largo plazo (2008-2012) se consideran factibles los proyectos de Copalar (150 MW) y El Carmen (80 MW). Debido a sus altos costos de inversión y operación, son poco atractivos los proyectos térmicos de vapor (carbón y búnker), mientras que está planificada la entrada de nuevas turbinas de gas de 40-50 MW, a partir del año 2005. Bajo un escenario de alta demanda, serían necesarios a corto plazo unos 50 MW adicionales de turbinas a gas, y a largo plazo (2008) sería justificable la instalación de plantas de ciclo combinado de unos 150 MW.

Frente a la nueva perspectiva de la privatización del sector energético, y a la creación de un mercado regional centroamericano, todas estas planificaciones pueden depender de la situación real del mercado energético nacional y regional, la cual determinará la factibilidad económica de varios proyectos energéticos en Nicaragua. En el mediano y largo plazo, el probable



desarrollo de grandes proyectos regionales de generación (los cuales serían incentivados por el Sistema de Integración Eléctrica para los Países Centroamericanos y el establecimiento de un mercado energético centroamericano) y la posible llegada del gas natural a la región centroamericana desde México y/o Colombia, podrán influir sobre el plan de expansión.

I.1.5 El Sistema de Transmisión - Distribución

Características Generales

El Sistema Interconectado Nacional (SIN) transmite energía desde los centros de generación hasta los centros de carga a una frecuencia de 60 Hz y con niveles de tensión de 230 kV y 138 kV. Este alimenta a su vez un sistema de transmisión secundaria, o de sub-transmisión, energizado a 69 kV. Actualmente el SIN tiene 1,917 km de líneas de transmisión y 55 subestaciones de distribución, cuya capacidad total instalada es de 1,671 MVA (ver **Figura I-1.2**).

El eje principal del SIN, de 230 kV, cruza en sentido SE-NO toda la región del Pacífico de Nicaragua, con una longitud total de 329 km entre la frontera con Costa Rica y la frontera con Honduras. Esta línea se ubica cerca de todas las áreas geotérmicas de la cordillera volcánica cuaternaria. Hacia el eje principal confluyen varias líneas de 138 kV procedentes de los centros de generación; estas líneas se conectan al sistema principal en las dos subestaciones elevadoras y de interconexión de León y Los Brasiles (al margen NO de Managua).

El SIN está interconectado con los sistemas de transmisión de los vecinos países de Honduras y Costa Rica. La interconexión con Honduras opera desde 1976, a través de una línea de transmisión de circuito sencillo energizada a 230 kV, que conecta la subestación de León en Nicaragua con la subestación de Pavana en Honduras. La interconexión con Costa Rica, operativa a partir de 1983, se da a través de la línea de 230 kV entre las subestaciones terminales de Los Brasiles en Nicaragua y Liberia en Costa Rica. La interconexión con Costa Rica permite también la transferencia de energía desde y hacia Panamá.



El sistema de distribución tiene una longitud de líneas de 20,952 km. La red principal de distribución opera a una tensión de 13.8 kV en la zona del Pacífico, y de 24.9 kV en el resto del país. El sistema de distribución final opera a 120/240 voltios.

El sistema de transmisión-distribución está afectado por pérdidas de energía, las cuales se han incrementado de manera importante desde el año 1985, y actualmente oscilan alrededor del 28%. Una parte importante de las pérdidas se origina en problemas no técnicos, tales como fraudes, conexiones ilegales, y escasez de medidores.

Planes de Expansión del Sistema de Transmisión

En los últimos años se han efectuado diferentes diagnósticos del sistema de transmisión, los cuales han evidenciado varios problemas técnicos y debilidades del sistema. Muchos de los problemas necesitan resolverse a corto plazo para garantizar un servicio confiable. Distintos proyectos de rehabilitación y modernización de la red de transmisión han sido emprendidos en los últimos años, y los proyectos relacionados con las líneas y subestaciones existentes ya han aportado mejoras importantes al sistema. Los proyectos más importantes planificados para el futuro próximo son:

- Proyecto Subestación Benjamín Zeledón, en Masaya. Consiste en el montaje de una subestación de 230/138 kV, la cual se conectará con la línea de 230 kV de interconexión con Costa Rica y, por un corto tramo en 138 kV, con la subestación de Masaya.
- Proyecto Línea Momotombo - León I, Consiste en una nueva línea de 138 kV que unirá la planta geotérmica de Momotombo con la subestación León I, anexando de esta manera un nuevo anillo en 138 kV y uno mixto en 138 y 230 kV al sistema. Este proyecto permitirá elevar la confiabilidad del SIN y mejorar los límites de voltaje y las condiciones de operación normal durante situaciones de emergencia en el sistema.



- Proyecto Subestación Ticuantepe, Se planifica una nueva subestación de 230/238 kV en Ticuantepe. Además de formar parte de la interconexión con Costa Rica, servirá de enlace en la interconexión con los países de Centroamérica (SIEPAC) en 230 kV.

El Proyecto SIEPAC

El Proyecto de Interconexión Eléctrica para América Central, o Sistema de Integración Eléctrica para los Países Centroamericanos (SIEPAC), es un caso especial en términos de la expansión del sistema de transmisión. El objetivo principal del proyecto es el de mejorar y asegurar el suministro eléctrico a costos competitivos en toda la región, por medio de la formación gradual de un mercado eléctrico regional, abastecido por empresas públicas y privadas.

El proyecto, que está siendo apoyado por el BID y por el Gobierno de España, se encuentra en fase adelantada de planificación, y ya cuenta con la constitución de la empresa propietaria de la línea de transmisión SIEPAC. La empresa fue establecida a principios de 1999 como sociedad anónima, fundada por las empresas eléctricas estatales de la región.

La alternativa que se construirá fue seleccionada después de analizar las necesidades energéticas y posibilidades económicas de los países involucrados. Prevé la construcción de una nueva red troncal de interconexión eléctrica desde Guatemala hasta Panamá. Esta red será, probablemente, una nueva línea de 230 kV, de circuito simple. Con el respaldo de las redes existentes tendrá una capacidad de transmisión de 300 MW. La transmisión entre Costa Rica y Panamá será limitada a 240 MW. La longitud total de la línea será de 1,802 km, desde la subestación de Veladero en Panamá hasta la subestación de El Cajón en Honduras.

El proyecto está previsto a realizarse en dos etapas. La primera etapa incluye la construcción de la línea de interconexión a 230 kV desde Guatemala hasta Panamá y la ampliación de las subestaciones asociadas. La finalización de esta fase está prevista para el año 2003. Si se desarrollaran en la región proyectos de generación de gran envergadura, está contemplada una segunda etapa, la cual incluiría la construcción de un segundo circuito de 230 kv, y



estaría prevista para completarse para el año 2008. Dependiendo del desarrollo del mercado regional, y de la ubicación de centrales de gran capacidad, es posible que en esta segunda etapa se refuercen porciones de la primera línea, sin necesariamente duplicar todo el sistema.

Análogamente al eje principal del SIN de Nicaragua, la interconexión SIEPAC cruzará toda la región occidental de Nicaragua, encontrándose así en posición favorable con respecto a los proyectos geotérmicos.

I.2 La Red Vial

Todas las áreas geotérmicas consideradas en el Estudio Plan Maestro se ubican en la región SO de Nicaragua. Esta región es la más poblada y desarrollada del país, e incluye las principales ciudades y la mejor infraestructura vial.

El eje vial principal es la carretera que cruza toda la región, en sentido aproximadamente NO-SE, a partir de Peñas Blancas (a la frontera con Costa Rica) hasta el puesto de El Guasaule (a la frontera con Honduras). Dicha carretera se compone de diferentes tramos que conectan las principales ciudades de la región (Rivas, Granada, Masaya, Managua, León y Chinandega), y corre en paralela a la cordillera volcánica cuaternaria (ver **Figura I-L3**). Este eje vial principal está completamente pavimentado y, en algunos importantes tramos, ha sido reconstruido en los últimos cinco años, como entre Nandaime y Rivas y entre Izapa y Chinandega.

La carretera principal atraviesa toda el área Masaya-Granda-Nandaime, pasa por la base de la ladera meridional del Volcán Mombacho y cruza el sector comprendido entre las calderas de Apoyo y Masaya. Corre al margen SO de la Península de Chiltepe, pasa a unos 10-15 km al SO de las áreas de Momotombo y El Hoyo - Monte Galán, y corre al margen SO de los macizos volcánicos del Telica y San Cristóbal - Casita, queda por lo general a distancias no mayores que 10-15 km de las áreas de principal interés geotérmico. Por lo tanto, la mayoría de las áreas geotérmicas que son objeto del Estudio Plan Maestro se ubican de manera favorable con respecto a la red vial principal del país. Las únicas excepciones son:



- la Isla de Ometepe, la cual, aunque ubicada a poca distancia de la carretera principal queda separada de la misma por el Lago de Nicaragua; y
- el área del Volcán Cosigüina, que queda en la esquina NO del país, a unos 60 km de la ciudad de Chinandega (el punto más cercano en la carretera principal).

A partir del eje vial principal, varios caminos menores conectan los poblados y comarcas esparcidas en la región, constituyendo al mismo tiempo una importante red vial de acceso a muchos de los sectores de interés geotérmico. Estos caminos están en parte pavimentados y en parte no, pero generalmente son transitables todo el año. Los caminos más importantes, que se unen con el eje vial principal y que tienen particular interés desde el punto de vista infraestructural para el desarrollo geotérmico, son:

- El corto tramo de carretera pavimentada que une la ciudad de Rivas con el puerto lacustre de San Jorge, el cual es el principal punto de conexión con la Isla de Ometepe.
- La “Carretera Norte”, que sale desde Managua en dirección a todas las otras ciudades de la región centro-septentrional del país, y la carretera entre Nindirí y Tipitapa, las cuales proveen buen acceso al área de Tipitapa.
- El camino que une la Paz Centro con Malpaisillo, que facilita el acceso a las áreas de Momotombo y El Hoyo Monte Galán. Actualmente no está pavimentado, pero recientemente se inició el revestimiento con adoquines del tramo más cercano a La Paz Centro.
- La Carretera Nacional No. 26, la cual, a partir de la ciudad de Telica, conecta con la región interna del país y facilita el acceso al área de San Jacinto - Tizate. A partir de esta carretera se separa un camino no pavimentado que corre a lo largo de toda la base NE de los macizos volcánicos de Telica y Casita - San Cristóbal, hasta unirse con la carretera principal en el tramo entre Chinandega y El Guasaule, en el poblado de Villa



15 de Julio. Este camino facilita el acceso al área de El Ñajo y a otros potenciales sectores de interés en la ladera NE del Volcán Casita y del San Cristóbal.

- La carretera Chinandega - El Viejo - Potosí, que da acceso al área de Cosigüina y está pavimentada hasta la localidad El Congo, a unos 35 km de Chinandega.
- La carretera Chinandega - Corinto, que conecta el eje vial con el principal puerto comercial del país, ubicado en la costa del Pacífico a 20 km de la ciudad de Chinandega.

Por lo general, en el interior de las áreas geotérmicas existen solamente caminos secundarios no pavimentados, que están a veces en condiciones no muy buenas, pero normalmente son transitables durante todo el año con vehículos de doble tracción. En general los caminos transitables con vehículos están más desarrollados en las porciones bajas de las laderas y en las planicies adyacentes a los edificios volcánicos, mientras que son escasos en los relieves volcánicos, donde la población residente es muy limitada y se desplaza a lo largo de trochas y senderos con carretas, animales de carga y caminando.

Descripciones más detalladas de la calidad y distribución de caminos, y de otros factores infraestructurales en cada área geotérmica, se presentan en los respectivos informes específicos que componen el Plan Maestro (Volúmenes II a XI).

I.3. Referencias

Banco Central de Nicaragua, Informes Anuales, 1997, 1998, 1999.

Censos Nacionales, 1995. Cifras Oficiales Preliminares, República de Nicaragua. INEC, Septiembre de 1995.

Estudio de Tarifas Basadas en Costos Marginales ENEL-INE-BID, Enero de 1998.

Ley de la Industria Eléctrica. Ley No. 272, del 18 de Marzo de 1998. Publicada en La Gaceta, Diario Oficial No. 74, del 23 de Abril de 1998.



TELEFONO: (505) 222-5576
FAX: (505) 222-4629
www.cne.gob.ni

Población y Desarrollo en Nicaragua. Profamilia - Rapid IV, Informe, 1993.

Plan de Expansión de Generación y Transmisión de Nicaragua Informe Final Mayo de 1995.
Rafael Campo y Pablo Corredor.

Primer Informe de Gobierno, 1997. Arnoldo Alemán, Presidente de la República de Nicaragua.

Segundo Informe de Gobierno, 1998. Arnoldo Alemán, Presidente de la República de Nicaragua.

Tercer Informe de Gobierno, 1999. Arnoldo Alemán, Presidente de la República de Nicaragua.

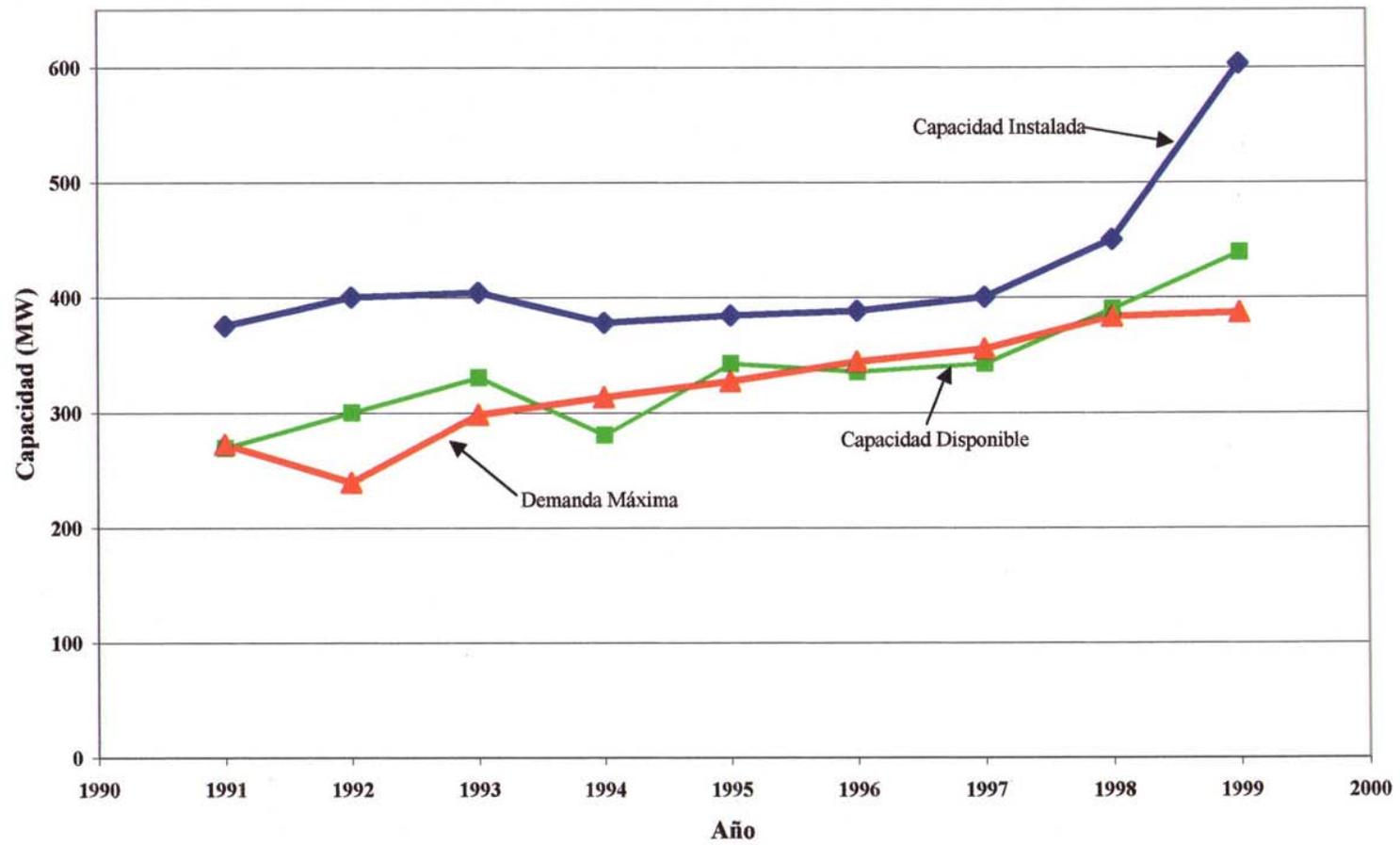
T A B L A S

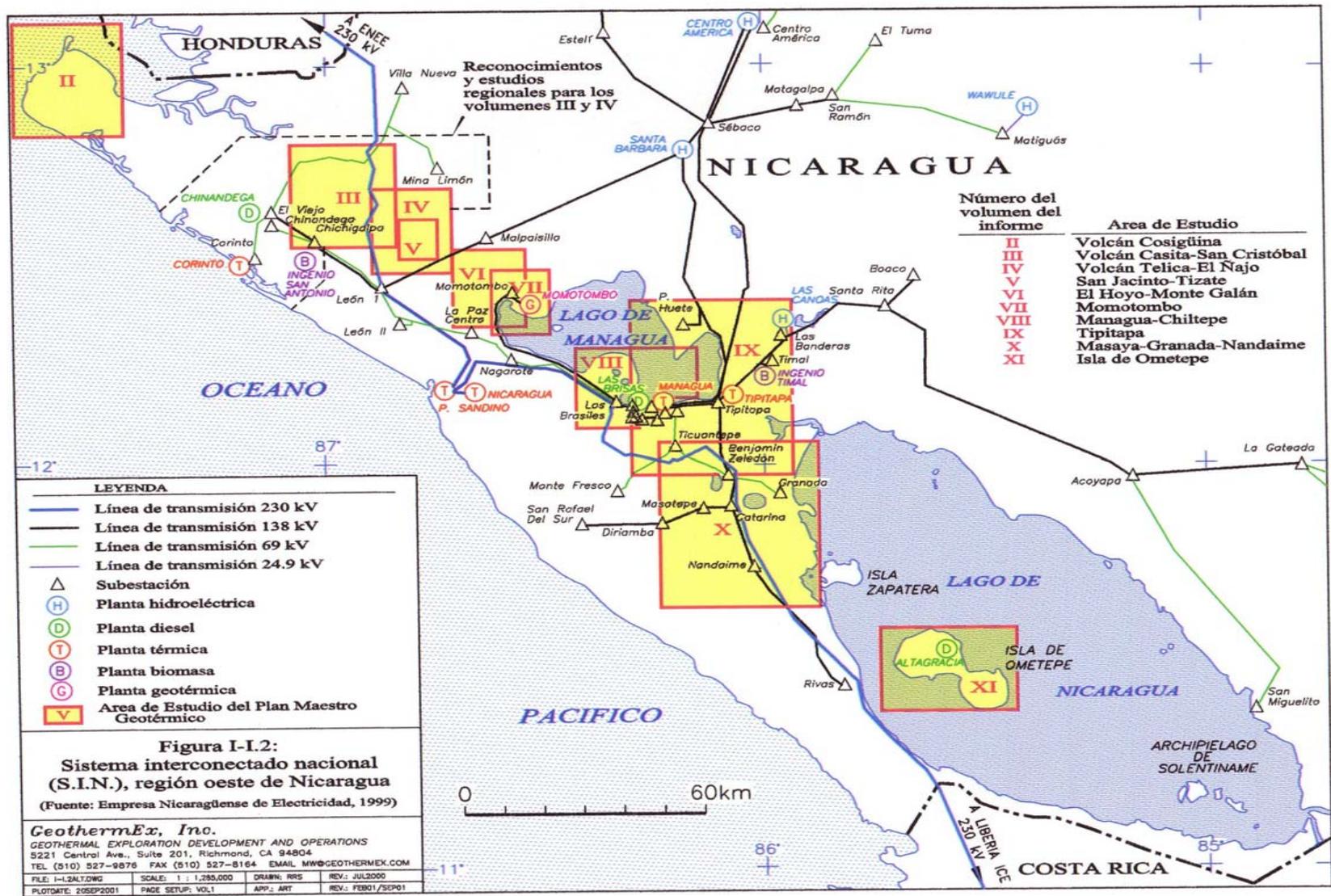
Tabla I-I.1: Plantas Generadoras del SIN - Datos Generales

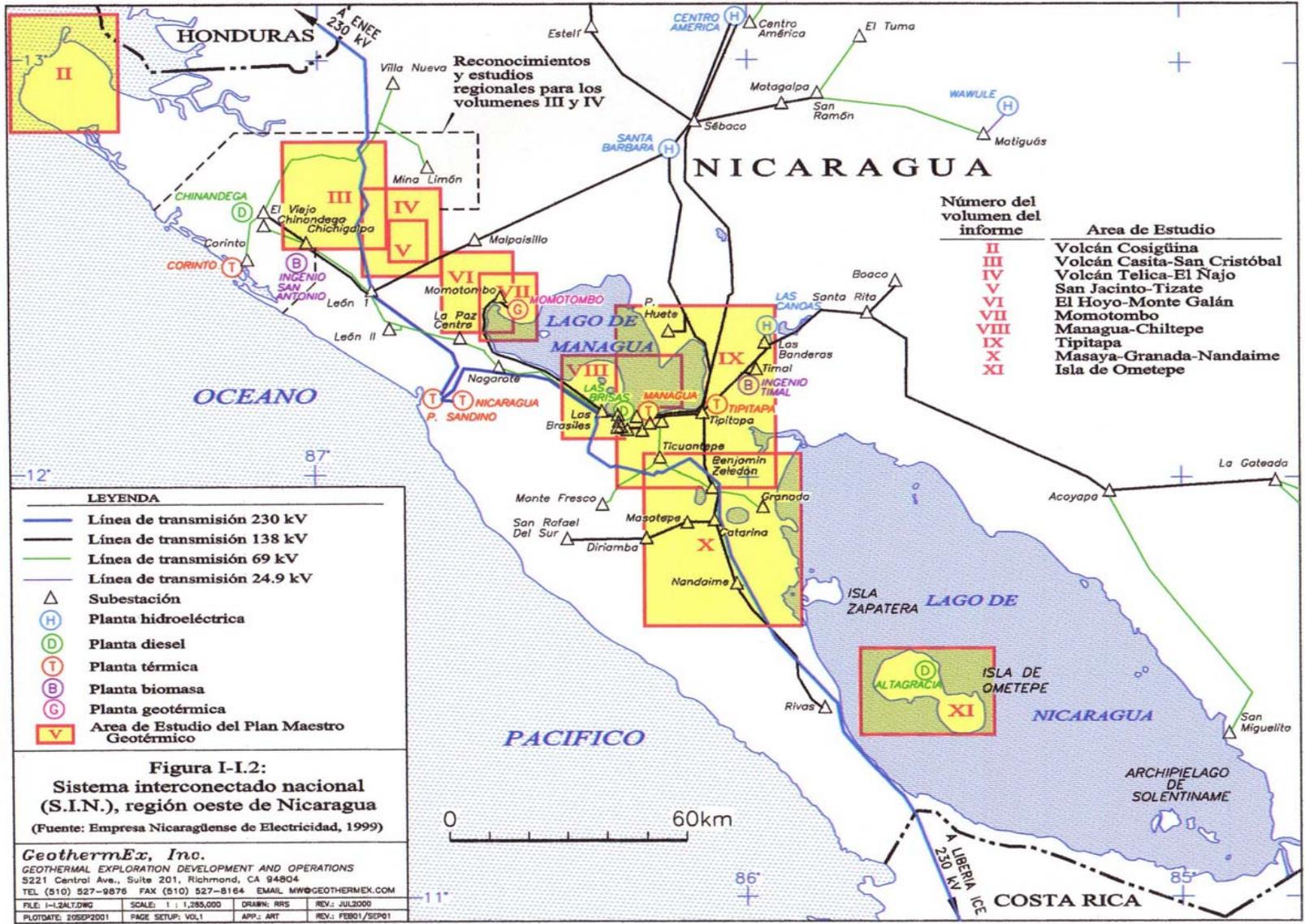
Planta	Propietario	Unidades	Tipo	Año	Cap. Nom. (MW)	Cap. Efect. (MW)	Notas
Managua	GECSA	#3	Turb. Vapor	1971	45	Tot. 36	Reciente rehabilitación parcial
		#4	Mor. Comb. Int.	1994	6		
		#5	Mor. Comb. Int.	1998	6		
Nicaragua	GEOSA	#1	Turb. Vapor	1976	50	Tot. 95	Reparaciones recientes
		#2	Turb. Vapor	1976	50		
P. Sandino	CENSA		Mor. Comb. Int.	1997	35	34	En curso ampliación de 27 MW
Tipitapa	TPC		Mor. Comb. Int.	1999	56.7	52.2	
Corinto	EEC		Mor. Comb. Int.	1999	70	50	Sobre barcaza. 20 MW de reserva
Chinandega	GEOSA		Turb. Gas	1967	15	13.5	Rehabilitada a inicio de los '90
Las Brisas	GECSA	#1	Turb. Gas	1992	26	Tot. 35	
	GECSA	#2	Turb. Gas	1998	40		
Momotombo	GEMOSA	#1	Geotérmica	1983	35	0	Falta de vapor
		#2	Geotérmica	1989	35	12	Falta de vapor
Ingenio S. Antonio	ISA		Biomasa		19.6	6	
Ingenio Timal	TIMAL		Biomasa		10	7	
Centro América	HIDROGESA	#1	Hidro	1965	25	24	Factor de utilización 41%
		#2		1965	25	24	
Santa Bárbara	HIDROGESA	#1	Hidro	1971	25	24	Factor de utilización 27%; rehabilitada en 1999 (después
		#2		1971	25	24	
Wawule	DISNORTE	#1	Hidro	1990	1.62	0	Factor de utilización 18%
Las Canoas	DISSUR	#1	Hidro	1990	0.65	Tot 1.79	Factor de utilización 18%
		#2		1990	0.57		
		#3		1990	0.57		
TOTAL MW					603	439	

FIGURAS

Figura I-I.1: Capacidad de generación y demanda máxima del SIN







Reconocimientos y estudios regionales para los volúmenes III y IV

Número del volumen del informe	Area de Estudio
II	Volcán Cosigüina
III	Volcán Casita-San Cristóbal
IV	Volcán Telica-El Najo
V	San Jacinto-Tizate
VI	El Hoyo-Monte Galán
VII	Momotombo
VIII	Managua-Chiltepe
IX	Tipitapa
X	Masaya-Granada-Nandaime
XI	Isla de Ometepe

LEYENDA

- Línea de transmisión 230 kV
- Línea de transmisión 138 kV
- Línea de transmisión 69 kV
- Línea de transmisión 24.9 kV
- △ Subestación
- (H) Planta hidroeléctrica
- (D) Planta diesel
- (T) Planta térmica
- (B) Planta biomasa
- (G) Planta geotérmica
- (V) Área de Estudio del Plan Maestro Geotérmico

Figura I-1.2:
Sistema interconectado nacional (S.I.N.), región oeste de Nicaragua
 (Fuente: Empresa Nicaragüense de Electricidad, 1999)

GeothermEx, Inc.
 GEOTHERMAL EXPLORATION DEVELOPMENT AND OPERATIONS
 5221 Central Ave., Suite 201, Richmond, CA 94804
 TEL (510) 527-9876 FAX (510) 527-8164 EMAIL MW@GEOTHERMEK.COM
 FILE: I-1.2ALT.DWG SCALE: 1 : 1,285,000 DRAWN: RRS REV: JUL2000
 PLOTDATE: 20SEP2001 PAGE SETUP: VOL.1 APP.: ART REV: FEB01/SCP01



ANEXO J: REQUERIMIENTOS PARA LA FACTIBILIDAD, ÁREA DE MANAGUA - CHILTEPE

J.1 Factibilidad de los Recursos Geotérmicos

J.1.1 Introducción

La factibilidad de un recurso geotérmico es la etapa de estudios en la cual se realiza la comprobación de la existencia de un yacimiento mediante la perforación de pozos exploratorios profundos, la evaluación del potencial energético del área prospectada y el diseño preliminar de los sistemas de utilización del recurso detectado. Un estudio de factibilidad se considera completo cuando el sistema geotérmico se conoce en sus parámetros esenciales: tipo de yacimiento, la distribución de las presiones y temperaturas en el yacimiento, los patrones de circulación de los fluidos y sus características físico-químicas, y finalmente las características físicas de las zonas productoras. De todos estos parámetros se realiza una síntesis que generalmente se conoce como modelo conceptual.

Según se describe en otras secciones, el potencial energético de una área específica de interés geotérmico puede ser utilizado ya sea para el desarrollo de proyectos de uso directo de la energía, o para la generación de energía eléctrica. Sin embargo, las áreas que fueron seleccionadas dentro del Estudio de Plan Maestro Geotérmico de Nicaragua para elaborar estudios de factibilidad, se destacan por su potencial para desarrollar proyectos de producción de energía eléctrica, por lo cual a continuación se trata de dar mayor énfasis al desarrollo de este tipo de proyectos.

J.1.2 Consideraciones Para la Elaboración de un Estudio de Factibilidad

Como parte de los estudios, se realiza una comparación de los costos de la energía eléctrica que puede producirse a partir del recurso geotérmico y que será vendida en los centros de consumo, contra el costo de otras alternativas similares desde el punto de vista comercial, por ejemplo:

- Plantas hidroeléctricas
- Plantas que emplean combustibles fósiles



- Otras fuentes de energía renovable (solar, eólica, biomasa, etc.).

El diseño del proyecto consiste en adaptar las características físico-químicas de un recurso dado a un sistema optimizado de conversión de energía, con el fin de obtener producción de energía eléctrica constante por un período de vida aceptable y a un costo de inversión y de mantenimiento mínimos. En la etapa de factibilidad, el diseño deberá por lo tanto integrar los criterios de la ingeniería civil, mecánica y eléctrica, a los criterios de las diversas ramas de las ciencias de la tierra y de ingeniería ambiental.

Cuando se comparan varias alternativas de sistemas de conversión de energía geotérmica, el costo de ésta puede basarse en el costo de la “producción de energía eléctrica, a la salida de la planta.” Cuando se comparan alternativas geotérmicas con otros sistemas de generación disponibles en el área, esta comparación generalmente se basa en el costo de “producción de la energía eléctrica en el centro de consumo” (incluyendo el costo de las líneas de transmisión).

Durante la fase de factibilidad, la identificación del yacimiento geotérmico comercial, la evaluación del potencial geotérmico del área prospectada y el diseño preliminar de los posibles sistemas de utilización de los recursos descubiertos, se basan en los resultados obtenidos a partir de las perforaciones exploratorias profundas, estudios geocientíficos adicionales, y estudios de ingeniería de yacimientos, y finalmente en el análisis técnico-económico de los posibles esquemas de utilización y desarrollo. Es durante esta etapa en donde se define la capacidad propuesta para la central a construir, así como las obras de apoyo que se requieren para suplir a la misma, el ciclo óptimo de conversión de energía y sus características y el potencial del yacimiento geotérmico. Igualmente, basados en las características anteriores, durante esta etapa quedarán propuestos los esquemas de desarrollo y de manejo del campo. Se podrán esquematizar los distintos escenarios de explotación en sus diferentes opciones de explotación y/o inyección de los fluidos de desecho, que mejor se acomoden a las necesidades dictadas por las características del campo y el tipo de ciclo de conversión de energía que se propone.



El diseño básico de la central debe quedar también establecido durante esta etapa de factibilidad, al igual que los criterios de diseño de los diferentes subsistemas de apoyo que componen al proyecto. Esto incluye el diseño que será adoptado para los pozos de producción, inyección y observación. El objetivo principal a perseguir durante esta parte del estudio consiste en armonizar las informaciones procedentes de los estudios de ciencias de la tierra con las procedentes de la ingeniería mecánica y de yacimientos, de forma tal que se pueda proporcionar a los técnicos encargados de analizar la parte económica una base segura desde el punto de vista técnico. Para lograr estos fines es entonces necesario:

- analizar correctamente el tipo de recurso disponible (agua dominante, vapor dominante, temperatura);
- evaluar toda la información de la ingeniería de yacimiento (potencial del campo probado, probable, posible);
- planificar un correcto desarrollo del campo;
- diseñar la central y los equipos del campo conforme con la síntesis de los resultados anteriores;
- tomar en cuenta las restricciones de carácter ambiental durante todo el proceso; y
- definir el ciclo de generación que mejor se adapta a las condiciones del yacimiento.

Una vez definidos los parámetros esenciales, se someten a un proceso de optimización basado en un análisis de costo / beneficio. Cuando se habla de ciclos térmicos, los costos se refieren en general a las inversiones que se hacen necesarias para incrementar la eficiencia del ciclo, comparado con los beneficios que se obtendrían a partir del incremento en la producción de energía eléctrica.



En las fases finales de la etapa de factibilidad se define el diseño, la ubicación y el número requerido de los pozos para la etapa de desarrollo del proyecto. Basados en los resultados de los estudios geocientíficos y en la experiencia en general, se determinan las profundidades de anclaje de los ademes y la profundidad total a alcanzar con los pozos. Como resultados del análisis y la optimización de dichos parámetros se definirá el número de pozos requerido, su ubicación y espaciamiento y las presiones mínimas de separación a las cuales se deberán operar.

Normalmente, el diseño de los pozos de desarrollo no varía en forma significativa con respecto a los primeros pozos perforados durante la etapa de factibilidad para la confirmación del recurso. Sin embargo, el diseño deberá ser optimizado con base a las experiencias acumuladas durante esa etapa inicial. La ubicación final de los pozos para el desarrollo del proyecto deberá ser optimizada de acuerdo al balance económico entre el costo de conectar las distintas áreas en explotación, los diámetros de las tuberías de conducción de los fluidos de dos fases o separados, y el costo de reubicar en el plano algunos de los pozos más alejados de los colectores principales, tomando siempre en consideración los resultados de los estudios geocientíficos y del yacimiento efectuados anteriormente.

En el caso de recursos de agua dominante, durante la etapa de factibilidad se deberán definir las áreas en donde se inyectarán los fluidos de desecho por medio de pozos de inyección y la temperatura a la cual se planea inyectar dichos fluidos. Puesto que los pozos de inyección son costosos, las consecuencias químicas de la inyección se tienen que considerar cuidadosamente.

Además de los costos de inversión (pozos, tuberías, aislamiento, montaje) se deben considerar también los costos de operación y mantenimiento. Estos costos resultan importantes solo cuando se hace necesario el tratamiento químico o el bombeo de las aguas.

Cuando se inicia la explotación de un campo no sólo se debe haber completado un número suficiente de pozos productores e inyectores para suministrar la cantidad de fluido requerida



por la planta y para eliminar toda (o la mayor parte) de las salmueras separadas, sino también un número adecuado de pozos de reserva que puedan ser puestos en servicio en el caso que se produzcan problemas o para sustituir la capacidad perdida en el yacimiento por el abatimiento del mismo. La cantidad final de pozos a perforar depende del comportamiento individual de los pozos en el campo en estudio, comportamiento que refleja las características del sistema geotérmico y de los materiales y métodos utilizados en la construcción, terminación, desarrollo y operación de los pozos.

Durante la explotación y evolución de cualquier campo geotérmico ocasionalmente ocurren problemas con los pozos productores e inyectores, que hacen necesario intervenciones para limpieza, y/o reparación y, a veces, la perforación de nuevos pozos de reposición. Los pozos y las instalaciones superficiales requieren durante su vida productiva de un mantenimiento periódico y en algunos casos de reparaciones mayores, lo cual es un factor importante a considerar desde el punto de vista económico, tanto por el costo propio que representarán estos trabajos, como por el tiempo en que los pozos permanecerán inutilizables para suministrar vapor a la central o para inyectar las aguas residuales.

J.1.3 Consideraciones Locales

El conocimiento de las condiciones ambientales locales es indispensable para la evaluación de algunos aspectos importantes del proyecto, tales como:

- localización de la central, con base en la topografía, distribución de los pozos, estabilidad y condiciones del suelo, accesibilidad, etc.;
- parámetros de las torres de enfriamiento, con base en la meteorología;
- alimentación de agua, para la perforación y para la central, con base en la disponibilidad de agua superficial;



- impacto en el ambiente hídrico, relacionado con posibles descargas, continuas o de emergencia, de aguas geotérmicas residuales;
- impacto en la atmósfera, debido a la dispersión de vapor geotérmico y sobre todo de los gases no-condensables (por ej. en las torres de enfriamiento);
- impacto socio-económico, en las poblaciones, en la agricultura y en las actividades industriales causadas por la presencia de la central; y
- riesgos naturales, en particular para la central, debido a fallas, inestabilidad y alteraciones hidrotermales del suelo, explosiones freáticas, etc..

Es necesario recoger, analizar y clasificar los elementos relativos a las siguientes disciplinas:

- meteorología, en particular evolución de las temperaturas de bulbo seco y húmedo, dirección y velocidades máximas del viento;
- hidrología;
- topografía general local y de detalle;
- geología, riesgos sísmicos y volcánicos;
- mecánica del suelo: en general, en el área de la central es necesario proceder a investigaciones geotécnicas de detalle para establecer la capacidad del suelo;
- clasificación y uso del suelo: áreas agrícolas, tipo de cultivos, flora y fauna;
- clasificación socio-económica del área; y
- costos típicos locales de mano de obra, materiales y obras civiles.



La elección de la potencia de una unidad geotermoeléctrica debe ser coherente con los criterios y restricciones del proyecto descritos anteriormente; algunos elementos, a los que hay que prestar especial atención son:

- potencial y productividad del campo y características termodinámicas de los fluidos, y relativo nivel de conocimiento y de incertidumbre;
- estrategia de explotación, modalidad de desarrollo y configuración propuesta para la central, basada sobre una o más unidades geotermoeléctricas; y
- plan de desarrollo de la generación del sistema eléctrico.

La solución elegida debe además utilizar una tecnología probada y ser incluida en los estándares constructivos adoptados por los constructores de los equipos.

J.1.4 Diseño Civil

El diseño civil está principalmente enfocado a determinar el tipo y las dimensiones de las estructuras y rutas de los caminos y del sistema de transporte de los fluidos. Una particularidad del diseño civil es que en parte puede ser aplicado a la construcción de las obras (como son las plataformas, caminos de acceso, líneas de prueba, drenajes) relacionadas con los pozos de la fase de factibilidad, mientras que otra parte se aplica a lo previsto para la fase de desarrollo, eventualmente incluyendo también varias etapas.

En el área del campo, los trabajos deberán concentrarse sobre los siguientes tópicos:

- capacidad de los caminos de acceso, plataformas de los pozos con su contrapozo, cimentaciones de equipos mecánicos, cimentaciones para apoyo de tuberías, drenajes, silenciadores de concreto;
- diseño, supervisión y construcción del contrapozo y soportes del árbol de válvulas, y en el estudio de eventuales mejoras para la fase de desarrollo; y



- las plataformas deberán dimensionarse tomando en cuenta los equipos de perforación que van a ser utilizados y las características de las instalaciones superficiales finales, de tal manera que permitan una adecuada vialidad durante las fases de operación normal y de mantenimiento.

En el área de la central el arreglo de los equipos y sus localizaciones se plantean tomando en cuenta las dimensiones físicas y la ubicación lo más cercano y práctico posible al equipo o sistema al cual presta servicio. Se deberán considerar las necesidades que se presenten durante el montaje, mantenimiento y operación de los equipos. Los caminos y accesos se deberán diseñar para dar paso a todo equipo fijo o temporal, para que se puedan realizar operaciones de mantenimiento, instalación y cambio de partes o reemplazo total, además del acceso requerido por el personal de operación que le permita realizar sus labores de instalación y operación de los equipos con facilidad, rapidez y seguridad.

J.1.5 Diseño Mecánico

Para el diseño mecánico también se aplica el adelanto de algunas partes que tienen que ser construidas durante la fase de factibilidad, como son las tuberías de descarga, separadores de presión, equipo de muestreo químico y, en general, todo lo que está relacionado con las pruebas de producción e inyección de los pozos. Es importante en esta fase seguir estudiando el comportamiento de los equipos diseñados y en operación para llegar a su diseño óptimo para la fase de desarrollo. Igualmente, es importante también mantener una continua comunicación con los grupos de trabajo pertenecientes a otras disciplinas para diseñar y definir todo en conjunto.

En el área de campo, los principales trabajos a ser desarrollados son los siguientes:

- diagrama de flujo del sistema;
- diagrama de tubería e instrumentación del sistema;



- descripción del sistema;
- planos de arreglo de equipo y tuberías;
- cálculos de rutas y disposiciones típicas de las tuberías para obtener la necesaria flexibilidad; y
- determinación de los diámetros de las tuberías.

En general los criterios técnicos que se utilizan en el diseño de las instalaciones mecánicas están basados en la práctica común de buena ingeniería y en las experiencias adquiridas en proyectos similares.

En el área de la central, los principales trabajos a ser desarrollados son los siguientes:

- elaboración de los diagramas de flujo y de tuberías y lógicos de instrumentación, regulación y control de todos los sistemas que integran la central; y
- elaboración de planos del arreglo o distribución general de equipos.

Durante el diseño final se afinarán los conceptos que se acaban de describir, pero se hace notar que es muy importante efectuar un anteproyecto bien cuidadoso desde el inicio, evitando en lo posible posteriores cambios de diseño por mala operación de los equipos. Es recomendable por lo tanto enfrentar el anteproyecto con la misma seriedad y dedicación técnica, especialmente en las elecciones de base, como si se tratara del diseño final, que se efectuará durante la Fase de Desarrollo. Por lo contrario es conveniente postergar hasta la fase de desarrollo el diseño de los detalles, para no adelantar gastos inútilmente.

J.1.6 Diseño Eléctrico

A diferencia del diseño civil y del diseño mecánico, en el diseño eléctrico no hay que adelantar trabajos que se comparten entre la fase de factibilidad y de desarrollo. El diseño eléctrico tiene



una mínima intervención en la parte de campo y está enfocado en la parte de central, tanto en la casa de máquinas como en la subestación eléctrica.

En el área de campo, el diseño eléctrico en el área de pozos está limitado y, en el mejor de los casos, se reduce a la instalación de alumbrado general y tomas de corriente para herramientas eléctricas. Cuando se ha decidido la aplicación de un sistema de regulación automática de niveles o de flujos o de un sistema de control remoto de apertura y cierre de pozos, el uso de energía eléctrica, directo o para alimentar un sistema local de aire comprimido, puede ser una de las mejores opciones para los operadores de las válvulas. En el área de la central, el diseño eléctrico sigue la metodología, criterios de diseño y recomendaciones de ingeniería empleados en proyectos de centrales termoeléctricas convencionales, si bien en las geotermoeléctricas se tienen algunas particularidades, que a través de la experiencia, se han venido incorporando para mejorar la adaptación del equipo eléctrico a las necesidades operativas y al ambiente corrosivo típico de los campos geotérmicos.

J.1.7 Factibilidad Ambiental

Dado que la etapa de factibilidad contempla la perforación exploratoria profunda durante la cual se construyen entre tres y seis pozos, desde el comienzo de esta actividad se tendrá que preparar un estudio o evaluación de impacto ambiental (EIA). El estudio, además de enfocar la afectación de tierras, el impacto visual, el ruido, la eliminación de desechos sólidos, *etc.*, tendrá el propósito de analizar y dar solución a los problemas derivados de las pruebas de producción de los pozos.

Con base en los resultados de las perforaciones de factibilidad, se llevarán a cabo estudios y análisis básicos para la decisión de proseguir con el proyecto, se evaluará la capacidad del yacimiento geotérmico, se establecerá el tipo, tamaño y ubicación de la planta generadora de energía, se definirá el sistema de recolección de los fluidos, se determinará el número de pozos de producción y reinyección necesarios para la explotación del campo, *etc.*, y en la parte final de esta actividad, se tendrá que completar el estudio o evaluación del impacto ambiental, donde



se examinen y describan las diferentes fases de la identificación, predicción, evaluación y medidas de mitigación del impacto ambiental que se darán durante las etapas de desarrollo (perforación diseño y construcción de la planta) y explotación (operación y mantenimiento) del campo geotérmico.

J.1.8 Factibilidad Económica

La factibilidad económica puede ser examinada solamente cuando ha sido demostrada la factibilidad técnica del proyecto; es decir tras haber individualizado el tipo y la tecnología de su utilización, haber definido el diseño básico del sistema de extracción del fluido y de la planta de generación, haber comprobado la capacidad del campo que va a alimentar la planta y haber demostrado la compatibilidad ambiental del proyecto. No es aceptable que ocurran en esta etapa riesgos de incumplimientos técnicos graves; sólo podrán permanecer incertidumbres sobre el monto total de los costos y de los beneficios del proyecto, que deben estar contenidos dentro de márgenes de variación donde todavía se mantenga una rentabilidad aceptable.

J.1.9 Alcance del Estudio

La evaluación económica se basa en varias fases del desarrollo del proyecto y en particular:

- en el análisis del mercado de la energía, que representa el contexto para valorar el beneficio de su producción;
- en la individualización de posibles esquemas alternos de utilización del recurso;
- en la comparación entre estos posibles esquemas, hasta llegar en consecuencia a la elección de la configuración y diseño óptimo; y
- en la justificación económica del proyecto geotérmico en el contexto energético del país donde se desarrolle.



Los criterios de evaluación económica deben ser homogéneos y conceptualmente idénticos durante todas las fases del estudio y deben considerar la máxima producción de energía a costos competitivos. La justificación económica debe demostrar que el proyecto global cubre la demanda prevista de energía con un costo competitivo, en comparación con otras alternativas.

Criterios de Evaluación Económica

La evaluación económica del proyecto geotermoeléctrico deberá estar dentro del contexto del sistema eléctrico del país, proporcionando así el marco de referencia necesario para evaluar el beneficio que la generación mediante el vapor endógeno pudiera proporcionar. Los elementos del marco de referencia, combinados con los datos propios del proyecto geotérmico, permiten evaluar planes de expansión del sistema de generación eléctrica "con" y "sin" la incorporación de dicho proyecto. Ambos planes deberán cumplir con los criterios técnicos y económicos necesarios para proporcionar un servicio eléctrico rentable y de buena calidad, de forma tal que sea posible seleccionar aquel que nos proporcione un costo mínimo.

Cronograma

Los requerimientos de tiempo para esta etapa varían de proyecto a proyecto, dependiendo de aspectos tales como la financiación, la elaboración de estudios básicos, el acceso al área del proyecto, el trabajo realizado en las etapas anteriores, la complejidad del yacimiento y el tamaño del área a desarrollar. Otros factores externos, tales como el desarrollo de estudios de control ambiental, las dificultades de establecer negociaciones con los dueños de los terrenos y las vías de acceso, los atrasos para obtener fuentes de financiamiento externo, *etc.*, deberán quedar solucionados durante los primeros meses del inicio de esta etapa para poder proseguir con el desarrollo del proyecto.



No resulta práctico establecer cronogramas detallados que muestren actividades paso a paso, dado que cada proyecto tiene sus características únicas que afectan el costo y el tiempo de desarrollo. Sin embargo, las siguientes generalidades se pueden establecer.

La etapa de factibilidad puede dar inicio inmediatamente después de terminados los estudios de exploración, utilizando recursos internos para las primeras fases de estudio, o bien puede realizarse un tiempo después, para permitir la aprobación de la financiación de la totalidad de los estudios propios de esta etapa, acomodar contingencias en la obtención de permisos o en la organización del proyecto. Durante esta etapa, independientemente del tamaño del desarrollo que se planea, típicamente se realizan tres perforaciones iniciales de diámetro comercial para la confirmación del yacimiento y se procede a su caracterización. Dependiendo de factores tales como la localización y accesibilidad a las zonas de perforación, así como la profundidad y facilidad de alcanzar el yacimiento, se deberá estimar un período mínimo de ocho a 12 meses para realizar las perforaciones y las pruebas necesarias para la etapa de factibilidad. Este tiempo incluye la construcción de vías de acceso adecuadas y de las plataformas de perforación y la selección del contratista de perforación. La movilización y perforación de los pozos toma como promedio 60 a 90 días por pozo. La prueba y toma de registros dura aproximadamente 30 días.

El análisis de los datos y la preparación de las recomendaciones a partir del estudio de factibilidad se realizan en un plazo que por lo general toma como mínimo seis meses de duración, a partir de la perforación del último pozo. Dependiendo de los resultados obtenidos de la perforación de los tres pozos iniciales, se tomará la decisión de continuar con las actividades de perforación propias de la etapa de factibilidad con otros pozos adicionales (3), en cuyo caso la duración de la etapa de perforación se vería extendida proporcionalmente.

J.1.10 Costos

Cada proyecto geotérmico posee un rango distinto de costos anticipables para la etapa de exploración, que refleja las condiciones de localización, acceso, las características anticipadas



del recurso, y el grado de exploración previa. Algunos de los factores que más influyen el costo de esta etapa son:

- Productividad y profundidad del yacimiento La productividad y las posibilidades de éxito de los pozos en un proyecto dado son por lo general factores muy variables aun dentro de un mismo yacimiento. Para la toma de decisiones cuando se consideran varios proyectos para los estudios de factibilidad, por lo general estos factores se mantienen constantes para todos los proyectos en competencia, quedando la profundidad como la única variable para la cuantificación económica.

Lejanía con respecto a los centros de suministro. Aquellos proyectos carentes de caminos de acceso adecuados, suministro de agua, energía y combustibles, facilidades habitacionales, *etc.*, deberán ser penalizados por el costo adicional que representa la construcción de obras de infraestructura tales como caminos, depósitos, bodegas y campamentos que puedan suplir dichas necesidades.

Nivel de conocimiento de la zona. La extensión y precisión de la información obtenida durante la etapa de prefactibilidad (mapeo geológico, estudios realizados, registros de pozos existentes, *etc.*), tienden a reducir los costos de los estudios de factibilidad en forma proporcional al volumen y la bondad de dichos trabajos realizados.

Complejidad operacional. Existe una amplia variedad de factores que pueden influenciar la complejidad de las operaciones durante esta etapa del proyecto, y por lo tanto pueden influenciar el costo total del mismo. Dentro de ellos se encuentran: complejidad geológica, condiciones topográficas adversas, extensión del proyecto, restricciones de tipo ambiental o políticas, *etc.* La penalización por cada uno o la combinación de estos factores se refleja en un tiempo mayor del requerido para la terminación normal de los estudios.

J.1.11 Organización del Proyecto



Durante la etapa de los estudios de factibilidad, se deberá contar con una organización del proyecto más centralizada que en la etapa de prefactibilidad. El proyecto deberá comenzar a tomar una identidad propia dentro de la organización que patrocina los trabajos, la cual le permitirá realizar las actividades propias de esta etapa en forma más independiente. Durante esta etapa se realizan operaciones, tales como la perforación de los pozos, que requiere de la toma de decisiones en el sitio y que son económicamente importantes. Igualmente, se requiere de cierta autonomía para realizar compras de materiales en forma rápida y eficiente.

J.2 Objetivos del Estudio de Factibilidad en el Área de Managua-Chiltepe

Según fue descrito en el Volumen VIII del Estudio de Plan Maestro, el área de Managua-Chiltepe posee numerosas características favorables que lo convierten en un sitio atractivo para el desarrollo geotérmico. Por lo tanto, fue seleccionada como una de las dos áreas para las cuales se elaboraron con mayor detalle los requerimientos para completar la fase de factibilidad. La segunda área para la cual se elaboraron los requerimientos para la factibilidad es la de Masaya-Granada-Nandaime, la cual se ha descrito en el Anexo K.

De acuerdo a lo discutido en las secciones anteriores, el estudio de factibilidad de un proyecto geotérmico tiene cuatro objetivos principales:

- demostrar que el recurso geotérmico tiene capacidad para sostener la operación de la central propuesta;
- proveer un diseño preliminar de la central y del resto de las instalaciones superficiales;
- demostrar que pueden superarse las restricciones ambientales y del uso de la tierra; y
- mostrar que el proyecto es atractivo económicamente.

En las secciones siguientes se describe el programa que cumple con estos cuatro objetivos para el área geotérmica de Managua- Chiltepe. Los cuatro objetivos se aplican de igual forma



a proyectos de generación eléctrica y a proyectos de uso directo. Sin embargo, dado que el objetivo principal del Estudio de Plan Maestro se concentra en definir la capacidad de generación eléctrica en las posibles áreas de interés geotérmico, el siguiente programa describe los pasos necesarios para demostrar la factibilidad para una central de generación eléctrica.

J.3 Demostración del Recurso Geotérmico

Con el fin de demostrar que un recurso geotérmico puede sostener un nivel propuesto de desarrollo, el estudio debe primero concentrarse en la recolección de información sobre las características físicas y químicas del yacimiento geotérmico. Para el área prospectada de Managua-Chiltepe, la demostración del recurso geotérmico puede lograrse mediante los siguientes cinco pasos:

- interpretación geológica detallada basada en técnicas de exploración;
- desarrollo de una fuente de abastecimiento de agua para la perforación;
- construcción de caminos y plataformas de perforación;
- perforación y prueba de agujeros exploratorios de poco diámetro; y
- perforación y prueba de pozos de diámetro comercial.

En las siguientes secciones se describen con mayor detalle las actividades a ejecutar en cada uno de estos cinco pasos. La Tabla I-J.1 muestra una síntesis de los costos estimados para dichos pasos. Se incluyen los costos estimados para obtener los permisos ambientales y los arrendamientos necesarios en cada paso, ya que estas actividades deben realizarse en forma simultánea con la demostración del recurso geotérmico. Como referencia, los costos totales de los permisos ambientales y arrendamientos se resumen en forma separada en la Tabla I-J.2, y se discuten más a fondo en la Sección J. 5. La Figura I-J.1 muestra un programa estimado 0 cronograma de todas las actividades relacionadas con la demostración de la factibilidad en el



área de Managua- Chiltepe, incluyendo la demostración del recurso geotérmico y la obtención de los permisos ambientales y los arrendamientos.

Cabe enfatizar que el trabajo descrito es solamente uno de los diferentes escenarios posibles mediante los cuales se puede demostrar la factibilidad de explotación del recurso geotérmico en Managua-Chiltepe. Dependiendo de las circunstancias que se puedan presentar durante el desarrollo, así también se pueden adoptar numerosas variantes en cuanto al tipo y los detalles de la explotación superficial y las operaciones de perforación, el programa de actividades y algunos otros aspectos del trabajo para alcanzar el mismo objetivo.

Por lo tanto, el programa de trabajo descrito más adelante constituye un enfoque representativo, aunque no único, para demostrar la factibilidad de explotación de un recurso geotérmico. También, los costos en las categorías individuales pueden variar considerablemente dependiendo del momento y de las condiciones prevalecientes en la región cuando se realice el trabajo. Se nota que el programa de trabajo carece de perforaciones de pozos someros de gradiente térmico, porque en el área de Managua - Chiltepe ya existe un número suficiente de pozos de abastecimiento de agua y manifestaciones termales naturales para definir la ubicación probable del recurso y pasar a la perforación de pozos más profundos sin gastos adicionales.

J.3.1 Interpretación Geológica Detallada

Una vez lograda la Concesión de Exploración, el desarrollador necesita crear un mapa detallado de la geología y de la infraestructura existente en el área del proyecto. Por lo general, esto implica obtener imágenes de satélite y fotografías aéreas que ayuden a interpretar las estructuras geológicas más importantes y que sirvan como guía en la elaboración del mapa de campo. En este informe se supone que el área de exploración se centrará en la Península de Chiltepe, la cual tiene un área aproximada de 115 km². El costo estimado de las imágenes infrarrojas de satélite para esta área, a escala de 1:50,000 está dentro del orden de los \$10,000. Se estima que para obtener un nuevo juego de fotografías aéreas de la Península de Chiltepe a



una escala de 1:10,000 (aproximadamente 20 hojas con una cobertura de seis km² por hoja) el costo estaría cercano a los \$30,000. Igualmente, se estima que la obtención de las imágenes de satélite y las fotografías aéreas puede durar seis semanas a partir de la fecha de aprobación de la Concesión de Exploración.

Una vez que las imágenes de satélite y las fotografías aéreas estén disponibles, se puede iniciar el trabajo de detalle en el campo. Con el fin de poder compartir más eficientemente los recursos disponibles durante esta etapa, en el programa de la Figura I-J.1 se prevé que los siguientes trabajos de campo, aunque de naturaleza diferente, se pueden llevar a cabo en forma simultánea (a partir del cuarto mes del cronograma):

- mapas geológicos detallados;
- muestreo químico de la fumarola sumergida en la Laguna de Jiloá;
- estudio gravimétrico detallado; y
- cualquier otro estudio geofísico (a juicio del desarrollador).

Se pretende que el mapeo geológico logre afinar el trabajo realizado durante las fases anteriores del proyecto, mejore el conocimiento de las principales estructuras geológicas y busque la verificación en el campo de las manifestaciones interpretadas a partir de las imágenes de satélite y de las fotografías aéreas. El cronograma prevé un mes de trabajo de campo de un geólogo y de sus asistentes de campo, a un costo aproximado de \$30,000. El muestreo químico de la fumarola en Laguna de Jiloá permitirá realizar estimaciones de las temperaturas del yacimiento mediante geotermometría. Se estima que el muestreo y el análisis químico tendrán un costo de unos \$7,500.

Un estudio de gravimetría proveería detalles adicionales sobre la estructura geológica y los posibles sitios de perforación, mediante la identificación de áreas en las cuales se encuentren yuxtapuestas rocas de diferente densidad. El costo estimado de este estudio es de unos



\$160,000, con lo cual se cubriría el trabajo de adquisición de datos con una densidad de estaciones entre moderada y alta en la mayor parte de la Península de Chiltepe, así como la preparación de un informe de interpretación. La Tabla I-J.1 también incluye una suma de \$36,500 para cualquier otro estudio geofísico (por ejemplo aeromagnetismo) que a juicio del desarrollador pueda necesitarse.

La interpretación geológica detallada concluiría con un informe corto sobre la interpretación de los datos de campo adquiridos durante esta actividad, que incluiría la selección provisional de los sitios propuestos para los pozos exploratorios e instrucciones para la recolección de datos necesarios para los permisos ambientales (ver Sección J.5). Se estima que este informe sobre interpretación geológica demandaría unas dos semanas, con un costo de \$15,000. El costo total de la interpretación geológica de detalle se estima en \$300,000, incluyendo \$10,000 para la preparación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para la Fase I, con el cual se pretende la obtención de la Concesión de Exploración, así como el pago de \$1,000 a los dueños de terrenos por los derechos de paso. El tiempo transcurrido desde que se recibe la Concesión de Exploración hasta la conclusión de la interpretación geológica en detalle se estima que sería de 14 semanas.

J.3.2 Suministro de Agua

La construcción de caminos y las perforaciones requieren de un abastecimiento confiable de agua. En la Península de Chiltepe sería posible obtener agua de la Laguna de Jiloá o de la Laguna de Apoyeque. De otra forma, sería necesario perforar uno o más pozos. El costo estimado en la Tabla I-J.1 incluye la perforación de dos pozos para el suministro de agua. Se supone que éstos tendrían una profundidad de 200 m y el costo estimado sería de \$65,000 cada uno.

La información disponible actualmente sugiere que entre los dos lagos puede estar presente una zona de subida de fluidos geotérmicos profundos (ver **Figura VIII-5.1**). Suponiendo que las perforaciones exploratorias se concentrarían en esta área, el sistema para el suministro de



agua probablemente tenga que contemplar una diferencia de elevación de hasta 350 metros y una tubería provisional de hasta tres km de longitud. Por lo tanto, para propósitos de esta estimación, los mismos costos son válidos, ya sea para tomar y conducir el agua de los lagos o para obtenerla a partir de pozos perforados para este propósito.

Se estima que el programa de perforaciones exploratorias tomará un tiempo aproximado de 18 meses desde el inicio de la construcción del camino hasta la terminación de la perforación de tres pozos de diámetro comercial (Figura I-J.1). El costo estimado para el suministro del agua incluye el alquiler de tres km de tubería provisional de seis pulgadas de diámetro, los tanques para almacenar el agua y dos bombas centrífugas con motor diesel durante todo este período. Se estima que el costo de la tubería provisional y de los tanques sería de \$27,000, y el costo de las bombas de \$36,000. El costo total para disponer de un suministro de agua se estima en \$200,000 (incluyendo el pago de \$5,000 a los propietarios de terrenos por los derechos de paso y de \$2,000 por los permisos e informes reglamentarios). Se supone que la construcción del acueducto para suministro de agua tomaría 11 semanas y que su construcción se completaría antes de iniciar la construcción del camino (séptimo mes del cronograma).

J.3.3 Caminos y Plataformas de Perforación

Se prevé que la construcción de los caminos y plataformas necesarias para llevar a cabo el programa de perforación exploratoria se hará en dos etapas. Durante la primera se construirán los caminos y las plataformas de perforación de dos pozos de exploración de diámetro reducido. Se asume que las plataformas de perforación para los agujeros de diámetro reducido se construirían con las dimensiones definitivas (60 m x 80 m) para posteriormente poder instalar pozos de diámetro comercial en los mismos sitios. La segunda etapa contemplaría la perforación de tres pozos de diámetro comercial que se iniciarían únicamente cuando se hayan evaluado los resultados de los pozos exploratorios de diámetro reducido. Durante esta etapa, puede ser necesario que los caminos que se construyeron al inicio requieran de mejoramiento para que pueda transportarse un equipo de perforación de gran capacidad, y los caminos



tendrían que llegar hasta el sitio de la tercera perforación, donde se construiría otra plataforma de tamaño comercial.

Se supone que se necesitarán unos cinco km de caminos para el acceso a las tres plataformas de perforación, con el objeto de dar un espaciamiento suficiente para propósitos de exploración prospectiva en el área de Managua- Chiltepe. Se estima que los caminos con capacidad para permitir el paso de los equipos de perforación de gran tamaño costarían unos \$50,000 por kilómetro. Cada sección del camino y la construcción de la respectiva plataforma tomaría aproximadamente un mes, con un periodo de unos cinco meses entre las dos etapas, para perforar y probar los agujeros exploratorios de menor diámetro.

La **Figura I-J.2** muestra la disposición típica de una plataforma de perforación de diámetro comercial, incluyendo una laguna de reserva con dimensiones totales de 18m x 30m con una berma divisoria que permita separar el lodo de perforación del agua producida. El foso de reserva debe tener aproximadamente 2.5 metros de profundidad, y los lados deben tener taludes con una pendiente mínima de 2:1. Los lados y el fondo del foso de reserva deberán ir revestidos con arcilla y compactados antes de depositar los fluidos en ella. Se estima que la construcción de las plataformas de perforación costaría unos \$30,000 cada una.

El costo total de la construcción de caminos y plataformas de perforación para exploración en el área de prospección de Managua-Chiltepe es de unos \$350,000 (Tabla I-J.1). En esta suma se incluye un pago estimado en \$9,000 para los dueños de terrenos por los derechos de paso, y \$1,000 adicionales para cubrir el costo de los permisos (tales como permisos de nivelación con tractor).

J.3.4 Pozos Exploratorios de Diámetro Reducido

Se supone que el programa de perforación en el área de Managua-Chiltepe dará inicio con la perforación de dos pozos agujeros exploratorios de diámetro reducido, con una profundidad de aproximadamente 1,250 m. Estos pozos de diámetro reducido se perforarían para:



- confirmar la presencia de temperaturas comerciales a cierta profundidad;
- definir la secuencia de los tipos de roca y la profundidad de zonas permeables;
- obtener un indicio preliminar de la productividad mediante pruebas de inyección (si se encuentra suficiente permeabilidad) y de producción;
- realizar un muestreo y análisis químico de los fluidos del yacimiento; y
- obtener los datos necesarios para optimizar el diseño del ademe de los pozos de diámetro comercial que se perforarán posteriormente.

La **Figura I-J.3** muestra el diagrama completo para el diseño típico de un ademe de diámetro reducido. Tal diseño prevé que el fondo del pozo tenga un diámetro de 6-1/4 pulgadas (15.9 centímetros), que sería suficientemente amplio como para permitir un caudal razonable durante las pruebas de producción, si la formación productora es lo suficientemente permeable. Si bien este diámetro puede resultar muy pequeño para la producción efectiva a largo plazo, es lo suficientemente amplio como para permitir luego que el pozo de diámetro reducido pueda ser utilizado como pozo de inyección. Las profundidades del ademe que se indican en la **Figura I-J.3** son sólo aproximadas, y dependerán de las condiciones reales encontradas durante la perforación. El uso de un ademe ranurado es opcional, y puede requerirse si las formaciones en la sección productora del pozo tienden a ser deleznable.

En la **Figura I-J.4** se muestra el tiempo programado y el costo de perforación de un pozo exploratorio de diámetro reducido según el diseño descrito anteriormente. En la Tabla I-J.3 se resume el programa de perforación y los costos previstos asociados. Suponiendo que al momento de realizar este trabajo no se encuentre disponible en Nicaragua un equipo de perforación con el tamaño y la capacidad para perforar agujeros de diámetro reducido, haciéndose necesario traerlo desde el exterior, se estima que el costo de movilización y desmovilización sea cercano a los \$400,000, el cual se distribuye en partes iguales entre los



dos pozos de diámetro reducido. Tales costos pueden reducirse de manera significativa si el equipo de perforación requerido se encuentra disponible en Nicaragua.

Se estima que se requiere de unas seis semanas para perforar cada pozo de diámetro reducido, incluyendo pruebas cortas de producción o inyección con el equipo todavía en su sitio. Se estima que las actividades de la Tabla I-J.3 tienen un costo de unos \$886,000 por cada pozo de diámetro reducido. Para efectos de presupuesto, es prudente incluir un 10% para cubrir imprevistos. Esto lleva el costo estimado por pozo de diámetro reducido a unos \$975,000, como se muestra en la Tabla I-J.1.

El cronograma (**Figura I-J.1**) muestra un período de cinco semanas para las pruebas de cada uno de los dos pozos exploratorios de diámetro reducido, una vez que los equipos de perforación hayan sido retirados del sitio. Esto da tiempo para que los pozos recuperen su temperatura después de haber sufrido un enfriamiento por las actividades de perforación y las pruebas de inyección. También permite que haya suficiente tiempo para realizar una prueba de producción, que toma aproximadamente una semana (si el pozo es capaz de fluir), así como para realizar varios sondeos de temperatura y presión. Estos sondeos pueden hacerse con el pozo en condición estática o de flujo, dependiendo de las características del pozo. Para efectos de presupuesto, para cada pozo de diámetro reducido se supone que se realizarán tres sondeos de temperatura y presión.

Se estima que el costo total para perforar y probar los dos pozos de exploración de diámetro reducido en Managua-Chiltepe será de \$2,150,000 (Tabla I-J.1). Aquí se incluyen \$50,000 para preparar la Fase II del EIA y obtener el Permiso Ambiental para la perforación exploratoria. Asimismo incluye el arrendamiento de una bomba y la correspondiente tubería para una prueba de inyección, y la compra de equipo (tuberías, manómetros y equipo para registro de datos) para una prueba de producción. También está incluido el costo del muestreo químico y el análisis de los fluidos del yacimiento geotérmico, obtenido ya sea de los pozos en condición de flujo o por muestreo en el fondo del pozo. Los costos de mano de obra para la instalación del



equipo, supervisión y análisis de los datos se estiman en \$37,500 para cada una de las pruebas de cinco semanas de duración (\$75,000 para los dos pozos). El tiempo total de perforación y prueba de los dos pozos exploratorios de diámetro reducido se estima que sea de seis meses, desde el inicio en que se soliciten los permisos necesarios (después de obtener el Permiso Ambiental) hasta que finalizan las pruebas del segundo pozo de diámetro reducido (Figura I-J.1).

J.3.5 Pozos de Diámetro Comercial

Se estima que la demostración del recurso geotérmico en Managua-Chiltepe para efectos de un estudio de factibilidad requiere perforar tres pozos de diámetro comercial hasta una profundidad de aproximadamente 1,500m. El propósito de estos pozos es:

- confirmar la productividad del recurso;
- buscar indicios sobre la extensión de la zona y el espesor del yacimiento; y
- obtener suficiente información sobre el desempeño del pozo (caudal de producción, valores de entalpía y datos químicos) que permitan realizar el diseño preliminar de las instalaciones superficiales.

La Figura I-J.5 muestra un diagrama completo para el diseño del ademe de un pozo típico de diámetro comercial. Este diseño prevé un diámetro de 8-1/2 pulgadas (27.9 centímetros) en el intervalo de producción del pozo, lo cual debería ser adecuado para demostrar la productividad del yacimiento. Si mediante los pozos de diámetro reducido se llega a probar que la permeabilidad de las formaciones es muy alta, podrá incrementarse el diámetro de los nuevos pozos de diámetro comercial o cualquier otro nuevo pozo de desarrollo, con el fin de disminuir las pérdidas de presión por factores de fricción dentro del agujero y mejorar la productividad. Las profundidades del ademe que se muestran en la Figura I-J.5 son aproximadas y dependerán de las condiciones reales encontradas en el momento de realizar la perforación.



La **Figura I-J.6** muestra el tiempo programado y el costo para perforar un pozo de diámetro comercial de acuerdo con el diseño descrito. La Tabla I-J.4 presenta una síntesis del programa y de los costos previstos. Los costos de movilización y desmovilización de los equipos de perforación para este tipo de pozo se estiman en un total de \$600,000 y se han distribuido equitativamente entre los tres pozos de diámetro comercial. Tal como ya se ha explicado para el caso del equipo de perforación de diámetro reducido, estos costos podrían disminuir de manera muy significativa si en el momento de contratar los servicios se encuentra en Nicaragua un equipo de perforación con las características adecuadas. Se estima que serán necesarias unas siete semanas para perforar cada pozo de diámetro comercial, incluyendo las pruebas con el equipo de perforación en el sitio. Se estima que las actividades mostradas en la Tabla I-J.4 tienen un costo de aproximadamente \$1,324,000 por pozo. Incluyendo un 10% de imprevistos, se llega a un total estimado por pozo de aproximadamente \$1,456,000, como se muestra en la Tabla I-J.1.

Como en el caso de los pozos de diámetro reducido, se estiman cinco semanas para probar cada uno de los pozos de diámetro comercial, una vez que se haya retirado el equipo de perforación (**Figura I-J.1**). Las pruebas incluyen una prueba de producción por un período aproximado de una semana, una vez que el pozo se haya recuperado y estabilizado por completo. La **Figura I-J.7** muestra la disposición típica para una prueba de flujo de un pozo de diámetro comercial, incluyendo un separador para pruebas y un vertedero.

El costo total de los tres pozos de diámetro comercial en el área de Managua-Chiltepe se estima que es de \$4,570,500 (Tabla I-J.1). En este monto se incluye el costo del separador para las pruebas de producción y cualquier otro equipo que no se hubiere adquirido antes para la prueba de los pozos de diámetro reducido. También se incluyen los costos de los sondeos de temperatura y presión (tres sondeos por cada pozo), el muestreo y análisis químicos, y el costo de la mano de obra para la instalación de equipo, supervisión y análisis de datos. Se estima que el tiempo total de la perforación y prueba de los tres pozos de diámetro comercial es de 10



meses, contados a partir de la solicitud de los contratistas para los equipos de perforación hasta la finalización de un informe con los resultados de la perforación y las pruebas (Figura I-J.1).

J.4 Diseño Preliminar de la Central Eléctrica y de las Instalaciones Superficiales

Una vez que los resultados de la perforación hayan dado suficientes datos, se debe preparar el diseño preliminar de la central eléctrica y de las correspondientes instalaciones superficiales. Como se indicó anteriormente, el diseño debe incluir:

- la capacidad planeada de la central (megavatios);
- el tipo de central eléctrica (vapor seco, por flasheo, o binaria);
- los caudales estimados de producción e inyección;
- la localización provisional del sitio de la central y de los pozos adicionales; y
- las rutas propuestas para las tuberías superficiales y la línea de transmisión.

Este diseño preliminar permitirá estimar los costos de construcción, operación y mantenimiento. También se requiere para el análisis asociado a la Fase III del Estudio de Impacto Ambiental, con el fin de obtener la Concesión de Explotación y la Licencia de Generación. El diseño final de las instalaciones sobre el terreno dependerá de los resultados obtenidos a partir de los estudios subsiguientes de la perforación de desarrollo del campo.

Para poder entregar un diseño preliminar conducente a un estudio de factibilidad, el desarrollador puede emplear los servicios de un contratista especializado en ingeniería, adquisiciones y construcción. Se estima que esta labor de diseño tomaría unos dos meses (incluyendo la selección del contratista antes citado) con un costo aproximado de \$60,000.

J.5 Permisos Ambientales y Concesiones



Según se ha discutido en detalle en el Anexo G, los proyectos geotérmicos en Nicaragua requieren de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) desarrollado en tres fases:

- Fase 1, que busca obtener un Permiso Ambiental otorgado por MARENA para la exploración superficial, con el fin de obtener la Concesión de Exploración del INE;
- Fase 2, que busca obtener un Permiso Ambiental otorgado por MARENA para llevar a cabo la perforación exploratoria; y
- Fase 3, que busca obtener un Permiso Ambiental otorgado por MARENA para las perforaciones de desarrollo y la construcción de la central, con el fin de obtener la Concesión de Explotación y la Licencia de Generación por parte del INE.

La Tabla I-J.2 presenta los costos estimados en que se incurriría para desarrollar estas tres fases del EIA para el proyecto Managua-Chiltepe, así como para obtener las concesiones y derechos de paso de los propietarios privados de tierras. Como se discutió en la Sección J.3, los costos de las Fases 1 y 2 del EIA y de las actividades de arrendamiento asociadas, ya han sido incluida en la síntesis de costos para la demostración del recurso geotérmico (Tabla I-J.1). Los costos ambientales y de concesión se consideran aquí en forma separada para resaltar su contribución en los costos totales.

Se asume que el trabajo relacionado con la Fase 1 se puede lograr utilizando la información pública disponible, sin tener que recurrir a trabajos adicionales de campo. Se estima que el costo que tendría el desarrollador para preparar la documentación de la Fase 1 y negociar los Términos de Referencia sería de \$10,000.

Se espera que la Fase 2 necesite de los siguientes trabajos de campo en los alrededores de las plataformas de perforación planeadas para los pozos exploratorios:

- estudio arqueológico;



- estudio biológico;
- muestreo del suelo; y
- evaluación preliminar de los peligros geológicos.

Con el fin de poder compartir los recursos disponibles, este trabajo de campo está programado para que coincida con el mapeo geológico, el muestreo químico y los estudios geofísicos necesarios para la interpretación geológica detallada del área prospectada (durante el cuarto mes del cronograma, **Figura I-J.1**). Por consiguiente, la evaluación preliminar de los peligros geológicos (deslizamientos de tierra, inundación, erupciones volcánicas y erupción freática), no tiene ningún costo por separado, ya que forma parte de la interpretación geológica. En total, el trabajo de campo y la preparación del informe de la Fase II del EIA se estima que requeriría de 11 semanas, con un costo para el desarrollador de aproximadamente \$50,000 (Tabla I-J.2).

Se prevé que la Fase 3 del EIA se inicie una vez que el Permiso Ambiental para la perforación exploratoria haya sido recibido. Esto implica un año de recolección de datos básicos sobre:

- clima (velocidad y dirección del viento, presión barométrica, temperatura y precipitación);
- hidrología (nivel del agua en pozos, arroyos y lagos seleccionados);
- calidad del aire (muestreo trimestral de contaminantes atmosféricos, como el sulfuro de hidrógeno); y
- calidad del agua (muestreo trimestral de aguas superficiales y subterráneas de contaminantes tales como el arsénico, boro y mercurio).

Esto también implica revisar los datos disponibles sobre demografía y comercio locales, y realizar reuniones comunitarias periódicas, con el fin de evaluar los potenciales impactos



socioeconómicos del proyecto. Una vez que las pruebas hayan suministrado información suficiente sobre la composición química de los fluidos producidos, el modelo atmosférico puede requerir la evaluación del impacto causado por las emisiones del sitio propuesto para la central.

Se estima que la obtención de una Concesión de Explotación y de una Licencia de Generación para Managua-Chiltepe tomaría un total de 20 meses, incluyendo 13 meses para la recolección de datos básicos y siete para preparar la documentación de la Fase III del EIA, y obtener las respectivas aprobaciones de MARENA y del INE (Figura I-J.1). Se estima que el trabajo relacionado con la Fase III del HA tendrá un costo aproximado de \$150,000. El costo total para el desarrollo de todas las tres fases del EIA y otros pagos por concepto de arrendamientos y derechos de paso se estima en \$225,000 (Tabla I-J.2).

J.6 Estudio de Factibilidad

El estudio de factibilidad comprende los resultados técnicos de la investigación (en relación con el recurso geotérmico, las instalaciones a nivel de terreno y los requisitos ambientales) y se le incorpora la dimensión del análisis económico. Después de obtener la Concesión de Exploración, el desarrollador debe revisar las condiciones del mercado local y regional para identificar la forma de comercialización de la energía generada y luego crear una proyección preliminar de los egresos e ingresos generados por el proyecto, tomando en cuenta las posibilidades ofrecidas por las nuevas condiciones del mercado eléctrico en Nicaragua y la Ley de la Industria Eléctrica. A ese punto la efectiva configuración del mercado eléctrico y las relaciones vigentes entre los agentes productores, comercializadores y consumidores, definirán las formas y los mecanismos más oportunos para la venta de la energía generada, ya sea a través de contrataciones entre los agentes o a través de mecanismos de mercado de ocasión.

Conforme los resultados de la investigación técnica estén disponibles, los costos estimados de gastos de capital y los costos de Operación y Mantenimiento se pueden definir mejor, y de acuerdo a ello se puede revisar la pro-forma. En el momento en que se completa la perforación



exploratoria y se haya preparado el diseño preliminar de las instalaciones superficiales, la pro-forma deberá demostrar un indicio confiable sobre el atractivo económico del proyecto.

El costo del estudio de factibilidad del proyecto Managua-Chiltepe incluye el costo de la Fase 3 del EIA (\$150,000). También incluye el costo de una síntesis de las características del recurso geotérmico y del diseño preliminar de la central (\$22,500), así como una síntesis de la economía del proyecto, con una pro-forma actualizada (\$20,000). Se estima que preparar la documentación para el estudio de factibilidad tomaría seis semanas con un costo de \$45,000. Por lo tanto, el costo total de esta parte del estudio de factibilidad se estima en \$237,500. Se estima que el costo total para demostrar la factibilidad de un proyecto geotérmico en Managua-Chiltepe (incluyendo la demostración del recurso geotérmico y el diseño preliminar de la central) sería de \$7,868,000 (Tabla I-J.5).

T A B L A S

Tabla I-J.1: Costos Estimatos Para la Demostración del Recurso Geotérmico, Proyecto Managua-Chiltepe

A. Interpretación Geológica de Detalle

Preparación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) - Fase 1 para Obtener la Concesión de Exploración	\$10,000
Imágenes de Satélite de la Península de Chiltepe - 115 kilómetros cuadrados (km ²)	\$10,000
Fotografía Aérea (1:10,000) - 20 hojas con una cobertura de 6 km ² por hoja	\$30,000
Pagos a los dueños de terrenos para el acceso durante los estudios de línea base y exploración de superficie	\$1,000
Mapeo de campo (un mes)	\$30,000
Muestreo y análisis químico de nacientes calientes en la Laguna de Apoyeque y fumarolas en la Laguna de Jiloá	\$7,500
Sondeo de gravedad en la Península de Chiltepe (115 km ²)	\$160,000
Otros sondeos geofísicos (p.e., aeromagnetismo)	\$36,500
Análisis de datos y preparación de informe (2 semanas)	\$15,000

Subtotal \$300,000

B. Suministro de Agua

Alquiler de tubería I - 3 km de tubería de aluminio de 6-pulgadas por 18 meses	\$27,000
Alquiler de dos bombas centrífugas por 18 meses	\$36,000
Pozo de Agua - dos pozos, aproximadamente de 200m de profundidad, a \$65,000 cada uno	\$130,000
Pagos a los dueños de terrenos por los derechos de paso para la tubería de agua y para los pozos de agua	\$5,000
Obtención de permisos y preparación de informes	\$2,000

Subtotal \$200,000

C. Caminos y Plataformas de Perforación

Pagos a los dueños de terrenos por los derechos de paso y plataformas	\$9,000
Construcción de Caminos- aproximadamente 5 km a \$50,000/km	\$250,000
Construcción de Plataformas - 3 plataformas, 60m X 80m, a \$30,000 cada una	\$90,000
Permisos	\$1,000

Subtotal \$350,000

Tabla I-J.1: Costos Estimatos Para la Demostración del Recurso Geotérmico, Proyecto Managua-Chiltepe

D. Pozos Exploratorios de Diámetro Reducido

Preparación del EIA - Fase 2 para obtener el Permiso Ambiental de perforación exploratoria	\$50,000
Costo de Perforación - 2 pozos a \$975,000 cada uno (incluye 10% de costos contingentes)	\$1,950,000
Costo de las pruebas (después de despachar el equipo de perforación)	
Toma de registros de temperatura y presión - 3 registros por pozo a \$5,000 por registro	\$30,000
Pruebas de inyectividad - alquiler de bombas y tuberías para la prueba de ambos pozos	\$20,000
Adquisición de equipos de prueba de producción de los pozos (tuberías, instrumentos, registradores)	\$15,000
Toma de muestras químicas y análisis de laboratorio a \$5,000 por pozo	\$10,000
Mano de obra especializada - 5-semanas por pozo	\$75,000

Tabla I-J.1: Costos Estimados Para la Demostración del Recurso Geotérmico, Proyecto Managua-Chiltepe

Subtotal para pruebas		\$150,000
Subtotal		\$2,150,000
E. Pozos de Diámetro Comercial		
Costos de Perforación - 3 pozos a \$1,456,000 cada uno (incluye 10% de costos contingentes)		\$4,368,000
Costo de las pruebas de pozos (después de despachar el equipo de perforación)		
Toma de registros de temperatura y presión - 3 registros por pozo a \$5,000 por registro	\$45,000	
Separador de pruebas y equipo de pruebas asociado	\$30,000	
Toma de muestras químicas y análisis de laboratorio a \$5,000 por pozo	\$15,000	
Mano de obra especializada - 5-semanas por pozo	\$112,500	
Subtotal para pruebas		\$202,500
Subtotal		\$4,570,500
Gran Total Para la Demostración del Recurso Geotérmico		<u><u>\$7,570,500</u></u>

Tabla I-J.2: Costo Estimado de Concesiones y Permisos Ambientales, Proyecto Geotérmico de Managua-Chiltepe

A. Concesiones y Permisos Ambientales

Preparación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Fase 1 para obtener la Concesión de Exploración	\$10,000
Preparación del EIA - Fase 2 para obtener Permiso Ambiental para perforación exploratoria	
Estudio arqueológico	\$15,000
Estudio biológico	\$12,500
Muestreo y análisis de suelos	\$7,500
Preparación de Informe	\$15,000
Subtotal	\$50,000
Preparación del EIA - Fase 3 para obtener la Concesión de Explotación	
Monitoreo de las condiciones climáticas - adquisición de equipos y 12 meses de monitoreo	\$27,000
Monitoreo de las condiciones hidrológicas - adquisición de equipos y 12 meses de monitoreo	\$22,000
Muestreo y análisis de la calidad del aire - 4 muestras trimestrales	\$10,000
Muestreo y análisis de la calidad del agua - 4 muestras trimestrales	\$10,000
Monitoreo de las manifestaciones termales - 4 visitas a los sitios a \$1,000 cada una	\$4,000
Reuniones con la comunidad - 4 reuniones a \$1,000 cada una	\$4,000
Modelado de las condiciones atmosféricas	\$15,000
Recolección de datos sobre condiciones socio-económicas	\$13,000
Preparación del Informe (6 semanas)	\$45,000
Subtotal	\$150,000

B. Alquiler de terrenos y derechos de paso - Pagos a los dueños de terrenos

Acceso para realizar los estudios de superficie (geología, geofísica, y geoquímica)	\$1,000
Acceso para la perforación de pozos para agua y derechos de paso para las tuberías de conducción de agua	\$5,000
Derechos de paso para la construcción de caminos y plataformas de perforación 5 km de caminos, 3 plataformas de perforación	\$9,000
Subtotal	\$15,000

Costo total de las Concesiones y Permisos Ambientales \$225,000

Tabla I-J.3: Programa Anticipado para la Perforación de Pozos de Diámetro Reducido en el Proyecto Geotérmico Managua-Chiltepe, Nicaragua

Actividad	Días	Total Días Perforación	Prof. Aproximada (metros)	Costo	Costo Acumulado
1. Movilización y Erección del Equipo (costo estimado)	Ver Nota	0	0	\$200,000	\$200,000
2. Perforación Agujero de 17-1/2" hasta 11 metros.	1	1	11	\$15,000	\$215,000
3. Instalación y Cementación del Ademe de 13-3/8" a 10 metros.	1	2	11	\$15,980	\$230,980
4. Perforación Agujero 12-1/4" hasta 201 metros @ 40 metros/día.	5	7	201	\$75,000	\$305,980
5. Instalación y Cementación Ademe de 9-5/8" a 200 metros.	1	8	201	\$28,200	\$334,180
6. Perforación Agujero de 8-1/2" hasta 701 metros @ 40 metros/dí	13	21	701	\$195,000	\$529,180
7. Instalación y Cementación Ademe de 7" a 701.0 m	1	22	701	\$47,200	\$576,380
8. Perforación Agujero de 6-1/4" hasta 1,250 meters @ 40 metros/	14	36	1,250	\$210,000	\$786,380
9. Instalación Ademe Ranurado de 5" (opcional).	1	37	1,250	\$80,030	\$866,410
10. Prueba Corta Inicial del Pozo y Toma de Registros. Fin del Pozo	2	39	1,250	\$20,000	\$886,410

Notas:

Costos Globale (\$15,000/día) incluye costo de contratista de perforación, barrenas, alquiler de herramientas, combustibles, servicios de cementación, lodos, servicios de lodos, supervisión, ingeniería, geología y costos misceláneos.

Ademes, accesorios de ademe y árbol de válvulas son estimados en forma separada:

Ademe de 13-3/8-pulgada - \$98/metro (\$30/pie)

Ademe de 9-5/8-pulgada - \$66/metro (\$20/pie)

Ademe de 7-pulgadas - \$46/metro (\$14/pie)

Liner ranurado de 5-pulgadas - \$62/metro (\$19/pie)

Accesorios de Ademe y Arbol de Valvulas - \$30,000 (suma unica)

Total de costos de movilización y desmovilización se estiman en \$400,000 para dos pozos, repartido en partes iguales entre los dos.

El costo total incluye:

\$200,000 para movilización al primer sitio y ereccion del equipo (2 semanas)

\$30,000 para mover el equipo del primero al segundo sitio (5 días)

\$170,000 para desmovilizar el equipo fuera del area despues de terminar el segundo pozo (2 semanas)

El costo de las pruebas cortas con el equipo sobre el pozo se estiman en \$10,000/día.

Tabla I-J.4: Programa Anticipado para la Perforación de Pozos de Diámetro Comercial en el Proyecto Geotérmico Managua-Chiltepe, Nicaragua

Actividad	Días	Total Días Perforación	Prof. Aproximada (metros)	Costo	Costo Acumulado
1. Movilización y Erección del Equipo (costo estimado)	5	0	0	\$200,000	\$200,000
2. Perforación del Agujero de 26" a 61 metros (40 metros/día)	2	2	61	\$40,000	\$240,000
3. Instalación y Cementación del Ademe de 20" a 60 metros.	1	3	61	\$29,840	\$269,840
4. Perforación del Agujero de 17-1/2" a 401 metros (40 metros/día)	9	12	401	\$180,000	\$449,840
5. Instalación y Cementación del Ademe de 13-3/8" a 400 metros	2	14	401	\$79,200	\$529,040
6. Perforación del Agujero de 12-1/4" a 801 metros (40 metros/día)	10	24	801	\$200,000	\$729,040
7. Instalación y Cementación del Ademe de 9-5/8" a 800 metros.	2	26	801	\$92,800	\$821,840
8. Perforación del Agujero de 8-1/2" a 1,500 metros (40 metros/día)	18	44	1,500	\$360,000	\$1,181,840
9. Instalación del Ademe Ranurado de 7"	1	45	1,500	\$102,185	\$1,284,025
10. Prueba Corta Inicial del Pozo y Toma de Registros. Fin del Trabajo	4	49	1,500	\$40,000	\$1,324,025

Notas:

Costos Globales (\$20,000/día) incluye costo de contratista de perforación, barrenas, alquiler de herramientas, combustibles, servicios de cementación, lodos, servicios de lodos, supervisión, ingeniería, geología y costos misceláneos.

Ademes, accesorios de ademe y árbol de válvulas son estimados en forma separada:

- Ademe de 20-pulgadas - \$164/metro (\$50/pie)
- Ademe de 13-3/8-pulgada - \$98/metro (\$30/pie)
- Ademe de 9-5/8-pulgada - \$66/metro (\$20/pie)
- Liner ranurado de 7-pulgadas - \$59/metro (\$18/pie)
- Accesorios de Ademe y Arbol de Valvulas - \$40,000 (suma unica)

Total de costos de movilización y desmovilización se estiman en \$600,000 para los tres pozos, repartido en partes iguales entre los tres.

El costo total incluye:

- \$300,000 para movilización al primer sitio y erección del equipo (1 mes)
- \$50,000 para mover el equipo del primero al segundo sitio (1 semana)
- \$50,000 para mover el equipo del segundo al tercer sitio (1 semana)
- \$200,000 para desmovilizar el equipo fuera del area despues de terminar el tercer pozo (2 semanas)

El costo de las pruebas cortas con el equipo sobre el pozo se estiman en \$10,000/día.

Tabla I-J.5 Resumen de Costos Estimados Para la Demostración de la Factibilidad del Proyecto Geotérmico de Managua-Chiltepe

I. Demostración del Recurso Geotérmico		
A. Interpretación Geológica de Detalle	\$300,000	
B. Suministro de Agua	\$200,000	
C. Caminos y Plataformas de Perforación	\$350,000	
D. Agujeros Exploratorios de Diámetro Reducido	\$2,150,000	
E. Pozos de Diámetro Comercial	\$4,570,500	
Subtotal		\$7,570,500
II. Diseño Preliminar de las Instalaciones de Superficie		
		\$60,000
III. Estudio de Factibilidad (Evaluación Técnico-Económica)		
A. Resumen de las características del recurso geotérmico y diseño preliminar de la planta	\$22,500	
B. Resumen de consideraciones de tipo ambiental - preparación del EIA - Fase 3	\$150,000	
C. Síntesis económica - pronóstico de rentabilidad, capital y costos de O&M	\$20,000	
D. Preparación de Informe - 6 semanas	\$45,000	
Subtotal		\$237,500
Gran Total		\$7,868,000

FIGURAS

Figura I-J.1: Cronograma para la Demostración de la Factibilidad del Proyecto Geotérmico Managua-Chiltepe		Duración	Año 1												Año 2				Año 3										
			Trimestre 1			Trimestre 2			Trimestre 3			Trimestre 4			Trimestre 1		Trimestre 2		Trimestre 3		Trimestre 4								
Descripción de la Actividad			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	Obtención de Concesión para Exploración	6 semanas	█																										
1.1	Presentación Solicitud a MARENA	-																											
1.2	Negociación Términos de Referencia	20 días			█																								
1.3	Presentación EIA-Fase 1 (para exploración superficial) ante MARENA	-																											
1.4	Revisión por MARENA de EIA-Fase 1	10 días			█																								
1.5	Recepción por MARENA Permiso Ambiental para la Fase 1	-																											
1.6	Recepción por INE la Concesión para Exploración	-																											
2	Confirmación del Mercado Eléctrico	3 meses	█																										
2.1	Revisión datos del precio de la electricidad a nivel local y regional	3 semanas			█																								
2.2	Preparación pro-forma para demostrar la viabilidad económica del proyecto	3 semanas			█																								
2.3	Negociación MOU con el comprador de la energía	6 semanas			█																								
3	Interpretación Geológica de Detalle	14 semanas	█																										
3.1	Imágenes de Satélite	10 semanas	█																										
3.1.1	Adquisición imágenes	6 semanas	█																										
3.1.2	Interpretación	1 mes			█																								
3.2	Fotografía Aérea	10 semanas	█																										
3.2.1	Adquisición fotografías	6 semanas	█																										
3.2.2	Interpretación	1 mes			█																								
3.3	Obtención derechos de paso de los dueños de terreno(s) p/ trab. de camp	3 semanas			█																								
3.4	Mapeo geológico detallado	1 mes			█																								
3.5	Muestreo químico	6 semanas			█																								
3.5.1	Muestreo de fumarola sumergida en Laguna de Jiloa	-																											
3.5.2	Remisión de muestras a laboratorio certificado	2 semanas			█																								
3.5.3	Análisis de laboratorio - elaboración de informe	1 mes						█																					
3.6	Sondeos Geofísicos	10 semanas	█																										
3.6.1	Sondeos de Gravedad	10 semanas	█																										
3.6.1.1	Selección contratista	3 semanas			█																								
3.6.1.2	Ejecución sondeo	1 mes						█																					
3.6.1.3	Preparación informe	3 semanas																											
3.7	Otros sondeos geofísicos (seleccionados por el cliente)	10 semanas	█																										
3.8	Preparación informe de síntesis de los datos geológicos	2 semanas																											
4	Obtención "Permiso Ambiental" para Perforación Exploratoria	11 semanas	█																										
4.1	Selección sitios provisionales para pozos y planta	2 semanas			█																								
4.2	Verificación compatibilidad con las restricciones del uso de la tierra	1 mes						█																					
4.3	Reunión con políticos locales y autoridades civiles	1 mes																											
4.4	Obtención datos ambientales pertinentes a la perforación	6 semanas			█																								
4.4.1	Estudios arqueológicos	1 mes																											
4.4.2	Estudios biológicos (flora y fauna indígena)	1 mes																											
4.4.3	Muestreo y análisis de suelos	6 semanas			█																								
4.4.3.1	Toma de muestras de suelos	-																											
4.4.3.2	Envío de muestras a laboratorios calificados	2 semanas																											
4.4.3.3	Análisis de laboratorio y elaboración de informe	1 mes																											
4.4.4	Evaluación preliminar del riesgo geológico	1 mes																											
4.5	Preparación del EIA Fase 2 (Perforación de Exploración)	2 semanas																											
4.6	Presentación EIA Fase 2 ante MARENA	-																											
4.7	Revisión por MARENA EIA - Fase 2	2 semanas																											
4.8	Recepción de MARENA "Permiso Ambiental" para Fase 2	-																											

Figura I-J.1: Cronograma para la Demostración de la Factibilidad del Proyecto Geotérmico Managua-Chiltepe		Duración	Año 1												Año 2				Año 3										
			Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4	Trimestre 1														
Descripción de la Actividad			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
5	Suministro de Agua	11 semanas																											
5.1	Determinación disponibilidad del agua del lago (Apoyeque o Jiloa)	2 semanas																											
5.2	Perforación pozo(s) para suministro de agua, si es necesario	7 semanas																											
5.2.1	Obtención derechos de paso de los dueños de terrenos	3 semanas																											
5.2.2	Obtención permisos necesarios	2 semanas																											
5.2.3	Selección contratista de perforación	2 semanas																											
5.2.4	Perforación y prueba el pozo(s)	1 mes																											
5.3	Construcción instalaciones temporales para acarreo fluidos desechables	3 semanas																											
5.4	Construcción estación para bombeo y/o tanque	2 semanas																											
6	Construcción de caminos y plataformas de perforación	8 meses																											
6.1	Obtención derechos de paso de los dueños de terrenos	1 mes																											
6.2	Selección contratista para la obra civil	1 mes																											
6.3	Obtención permisos necesarios (p.e., para abrir caminos)	2 semanas																											
6.4	Construcción o mejora caminos y plataformas para pozos de diám. reducido	1 mes																											
6.5	Espere los resultados de los pozos de diám. reducido	5 meses																											
6.6	Construcción o mejora caminos y plataformas para pozos profundos	1 mes																											
7	Recolección de Datos Línea Base para el EIA de la Fase 3	13 meses																											
7.1	Evaluación de los impactos socioeconómicos	13 meses																											
7.1.1	Revisión de datos demográficos y de comercio local	1 mes																											
7.1.2	Reuniones con la Comunidad	periodic																											
7.2	Monitoreo de las condiciones climáticas	13 meses																											
7.2.1	Adquisición e instala estaciones meteorológicas	1 mes																											
7.2.2	Monitoreo de datos	12 meses																											
7.3	Monitoreo hidrológico	13 meses																											
7.3.1	Instalación estaciones monitoras	1 mes																											
7.3.2	Monitoreo de datos	12 meses																											
7.4	Monitoreo de la calidad del aire	42 semanas																											
7.4.1	Muestreo atmosférico	trimestral																											
7.4.2	Análisis de muestras	6 semanas c/u																											
7.5	Monitoreo de la calidad del agua	42 semanas																											
7.5.1	Muestreo de aguas	trimestral																											
7.5.2	Análisis de muestras	6 semanas c/u																											
7.6	Monitoreo de manifestaciones superficiales	9 meses																											
7.6.1	Inspecciones trimestrales	-																											
8	Perforación pozos exploratorios de diámetro reducido	6 meses																											
8.1	Obtención los permisos necesarios	1 mes																											
8.2	Selección contratista de perforación para pozos de diámetro reducido	1 mes																											
8.3	Movilización equipo perforación para pozos de diámetro reducido	2 semanas																											
8.4	Pozo de diámetro reducido No. 1	11 semanas																											
8.4.1	Perforación hasta 1,250 metros	6 semanas																											
8.4.2	Prueba pozo y toma registros	5 semanas																											
8.5	Pozo de diámetro reducido No. 2	11 semanas																											
8.5.1	Perforación hasta 1,250 metros	6 semanas																											
8.5.2	Prueba pozo y toma registros	5 semanas																											
8.6	Desmovilización equipo de perforación	2 semanas																											

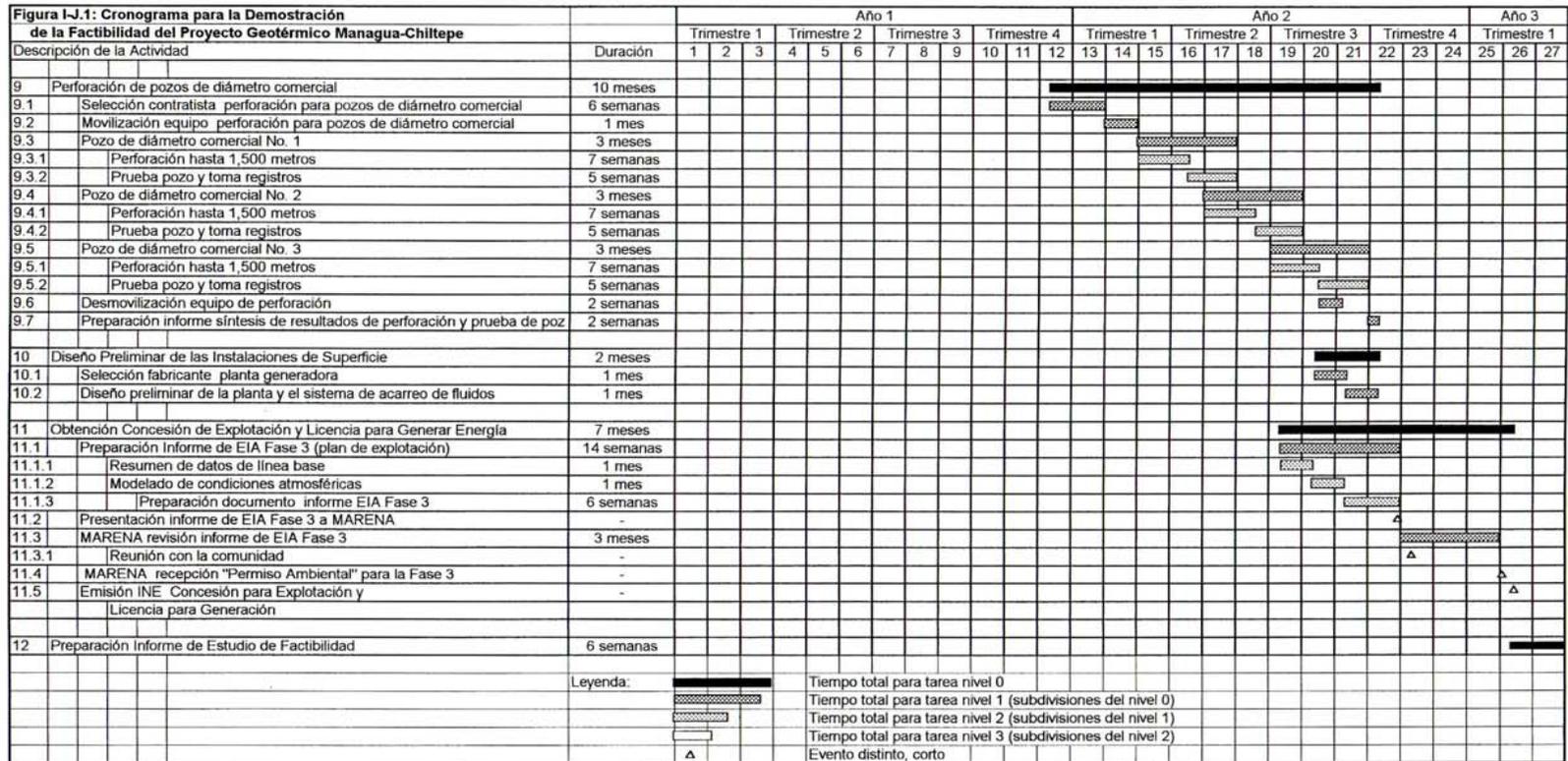


Figura I-J.2: Diagrama de Plataforma Típica de Perforación

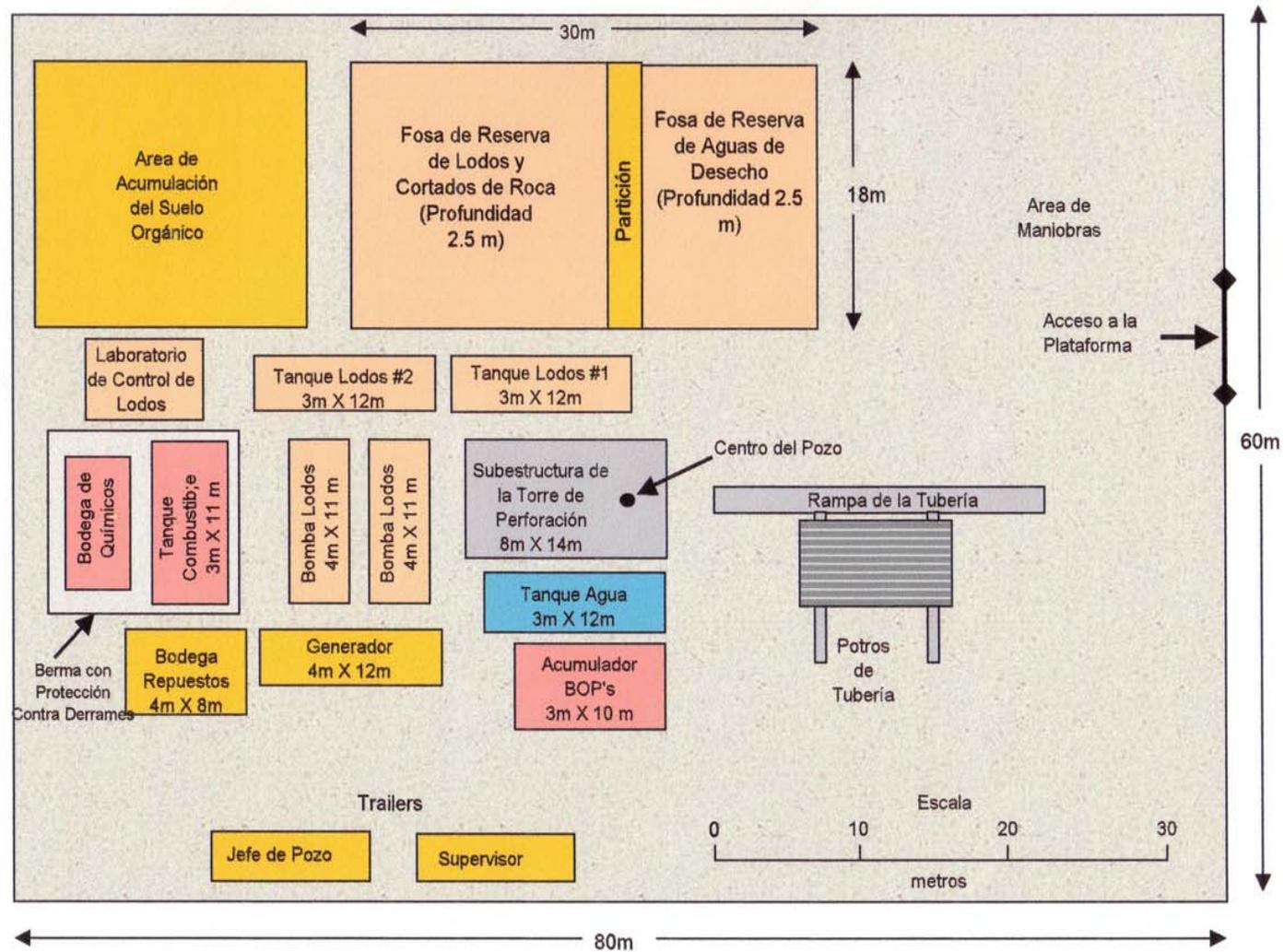
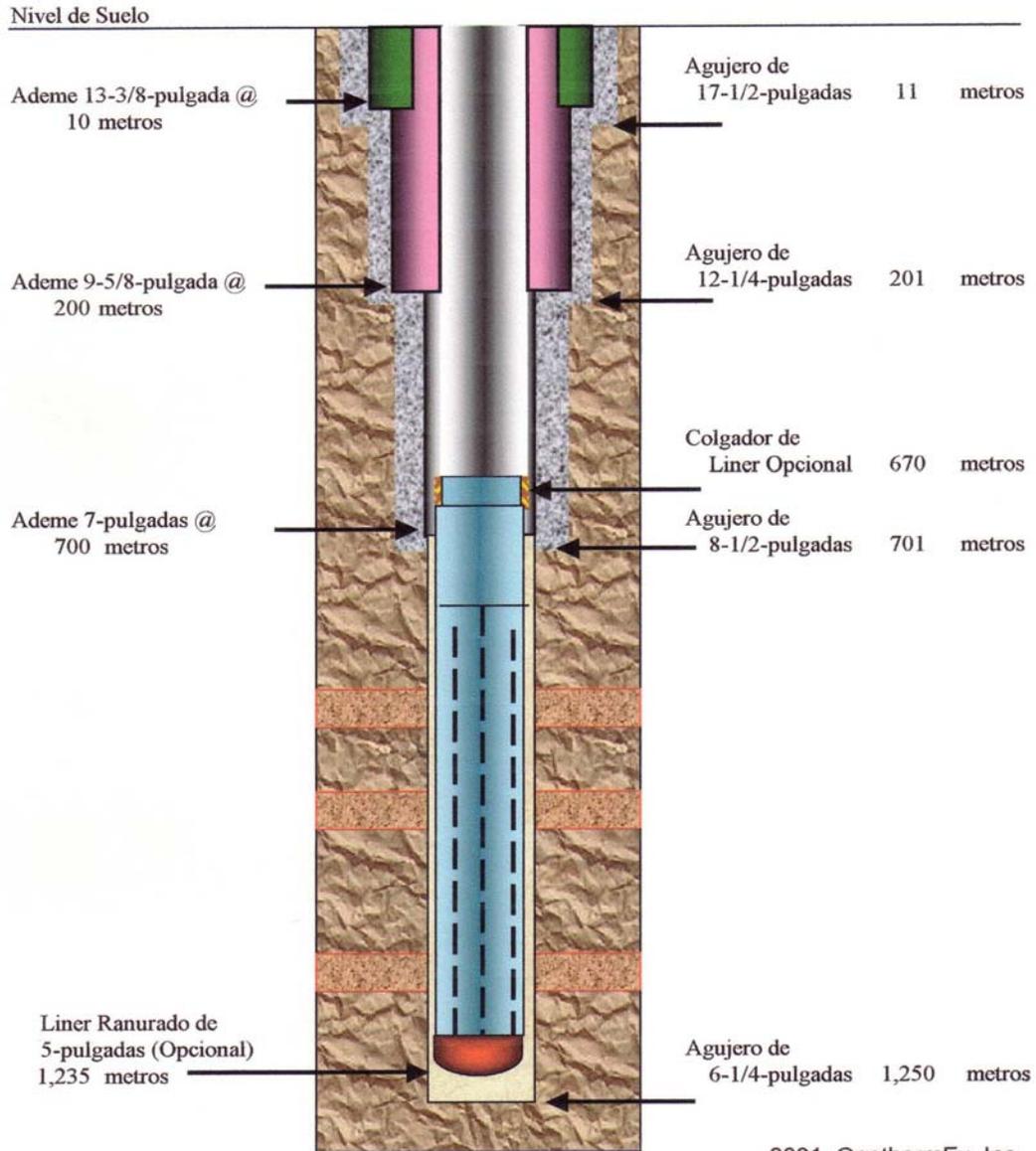


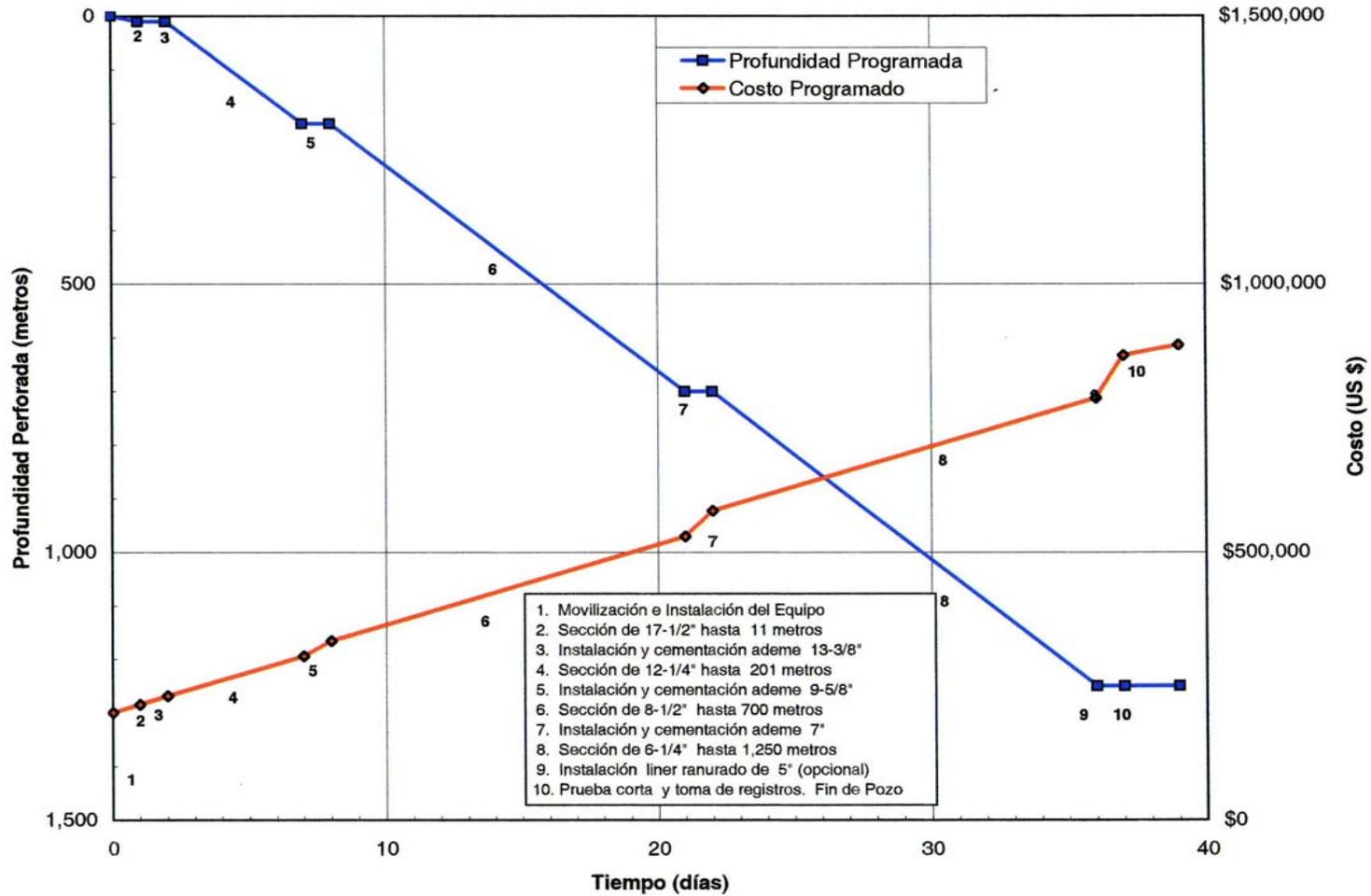
FIGURA I-J.3

PROYECTO GEOTERMICO MANAGUA-CHILTEPE

**POZO DE DIAMETRO REDUCIDO
DIAGRAMA DE TERMINACION**



**Figura I-J.4: Pozo de Diámetro Reducido - Proyecto Managua-Chiltepe
Tiempo y Costo Programados**



**Figura I-J.6 Pozo de Diámetro Comercial - Proyecto Managua-Chiltepe
Programación de Tiempo y Costo**

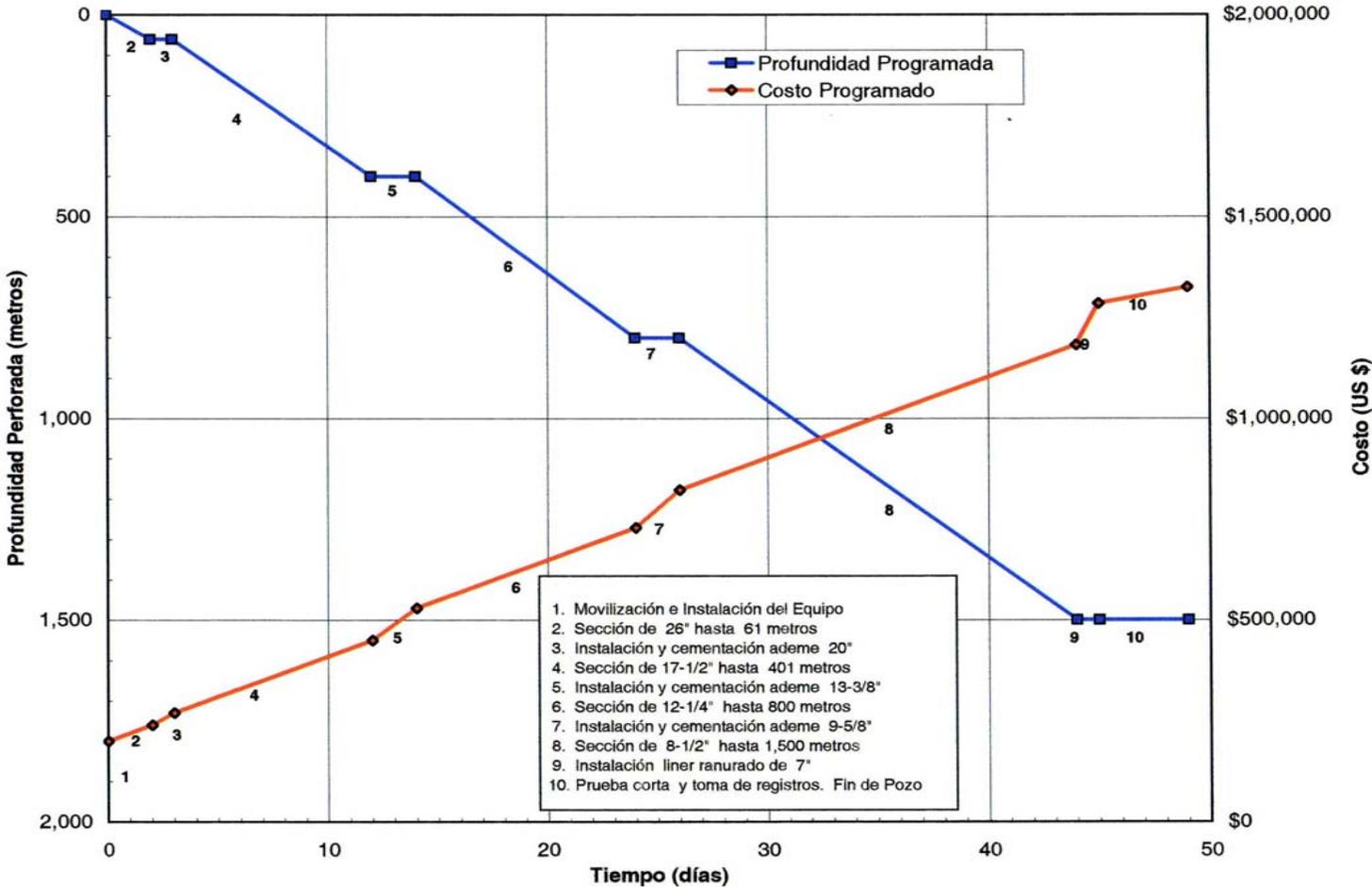
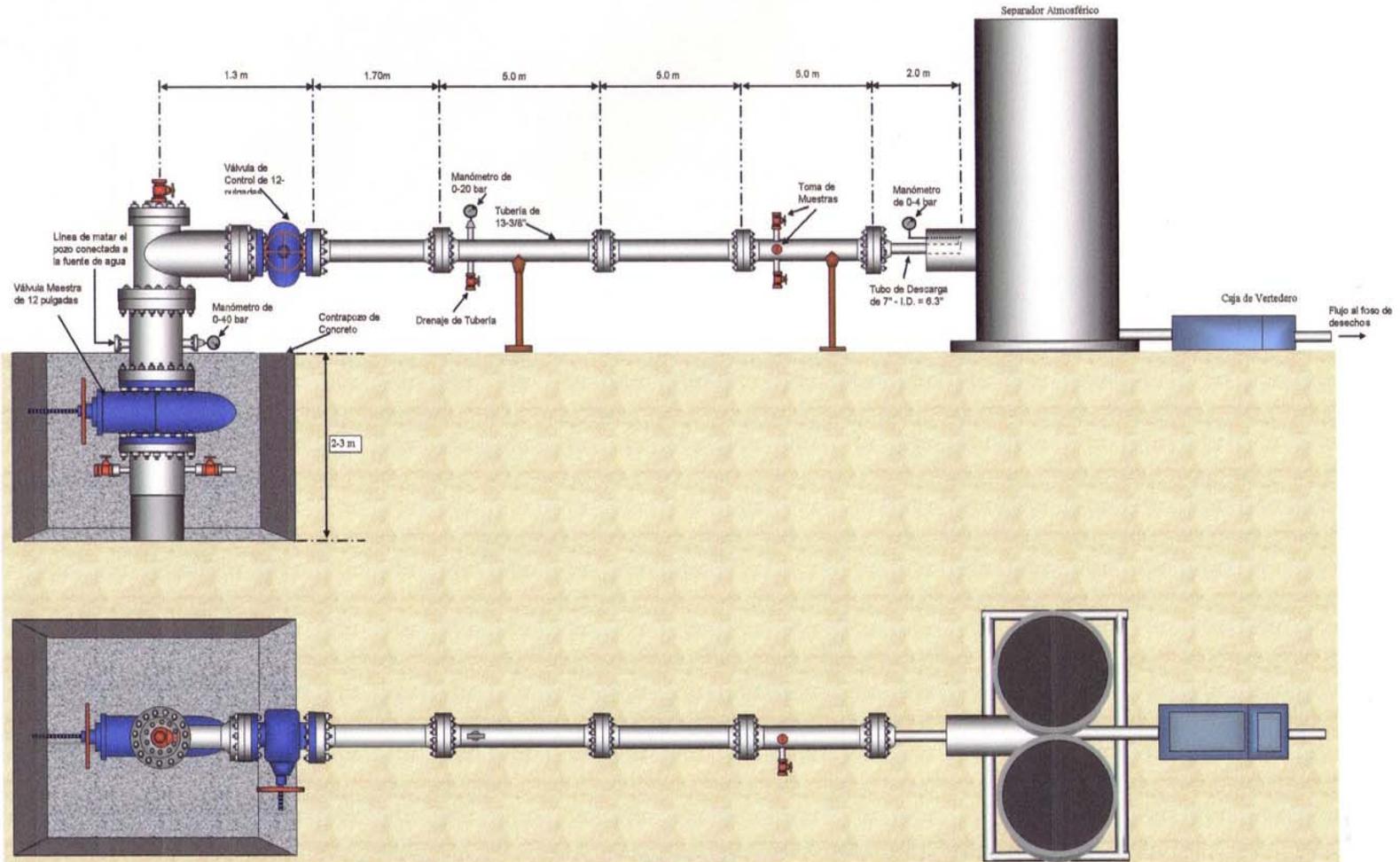


Figura I-J.7
EQUIPO PARA PRUEBAS DE PRODUCCION





ANEXO K: REQUERIMIENTOS PARA LA FACTIBILIDAD, ÁREA DE MASAYA – GRANADA – NANDAIME

K.1 Factibilidad del Recurso Geotérmico

En la Sección J.1 del Anexo J (“Requerimientos para los Estudios de Factibilidad del Área Managua-Chiltepe”), se describen en detalle las consideraciones preliminares que se recomienda analizar al realizar los estudios de Factibilidad de una área específica. Estas consideraciones son también aplicables para el caso de los estudios de factibilidad del área de Masaya-Granada-Nandaime y por lo tanto únicamente hacemos referencia a esta sección del Anexo J, ya que su contenido es común para ambas áreas.

En dicha sección se analizan las consideraciones generales de tipo local que deben ser tomadas en cuenta antes de iniciar esta etapa del estudio, y se describe el grado de detalle que se recomienda considerar para la ejecución de los diseños de tipo civil, eléctrico y mecánico. Se discuten los criterios y el alcance de los estudios de tipo ambiental y económico en cada una de las distintas etapas del estudio, y se presenta una descripción de los aspectos económicos más relevantes a considerar en el proyecto y de la organización recomendada para ejecutarlo.

K.2 Objetivos del Estudio de Factibilidad en el Área de Masaya-Granada-Nandaime

Según fue descrito en el Volumen X del Estudio de Plan Maestro, el área de Masaya-Granada-Nandaime posee numerosas características favorables que la convierten en un sitio atractivo para el desarrollo geotérmico. Por lo tanto, fue seleccionada como una de las dos áreas para las cuales se elaboraron con mayor detalle los requerimientos para completar la fase de factibilidad. La segunda área para la cual se elaboraron los requerimientos para la factibilidad es la de Managua-Chiltepe, la cual se ha descrito en el Anexo J.

De acuerdo con lo discutido en las secciones anteriores; el estudio de factibilidad de un proyecto geotérmico dado tiene cuatro objetivos principales:



- demostrar que el recurso geotérmico tiene capacidad para sostener la producción de la central propuesta;
- proveer un diseño preliminar de la central y del resto de las instalaciones superficiales;
- demostrar que pueden superarse las restricciones ambientales y del uso de la tierra; y
- mostrar que el proyecto es atractivo económicamente.

En las secciones siguientes se describe el programa que cumple con estos cuatro objetivos para el área geotérmica de Masaya- Granada-Nandaime. Los cuatro objetivos se aplican de igual forma a proyectos de generación eléctrica y a proyectos de uso directo. Sin embargo, dado que el objetivo principal del Estudio de Plan Maestro se concentra en definir la capacidad de generación eléctrica en las posibles áreas de interés geotérmico, el siguiente programa describe los pasos necesarios para demostrar la factibilidad para una central de generación eléctrica.

K.3 Demostración del Recurso Geotérmico

Con el fin de demostrar que un recurso geotérmico puede sostener un nivel propuesto de desarrollo, el estudio debe primero concentrarse en la recolección de información sobre las características físicas y químicas del yacimiento geotérmico. Para el área prospectada de Masaya-Granada-Nandaime, la demostración del recurso geotérmico puede lograrse mediante los siguientes seis pasos:

- interpretación geológica detallada basada en técnicas de exploración;
- desarrollo de una fuente de abastecimiento de agua para la perforación;
- construcción de caminos y plataformas de perforación;
- perforación de pozos para medir el gradiente de temperatura;
- perforación y prueba de agujeros exploratorios de diámetro reducido; y



- perforación y prueba de pozos de diámetro comercial.

En las siguientes secciones se describen con mayor detalle las actividades a ejecutar en cada uno de estos seis pasos. La Tabla I-K.1 muestra una síntesis de los costos estimados para dichos pasos. Se incluyen los costos estimados para obtener los permisos ambientales y los arrendamientos necesarios en cada paso, ya que estas actividades deben realizarse en forma simultánea con la demostración del recurso geotérmico. Como referencia, los costos totales de los permisos ambientales y arrendamientos se resumen en forma separada en la Tabla I-K.2, y se discuten más a fondo en la Sección K. 5. La **Figura I-K.1** muestra un programa estimado 0 cronograma de todas las actividades relacionadas con la demostración de la factibilidad en el área de Masaya-Granada-Nandaime, incluyendo la demostración del recurso geotérmico y la obtención de los permisos ambientales y los arrendamientos.

Cabe enfatizar que el trabajo descrito es solamente uno de los diferentes escenarios posibles mediante los cuales se puede demostrar la factibilidad de explotación del recurso geotérmico en Masaya-Granada-Nandaime. Dependiendo de las circunstancias que se puedan presentar durante el desarrollo, así también se pueden adoptar numerosas variantes en cuanto al tipo y los detalles de la explotación superficial y las operaciones de perforación, el programa de actividades y algunos otros aspectos del trabajo para alcanzar el mismo objetivo. Por lo tanto, el programa de trabajo descrito más adelante constituye un enfoque representativo, aunque no único, para demostrar la factibilidad de explotación del recurso geotérmico. También, los costos en las categorías individuales pueden variar considerablemente dependiendo del momento y de las condiciones prevalecientes en la región cuando se realice el trabajo.

K.3.1 Interpretación Geológica Detallada

Una vez lograda la Concesión de Exploración, el desarrollador necesita crear un mapa detallado de la geología y de la infraestructura existente en el área del proyecto. Por lo general, esto implica obtener imágenes de satélite y fotografías aéreas que ayuden a interpretar



las estructuras geológicas más importantes y que sirvan como guía en la elaboración del mapa de campo. En este informe se supone que el área de exploración se centrará en un área de aproximadamente 50 km² localizada hacia el oeste y sur-oeste de la Laguna de Apoyo (referida en adelante como el “área de estudio”). El costo estimado de las imágenes infrarrojas de satélite para esta área, a escala de 1:50,000 está dentro del orden de los \$5,000. Se estima que para obtener un nuevo juego de fotografías aéreas del área de estudio a una escala de 1:10,000 (aproximadamente nueve hojas con una cobertura de seis km² por hoja) el costo estaría cercano a los \$14,000. Igualmente, se estima que la obtención de las imágenes de satélite y las fotografías aéreas puede tomar unas seis semanas a partir de la fecha de aprobación de la Concesión de Exploración.

Una vez que las imágenes de satélite y las fotografías aéreas estén disponibles, se puede iniciar el trabajo de detalle en el campo. Con el fin de poder compartir más eficientemente los recursos disponibles durante esta etapa, en el programa de la **Figura I-K.1** se prevé que los siguientes trabajos de campo. Aunque de naturaleza diferente, se pueden llevar a cabo en forma simultánea (a partir del cuarto mes del cronograma):

- mapas geológicos detallados
- estudio gravimétrico detallado; y
- estudio geoelectrico con una densidad de estaciones entre moderada y alta.

Se pretende que el mapeo geológico logre afinar el trabajo realizado durante las fases anteriores del proyecto. mejore el conocimiento de las principales estructuras geológicas y busque la verificación en el campo de las manifestaciones interpretadas a partir de las imágenes de satélite y de las fotografías aéreas. El cronograma prevé un mes de trabajo de campo de un geólogo y de sus asistentes de campo, a un costo aproximado de \$30,000, Un estudio de gravimetría proveería detalles adicionales sobre la estructura geológica y los posibles sitios de perforación, mediante la identificación de áreas en las cuales se encuentren yuxtapuestas rocas de diferente densidad. Se pretende que el costo estimado de este estudio



estaría cerca de los 5100,000, con lo cual se cubriría el trabajo de adquisición de datos con una densidad de estaciones entre moderada y alta en la mayor parte del área de estudio, así como la preparación de un informe de interpretación.

Un sondeo de tipo geoelectrico podría ayudar a definir mejor los blancos potenciales de perforación, identificando las áreas de alteración hidrotermal que podrían estar correlacionadas con la presencia de fluidos de tipo geotérmico a profundidad. Un sondeo de este tipo también vendría a refinar los resultados obtenidos de sondeos anteriores (Electrodyne en 1980 y S.P.E.G en 1983). Se estima que el costo de un sondeo geoelectrico de estaciones múltiples de densidad media a alta en el área de estudio sería de aproximadamente \$300,000.

La interpretación geológica detallada concluiría con un informe corto sobre la interpretación de los datos de campo adquiridos durante esta actividad. El mismo incluiría la selección provisional de los sitios propuestos para los pozos de gradiente de temperatura y otros pozos exploratorios e instrucciones para la recolección de datos necesarios para los permisos ambientales (ver Sección K.5). Se estima que este informe sobre interpretación geológica tendría una duración de dos semanas, con un costo de \$15,000. El costo total de la interpretación geológica de detalle se estima en \$475,000, incluyendo \$10,000 para la preparación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para la Fase 1, con el cual se pretende la obtención de la Concesión de Exploración, así como el pago de \$1.000 a los dueños de terrenos por los derechos de paso. El tiempo transcurrido desde que se recibe la Concesión de Exploración hasta la conclusión de la interpretación geológica en detalle se estima que sería de 14 semanas.

K.3.2 Suministro de Agua

La construcción de caminos y las perforaciones requieren de un abastecimiento confiable de agua. En el área a estudiar sería posible obtener agua de la Laguna de Apoyo o de la Laguna de Masaya. De otra forma. Sería necesario perforar uno o más pozos de agua. El costo estimado



en la Tabla I-K.1 incluye la perforación de dos pozos de agua. Se supone que éstos tendrían una profundidad de 200 m y el costo estimado sería de \$65.000 cada uno.

La información disponible actualmente sugiere que hacia el oeste de la Laguna de Apoyo puede estar presente una zona de subida de fluidos geotérmicos profundos. Suponiendo que las perforaciones exploratorias se concentrarían en esta área, entonces el sistema de suministro de agua probablemente tenga que contemplar una diferencia de elevación de hasta 400 metros y una tubería provisional de hasta tres km de longitud. Por lo tanto, para propósitos de esta estimación, los mismos costos son válidos, ya sea para tomar y conducir el agua desde las lagunas o para obtenerla a partir de pozos perforados para este propósito.

Se estima que el pro-rama de perforaciones exploratorias durará aproximadamente 24 meses desde el inicio de la construcción del camino hasta la terminación de la perforación de tres pozos de diámetro comercial (**Figura I-K.1**). El costo estimado para el suministro del agua incluye el alquiler de tres km de tubería provisional de seis pulgadas de diámetro, los tanques para almacenar agua y dos bombas centrífugas con motor diesel durante todo este período. Se estima que el costo de la tubería provisional y de los tanques sería de \$36,000, y el costo de las bombas de \$48,000. El costo total para disponer de un suministro de agua se estima en \$221,000 (incluyendo el pago de \$5,000 a los propietarios de terrenos por los derechos de paso y de \$2,000 por los permisos e informes reglamentarios). Se supone que la construcción del sistema para el suministro de agua tomaría 11 semanas y que el mismo se completaría antes de iniciar la construcción del camino (sexto mes del cronograma).

K.3.3 Caminos y Plataformas de Perforación

Se prevé que la construcción de los caminos y plataformas necesarias para llevar a cabo el programa de perforación exploratoria se hará en tres etapas. Durante la primera se construirán los caminos y los sitios de perforación para diez pozos de gradiente de temperatura. Se supone que los sitios de perforación para los pozos de gradiente requieren únicamente de un trabajo mínimo de movimiento de tierras, suficiente para proveer un área nivelada para estacionar una



máquina auto -transportable. Con un costo aproximado de \$5,000 por sitio. Durante la segunda etapa se deberán construir caminos de acceso y plataformas de perforación para dos agujeros de diámetro reducido, lo cual se realizaría una vez que los resultados de los diez pozos de gradiente estén disponibles (en el mes número trece del cronograma, **Figura I-K.1**). Se supone que las plataformas de perforación para los pozos de diámetro reducido se construirían con las dimensiones definitivas (60 m x 80 m) para posteriormente poder instalar pozos de diámetro comercial en los mismos sitios. La tercera etapa contemplaría la perforación de tres pozos de diámetro comercial y se iniciaría únicamente cuando se hayan evaluado los resultados de los pozos exploratorios de diámetro reducido. Durante esta etapa; puede ser necesario que los caminos que se construyeron al inicio requieran de mejoramiento para que pueda transportarse un equipo de perforación de gran capacidad, y los caminos tendrían que llegar hasta el sitio de la tercera perforación, donde se construiría otra plataforma de tamaño comercial.

Se supone que se necesitarán unos cinco km de caminos para el acceso a los diez sitios de perforación de los pozos de gradiente, y tres plataformas de perforación, con el objeto de dar un espaciamiento suficiente para propósitos de exploración prospectiva en el área de Masaya-Granada-Nandaime. Se estima que los caminos con capacidad para el paso de los equipos de perforación de gran tamaño costarían unos \$50,000 por kilómetro. La construcción de los caminos de acceso a los diez sitios de perforación de pozos de gradiente se estima que tomaría aproximadamente seis semanas, seguidos de un período de 22 semanas durante las cuales se perforan y se evalúan los resultados de los pozos de gradiente. La segunda y tercera etapa de construcción de caminos y plataformas se estima que tendrán una duración de un mes respectivamente, con un período aproximado de cinco meses entre la segunda y la tercera etapa, durante el cual se van a perforar y probar los pozos exploratorios de diámetro reducido.

La **Figura I-K.2** muestra la disposición típica de una plataforma de perforación de diámetro comercial, con una laguna de reserva con dimensiones totales de 18m x 30m con una berma divisoria que permita separar el lodo de perforación del agua producida. El foso de reserva debe tener aproximadamente 2.5 metros de profundidad, y los lados deben tener taludes con



una pendiente mínima de 2:1. Los lados y el fondo del foso de reserva deberán ir revestidos con arcilla y compactados antes de depositar los fluidos en ella. Se estima que la construcción de las plataformas de perforación costaría unos \$30,000 cada una.

El costo total de la construcción de caminos y plataformas de perforación para exploración en el área de prospección de Masaya-Granada-Nandaime es de unos \$405,000 (Tabla I-K.1). En esta suma se incluye un pago estimado en \$14,000 para los dueños de terrenos por los derechos de paso, y \$1,000 adicionales para cubrir el costo de los permisos (tales como permisos de nivelación con tractor).

K.3.4 Pozos para Medir el Gradiente de Temperatura

- El propósito principal de perforar pozos para medir el gradiente de temperatura en el área de Masaya-Granada-Nandaime es el de:
- definir la distribución de las temperaturas a profundidad, dentro del área en estudio y a profundidades aproximadas de 300 m;
- proveer información sobre la estratigrafía somera y sobre las zonas potenciales de pérdida de circulación, con el fin de diseñar apropiadamente las tuberías para la perforación de pozos de mayor diámetro; y
- ayudar en la selección de los sitios más prometedores para localizar los pozos de mayor diámetro.

Los pozos de gradiente pueden ser perforados ya sea con un equipo de perforación de tipo rotatorio, o con un equipo de perforación de núcleos, tipo "wireline". El diámetro mínimo que se anticipa para la parte más profunda de estos pozos se encuentra en el rango de 3.04 pulgadas (7.72 cm) hasta 3.90 pulgadas (9.91 cm), los cuales son equivalentes al diámetro del hoyo perforado por las barrenas de tamaño NQ y HQ que se manejan en la perforación para cortado de núcleos. Cada pozo deberá ser terminado insertando una tubería de 2-3/8-pulgada (6.03 cm)



o de 2-7/8-pulgada (7.3 cm), cerrada en el fondo y cementada en el espacio anular para evitar la circulación cruzada entre zonas de distinto potencial hidráulico. La tubería deberá llenarse con agua y permitir que adquiera el equilibrio térmico con la formación antes de correr los registros de medida de temperatura.

El costo de la perforación de estos pozos se estima en \$75,000 cada uno. El programa de perforación de los pozos de gradiente se estima que dará inicio unas dos semanas después de haber comenzado la construcción de los caminos y la nivelación de las plataformas (durante el sexto mes del cronograma), y tendrá una duración total de seis meses. El costo total aproximado para el programa de perforación de los pozos de gradiente se estima en \$845,000 (Tabla I-K. 1). Dentro de este monto se incluye el costo de \$30,000 para la preparación del informe de la Fase 2A del EIA, con el cual se obtendrá el Permiso Ambiental para proceder con la perforación de los pozos de medida de gradiente térmico (ver Sección K.5). También se incluyen \$50,000 para la realización de las medidas de gradiente (diez mediciones a un costo aproximarlo de \$5,000 cada una) y \$15.000 para la preparación de un informe de resumen con los resultados del programa.

K.3.5 Agujeros Exploratorios de Diámetro Reducido

Se supone que el programa de perforación en el área de Masaya-Granada- Nandaime dará inicio con la perforación de dos agujeros exploratorios de diámetro reducido, de una profundidad de aproximadamente 1,250 m. Estos agujeros de diámetro reducido se perforarían para:

- confirmar la presencia de temperaturas comerciales a cierta profundidad;
- definir la secuencia de los tipos de roca y la profundidad de zonas permeables;
- obtener un indicio preliminar de la productividad mediante pruebas de inyección (si se encuentra suficiente permeabilidad) y mediante pruebas de producción;
- realizar un muestreo y análisis químico de los fluidos del yacimiento; y



- obtener los datos necesarios para optimizar el diseño del ademe de los pozos de diámetro comercial que perforarán posteriormente.

La **Figura I-K.3** muestra el diagrama completo para el diseño típico de un ademe de diámetro reducido. Tal diseño prevé que el fondo del pozo tenga un diámetro de 6- 1/4 pulgadas (15.9 centímetros). Lo cual sería suficientemente amplio como para permitir un caudal razonable durante las pruebas de producción, si la formación productora es lo suficientemente permeable. Si bien este diámetro puede resultar muy pequeño para la producción efectiva a largo plazo, es lo suficientemente amplio como para permitir luego que el agujero de diámetro reducido pueda ser utilizado como pozo de inyección. Las profundidades del ademe que se indican en la **Figura I-K.3** son sólo aproximadas, y dependerán de las condiciones reales encontradas durante la perforación. El uso de un ademe ranurado es opcional, y puede requerirse si las formaciones en la sección productora del agujero tienden a ser deleznable.

En la **Figura I-K.4** se muestra el tiempo programado y el costo de perforación de un pozo exploratorio de diámetro reducido según el diseño descrito anteriormente. En la Tabla I-K.3 se resume el programa de perforación y los costos previstos asociados. Suponiendo que al momento de realizar este trabajo no se encuentre disponible en Nicaragua un equipo de perforación con el tamaño y la capacidad para perforar pozos de diámetro reducido, haciéndose necesario traerlo desde el exterior, se estima que el costo de movilización y desmovilización sea cercano a los \$400.000. el cual se distribuye en partes iguales entre los dos pozos de diámetro reducido. Tales costos pueden reducirse de manera significativa si el equipo de perforación requerido se encuentra disponible en Nicaragua.

Se estima que se requiere de unas seis semanas para perforar cada agujero de diámetro reducido, incluyendo pruebas cortas de producción o inyección con el equipo todavía en su sitio. Se estima que las actividades de la Tabla I-K.3 tienen un costo de unos \$886.000 por cada pozo de diámetro reducido. Para efectos de presupuesto, es prudente incluir un 10% para cubrir imprevistos. Esto lleva el costo estimado por pozo de diámetro reducido a unos \$975,000, como se muestra en la Tabla I-K.1.



El cronograma (**Figura I-K.1**) muestra un periodo de cinco semanas para las pruebas de cada uno de los dos agujeros exploratorios de diámetro reducido, una vez que los equipos de perforación hayan sido retirados del sitio. Esto permite que los pozos recuperen su temperatura después de haber sufrido un enfriamiento por las actividades de perforación y las pruebas de inyección. También permite que haya suficiente tiempo para realizar una prueba de producción, que toma aproximadamente una semana (si el pozo es capaz de fluir), así como para realizar varios sondeos de temperatura y presión. Estos sondeos pueden hacerse con el pozo en condición estática o de flujo, dependiendo de las características del pozo. Para efectos de presupuesto, para cada pozo de diámetro reducido se supone que se realizarán tres sondeos de temperatura y presión.

Se estima que el costo total para perforar y probar los dos agujeros de exploración de diámetro reducido en Masaya-Granada-Nandaime será de \$2,150,000 (Tabla I-K.1). Aquí se incluyen \$50.000 para preparar la Fase 2B del EIA y obtener el Permiso Ambiental para la perforación de los pozos de diámetro reducido y de diámetro comercial. Asimismo incluye el arrendamiento de una bomba y la correspondiente tubería para una prueba de inyección, y la compra de equipo (tuberías, manómetros y equipo para registro de datos) para una prueba de producción. También está incluido el costo del muestreo químico y el análisis de los fluidos del yacimiento geotérmico. Obtenidos ya sea de los pozos en condición de flujo o por muestreo en el fondo del pozo. Los costos de mano de obra para la instalación del equipo, supervisión y análisis de los datos se estiman en \$37,500 para cada una de las pruebas de 5 semanas de duración (\$75,000 para los dos pozos). El tiempo total de perforación y prueba de los dos pozos exploratorios de diámetro reducido se estima que sea de seis meses, desde el inicio en que se soliciten los permisos necesarios (después de obtener el Permiso Ambiental) hasta que finalizan las pruebas del segundo agujero de diámetro reducido (**Figura I-K.1**).



K.3.6 Pozos de Diámetro Comercial

Se estima que la demostración del recurso geotérmico en Masaya-Granada-Nandaime para efectos de un estudio de factibilidad requiere perforar tres pozos de diámetro comercial hasta una profundidad de aproximadamente 1,500m. El propósito de estos pozos es:

- confirmar la productividad del recurso;
- buscar indicios sobre la extensión de la zona y el espesor del yacimiento; y
- obtener suficiente información sobre el desempeño del pozo (caudal de producción, valores de entalpía y datos químicos) que permitan realizar el diseño preliminar de las instalaciones superficiales.

La **Figura I-K.5** muestra un diagrama completo para el diseño del ademe de un pozo típico de diámetro comercial. Este diseño prevé un diámetro de 8-1/2 pulgadas (27.9 centímetros) en el intervalo de producción del pozo, lo cual debería ser adecuado para demostrar la productividad del yacimiento. Si mediante los pozos de diámetro reducido se llega a probar que la permeabilidad de las formaciones es muy alta, podrá incrementarse el diámetro de los nuevos pozos de diámetro comercial o cualquier otro nuevo pozo de desarrollo, con el fin de disminuir las pérdidas de presión por factores de fricción dentro del agujero y mejorar la productividad. Las profundidades del ademe que se muestran en la **Figura I-K.5** son aproximadas y dependerán de las condiciones reales encontradas en el momento de realizar la perforación.

La **Figura I-K.6** muestra el tiempo programado y el costo para perforar un pozo de diámetro comercial de acuerdo con el diseño descrito. La Tabla I-K.4 presenta una síntesis del programa y de los costos previstos. Los costos de movilización y desmovilización de los equipos de perforación para este tipo de pozo se estiman en un total de \$600,000 y se han distribuido equitativamente entre los tres pozos de diámetro comercial. Tal como ya se ha explicado para el caso del equipo de perforación de diámetro reducido; estos costos podrían disminuir de



manera muy significativa si en el momento de contratar los servicios se encuentra en Nicaragua un equipo de perforación con las características adecuadas. Se estima que serán necesarias unas siete semanas para perforar cada pozo de diámetro comercial, incluyendo las pruebas con el equipo de perforación en el sitio. Se estima que las actividades mostradas en la Tabla I-K.4 tienen un costo de aproximadamente \$1,324,000 por pozo. Incluyendo un 10% de imprevistos, se llega a un total estimado por pozo de aproximadamente \$1,456,000; como se muestra en la Tabla I-K. 1.

Como en el caso de los agujeros de diámetro reducido, se estiman cinco semanas para probar cada uno de los pozos de diámetro comercial, una vez que se haya retirado el equipo de perforación (**Figura I-K.1**). Las pruebas incluyen una prueba de producción por un período aproximado de una semana, una vez que el pozo se haya recuperado y estabilizado por completo. La **Figura I-K.7** muestra la disposición típica para una prueba de flujo de un pozo de diámetro comercial, incluyendo un separador para pruebas y un vertedero.

El costo total de los tres pozos de diámetro comercial en el área de Masaya-Granada-Nandaime se estima en \$4,570.500 (Tabla I-K. 1). En este monto se incluye el costo del separador para las pruebas de producción y cualquier otro equipo que no se hubiere adquirido antes para la prueba de los pozos de diámetro reducido. También se incluyen los costos de los sondeos de temperatura y presión (tres sondeos por cada pozo), el muestreo y análisis químicos, y el costo de la mano de obra para la instalación de equipo, supervisión y análisis de datos. Se estima que el tiempo total de la perforación y prueba de los tres pozos de diámetro comercial es de 10 meses, contados a partir de la solicitud de los contratistas para los equipos de perforación hasta la finalización de un informe con los resultados de la perforación y las pruebas (**Figura I-K.1**).

K.4 Diseño Preliminar de la Central Eléctrica y de las Instalaciones Superficiales

Una vez que los resultados de la perforación hayan dado suficientes datos, se debe preparar el diseño preliminar de la central eléctrica y de las correspondientes instalaciones superficiales. Como se indicó anteriormente, el diseño debe incluir:



- la capacidad planeada de la central (megavatios);
- el tipo de central eléctrica (vapor seco, por flasheo, o binaria);
- los caudales estimados de producción e inyección;
- la localización provisional del sitio de la central y de los pozos adicionales; y
- las rutas propuestas para las tuberías superficiales y la línea de transmisión.

Este diseño preliminar permitirá estimar los costos de construcción, operación y mantenimiento. También se requiere para el análisis asociado a la Fase 3 del Estudio de Impacto Ambiental, con el fin de obtener la Concesión de Explotación y la Licencia de Generación. El diseño final de las instalaciones sobre el terreno dependerá de los resultados obtenidos a partir de los estudios subsiguientes de la perforación de desarrollo del campo.

Para poder entregar un diseño preliminar conducente a un estudio de factibilidad, el desarrollador puede emplear los servicios de un contratista especializado en ingeniería, adquisiciones y construcción. Se estima que esta labor de diseño tomaría unos dos meses (incluyendo la selección del contratista antes citado) con un costo aproximado de \$60,000.

K.5 Permisos Ambientales y Concesiones

Según se ha discutido en detalle en el Anexo G, los proyectos geotérmicos en Nicaragua requieren de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) desarrollado en tres fases:

- Fase 1, que busca obtener un Permiso Ambiental otorgado por MARENA para la exploración superficial, con el fin de obtener la Concesión de Exploración del INE;
- Fase 2, que busca obtener un Permiso Ambiental otorgado por MARENA para llevar a cabo la perforación exploratoria; y



- Fase 3, que busca obtener un Permiso Ambiental otorgado por MARENA para conducir la perforación de desarrollo y construcción de la central, con el fin de obtener la Concesión de Explotación y la Licencia de Generación por parte del INE.

La Tabla I-K.2 presenta los costos estimados en que se incurriría para desarrollar estas tres fases del EIA para el proyecto Masaya-Granada-Nandaime, así como para obtener las concesiones y los derechos de paso de los propietarios de tierras. Como se discutió en la Sección K.3, los costos de las Fases 1 y 2 del EIA y de las actividades de arrendamiento asociadas, ya han sido incluidas en la síntesis de costos para la demostración del recurso geotérmico (Tabla I-K.1). Los costos ambientales y de concesión se consideran aquí en forma separada para resaltar su contribución en los costos totales.

Se supone que el trabajo relacionado con la Fase 1 se puede lograr utilizando únicamente información pública disponible, sin tener que recurrir a trabajos adicionales de campo. Se estima que el costo que tendría el desarrollador para preparar la documentación de la Fase 1 y negociar los Términos de Referencia sería de \$10-000.

La Fase 2 para el Proyecto Masaya-Granada-Nandaime puede subdividirse en dos partes:

- obtención del Permiso Ambiental para la perforación de los pozos de gradiente (Fase 2A), y
- obtención de un Permiso Ambiental para la perforación de pozos exploratorios profundos (pozos de diámetro reducido y de diámetro comercial) o Fase 2B.

Se espera que la obtención de los permisos para la fase de perforación de los pozos de gradiente requiera de un nivel de esfuerzo menor, dada su naturaleza temporal y el relativo bajo nivel de impacto sobre la superficie. En la Tabla I-K..2 se estima el costo para la Fase 2A en \$30,000, incluyendo un estudio arqueológico de un nivel limitado. Para los pozos más profundos de la Fase 2B, se anticipa la necesidad de realizar varios trabajos de campo en los



alrededores de las plataformas de perforación planeadas para los pozos exploratorios, incluyendo:

- estudio arqueológico;
- estudio biológico;
- muestreo del suelo; y
- evaluación preliminar de los peligros geológicos.

Con el fin de poder compartir los recursos disponibles, este trabajo de campo está programado para que coincida, dentro de lo posible, con el mapeo geológico, el muestreo químico y los estudios geofísicos necesarios para la interpretación geológica detallada del área prospectada (durante el cuarto mes del cronograma, **Figura I-K.1**). Pero consiguiente, la evaluación preliminar de los peligros geológicos (deslizamientos de tierra, inundación, erupciones volcánicas y erupción freática), no tiene ningún costo por separado, ya que forma parte de la interpretación geológica. El costo de obtención el Permiso Ambiental para la perforación de los pozos exploratorios (los dos pozos de diámetro reducido y los tres pozos de diámetro comercial) se estima en \$50,000. En total, el trabajo de campo y la preparación del informe de las Fases 2A y 2B del EIA se estima que requeriría de 14 semanas, con un costo para el desarrollador de aproximadamente 580,000 (Tabla I-K.2).

Se prevé que la Fase 3 del EIA se inicie una vez que el programa de perforación de los pozos de gradiente ha sido completado (durante el 12° mes del cronograma). Esto implica un año de recolección de datos básicos sobre:

- clima (velocidad y dirección del viento, presión barométrica, temperatura y precipitación);
- hidrología (nivel del agua en pozos, arroyos y lagos seleccionados);



- calidad del aire (muestreo trimestral de contaminantes atmosféricos, como el sulfuro de hidrógeno); y
- calidad del agua (muestreo trimestral de aguas superficiales y subterráneas de contaminantes tales como el arsénico, boro y mercurio).

Esto también implica revisar los datos disponibles sobre demografía y comercio locales, y realizar reuniones comunitarias periódicas, con el fin de evaluar los potenciales impactos socioeconómicos del proyecto. Una vez que las pruebas hayan suministrado información suficiente sobre la composición química de los fluidos producidos, el modelo atmosférico puede requerir la evaluación del impacto causado por las emisiones del sitio propuesto para la central.

Se estima que la obtención de una Concesión de Explotación y de una Licencia de Generación para Masaya-Granada-Nandaime tomaría un total de 20 meses, incluyendo 13 meses para la recolección de datos básicos y siete para preparar la documentación de la Fase 3 del EIA, y obtener las respectivas aprobaciones de MARENA y del INE (Figura I-K.1). Se estima que el trabajo relacionado con la Fase 3 del EIA tendrá un costo aproximado de 5150.000. El costo total para el desarrollo de todas las tres fases del EIA y otros pagos por concepto de arrendamientos y derechos de paso se estima en \$260,000 (Tabla I-K.2).

K.6 Estudio de Factibilidad

El estudio de factibilidad comprende los resultados técnicos de la investigación (en relación con el recurso geotérmico, las instalaciones a nivel de terreno y los requisitos ambientales) y se le incorpora la dimensión del análisis económico. Después de obtener la Concesión de Exploración, el desarrollador debe revisar las condiciones del mercado local y regional para identificar la forma de comercialización de la energía generada y luego crear una proyección preliminar de los egresos e ingresos generados por el proyecto, tomando en cuenta las posibilidades ofrecidas por las nuevas condiciones del mercado eléctrico en Nicaragua y la Ley



de la Industria Eléctrica. A ese punto la efectiva configuración del mercado eléctrico y las relaciones vigentes entre los agentes productores, comercializadores y consumidores, definirán las formas y los mecanismos más oportunos para la venta de la energía generada, ya sea a través de contrataciones entre los agentes o a través de mecanismos de mercado de ocasión.

Conforme los resultados de la investigación técnica estén disponibles, los costos estimados de gastos de capital y los costos de Operación y Mantenimiento se pueden definir mejor, y de acuerdo a ello se puede revisar la pro-forma. En el momento en que se complete la perforación exploratoria y se haya preparado el diseño preliminar de las instalaciones superficiales, la pro-forma deberá demostrar un indicio confiable sobre el atractivo económico del proyecto.

El costo del estudio de factibilidad del proyecto Masaya-Granada-Nandaime incluye el costo de la Fase 3 del EIA (\$150,000). También incluye el costo de una síntesis de las características del recurso geotérmico y del diseño preliminar de la central (\$22,500), así como una síntesis de la economía del proyecto, con una pro-forma actualizada (\$20.000). Se estima que preparar la documentación para el estudio de factibilidad tomaría seis semanas a un costo de \$45,000. Por lo tanto, el costo total de esta parte del estudio de factibilidad se estima en \$237,500. Se estima que el costo total para demostrar la factibilidad de un proyecto geotérmico en Masaya-Granada-Nandaime (incluyendo la demostración del recurso geotérmico y el diseño preliminar de la central) sería de \$8,964,000 (Tabla I-K.5).

T A B L A S

Tabla I-K.1: Costos Estimados Para la Demostración del Recurso Geotérmico, Proyecto Masaya-Granada-Nandaime

A. Interpretación Geológica de Detalle

Preparación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) - Fase 1 para Obtener la Concesión de Exploración	\$10,000	
Imágenes de satélite hacia el oeste y suroeste de la Laguna de Apoyo - 50 kilómetros cuadrados (km ²)	\$5,000	
Fotografía aérea (1:10,000) - 9 hojas con una cobertura de 6 km ² por hoja	\$14,000	
Pagos a los dueños de terrenos para el acceso durante los estudios de línea base y exploración de superficie	\$1,000	
Mapeo de campo (un mes)	\$30,000	
Sondeos de gravedad hacia el oeste y suroeste de la Laguna de Apoyo (50 km ²)	\$100,000	
Sondeos geoelectrónicos hacia el oeste y suroeste de la Laguna de Apoyo (50 km ²)	\$300,000	
Análisis de datos y preparación de informe (2 semanas)	\$15,000	
Subtotal		\$475,000

B. Suministro de Agua

Alquiler de tubería temporal - 3 km de tubería de aluminio de 6-pulgadas por 24 meses	\$36,000	
Alquiler de dos bombas centrífugas por 24 meses	\$48,000	
Pozo de agua - dos pozos, de aproximadamente de 200m de profundidad, a \$65,000 cada uno	\$130,000	
Pagos a los dueños de terrenos por los derechos de paso para la tubería de agua y para los pozos de agua	\$5,000	
Obtención de permisos y preparación de informes	\$2,000	
Subtotal		\$221,000

C. Caminos y Plataformas de Perforación

Pagos a los dueños de terrenos por los derechos de paso de caminos y plataformas	\$14,000	
Construcción de caminos- aproximadamente 5 km a \$50,000/km	\$250,000	
Construcción de plataformas para pozos de gradiente de temperatura - 10 plataformas a \$5,000 cada una	\$50,000	
Construcción de plataformas para pozos exploratorios - 3 plataformas, 60m X 80m, a \$30,000 cada una	\$90,000	
Permisos	\$1,000	
Subtotal		\$405,000

D. Pozos de Gradiente de Temperatura

Preparación del EIA - Fase 2A para obtener el Permiso Ambiental de perforación de pozos de gradiente de temperatura	\$30,000	
Costo de perforación - 10 pozos a \$75,000 cada uno	\$750,000	
Toma de registros de temperatura y presión - 1 registro por pozo a \$5,000 por registro	\$50,000	
Análisis de datos y preparación de informe (2 semanas)	\$15,000	

Tabla I-K.1: Costos Estimados Para la Demostración del Recurso Geotérmico, Proyecto Masaya-Granada-Nandaime

Subtotal		\$845,000
E. Pozos Exploratorios de Diámetro Reducido		
Preparación del EIA - Fase 2B para obtener el Permiso Ambiental de perforación exploratoria		\$50,000
Costo de Perforación - 2 pozos a \$975,000 cada uno (incluye 10% de costos contingentes)		\$1,950,000
Costo de las pruebas (después de despachar el equipo de perforación)		
Toma de registros de temperatura y presión - 3 registros por pozo a \$5,000 por registro	\$30,000	
Pruebas de inyectividad - alquiler de bombas y tuberías para la prueba de ambos pozos	\$20,000	
Adquisición de equipos para pruebas de producción de los pozos (tuberías, instrumentos, regi	\$15,000	
Toma de muestras químicas y análisis de laboratorio a \$5,000 por pozo	\$10,000	
Mano de obra especializada - 5-semanas por pozo	\$75,000	
Subtotal para pruebas		\$150,000
Subtotal		\$2,150,000
F. Pozos de Diámetro Comercial		
Costos de Perforación - 3 pozos a \$1,456,000 cada uno (incluye 10% de costos contingentes)		\$4,368,000
Costo de las pruebas de pozos (después de desmovilizar el equipo de perforación)		
Toma de registros de temperatura y presión - 3 registros por pozo a \$5,000 por registro	\$45,000	
Separador y equipo para pruebas	\$30,000	
Toma de muestras químicas y análisis de laboratorio a \$5,000 por pozo	\$15,000	
Mano de obra especializada - 5-semanas por pozo	\$112,500	
Subtotal para pruebas		\$202,500
Subtotal		\$4,570,500
Gran Total Para la Demostración del Recurso Geotérmico		<u><u>\$8,666,500</u></u>

Tabla I-K.2: Costo Estimado de Concesiones y Permisos Ambientales, Proyecto Geotérmico de Masaya-Granada-Nandaime

A. Concesiones y Permisos Ambientales

Preparación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Fase 1 para obtener la Concesión de Exploración		\$10,000
Preparación del EIA - Fase 2A para obtener Permiso Ambiental para pozos de gradiente de temperatura		
Estudio arqueológico	\$15,000	
Preparación de Informe	\$15,000	
Subtotal		\$30,000
Preparación del EIA - Fase 2B para obtener Permiso Ambiental para perforación exploratoria		
Estudio arqueológico	\$15,000	
Estudio biológico	\$12,500	
Muestreo y análisis de suelos	\$7,500	
Preparación de Informe	\$15,000	
Subtotal		\$50,000
Preparación del EIA - Fase 3 para obtener la Concesión de Explotación		
Monitoreo de las condiciones climáticas - adquisición de equipos y 12 meses de monitoreo	\$27,000	
Monitoreo de las condiciones hidrológicas - adquisición de equipos y 12 meses de monitoreo	\$22,000	
Muestreo y análisis de la calidad del aire - 4 muestras trimestrales	\$10,000	
Muestreo y análisis de la calidad del agua - 4 muestras trimestrales	\$10,000	
Monitoreo de las manifestaciones termales - 4 visitas a los sitios a \$1,000 cada una	\$4,000	
Reuniones con la comunidad - 4 reuniones a \$1,000 cada una	\$4,000	
Modelado de las condiciones atmosféricas	\$15,000	
Recolección de datos sobre condiciones socio-económicas	\$13,000	
Preparación del Informe (6 semanas)	\$45,000	
Subtotal		\$150,000
B. Alquiler de terrenos y derechos de paso - Pagos a los dueños de terrenos		
Acceso para realizar los estudios de superficie (geología, geofísica, y geoquímica)	\$1,000	
Acceso para la perforación de pozos para agua y derechos de paso para las tuberías de conducción de agua	\$5,000	
Derechos de paso para la construcción de caminos y plataformas de perforación	\$14,000	
5 km de caminos, 10 plataformas de perforación para pozos de gradiente de temperatura,		
3 plataformas de perforación para pozos exploratorios		
Subtotal		\$20,000
Costo total de las Concesiones y Permisos Ambientales		\$260,000

Tabla I-K.3: Programa Anticipado para la Perforación de Pozos de Diámetro Reducido en el Proyecto Geotérmico Masaya-Granada-Nandaime, Nicaragua

Actividad	Días	Total Días Perforación	Prof. Aproximada (metros)	Costo	Costo Acumulado
1. Movilización y Erección del Equipo (costo estimado)	Ver Nota	0	0	\$200,000	\$200,000
2. Perforación Agujero de 17-1/2" hasta 11 metros.	1	1	11	\$15,000	\$215,000
3. Instalación y Cementación del Ademe de 13-3/8" a 10 metros.	1	2	11	\$15,980	\$230,980
4. Perforación Agujero 12-1/4" hasta 201 metros @ 40 metros/día.	5	7	201	\$75,000	\$305,980
5. Instalación y Cementación Ademe de 9-5/8" a 200 metros.	1	8	201	\$28,200	\$334,180
6. Perforación Agujero de 8-1/2" hasta 701 metros @ 40 metros/dí	13	21	701	\$195,000	\$529,180
7. Instalación y Cementación Ademe de 7" a 701.0 m	1	22	701	\$47,200	\$576,380
8. Perforación Agujero de 6-1/4" hasta 1,250 meters @ 40 metros/	14	36	1,250	\$210,000	\$786,380
9. Instalación Ademe Ranurado de 5" (opcional).	1	37	1,250	\$80,030	\$866,410
10. Prueba Corta Inicial del Pozo y Toma de Registros. Fin del Pozo	2	39	1,250	\$20,000	\$886,410

Notas:

Costos Globale (\$15,000/día) incluye costo de contratista de perforación, barrenas, alquiler de herramientas, combustibles, servicios de cementación, lodos, servicios de lodos, supervisión, ingeniería, geología y costos misceláneos.

Ademes, accesorios de ademe y árbol de válvulas son estimados en forma separada:

- Ademe de 13-3/8-pulgada - \$98/metro (\$30/pie)
- Ademe de 9-5/8-pulgada - \$66/metro (\$20/pie)
- Ademe de 7-pulgadas - \$46/metro (\$14/pie)
- Liner ranurado de 5-pulgadas - \$62/metro (\$19/pie)
- Accesorios de Ademe y Arbol de Valvulas - \$30,000 (suma unica)

Total de costos de movilización y desmovilización se estiman en \$400,000 para dos pozos, repartido en partes iguales entre los dos.

El costo total incluye:

- \$200,000 para movilización al primer sitio y ereccion del equipo (2 semanas)
- \$30,000 para mover el equipo del primero al segundo sitio (5 días)
- \$170,000 para desmovilizar el equipo fuera del area despues de terminar el segundo pozo (2 semanas)

El costo de las pruebas cortas con el equipo sobre el pozo se estiman en \$10,000/dia.

Tabla I-K.4: Programa Anticipado para la Perforación de Pozos de Diámetro Comercial en el Proyecto Geotérmico Masaya-Granada-Nandaime, Nicaragua

Actividad	Días	Total Días Perforación	Prof. Aproximada (metros)	Costo	Costo Acumulado
1. Movilización y Erección del Equipo (costo estimado)	5	0	0	\$200,000	\$200,000
2. Perforación del Agujero de 26" a 61 metros (40 metros/día)	2	2	61	\$40,000	\$240,000
3. Instalación y Cementación del Ademe de 20" a 60 metros.	1	3	61	\$29,840	\$269,840
4. Perforación del Agujero de 17-1/2" a 401 metros (40 metros/día)	9	12	401	\$180,000	\$449,840
5. Instalación y Cementación del Ademe de 13-3/8" a 400 metros	2	14	401	\$79,200	\$529,040
6. Perforación del Agujero de 12-1/4" a 801 metros (40 metros/día)	10	24	801	\$200,000	\$729,040
7. Instalación y Cementación del Ademe de 9-5/8" a 800 metros.	2	26	801	\$92,800	\$821,840
8. Perforación del Agujero de 8-1/2" a 1,500 metros (40 metros/día)	18	44	1,500	\$360,000	\$1,181,840
9. Instalación del Ademe Ranurado de 7"	1	45	1,500	\$102,185	\$1,284,025
10. Prueba Corta Inicial del Pozo y Toma de Registros. Fin del Trabajo	4	49	1,500	\$40,000	\$1,324,025

Notas:

Costos Globales (\$20,000/día) incluye costo de contratista de perforación, barrenas, alquiler de herramientas, combustibles, servicios de cementación, lodos, servicios de lodos, supervisión, ingeniería, geología y costos misceláneos.

Ademes, accesorios de ademe y árbol de válvulas son estimados en forma separada:

- Ademe de 20-pulgadas - \$164/metro (\$50/pie)
- Ademe de 13-3/8-pulgada - \$98/metro (\$30/pie)
- Ademe de 9-5/8-pulgada - \$66/metro (\$20/pie)
- Liner ranurado de 7-pulgadas - \$59/metro (\$18/pie)
- Accesorios de Ademe y Arbol de Valvulas - \$40,000 (suma unica)

Total de costos de movilización y desmovilización se estiman en \$600,000 para los tres pozos, repartido en partes iguales entre los tres.

El costo total incluye:

- \$300,000 para movilización al primer sitio y erección del equipo (1 mes)
- \$50,000 para mover el equipo del primero al segundo sitio (1 semana)
- \$50,000 para mover el equipo del segundo al tercer sitio (1 semana)
- \$200,000 para desmovilizar el equipo fuera del area despues de terminar el tercer pozo (2 semanas)

El costo de las pruebas cortas con el equipo sobre el pozo se estiman en \$10,000/dia.

Tabla I-K.5 Resumen de Costos Estimados Para la Demostración de la Factibilidad del Proyecto Geotérmico de Masaya-Granada-Nandaime

I. Demostración del Recurso Geotérmico		
A. Interpretación Geológica de Detalle	\$475,000	
B. Suministro de Agua	\$221,000	
C. Caminos y Plataformas de Perforación	\$405,000	
D. Pozos de Gradiente de Temperatura	\$845,000	
E. Pozos Exploratorios de Diámetro Reducido	\$2,150,000	
F. Pozos de Diámetro Comercial	\$4,570,500	
Subtotal		\$8,666,500
II. Diseño Preliminar de las Instalaciones de Superficie		
		\$60,000
III. Estudio de Factibilidad (Evaluación Técnico-Económica)		
A. Resumen de las características del recurso geotérmico y diseño preliminar de la planta	\$22,500	
B. Resumen de consideraciones de tipo ambiental - preparación del EIA - Fase 3	\$150,000	
C. Síntesis económica - pronóstico de rentabilidad, capital y costos de O&M	\$20,000	
D. Preparación de Informe - 6 semanas	\$45,000	
Subtotal		\$237,500
Gran Total		<u><u>\$8,964,000</u></u>

FIGURAS

Figura I-K.1: Cronograma para la Demostración de la Factibilidad del Proyecto Geotérmico Masaya-Granada-Nandaime			Año 1												Año 2												Año 3											
			Duración			Trimestre 1			Trimestre 2			Trimestre 3			Trimestre 4			Trimestre 1			Trimestre 2			Trimestre 3			Trimestre 4			Trimestre 1			Trimestre 2			Trimestre 3		
Descripción de la Actividad																																						
1	Obtención de Concesión para Exploración	6 semanas	[Barra de actividad]																																			
1.1	Presentación Solicitud a MARENA	-	[Barra de actividad]																																			
1.2	Negociación Términos de Referencia	20 días	[Barra de actividad]																																			
1.3	Presentación EIA-Fase 1 (para exploración superficial) ante MARENA	-	[Barra de actividad]																																			
1.4	MARENA Revisión EIA-Fase 1	10 días	[Barra de actividad]																																			
1.5	Recepción MARENA Permiso Ambiental para la Fase 1	-	[Barra de actividad]																																			
1.6	Recepción INE la Concesión para Exploración	-	[Barra de actividad]																																			
2	Confirmación del Mercado Eléctrico	3 meses	[Barra de actividad]																																			
2.1	Revisión datos del precio de la electricidad a nivel local y regional	3 semanas	[Barra de actividad]																																			
2.2	Preparación pro-forma para demostrar la viabilidad económica del proyect	3 semanas	[Barra de actividad]																																			
2.3	Negociación MOU con el comprador de la energía	6 semanas	[Barra de actividad]																																			
3	Interpretación Geológica de Detalle	14 semanas	[Barra de actividad]																																			
3.1	Imágenes de Satélite	10 semanas	[Barra de actividad]																																			
3.1.1	Adquisición imágenes	6 semanas	[Barra de actividad]																																			
3.1.2	Interpretación	1 mes	[Barra de actividad]																																			
3.2	Fotografía Aérea	10 semanas	[Barra de actividad]																																			
3.2.1	Adquisición fotografías	6 semanas	[Barra de actividad]																																			
3.2.2	Interpretación	1 mes	[Barra de actividad]																																			
3.3	Obtención derechos de paso de los dueños de terreno(s) p/ trab. de camp	3 semanas	[Barra de actividad]																																			
3.4	Mapeo geológico detallado	1 mes	[Barra de actividad]																																			
3.5	Sondeos Geofísicos	10 semanas	[Barra de actividad]																																			
3.5.1	Sondeos de Gravedad	10 semanas	[Barra de actividad]																																			
3.5.1.1	Selección contratista	3 semanas	[Barra de actividad]																																			
3.5.1.2	Ejecución sondeo	1 mes	[Barra de actividad]																																			
3.5.1.3	Preparación informe	3 semanas	[Barra de actividad]																																			
3.5.2	Sondeos Geoelectrónicos	10 semanas	[Barra de actividad]																																			
3.5.2.1	Selección contratista	3 semanas	[Barra de actividad]																																			
3.5.2.2	Ejecución el sondeo	1 mes	[Barra de actividad]																																			
3.5.2.3	Preparación informe	3 semanas	[Barra de actividad]																																			
3.6	Preparación informe de síntesis de los datos geológicos	2 semanas	[Barra de actividad]																																			
4	Obtención "Permiso Ambiental" para Perforación Exploratoria	14 semanas	[Barra de actividad]																																			
4.1	Reunión con políticos locales y autoridades civiles	1 mes	[Barra de actividad]																																			
4.2	Pozos de Gradiente de Temperatura (Pozos GT)	10 semanas	[Barra de actividad]																																			
4.2.1	Selección sitios provisionales para 12 Pozos GT	2 semanas	[Barra de actividad]																																			
4.2.2	Estudios arqueológicos para Pozos GT	1 mes	[Barra de actividad]																																			
4.2.3	Preparación del EIA Fase 2A (Pozos GT)	2 semanas	[Barra de actividad]																																			
4.2.4	Presentación EIA Fase 2A ante MARENA	-	[Barra de actividad]																																			
4.2.5	Revisión MARENA EIA Fase 2A	2 semanas	[Barra de actividad]																																			
4.2.6	Recepción por MARENA "Permiso Ambiental" para Fase 2A (Pozos	-	[Barra de actividad]																																			
4.3	Pozos de Diámetro Reducido y de Diámetro Comercial (Pozos DR y DC)	11 semanas	[Barra de actividad]																																			
4.3.1	Selección sitios provisionales para los Pozos DR y DC y para la planta	2 semanas	[Barra de actividad]																																			
4.3.2	Verificación compatibilidad con las restricciones del uso de la tierra	1 mes	[Barra de actividad]																																			
4.3.3	Obtención datos ambientales pertinentes a la perforación	6 semanas	[Barra de actividad]																																			
4.3.3.1	Estudios arqueológicos para Pozos DR y DC	1 mes	[Barra de actividad]																																			
4.3.3.2	Estudios biológicos (flora y fauna indígena)	1 mes	[Barra de actividad]																																			
4.3.3.3	Muestreo y análisis de suelos	6 semanas	[Barra de actividad]																																			
4.3.4	Evaluación preliminar del riesgo geológico	1 mes	[Barra de actividad]																																			
4.3.5	Preparación del EIA Fase 2B (Pozos DR y DC)	2 semanas	[Barra de actividad]																																			
4.3.6	Presentación EIA Fase 2B ante MARENA	-	[Barra de actividad]																																			
4.3.7	Revisión por MARENA EIA Fase 2B	2 semanas	[Barra de actividad]																																			
4.3.8	Recepción por MARENA "Permiso Ambiental" para pozos DR y CR	-	[Barra de actividad]																																			

Figura I-K.2: Diagrama de Plataforma Típica de Perforación

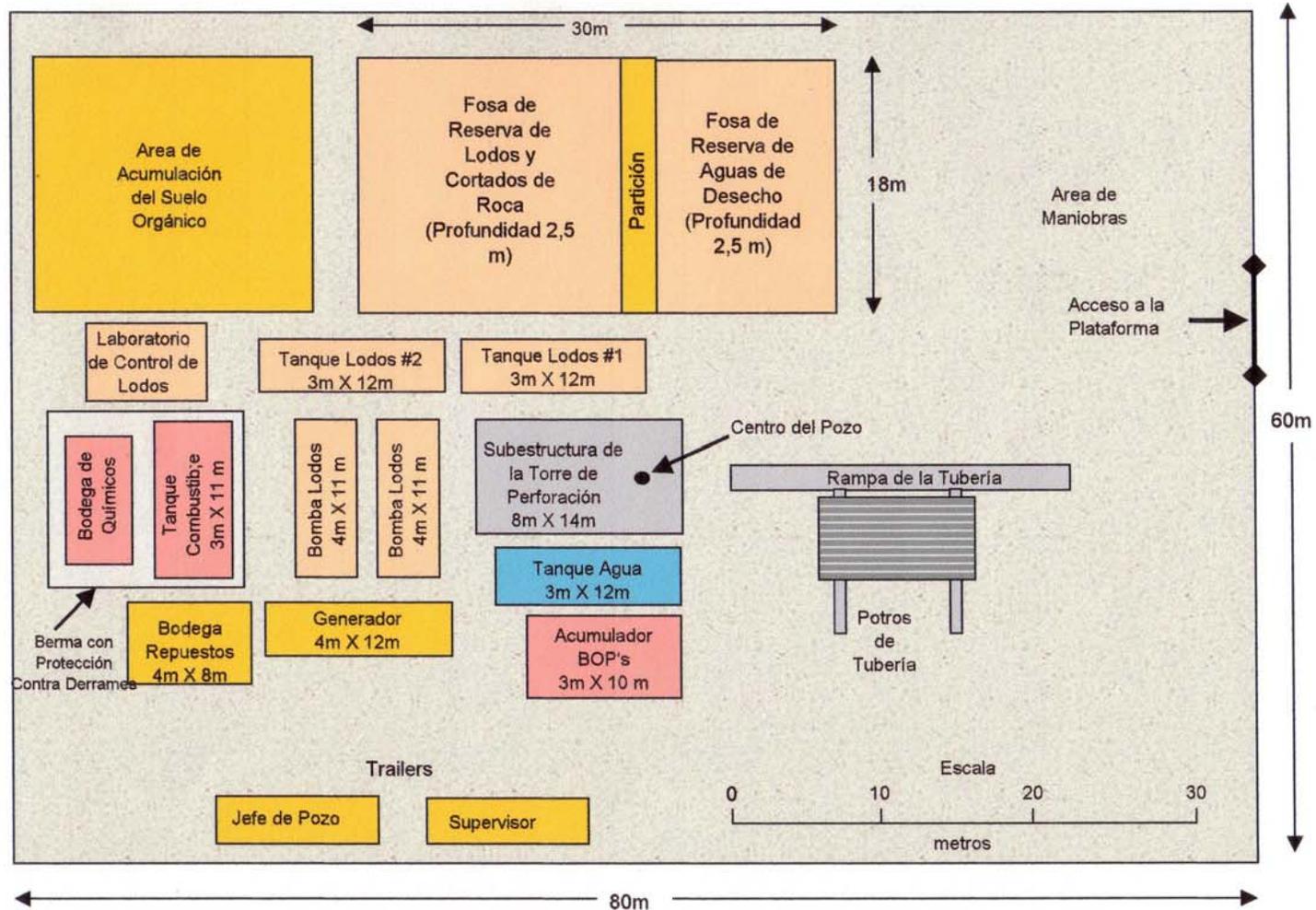
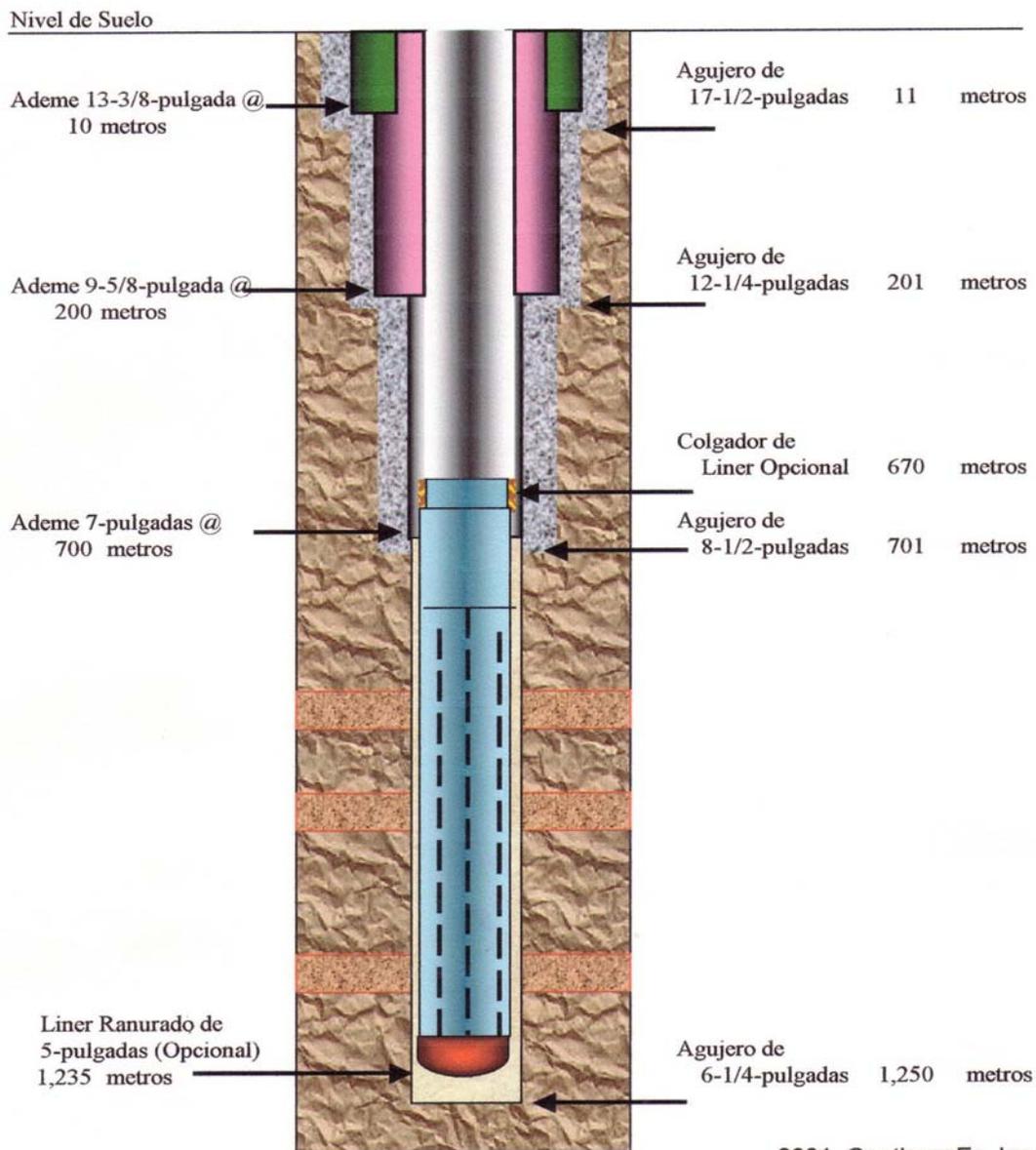


FIGURA I-K.3

PROYECTO GEOTERMICO MASAYA-GRANADA-NANDAIME

POZO DE DIAMETRO REDUCIDO
DIAGRAMA DE TERMINACION



**Figura I-K.4: Pozo de Diámetro Reducido - Proyecto Masaya-Granada-Nandaime
Tiempo y Costo Programados**

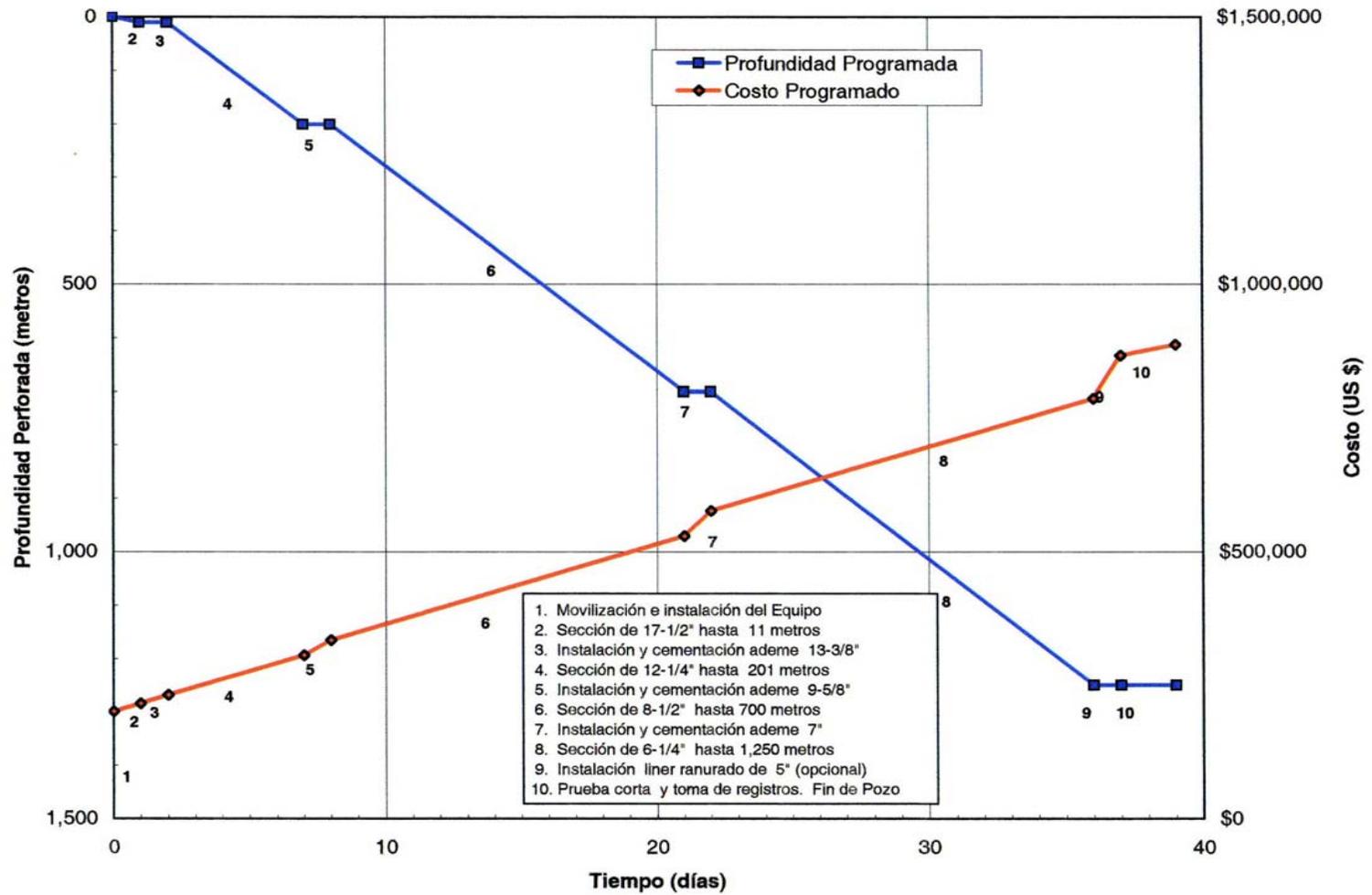
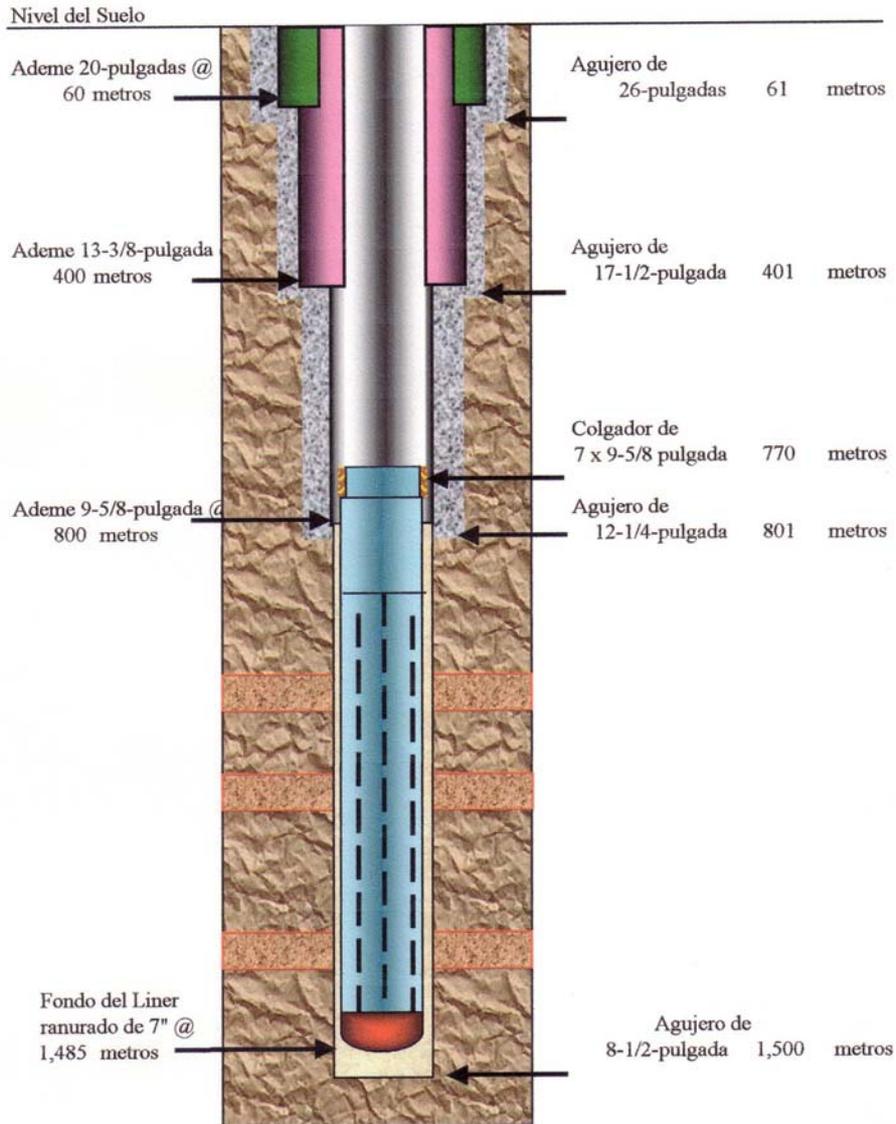


FIGURA I-K.5

PROYECTO GEOTERMICO MASAYA-GRANADA-NANDAIME

POZO DE DIAMETRO COMERCIAL
DIAGRAMA DE TERMINACION



**Figura I-K.6 Pozo de Diámetro Comercial - Proyecto Masaya-Granada-Nandaime
Programación de Tiempo y Costo**

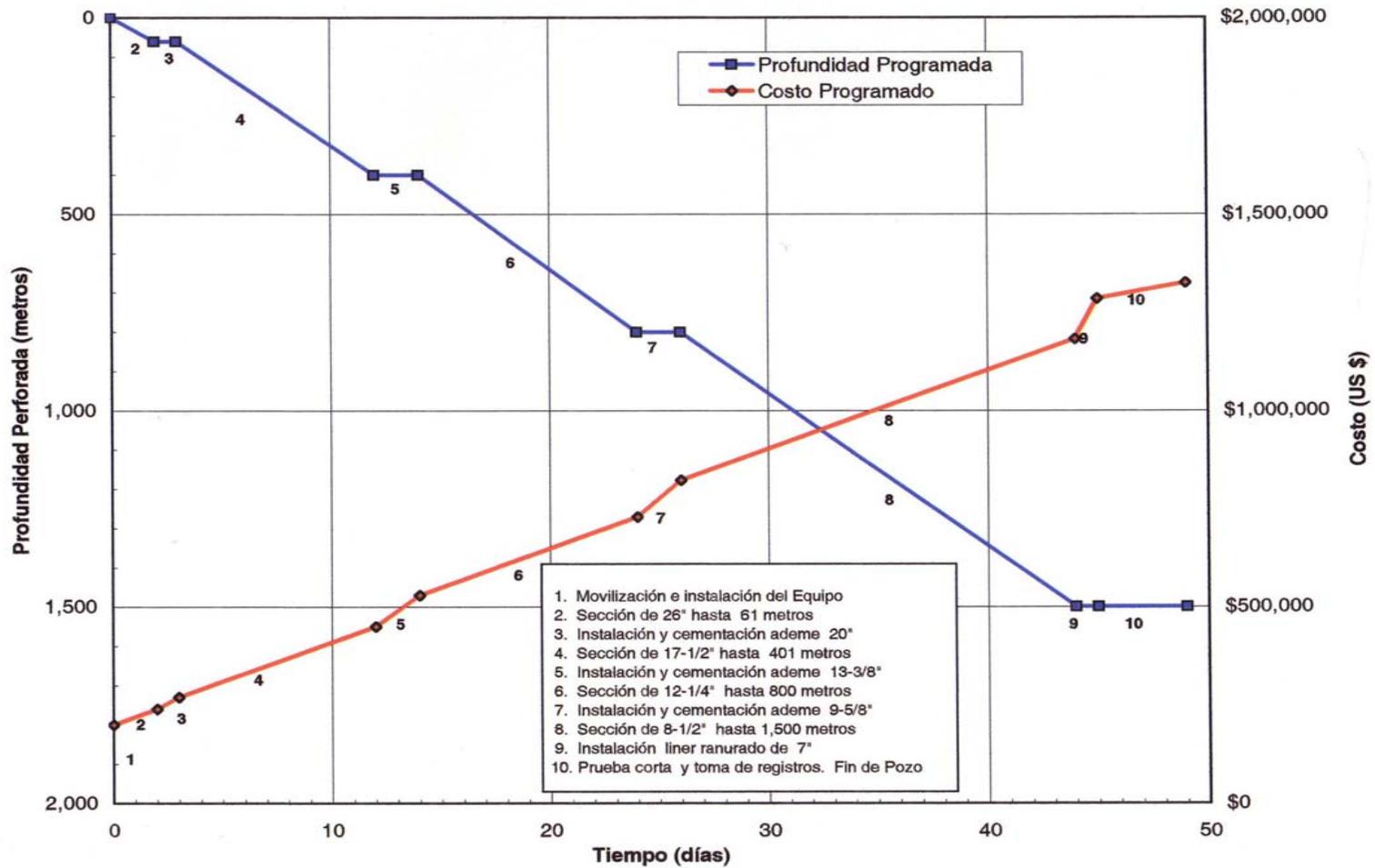


Figura I-K.7
EQUIPO PARA PRUEBAS DE PRODUCCION

