



Gobierno de Reconciliación  
y Gobierno de Reconciliación  
y Unidad Nacional

*El Pueblo, Presidente!*



# Pre - Factibilidad

## El Hoyo – Monte Galán

---

**Descripción del Área:** Localizada en la Cordillera de los Marribios, a unos 50 Km al Noroeste de Managua. Esta área se ubica entre el Volcán El Hoyo y el Volcán Momotombo, incluyendo la Caldera de Galán.

Un sector importante de la planicie se encuentra alrededor del Volcán El Hoyo; ocupado por grandes haciendas ganaderas y agrícolas con cultivos intensivos, y la mayor parte del área se encuentra escasamente poblada.

**Exploración y Desarrollo Geotérmico:** Las investigaciones geotérmicas han sido esencialmente de tipo geocientífico e involucraron la perforación de pozos de gradiente someros, realizados por California Energy (1978). Lo cual incluyó la perforación de 9 pozos de gradientes, distribuidos en toda la planicie en la base de la ladera oriental del Volcán El Hoyo y en la zona del edificio volcánico de Monte Galán.

Entre los años 2006 - 2012 esta área fue dada en concesión a GEONICA un consorcio conformado por ENEL Italia y LaGeo de El Salvador, quienes realizaron investigaciones superficiales complementarias, incluyendo la perforación de 2 pozos de diámetro comercial (HMG-1, HMG-2) y 3 pozos de diámetro reducido (HMGD - 1, HMGD - 2, HMGD - 3). Actualmente esta área no está concesionada.

**Aspectos Geológicos, Vulcanológicos e Hidrológicos:** Todo el complejo del Volcán El Hoyo, así como el edificio de Galán y las áreas aledañas hacia el Sur están densamente afectadas por fallas de rumbo variable NO - SE, N - S y NE - SO (Zona de Falla de la Paz Centro).

La actividad de estas fallas ha persistido durante todo el periodo del volcanismo cuaternario, y probablemente continúan estando activas. La actividad del Volcán El Hoyo ha sido principalmente de tipo efusivo, con rocas de composición variable entre andesítica y basáltica.

La edad de la Caldera de Galán es reciente y se supone que su hundimiento haya ocurrido a raíz de alguna erupción explosiva. En lo que se refiere a las aguas subterráneas, en toda el área se extiende un acuífero amplio que se encuentra en los depósitos volcánicos y aluviales recientes, altamente permeables, y que reciben una recarga abundante proveniente de los relieves de la cordillera volcánica.

**Indicios de Actividad Termal:** La manifestación más significativa es una fuerte fumarola ubicada en la cumbre del Volcán El Hoyo, pero esta parece más bien estar relacionada con procesos magmáticos. Otras manifestaciones termales (pequeñas fumarolas, suelos calientes y/o alterados), presumiblemente de origen

hidrotermal, se encuentran en el Cerro Colorado. El único manantial termal 48°C existente en el área se ubica en correspondencia del Río El Obraje.

Las aguas subterráneas someras en la misma zona muestran una evidente correlación entre el contenido de **Cl (cloro)** y la temperatura, lo cual parece indicar mezclas entre las aguas someras frías y aguas geotérmicas profundas.

Los Pozos de gradientes que datan de los años 70, han definido un área de por lo menos 15 Km<sup>2</sup> con gradiente mayores a los **30°C/100** m (treinta grados centígrados cada cien metro) al N, O y SO del Cerro Colorado.

El pozo de gradiente donde se midió mayor temperatura está ubicado en la base de la ladera Este del edificio del Hoyo, se encontró agua a **125 °C** en rocas con abundantes piritita y alteración hidrotermal a profundidad, de 80 m.

Los resultados de levantamientos geofísicos (1973 - 1998) evidencian varias anomalías de baja resistividad, que se encuentran asociadas a la anomalía de gradiente térmico.

Algunos de los resultados de las exploraciones subsuperficiales recientes de GEONICA (2008) son variables; los pozos de diámetro comercial muestran una zona permeable importante entre los 1,000 y 1,100 m y que se puede extender hasta los 1,300 m, pero presentan bajas temperaturas. Los pozos de diámetro reducido muestran pérdidas de circulación en todo el tramo de los pozos y también bajas temperaturas, a excepción del HMG - D2, que presenta buena permeabilidad y alta temperatura, pues se localiza probablemente cerca de la zona de ascenso de los fluidos geotérmicos.

**Naturaleza del Recurso Geotérmico:** Debajo del complejo volcánico de El Hoyo, existe una importante fuente de calor representada por un sistema magmático que ha generado una serie de centros eruptivos y de fenómenos de explosión freática, distribuidos sobre una superficie de unos 80 - 90 Km<sup>2</sup>. El manantial del Río Obraje y los pozos someros existentes en el sector central del área, muestran una limitada anomalía del **Cl** (cloro) y una evidente correlación entre el contenido de **Cl** y la temperatura del agua, lo cual puede derivarse a partir de procesos de mezcla entre las aguas someras-frías y una descarga activa de aguas geotérmicas de composición Na-Cl (clorurada sódica).

**Estimación de Reservas Energéticas:** Las reservas energéticas del posible sistema geotérmico ubicado al margen oriental del complejo volcánico el Hoyo, se han estimado como Categoría 2. El valor promedio de la distribución probabilística de reservas energéticas es de aproximadamente 160 MW para un plazo de 20 años.

**Aspectos Ambientales:** Las reservas naturales del volcán El Hoyo y el Volcán Momotombo, presentan cierto grado de deterioro ambiental que requiere de



protección y manejo adecuados. El impacto sobre la flora y la fauna se considera mínimo en las zonas de planicie.

Los cuerpos hídricos están en un estado natural, por lo tanto, con un elevado valor ecológico y ambiental, para lo cual tendría que prepararse un plan de mitigación, con las medidas correspondientes de protección para evitar su contaminación.

**Aspectos de Infraestructura y Logísticos:** La evaluación global presupone que, aunque existen puntos sensibles, no se reconocen problemas importantes de logística, infraestructura o socioeconómicos que impongan limitaciones significativas a la viabilidad de un proyecto de exploración y desarrollo geotérmico. Hay facilidades de acceso y cercanía a ciudades principales, baja densidad poblacional y conexión a vías eléctricas, entre otras condiciones necesarias.

**Oportunidades de Desarrollo:** Se han realizado las investigaciones suficientes en el área. Las investigaciones adicionales en el área van a consistir en la evaluación y actualización del modelo conceptual para posteriormente continuar con perforaciones de pozos profundos para obtener directamente datos de las condiciones geológicas a profundidad que permitan la confirmación y caracterización del recurso geotérmico.

## Volcán Mombacho

---

**Descripción del Área:** La zona de interés geotérmico se localiza en la ladera Sur del volcán Mombacho, que forma parte de la Cordillera de los Maribios y el sitio de interés está dentro de la Reserva natural Volcán Mombacho, en el municipio de Granada, Departamento de Granada. La concesión de exploración de una superficie de 100 km<sup>2</sup>, abarca todo el edificio volcánico del Volcán Mombacho y hacia el Sur incluye las Lagunetas de Mecatepe y el Rio Manares. La mayoría del área es bastante poblada con ciudades, pueblos y comunidades pequeñas, y una buen parte se encuentra ocupada por actividades agrícolas y ganaderas.

**Exploración y Desarrollo Geotérmico:** El área ha sido objeto de evaluación durante todos los estudios efectuados en los últimos 30 años sobre los recursos geotérmicos de Nicaragua. El nivel de información disponible y el conocimiento de las condiciones geológicas locales, particularmente en ciertas zonas del área, permite definir un cuadro suficientemente atractivo para continuar con nuevas etapas en el proceso de exploración y desarrollo. En el año 2015 el Gobierno del Japón a través de la Agencia de cooperación Internacional del Japón (JICA), financió los estudios de prefactibilidad del Volcán Mombacho.

El estudio realizado por la Agencia de Cooperación Japonesa en los años 2014-2015 estuvo dirigido a recopilar y obtener información para determinar la factibilidad del área y avanzar a la siguiente etapa del desarrollo geotérmico del volcán Mombacho. La recopilación de información incluyó datos de geología, geoquímica y geofísica de estudios realizado en los últimos 20 años, adicionalmente la compañía Japonesa Westjec realizó un estudio Magnetotelúrico (MT) complementario al realizado en 1990, en el sector Norte y Central del volcán Mombacho, con el objetivo de detectar las zonas promisorias para la perforación de pozos geotérmicos, estudiando en detalle la distribución de la resistividad bajo la superficie, la localización de lineamientos de los sistemas de fracturas por medio del estudio de las discontinuidades de la resistividad, identificando las zonas superiores del yacimiento geotérmico y estudiando zonas de bajas resistividades a profundidades someras.

**Aspectos Geológicos, Vulcanológicos e Hidrológicos:** La geología superficial del área del Mombacho está representada por productos volcánicos de Apoyo, productos volcánicos de pre-Mombacho y de flujo de depósitos de detritos de rocas de Mombacho. El basamento rocoso del volcán Mombacho está compuesto de la formación Brito de rocas sedimentarias Terciarias y de la formación de rocas volcánicas Las Sierras del Cuaternario, las cuales son ampliamente distribuidas bajo el edificio del volcán Mombacho.

El Mombacho es un estrato-volcán de unos 50 km<sup>3</sup> de volumen y 1,340 m de elevación, que se caracteriza por una serie de flujos lávicos, subordinadamente intercalados con productos piroclásticos, y por dos grandes deslizamientos de roca que desde la cima han truncado el volcán por el NE y el SE. Lo que se llama el "cráter principal" del Mombacho es el espacio creado por el deslizamiento al SE.. Existen también conos cineríticos asociados con procesos fisurales entre las calderas de Apoyo y Masaya, y al O y NO del Volcán Mombacho, con edades contemporáneas a las de ambos centros.

El principal cuerpo de agua aledaño a la zona de la concesión de exploración es el Lago Cocibolca, con una extensión de 8264 km<sup>2</sup>, siendo el principal cuerpo de agua dulce de Nicaragua, posee un gran potencial como suministro de agua para consumo humano y riego, así también su potencial explotación turística.

Dentro del área de concesión existen dos ríos, el Río Brujo de características intermitente, disminuye su caudal durante la estación seca, nace en la caldera del Volcán Mombacho y desciende en dirección Sur drenando finalmente hacia las Lagunetas de Mecatepe; El río Manares es un río permanente sirviendo de desagüe a la planicie en donde se ubican las Lagunetas de Mecatepe, tiene dirección Oeste – Este y drena en el Lago Cocibolca. El Río Brujo desciende hacia la zona de amortiguamiento del área protegida Lagunetas de Mecatepe y Río Manares.

**Indicios de Actividad Termal.** De acuerdo con la distribución de la zona de alteración y las fumarolas, la actividad geotérmica es alta alrededor de las fallas. Una fuente de calor de este sistema podría ser magmática o intrusivo asociado a la actividad volcánica del Volcán Mombacho.

Se localizan fumarolas con temperaturas de hasta de 99°C en el cráter principal del Volcán Mombacho. Las fumarolas del Mombacho tienen características hidrotermales con cierta influencia magmática y presentan valores de geotermómetros de gases superiores a los 300°C. Al S de las fumarolas del Mombacho, pero siempre dentro del cráter principal, existen varios manantiales con temperaturas de hasta 54°C. Más hacia abajo, en la planicie al S, siempre cubierta por depósitos clásticos del deslizamiento, existe otro grupo de manantiales termales, generalmente asociados con zonas pantanosas y lagunas, con temperaturas de hasta 60°C.

El modelo geológico-geotérmico conceptual del sistema geotérmico volcán Mombacho se ha determinado sobre la base de la interpretación geológica y de los resultados del análisis químico de agua y gases, indica que podría existir magma o un cuerpo consolidado de magma, a una profundidad relativamente somera por debajo de las proximidades de la zona de fumarolas; el vapor y los gases liberados del cuerpo magmático pueden haber formado un yacimiento

geotérmico a niveles someros. Basados en las temperaturas geoquímicas de los gases en la cima del volcán las que alcanzan los 300°C o más, la máxima temperatura del yacimiento en fase líquida podría también alcanzar los 300°C.

**Naturaleza del Recurso Geotérmico:** La tipología del volcán Mombacho y su reciente actividad se consideran indicios favorables para la existencia de una anomalía térmica en el subsuelo, relacionada con la presencia de cuerpos magmáticos relativamente someros.

**Estimación de Reservas Energéticas:** Para la estimación del potencial geotérmico del recurso se utilizó el Método Volumétrico por medio del Análisis probabilístico de Monte Carlo, se obtuvieron los siguientes estimados; el sector Sur 35 MWe con una probabilidad del 60% y de 18MWe en el sector Noreste con una probabilidad del 60%. Para un estimado total de 54 MWe para toda el área geotérmica.

Como resultado de este estudio, el Estado de Nicaragua ha considerado la implementación del desarrollo geotérmico del Volcán Mombacho, de acuerdo al Plan de Expansión de la Generación de Energía 2019 -2033, se espera que este emprendimiento aporte inicialmente 35 MW. El estudio de Asistencia para el Desarrollo Geotérmico financiado por JICA, ha determinado como viable este emprendimiento (JICA, 2015).

Los pozos de producción pueden alcanzar la zona permeable en una longitud de perforación económicamente atractiva.

**Aspectos Ambientales:** El área protegida Reserva Natural Volcán Mombacho está ubicada en el departamento de Granada, Municipio de Granada cuenta con una extensión de 567.31 ha, su zona de amortiguamiento comprende los municipios de Granada, Nandaime y Diriomo con una extensión de 6,671.36 ha.

La Reserva Natural del Mombacho es un área protegida que tiene como fin la preservación y desde el punto de vista biológico, la protección de los ecosistemas de bosques nubosos y bosques enanos, que literalmente funcionan como islas ecológicas que mantienen un ensamblaje único de especies en un ecosistema particularmente frágil y amenazado

En el año 2012 se preparó el Plan de Protección y Manejo de las Reservas Naturales Río Manares y Lagunetas de Mecatepe el cual fue aprobado en el año 2015. De acuerdo al Plan, La Reserva Natural Lagunetas de Mecatepe y Río Manares está ubicada en el Departamento de Granada, compartida por los municipios de Granada (40%) y Nandaime (60%). La zona protegida tiene un área de 2,463.98 Ha y la zona de amortiguamiento tiene un área de 8,774.77 Ha, para un total de 11,238.75 Ha.

Parte de la reserva está ubicada en una planicie, a una altura de 60 msnm, conformada por Lagunetas y humedales, abarcando la parte baja de la falda Sur del Volcán Mombacho, en las que se ubican las Fincas La Escoba, el Cráter, Pancasán, Santa Elisa, familias Solís - Marengo y Mecatepe, llegando hasta alturas de 600 msnm. Presenta pendientes de 50 grados que contienen parches de bosque pre montano que colindan con la zona de amortiguamiento Sur de la Reserva Natural Volcán Mombacho.

**Aspectos de infraestructura y logísticos:** En general, el área tiene buenas condiciones de acceso, la topografía del volcán Mombacho, presenta algunas dificultades dentro de ciertas áreas. La disponibilidad del recurso hídrico varía en las diferentes zonas, pero se considera posible el abastecimiento de agua para las obras de ingeniería en el proyecto geotérmico, en la zona se han realizado estudios hidrológicos para conocer las opciones de abastecimiento de agua.

**Oportunidades de Desarrollo:** El desarrollo de la factibilidad del campo geotérmico del Mombacho requiere de la perforación de al menos 7 pozos de producción, tres pozos de reinyección, los cuales ya fueron ubicados de acuerdo con los estudios realizado en tres (3) plataformas de perforación-

## Masaya – Granada – Nandaime

### Comprende Caldera de Masaya, Caldera de Apoyo

---

**Descripción del Área:** El área de Masaya – Granada – Nandaime, se encuentra localizada en el extremo Noroeste del Lago de Cocibolca (Nicaragua) e incluye toda la región comprendida entre las ciudades del mismo nombre. El área incluye un amplio sector de la Cordillera Volcánica Cuaternaria, representado por el complejo Volcánico de Masaya, la Caldera de Apoyo y el Volcán Mombacho. La mayoría del área es bastante poblada con ciudades, pueblos y comunidades pequeñas, una buena parte de esta área se encuentra ocupada por actividades agrícolas, ganaderas, y agroindustriales

**Exploración y Desarrollo Geotérmico:** El área Masaya – Granada – Nandaime, ha sido objeto de evaluación durante todos los estudios generales efectuados en los últimos 30 años sobre los recursos geotérmicos de Nicaragua. El nivel de información disponible y el conocimiento de las condiciones geológicas locales, particularmente en ciertas zonas del área, permite definir un cuadro suficientemente atractivo para continuar con nuevas etapas en el proceso de exploración y desarrollo de los recursos geotérmicos.

En el año 2008 el área de Masaya- Granada – Nandaime fue dividida en tres áreas independientes, Caldera de Masaya, Caldera de Apoyo y Volcán Mombacho por motivo de estudios y para otorgarlas en concesión.

En el año 2015 el Gobierno de Japón a través de la Agencia de cooperación Internacional del Japón (JICA), financió los estudios de Pre - factibilidad de las áreas Laguna de Apoyo y Volcán Mombacho.

**Aspectos Geológicos, Vulcanológicos e Hidrológicos:** Los edificios volcánicos cuaternarios yacen sobre los depósitos volcánicos más antiguas del Grupo Las Sierras, el complejo de Masaya, que ocupa el sector Noroeste del área, es un centro volcánico compuesto por lavas basálticas y depósitos piroclásticos.

Se dice que, de todos los volcanes de Centro América, Masaya, ha sido el más activo en tiempos históricos y la gran actividad de depósitos basálticos y basáltico-andesíticos dispersos en el área así lo demuestran.

La Caldera de Apoyo es una estructura de colapso casi circular de 6 - 7 Km de diámetro, ocupada por una laguna con paredes que se levantan entre 100 y 450 metros de altura. Corresponde al colapso de una serie pre-caldérica compuesta por lavas basálticas y andesíticas y una serie de piroclastos con intercalaciones de lavas basálticas, que se originó después de una serie de erupciones de pómez dacítica que se depositaron principalmente al Este.

**Indicios de Actividad Termal:** Las manifestaciones termales del área incluyen una fuerte actividad fumarólica de tipo volcánico en el complejo de Masaya.

El área de Volcán Masaya y su interés geotérmico está esencialmente sustentado por un contexto volcánico y tectónico muy favorable, asociado con ciertas anomalías químicas y térmicas en acuíferos someros.

En la Caldera de Apoyo se encuentran fluidos con temperaturas de hasta 97°C y aguas cloruradas sódicas con alta salinidad.

**Naturaleza del Recurso Geotérmico:** Debajo de cada uno de estos centros volcánicos ocurren muy probablemente condiciones favorables para la existencia de una fuente de calor de interés geotérmico.

El cráter del Volcán Masaya indica limitados fenómenos de diferenciación magmática y una procedencia directa del manto. Sin embargo, el gran volumen del magma erupcionado, la frecuencia y el estilo altamente explosivo de las erupciones, indican una continua movilización de grandes volúmenes de magma hasta niveles relativamente someros.

El volcanismo de Apoyo proporciona un claro indicio de residencia prolongada del magma a niveles crustales relativamente someros, y una cámara magmática de relativamente grandes dimensiones, la cual es muy probable que haya generado una importante anomalía térmica en el subsuelo de toda el área alrededor de la actual Caldera de Apoyo.

**Estimación de Reservas Energéticas:** Las reservas energéticas del sistema geotérmico asociado con el margen occidental de la caldera de Apoyo se han clasificado como reservas Categoría 2. El valor promedio de la distribución probabilística de reservas energéticas es de aproximadamente 180 Megavatios (MW) para un plazo de 30 años. La valoración del potencial calculado del recurso geotérmico utilizando el método Montecarlo, realizado por JICA 2015, en Caldera de Apoyo dio como resultado un potencial de 20 MWe (megavatios eléctricos) con 94 de% de probabilidad correspondiente al potencial depósito explotable, debido a encontrarse el recurso en un área protegida y con topografía muy escarpada. El Perfil del área del volcán Mombacho se tiene en un documento a detalle y por separado.

**Aspectos Ambientales:** Las condiciones ambientales en el área Masaya – Granada – Nandaime, varían mucho entre sus sectores, debido a la extensión del área, la topografía y principalmente, la diversidad de población y del uso de la tierra.

Contiene zonas protegidas que están entre las mejor establecidas y preservadas del país.



**Aspectos de Infraestructura y Logísticos:** En general, el área tiene buenas condiciones de acceso, exceptuando zonas del interior de la Laguna de Apoyo. Para la construcción de obras para la exploración geotérmica, los complejos volcánicos de Masaya y Apoyo no presentan obstáculos importantes.

**Oportunidades de Desarrollo:**

Para el proyecto Caldera de Masaya es necesaria la ejecución de un levantamiento MT oportunamente programado para investigar el amplio sector en el cual podría desarrollarse el recurso. Se anticipa que el levantamiento podrá encontrar serias limitaciones debido a la presencia en superficie de extensas coladas lávicas recientes.

En el área de la Laguna de Apoyo, aun cuando se ha realizado un extenso trabajo de exploración, el análisis de los datos indica que falta completar las investigaciones de factibilidad con la perforación de pozos profundos.

## Managua - Chiltepe

---

**Descripción del Área:** Abarca toda la zona volcánica que incluye la Península de Chiltepe y la faja volcánica que se extiende al Sur, generalmente conocida como el “Alineamiento de Nejapa”.

El centro de la península volcánica de Chiltepe se ubica a solo 10 Kilómetros (km) al Noroeste de Managua, mientras que el Alineamiento de Nejapa corre por el margen occidental de la ciudad de Managua. Todo el sector meridional del área está densamente poblado y presenta varias instalaciones industriales.

En la Península de Chiltepe, por el contrario, la población es muy reducida y limitada a los moradores de varias haciendas agrícolas que se encuentra dispersas en las planicies alrededor del Volcán Apoyeque.

**Exploración y Desarrollo Geotérmico:** Las investigaciones geotérmicas efectuadas han sido esencialmente de tipo geocientífico. Existen sin embargo en el área, y sobre todo en la Península de Chiltepe, varios pozos perforados o excavados hasta profundidades de decenas de metros (hasta un máximo de 80 metros), para fines de aprovechamiento hídrico o de riego.

En varios casos, en estos pozos se ha encontrado agua con temperatura anómala, alcanzando localmente, en las cercanías de la Laguna de Xiloá y en el sector Noroeste de la península, valores en el rango de los 40 °C – 45°C.

En abril del año 2006, esta área fue dada en concesión a GEONICA un consorcio conformado por ENEL Italia y LaGeo de El Salvador, quienes realizaron investigaciones superficiales complementarias e investigaciones subsuperficiales con la perforación de 1 pozo de diámetro reducido (CHIL-1)

El resultado del único pozo perforado durante el proyecto de exploración profunda en esta área, indica baja permeabilidad y baja temperatura, demostrando que el sitio donde se perforó el pozo no fue adecuado; sin embargo, los estudios geocientíficos realizados por GEONICA en el año 2007, indican una zona favorable al Noreste de las lagunas, donde se localiza un área altamente fracturada, fuertemente desmagnetizada y donde las principales manifestaciones hidrotermales superficiales se alinean con el borde Oeste de esta anomalía geofísica.

**Aspectos Geológicos, Vulcanológico e Hidrológico:** El área está ubicada en una zona con importantes rasgos tectónicos, donde el eje de la Cordillera Volcánica cuaternaria cambia de rumbo y presenta un desplazamiento lateral, marcado por un alineamiento de pequeños conos y cráteres volcánicos (Alineamiento de Nejapa).

En el extremo septentrional de este alineamiento y rodeado por el Lago Xolotlán (Managua) se ubica el edificio volcánico de Chiltepe (Volcán Apoyeque a una elevación 518 metros sobre el nivel del mar), que constituye el núcleo de la Península de Chiltepe.

Las Lagunas de Apoyeque y Xiloá, tienen el nivel prácticamente igual al del Lago de Managua, lo cual indica una interconexión del nivel freático regional que es por lo tanto la principal fuente de alimentación de estas lagunas. Sin embargo, ambas lagunas tienen un nivel elevado de cloruros, el cual resulta probablemente de un aporte histórico de aguas geotérmicas.

**Indicios de Actividad Termal:** La manifestación termal más importante del área es una zona de moderada actividad fumarólica con temperatura entre 98° y 104°C, ubicada en la orilla N de la Laguna de Xiloá. Estas fumarolas se encuentran actualmente inundadas por el crecimiento del nivel de la laguna ocurrido después del Huracán Mitch (1998), por lo cual en la actualidad se observan solamente emisiones gaseosas en el agua.

**Naturaleza del Recurso Geotérmico:** Por debajo de la Península de Chiltepe existe indudablemente una importante fuente de calor representada por el sistema magmático que ha generado las repetidas fases de actividad del Volcán Apoyeque.

Los datos hidro-geoquímicos indican que el sistema geotérmico existente en el subsuelo de la Península de Chiltepe está probablemente constituido por un típico fluido de tipo Na – Cl (clorurada sódica), y un pH cercano a neutro.

**Estimación de Reservas Energéticas:** Las reservas energéticas del posible sistema geotérmico ubicado en la península de Chiltepe, asociado con las calderas de Apoyeque y Xiloá, se han estimado como Categoría 2.

El valor promedio de la distribución probabilística de reservas energéticas es de aproximadamente 120 Megavatios (MW) para un plazo de 30 años. Las reservas potenciales asociadas con cada uno de los complejos volcánicos del área (la península de Chiltepe y el Alineamiento de Nejapa), se han estimado estadísticamente como reservas de categoría 3.

**Aspectos Ambientales:** La misma reserva natural de Chiltepe y las áreas protegidas de las lagunas volcánicas en el área presentan cierto grado de deterioro ambiental, requiriendo de mayor protección ambiental y manejo adecuados. Se enfrenta el problema de la cantidad de basura en las playas (principalmente material plástico), acumulada por el viento y las ondas del lago Xolotlán (Managua). No se esperan impactos mayores sobre la flora y la fauna de realizarse un proyecto geotérmico en la zona y las medidas de mitigación, incluirán la protección y los planes de gestión ambiental (PGA) en los puntos ambientalmente más sensibles.



**Aspectos Infraestructurales y Logísticos:** La evaluación global presupone que, aunque existen puntos sensibles, no se reconocen problemas importantes de logística, infraestructura o socioeconómicos que impongan limitaciones significativas a la viabilidad de un proyecto de exploración y desarrollo geotérmico en la Península de Chiltepe. Si el proyecto resultara exitoso desde el punto de vista técnico, existen importantes ventajas para su desarrollo.

**Oportunidades de Desarrollo:** Dado el nivel de conocimiento del área Managua - Chiltepe, se consideran completas las investigaciones de la etapa de prefactibilidad. El programa de perforación profunda sería el elemento esencial de las actividades en la etapa de factibilidad para el recurso geotérmico de Managua – Chiltepe.

## Volcán Cosigüina

---

**Descripción del Área:** El área de estudio del Volcán Cosigüina se localiza en el extremo Noroeste de la Cordillera Volcánica de Nicaragua. Consiste principalmente de la península formada por el Volcán Cosigüina y de las zonas bajas que lo circundan.

Toda el área se caracteriza por un bajo nivel de desarrollo y una densidad de población muy baja. Las zonas planas están dedicadas a la agricultura, que por lo general es poco intensiva, y en la mayoría de las áreas con terrenos más inclinados persiste algo de bosque.

**Exploración y Desarrollo Geotérmico:** En el período 2014-2017 la empresa consultora ACN-JACOBS realizó el estudio de pre-factibilidad y la perforación de 3 pozos de diámetro reducido de 400 a 1000 m de profundidad para el Campo Geotérmico Cosigüina, bajo el Programa Nacional de Electrificación Sostenible y Energía Renovable– PNER.

Posteriormente, (2018-2019) el MEM realizó una revisión geocientífica del Estudio de Pre-factibilidad. Con el objetivo de actualizar el modelo conceptual se realizó muestreo Geoquímico, resultando, con base en los geotermómetros, una temperatura estimada del reservorio de 190°C a 250°C. A través del análisis de las anomalías obtenidas por medio de los registros Magnetotelúricos (MT) se delimitó un área de mayor interés (6 km<sup>2</sup>), y un área extendida de interés de 20km<sup>2</sup>.

En la actualidad el Ministerio de Energía y Minas (MEM), busca determinar la factibilidad Técnica, Económica y Ambiental para explotación del potencial geotérmico del campo Cosigüina con la perforación de 3 pozos de diámetro comercial.

**Aspectos Geológicos, Vulcanológicos e Hidrológicos:** El Volcán Cosigüina es un estrato volcán con un diámetro cercano a los 20 Kilómetros (Km) y una elevación máxima de 872 metros (m). Tiene una forma casi circular, y las principales irregularidades en su forma se deben a la presencia del Filete Cresta Montosa y al amplio contrafuerte formado por el Loma San Juan.

Las paredes expuestas del cráter indican que la parte central del volcán está compuesta principalmente por flujos repetitivos de lava, separados por capas de escoria y, posiblemente, depósitos piroclásticos.

Por la presencia de rocas relativamente poco permeables en la superficie, el agua superficial es escasa y existen muy pocos cursos de agua permanentes. El drenaje subterráneo presumiblemente se produce a través de lavas permeables y/o depósitos piroclásticos. La presencia de varios pozos de agua distribuidos

alrededor de las llanuras costeras indica que existen acuíferos bastante extensos en una gran parte del área.

**Indicios de Actividad Termal:** Existen abundantes manantiales calientes agrupados en la orilla oriental de la península, donde por un tramo de aproximadamente 6 Km a elevaciones próximas al mar afloran aguas con temperaturas que oscilan desde 35°C hasta 49°C, algunos con caudales elevados, que representan flujo desde el acuífero freático hacia los pantanos adyacentes del Estero Real. Se nota también que los manantiales se agrupan cerca de una colina ancha compuesta de rocas volcánicas pre-caldéricas.

**Naturaleza del Recurso Geotérmico:** El Volcán Cosigüina representa la única fuente significativa de calor que se conoce en el área. La falta de actividad volcánica joven en un amplio radio alrededor del volcán sugiere que es improbable que existan otras importantes fuentes de calor en el área, y la distribución de las manifestaciones termales en la periferia del volcán soportan esta hipótesis.

El tamaño y la joven edad del edificio volcánico de Cosigüina sugieren que la cantidad de rocas intrusivas, emplazadas como magma a niveles relativamente someros, es probablemente en el orden de varias decenas de kilómetros cúbicos (Km<sup>3</sup>).

**Estimación de Reservas Energéticas:** Para la estimación de las reservas recuperables de energía geotérmica, el área ha sido clasificada en la Categoría 3.

El cálculo del calor magmático disponible indica un valor promedio para las reservas potenciales de más de 15 MW/km<sup>2</sup> cerca del centro del complejo, que descienden a menos de dos o tres MW/km<sup>2</sup> a una distancia de cuatro a 5 Km.

El valor promedio de la distribución probabilística de reservas energéticas es de aproximadamente 60 MW para un plazo de 20 años con una probabilidad de 50 % (Jacob 2015).

**Aspectos Ambientales:** Debido a la escasa población, el área de Cosigüina no ha estado sujeta a un desarrollo intensivo y muchas zonas dentro del área mantienen su carácter natural. No obstante, el área ha sido objeto de una cierta degradación ambiental, resultado sobre todo de actividades agrícolas y de la caza.

Las Reservas Naturales establecidas dentro del área proveen un cierto grado de protección ambiental a ciertas zonas. El desarrollo geotérmico podría mejorar el grado de protección ambiental dentro de la zona afectada, al establecer un mejor monitoreo de condiciones y actividades dentro de la zona, lo que puede reducir actividades de caza ilegal y tala del bosque.

**Aspectos Infraestructurales y Logísticos:** La infraestructura de acceso es limitada en el área. Aun así, se espera que sea factible en la mayor parte de la zona, la construcción de caminos, sitios de perforación e instalaciones sobre la



superficie. El proyecto geotérmico, fomenta el desarrollo a través de beneficios potenciales para la comunidad, incluyendo empleo y mejora general de la infraestructura. Hay escasez de fuentes de agua superficiales, pero se identifican zonas para la perforación de pozos de moderada profundidad para obtener agua subterránea en cantidades adecuadas

### **Oportunidades de Desarrollo**

El área de Cosigüina, se encuentra en la etapa de Pre- Factibilidad en lo que se refiere a la investigación de los recursos geotérmicos; sin embargo, el MEM a través del proyecto “*Desarrollo de la Exploración Geotérmica para diversificar la Matriz Energética*” pretende verificar el potencial del campo, mediante la perforación de pozos exploratorios y obtener información que permita confirmar o modificar el modelo geotérmico conceptual elaborado a partir de investigaciones previas y así mismo integrar una perspectiva de mitigación de riesgos iniciales para atraer al inversor privado.