

Preparado para:



## Evaluación de Disponibilidad Hídrica para la Fase II del Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina - *Reporte Final*

Septiembre 2016

Environmental Resources Management  
1776 I St  
Suite 200  
Washington, DC 20006

[www.erm.com](http://www.erm.com)



Preparado para:  
Banco Interamericano de Desarrollo



*Evaluación de Disponibilidad Hídrica  
para la Fase II del Proyecto  
Geotérmico Volcán Cosigüina -  
Reporte Final*

Septiembre 2016

**Environmental Resources Management**

1776 I St.  
Suite 200  
Washington, DC 20006  
+1.202.466.9090 (p)  
+1.202.466.9191 (f)

<http://www.erm.com>

---

**Ricardo N. Calvo, Ph.D.**  
*Socio*

## TABLA DE CONTENIDO

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>1.0</b> | <b>INTRODUCCIÓN</b> .....   | <b>1</b>  |
| <b>1.1</b> | <b>OBJETIVOS</b> .....  | <b>4</b>  |
| <b>1.2</b> | <b>ALCANCE</b> .....  | <b>5</b>  |
| <b>2.0</b> | <b>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO GEOTÉRMICO VOLCÁN COSIGÜINA</b> .....           | <b>6</b>  |
| <b>2.1</b> | <b>FASE I</b> .....   | <b>8</b>  |
| <b>2.2</b> | <b>FASE II</b> .....  | <b>11</b> |
| <b>3.0</b> | <b>METODOLOGÍA E INFORMACIÓN UTILIZADA</b> .....                            | <b>12</b> |
| <b>3.1</b> | <b>VISITA A CAMPO Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN</b> .....                    | <b>12</b> |
| <b>3.2</b> | <b>EVALUACIÓN DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA</b> .....                           | <b>18</b> |
| <b>3.3</b> | <b>ELABORACIÓN DE PLANES DE MANEJO</b> .....                                | <b>19</b> |
| <b>3.4</b> | <b>LIMITACIONES Y SUPUESTOS</b> .....                                       | <b>19</b> |
| <b>4.0</b> | <b>EVALUACIÓN DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA</b> .....                           | <b>21</b> |
| <b>4.1</b> | <b>LÍNEA BASE DE LOS RECURSOS HÍDRICOS</b> .....                            | <b>21</b> |
| <b>4.2</b> | <b>RENDIMIENTO DE POZOS RURALES CERCANOS AL PROYECTO</b> .....              | <b>24</b> |
| <b>4.3</b> | <b>USUARIOS DE AGUA EN EL ADI DEL PROYECTO</b> .....                        | <b>24</b> |
| <b>4.4</b> | <b>DEMANDA DE AGUA PARA LA PERFORACIÓN DE LA FASE II DEL PROYECTO</b> ..... | <b>26</b> |
| <b>4.5</b> | <b>ESTIMACIÓN DE BALANCE HÍDRICO</b> .....                                  | <b>27</b> |
| <b>4.6</b> | <b>ALTERNATIVAS DE FUENTES DE AGUA PARA EL PROYECTO</b> .....               | <b>29</b> |
| <b>5.0</b> | <b>PLAN DE MANEJO DE RECURSOS HÍDRICOS</b> .....                            | <b>31</b> |
| <b>5.1</b> | <b>OBJETIVOS</b> .....  | <b>31</b> |
| <b>5.2</b> | <b>IMPACTOS POTENCIALES</b> .....   | <b>32</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>5.3 ESTÁNDARES NACIONALES E INTERNACIONALES .....</b> | <b>32</b> |
| <b>5.4 ACTIVIDADES Y MEDIDAS CLAVE .....</b>             | <b>33</b> |
| <b>5.5 MEDIDAS DE CONTROL Y SEGUIMIENTO .....</b>        | <b>33</b> |
| <b>6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>          | <b>34</b> |
| <b>7.0 LITERATURA Y FUENTES CONSULTADAS.....</b>         | <b>36</b> |

#### **LISTA DE TABLAS**

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Tabla 3-1: | Resumen de Pozos Perforados cercanos al Sitio del Proyecto .....   | 17 |
| Tabla 4-1: | Población y Consumo de Agua per Cápita Estimada, 2016 .....  | 24 |
| Tabla 4-2: | Aprovechamiento de Agua Subterránea en la Cuenca No. 64 .....  | 25 |
| Tabla 4-3: | Extracciones de Agua por Sector en Nicaragua .....   | 25 |
| Tabla 4-4: | Estimación de Consumo Humano Actual y Futuro de Agua en Cosigüina  | 28 |
| Tabla 4-5: | Estimación del Balance Hídrico en la Zona del Cosigüina Considerando la Demanda Mínima de Agua.....                                  | 28 |
| Tabla 4-6: | Estimación del Balance Hídrico en la Zona de Cosigüina Considerando la Demanda Máxima de Agua, Otros Usuarios y Recarga de Subcuenca | 29 |

#### **LISTA DE FIGURAS**

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Figura 1-1: | Ubicación del Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina.....                                | 2  |
| Figura 2-1: | Cráter del Volcán Cosigüina .....  | 7  |
| Figura 2-2: | Volcanes Cosigüina y San Juan.....   | 7  |
| Figura 2-3: | Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina .....   | 10 |
| Figura 3-1: | Pila Comunal en El Potosí, aguas abajo (superior) y aguas arriba (inferior) de la pila | 13 |

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Figura 3-2: | Pileta comunal de aguas termales La Piscina .....                                       | 14 |
| Figura 3-3: | Pozo comunal Potosí .....   | 14 |
| Figura 3-4: | Pozo comunal El Capulín .....   | 15 |
| Figura 3-5: | Desembocadura en el mar de las aguas provenientes de pila<br>comunal en El Potosí ..... | 15 |
| Figura 4-1: | Balance Hídrico por Subcuenca en la Península de Cosigüina .....                        | 23 |

## ***ANEXOS***

### ***ANEXO A: LISTA DE INFORMACIÓN SOLICITADA***

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID o Banco), a través de los préstamos NI-L1040, NI-L1050 y NI-1063, brinda financiamiento para la implementación del *Programa Nacional de Electrificación Sostenible y Energía Renovable* (PNESER) de Nicaragua. El PNESER es un programa multianual que tiene como objetivo “tener un efecto transformacional en la cobertura eléctrica a nivel nacional, a través del aumento significativo de la tasa de cobertura del servicio eléctrico, contemplando a su vez el escalamiento del uso de las energías renovables y la promoción de la eficiencia energética en Nicaragua” (BID 2012). El Componente No. 4 del PNESER corresponde a la pre-inversión y estudios de proyectos de generación de energía renovable. El Ministerio de Energía y Minas (MEM), la Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica (ENATREL) y la Empresa Nicaragüense de Electricidad (ENEL) lideran la implementación del PNESER (BID 2012).

Asimismo, Nicaragua cuenta con un *Plan de Inversión para Nicaragua* (PINIC) para implementar el *Programa de Ampliación de las Energías Renovables y del Acceso a Energía* (SREP, por sus siglas en inglés), apoyado por el Fondo Estratégicos para el Clima (CIF, por sus siglas en inglés) y otras entidades incluyendo el BID. El Componente No. 1 del SREP corresponde al desarrollo de la energía geotérmica de Nicaragua en los proyectos priorizados: Casita-San Cristóbal, Volcán Cosigüina, Volcán Mombacho y Caldera de Apoyo (MEM 2015).

A través de estos programas, el MEM está desarrollando el proyecto geotérmico Volcán Cosigüina (el Proyecto) ubicado en las comunidades El Mojado y El Capulín, municipio de El Viejo, Departamento de Chinandega, dentro del Área Protegida Reserva Natural Volcán Cosigüina (RNVC, ver Figura 1-1). El Proyecto tiene un potencial estimado de 106 megawatts (MW) (MEM 2015).



Figura 1-1: Ubicación del Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina

La empresa *Artículos y Construcciones Eléctricas de Nicaragua S.A.* (ACN) fue seleccionada por el MEM como contratista y actualmente está iniciando el Estudio de Pre-Factibilidad - Fase I del Proyecto. Este consiste en tres plataformas (A, B, C) cada una con un pozo de diámetro reducido (“*slim-hole*”) con una profundidad de 1,000 metros (m). En base a resultados favorables obtenidos de la Fase I, ENEL (como el ejecutor del Componente 1 del SREP) continuaría a la Fase II – Exploración Comercial la cual consiste en la perforación de hasta cinco pozos de exploración profunda (estimado en 2,000 m) con diámetro comercial en aproximadamente la misma ubicación que los pozos de diámetro reducido. El objetivo de la Fase II es mejorar el nivel de información del recurso geotérmico del área del volcán Cosigüina, confirmar su viabilidad como generación de energía geotérmica y obtener información que sería utilizada en un futuro Estudio de Factibilidad del Proyecto.

En Junio 2016, *Environmental Resources Management* (ERM) desarrolló dos estudios complementarios para asistir que la Fase II del Proyecto cumpla con la *Política de Medio Ambiente y Cumplimiento de Salvaguardias* (OP-703, 2006) del BID: Evaluación de Efectos Acumulativos (EEA) y Plan de Acción de Biodiversidad (PAB). La EEA evaluó los efectos acumulativos más relevantes generados por la Fase II junto con otros proyectos y fuentes de presión externa sobre los componentes ambientales y sociales valorados (VEC). A través de consultas con las partes interesadas, se identificaron cuatro VECs: calidad del aire, recursos hídricos, cobertura forestal y el área protegida RNVC. Los efectos acumulativos a los recursos hídricos fueron clasificados como prioridad mayor dado que los efectos acumulativos estimados son considerados de significancia mayor. La disponibilidad del agua y el uso de agua por el Proyecto es una preocupación importante de los grupos de interés locales. El área del EEA tiene recursos hídricos limitados. Los cursos de agua superficial son escasos y estacionales y las comunidades se abastecen de fuentes de agua subterránea mediante pozos, manantiales y ojos de agua. Las fuentes de presión externa, incluyendo la actividad agropecuaria, la deforestación, las sequías y el cambio climático, resultan en un mayor uso y/o una menor recarga de agua al acuífero. El uso de agua por la Fase II resultaría en una mayor presión sobre la disponibilidad limitada del agua, probablemente agua subterránea, la cual sirve como fuente de agua para las actividades socioeconómica y la población. Se recomendó que la identificación de la fuente de agua asegure que la Fase II no sobrepasaría el umbral de disponibilidad de agua o afecte a usuarios actuales.

ERM ha sido contratado por el BID para realizar un estudio complementario para evaluar la disponibilidad hídrica (EDH) para la Fase



II, determinado en los términos de referencia establecidos por el BID. El presente reporte presenta el EDH, preparado en base en información secundaria disponible para el área en donde se ubica el Proyecto.

El EDH está organizado en las siguientes secciones:

- *Sección 1.0:* Introducción, incluyendo objetivos y alcances del EDH
- *Sección 2.0:* Una breve descripción del Proyecto y las Fases I y II
- *Sección 3.0:* Metodología seguida para el EDH, incluyendo limitantes para la realización del estudio
- *Sección 4.0:* Resultados del EDH
- *Sección 5.0:* Conclusiones y recomendaciones
- *Sección 6.0:* Plan de manejo de recursos hídricos para la Fase II
- *Sección 7.0:* Literatura y fuentes consultadas

## 1.1

### **OBJETIVOS**

Los principales objetivos del presente EDH son:

- Mediante una visita de campo al sitio del Proyecto identificar las fuentes principales de aguas superficiales y subterráneas en el área y recolectar información necesaria para la evacuación de recursos hídricos.
- Evaluar los impactos acumulativos sobre los recursos hídricos, enfocándose en la Fase II del Proyecto y considerando otros usuarios
- Proporcionar una opinión técnica sobre la disponibilidad hídrica para la Fase II del Proyecto.
- Proponer recomendaciones de disponibilidad hídrica, incluyendo un plan de manejo para la prevención de impactos asociados a la Fase II del Proyecto sobre los recursos hídricos.

## 1.2

### *ALCANCE*

El presente EDH evaluó la disponibilidad hídrica para la perforación de cinco pozos de exploración de la Fase II del Proyecto. El EDH se basó en información de estudios hidrogeológicos ambientales existentes e información disponible en el ámbito público y libremente accesible. Asimismo, ERM utilizó para esta evaluación datos e información obtenida durante una visita de cinco días al sitio del Proyecto y reuniones con partes interesadas.

El alcance del presente EDH toma en consideración las limitaciones que el desarrollador de un proyecto puede enfrentar en este tipo de evaluación, incluyendo: (i) información incompleta sobre otros proyectos y actividades (por ejemplo, si la información no está disponible en el ámbito público); (ii) incertidumbre respecto de la ejecución de proyectos futuros; (iii) falta de planes estratégicos nacionales, sectoriales o de uso de recursos e (iv) información limitada de línea base sobre recursos hídricos.

## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO GEOTÉRMICO VOLCÁN COSIGÜINA

Esta sección brinda el resumen y estatus del Proyecto. La Fase I del Proyecto es desarrollada por el MEM, ENATREL y ENEL bajo el programa PNER. Dependiendo de los resultados de la Fase I, la Fase II será ejecutada por el Componente 1 SREP. Estos programas buscan contribuir con el aumento de energía renovable, especialmente la energía geotérmica, en Nicaragua. El Proyecto está ubicado en las comunidades El Mojado, El Capulín y Potosí, municipio de El Viejo, Departamento de Chinandega, la región del Pacífico de Nicaragua (ver Figura 1-1) y se encuentra en pre-factibilidad, Fase I. Tiene un potencial estimado de 106 MW y el MEM lo considera de mediano interés, correspondiente al proyecto geotérmico actualmente con mayor interés en Nicaragua (MEM 2015).

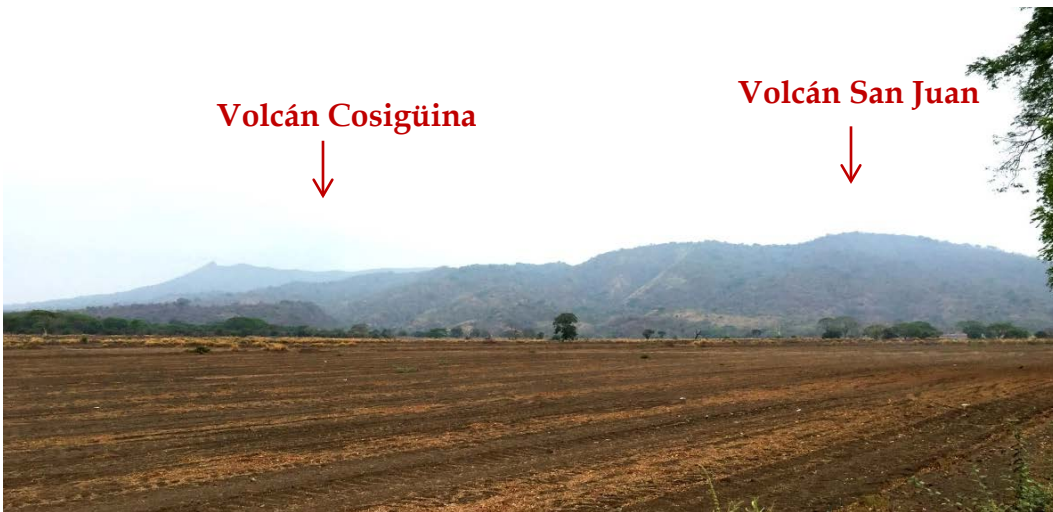
El volcán Cosigüina, de 859 m de altura, está ubicado en el extremo noroccidental de la cadena volcánica de los Maribios en la península de Cosigüina (MARENA 2006). El volcán Cosigüina es casi circular de tipo escudo. En 1835 tuvo una erupción explosiva, formando su actual cráter (ver Figura 2-1). Esta es la única erupción registrada históricamente. La península de Cosigüina tiene una topografía relativamente suave con pendientes casi planas, y una densidad poblacional y nivel de desarrollo bajos. Una de las pocas excepciones a la topografía suave de la zona es la loma o volcán San Juan, la cual forma un ancho contrafuerte, ubicado al este del volcán Cosigüina con una elevación de 843 m, ver Figura 2-1 y Figura 2-2 (CNE 2001).

En el 2001, la Comisión Nacional de Energía (CNE) realizó estudios de reconocimiento sobre el potencial del recurso geotérmico del volcán Cosigüina como parte del *Plan Maestro Geotérmico de Nicaragua* (CNE 2001). La reserva de energía geotérmica se estimó en aproximadamente 106 MW (Categoría 3), calculado según el método volumétrico de Monte Carlo. Sin embargo, no se pudo concluir si existe un recurso geotérmico comercial (CNE 2001). En el 2003, el Decreto No. 79-2003 declaró el Área del Volcán Cosigüina como un Área de Recurso Geotérmico para la exploración y explotación de los recursos geotérmicos en Nicaragua.



Fuente: ERM, abril 2016

**Figura 2-1:** *Cráter del Volcán Cosigüina*



Fuente: ERM, abril 2016; vista sureste al noroeste

**Figura 2-2:** *Volcanes Cosigüina y San Juan*

ACN y Jacobs New Zealand Limited realizaron un estudio de reconocimiento superficial en el área del volcán Cosigüina en el 2014. Los resultados sugirieron la presencia de un sistema geotermal líquido dominante de alta temperatura ( $>250^{\circ}\text{C}$ ) y tamaño considerable, entre 7.8 kilómetros cuadrados ( $\text{km}^2$ ) y 20  $\text{km}^2$ . El sistema se centra en el flanco este del volcán Cosigüina y el flanco suroeste del volcán San Juan (ver Figura 1-1). El estudio concluyó que el volcán Cosigüina tiene un recurso geotérmico inferido con una probabilidad de 50% de 82 MW, considerando un funcionamiento de la planta por 20 años con un factor de capacidad del 90% (ACN 2015b, Pelican 2016).

## 2.1

### FASE I

ACN, contratista seleccionada por el MEM, actualmente está llevando a cabo el estudio de pre-factibilidad - Fase I del Proyecto. ACN desarrolló varios estudios ambientales y sociales para la Fase I, incluyendo: *Estudio Socioeconómico del Proyecto de Exploración Geotérmica Volcán Cosigüina* (ACN 2015a), *Estudio de Impacto Ambiental del Estudio de Pre-factibilidad para el Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina – Fase Perforación Exploratorio* (ACN 2015b), *Documento de Impacto Ambiental del Estudio de Pre-factibilidad para el Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina – Fase Perforación Exploratorio* (ACN 2015c) e *Informe de Consulta Pública* (ACN 2015d).

El objetivo de la Fase I es elaborar el modelo conceptual del área geotérmica mediante el estudio de pre-factibilidad. La Fase I consiste en la construcción, perforación y pruebas de tres pozos de diámetro reducido. Las actividades de la Fase I aún no han iniciado. Los componentes de la Fase I son (ver Figura 2-3):

- Tres pozos (A, B, C) de diámetro reducido de 2.98 pulgadas con una profundidad de 1,000 m, cada uno en una plataforma de 25 m por 25 m (625 metros cuadrados [ $\text{m}^2$ ]) con áreas de almacenamiento, tanques de combustible, maquinaria, oficina y fosa de lodos,
- Rehabilitación de aproximadamente 4 km de un camino terciario existente de 3.5 m de ancho que inicia en el camino Potosí - Cosigüina en El Capulín y termina en El Mojado,
- Apertura de aproximadamente 2 km de nuevos acceso de 3.5 m de ancho, la mayoría sobre senderos abiertos existentes,
- Extracción y transporte de material de relleno del banco de la comunidad San Juancito en la carretera 265, a 12 km al sur del área,

- Extracción de aproximadamente 147 metros cúbicos por día ( $m^3/\text{día}$ ) o 1.7 litros por segundo (l/s) de agua aguas abajo del ojo de agua La Piscina en Potosí, ubicado a 4 km de las plataformas (ver Figura 2-3), y transporte mediante camiones cisterna (“pipa”); e
- Instalaciones auxiliares: campamento temporal (ACN 2015b).

Se espera que los pozos generen vapor seco. En el caso que se genere vapor húmedo, el condensado (salmuera) será almacenado en un vertedero y reinyectado al pozo luego de finalizar las pruebas de descarga (ACN 2015b).

La Fase I requiere de dos cuadrillas de 30 personas para la construcción de las plataformas e instalaciones auxiliares y 60 personas técnicas para la perforación de los pozos. La duración de la Fase I se estima en un máximo de 8 meses (ACN 2015b), de mayo a diciembre 2016.

Antes de iniciar las actividades, ACN obtendrá el permiso de uso de fuentes de agua de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el permiso de corte y poda de árboles del Instituto Nacional Forestal (INAFOR) y el permiso de disposición final de desechos sólidos de la Alcaldía Municipal El Viejo.

Según el EIA (ACN 2015b), el área de influencia directa (AID) de la Fase I comprende un radio de 500 m alrededor de las plataformas, accesos e instalaciones auxiliares y es de aproximadamente 20  $km^2$  (ver Figura 2-3). Las plataformas están mayormente ubicadas en áreas intervenidas por agricultura y ganadería o áreas de bosque secundario en regeneración natural.

El AID está parcialmente ubicado dentro de la Zona Intangible – Subzona de Infiltración de Agua Loma La Batidora de la RNVC. La Ley No. 443 declara de Interés Nacional los Recursos Geotérmicos y en los casos que “el área objeto de la exploración o explotación se encuentre total o parcialmente en áreas protegidas, él o los concesionarios deberán obtener del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales [MARENA] la respectiva aprobación del Estudio de Impacto Ambiental y del Permiso Ambiental, previo al inicio de la exploración o la explotación del recurso”. ACN obtuvo la aprobación del EIA (Categoría II) y el Permiso Ambiental de la Fase I el 23 de diciembre del 2015, mediante Resolución Administrativa DGCA No. P0022-0714-034-2015 de MARENA.

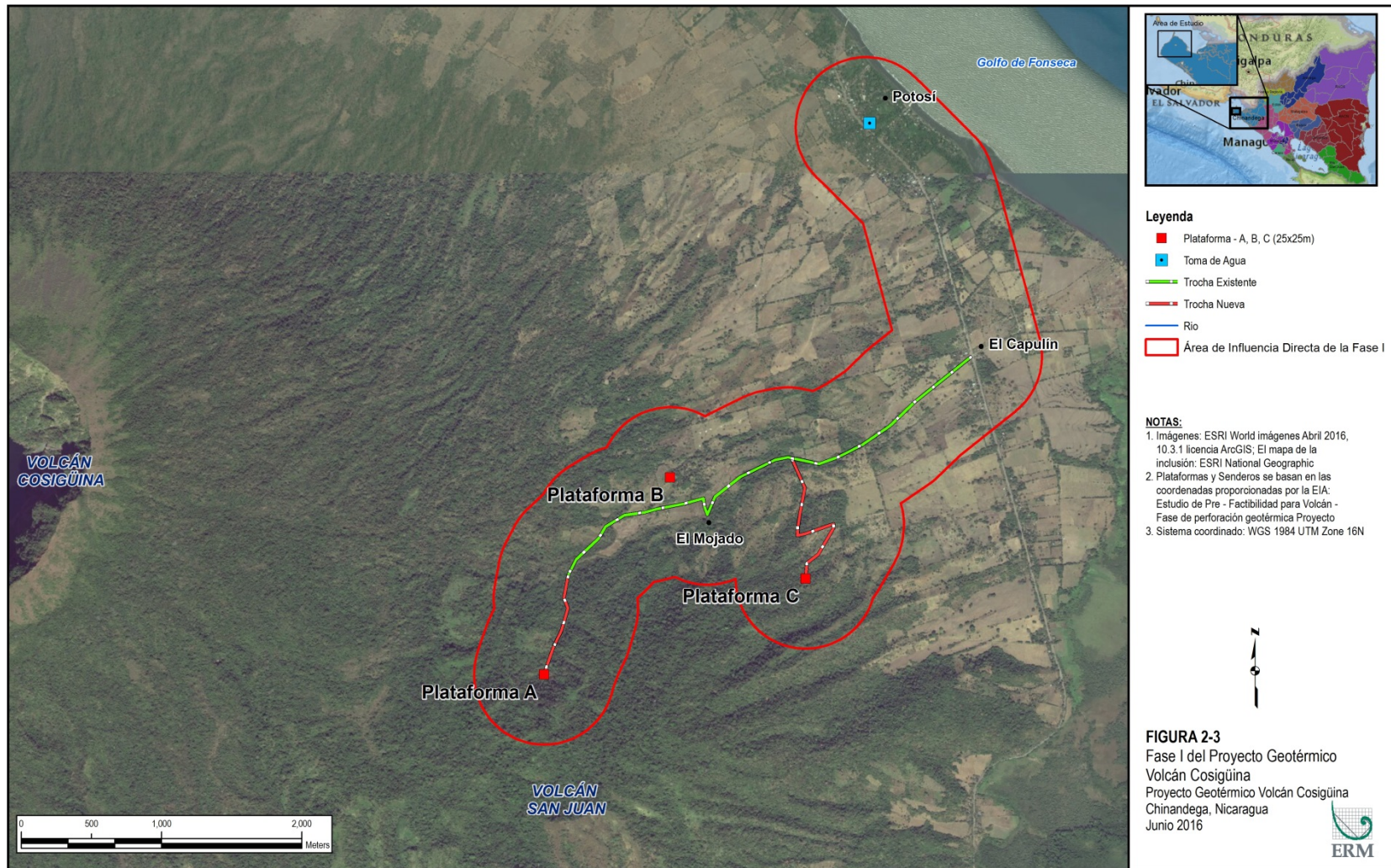


Figura 2-3: Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina

## 2.2

### *FASE II*

En base a resultados favorables de la Fase I, ENEL continuaría a la Fase II – Exploración Comercial. El objetivo de la Fase II es mejorar el nivel de información del recurso geotérmico del área del volcán Cosigüina, confirmar su viabilidad como generación de energía geotérmica y obtener información que sería utilizada en un futuro Estudio de Factibilidad del Proyecto.

La Fase II consistiría en la construcción, perforación y pruebas de hasta cinco pozos de exploración profunda, con los siguientes componentes:

- Hasta cinco pozos de diámetro comercial de 8 pulgadas con una profundidad de aproximadamente 2,000 m, cada uno en una plataforma de 100 m por 120 m (12,000 m<sup>2</sup>), en aproximadamente los mismos lugares que las plataformas de la Fase I,
- Ampliación de los caminos de la Fase I de 3.5 m de ancho hasta 7 m de ancho y en ciertas zonas, hasta 13 m de ancho para radios de giro,
- Extracción y transporte de material de relleno; y
- Extracción y/o transporte de agua. La fuente de suministro de agua para la Fase II no ha sido definida hasta la fecha. Sin embargo, estudio de pre-factibilidad sugieren el uso de agua subterránea a través de la excavación de pozos como fuente de suministro (ACN y Jacobs, 2014).

Se prevé que los pozos de la Fase II estarían ubicados en aproximadamente la misma ubicación que los tres pozos (Slim-hole) de la Fase I más 2 pozos para un total de cinco, por lo que se ampliarían las plataformas existentes de la Fase I para la construcción de las plataformas de la Fase II, donde sea factible. No se tiene información sobre las instalaciones auxiliares o la duración de la Fase II. Los trabajos para la Fase II del Proyecto están planeados comenzar en Diciembre del 2016.



### 3.0

## METODOLOGÍA E INFORMACIÓN UTILIZADA

En esta sección se presenta una breve descripción de las tareas realizadas por ERM para proporcionar su opinión técnico profesional sobre la disponibilidad hídrica para la perforación de cinco pozos de exploración como parte de la Fase II del Proyecto. Es importante resaltar que el análisis y opinión de ERM se basa en información secundaria proporcionada por el desarrollador del Proyecto y/o por autoridades ambientales y energéticas de Nicaragua.

### 3.1

## VISITA A CAMPO Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

ERM llevó a cabo una visita de campo al sitio del Proyecto entre los días 28 de junio y 1 de julio del 2016. El especialista de ERM, Dr. Oliver Obregon, fue acompañado en todo momento por un representante del BID en Nicaragua y personal técnico de ENEL y el MEM. A continuación se presentan las actividades realizadas e información recolectada durante esta visita:

*Martes 28 de junio:* Arribo a Managua y reunión en las oficinas del BID entre el especialista de ERM, el BID y personal clave del MEM y ENEL (juntos, el “equipo de campo”) a fin de definir la agenda para los siguientes días, incluyendo reuniones con autoridades municipales, federales y visita al sitio del Proyecto.

*Miércoles 29 de junio:* El equipo de campo visitó el sitio del Proyecto, incluyendo las Plataformas A, B y C de la Fase I. Se observaron diferentes recursos hídricos durante su recorrido hacia las tres plataformas. Estos recursos hídricos incluyeron manantiales, pilas de agua y pozos de agua (rurales y artesanales). En la Figura 3-1 y en la Figura 3-2 se muestran las piletas de agua visitadas, incluyendo la pileta situada en el pueblo de Potosí y la pileta de aguas termales conocida como La Piscina, respectivamente. Esta última se encuentra ubicada sobre el camino que lleva a Potosí. Se visitó la infraestructura de bombeo y almacenamiento de dos pozos rurales: Potosí (ver Figura 3-3) y Capulín (ver Figura 3-4). Por último, se realizó una visita hasta la desembocadura hacia el mar de la quebrada que recibe las aguas provenientes de la pileta comunal de Potosí (ver Figura 3-5). A lo largo del camino que lleva a Potosí, se observaron manantiales fluyendo así como diferentes plantaciones de plátanos y de maní. De acuerdo a entrevistas con la comunidad realizadas posteriormente, dichas plantaciones cuentan con sus propios pozos para riego.



Fuente: ERM, junio 2016

**Figura 3-1:** *Pila Comunal en El Potosí, aguas abajo (superior) y aguas arriba (inferior) de la pila*



Fuente: ERM, junio 2016

**Figura 3-2:** *Pileta comunal de aguas termales La Piscina*



Fuente: ERM, junio 2016

**Figura 3-3:** *Pozo comunal Potosí*



Fuente: ERM, junio 2016

**Figura 3-4:** *Pozo comunal El Capulín*



Fuente: ERM, junio 2016

**Figura 3-5:** *Desembocadura en el mar de las aguas provenientes de pila comunal en El Potosí*

Jueves 30 de junio: El equipo de campo tuvo una reunión en las oficinas del municipio El Viejo con la alcaldesa, la delegada departamental de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (ENACAL) y el encargado de pozos de la Unidad Municipal de Ambiente (UMA) del municipio El Viejo. Las autoridades municipales comentaron que no han existido problemas de abastecimiento de agua en la zona. La representante de ENACAL comentó que se está trabajando con el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) y otras instituciones ambientales de Nicaragua en la actualización de un estudio hidrogeológico para la cuenca No. 64 en donde se encuentra el municipio El Viejo; no se especificó fechas del estudio. La UMA y el ENACAL llevan a cabo mediciones cada 15 días de los niveles estáticos y dinámicos de los pozos comunitarios. Esta información fue solicitada pero no ha sido proporcionada a ERM para su revisión. Luego, el equipo de campo se reunió con el encargado de pozos de la UMA a fin de obtener más detalles sobre los pozos perforados cercanos al sitio del Proyecto: Cosigüina, Potosí, Capulín y Las Parcelas. Se han realizado pruebas de bombeo para estos cuatro pozos y se compartió alguna información: el pozo Potosí tiene un caudal de bombeo de aproximadamente 65 galones por minuto (gpm) o 3.4 litros por segundo (l/s) para llenar una pila con capacidad de aproximadamente 15,000 galones (57 m<sup>3</sup>) dos veces por día; el pozo el Capulín tiene un caudal de bombeo de aproximadamente 26 gpm (o 1.6 l/s) y se utiliza para llenar una pila con capacidad de aproximadamente 1,000 galones (4 m<sup>3</sup>) una vez al día (ver Tabla 3-1); durante pruebas de bombeo en dichos pozos, el nivel freático ha disminuido aproximadamente 0.8 m para un tiempo de bombeo de 12 horas y este nivel se recupera en aproximadamente 25 minutos. Esta información fue solicitada pero no ha sido proporcionada a ERM para su revisión. Durante esta misma reunión, se facilitó una copia del *Proyecto Fortalecimiento de Capacidades Locales para la Gestión, Saneamiento y Conservación del Recurso Hídrico en Comunidades del Golfo de Fonseca* (Amigos de la Tierra España y Fundación LIDER 2012), el cual presenta un diseño del sistema de abastecimiento de agua potable y saneamiento de las comunidades de Potosí y Las Parcelas.

**Tabla 3-1: Resumen de Pozos Perforados cercanos al Sitio del Proyecto**

| Pozo         | Caudal |     | Nivel del agua | Pila           |        |                       |
|--------------|--------|-----|----------------|----------------|--------|-----------------------|
|              | gpm    | l/s | m              | m <sup>3</sup> | l      | Frecuencia de llenado |
| Potosí       | 65     | 4.1 | 61             | 57             | 56,781 | 2 veces al día        |
| Capulín      | 26     | 1.6 | 55             | 4              | 3,785  | 1 vez al día          |
| Cosigüina    | ---    | --- | ---            | ---            | ---    | ---                   |
| Las Parcelas | ---    | --- | ---            | ---            | ---    | ---                   |

Fuente: Comunicación personal con Alexander Mejía-UMA Alcaldía El Viejo.

Viernes 1 de julio: El equipo de campo tuvo una reunión en las instalaciones del MEM con las siguientes agencias ambientales y energéticas de Nicaragua: MEM, ENEL, INETER y Autoridad Nacional del Agua (ANA). El objetivo de la reunión fue discutir y confirmar los objetivos y alcances del EDH y solicitar la información necesaria para realizar el estudio de disponibilidad (ver Anexo A). En esta reunión se proporcionó información actualizada de la Fase II del Proyecto: el número total de pozos de diámetro comercial a ser perforados es hasta cinco pozos (y no tres como se consideró originalmente); el caudal máximo de agua requerido para llevar a cabo las actividades de perforación de los pozos de exploración es 50 l/s; el tiempo estimado para llevar a cabo la perforación es máximo 24 horas al día, siete días a la semana por aproximadamente 3.5 meses por pozo; las dimensiones de la pila de almacenamiento de agua es de 50 m (largo) x 25 m (ancho) x 3 m (profundidad). La información generada de los tres pozos *Slim-holes* de la Fase I proporcionarán mayor información sobre las características hidrogeológicas de la zona. El ANA indicó que la zona está caracterizada por acuíferos libres.

La información solicitada a las autoridades ambientales y energéticas durante la visita a campo para la realización del EDH (Anexo A) no ha sido proporcionada a la fecha por lo que el EDH se basa en la información obtenida durante la visita, estudios previos llevados a cabo por el MEM y sus contratistas e información proporcionada por el BID.

## EVALUACIÓN DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA

La metodología seguida por ERM para proporcionar al BID su opinión técnico-profesional sobre la disponibilidad de agua para la Fase II del Proyecto se basó en datos recolectados durante la visita a campo (ver Sección 3.1), la revisión de información proporcionada por entidades gubernamentales de Nicaragua, el BID y contratistas a cargo del diseño y perforación de pozos del Proyecto. ERM utilizó principalmente los siguientes estudios:

- *Estudio de Pre-Factibilidad para el Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina*, preparado por ACN y JACOBS New Zealand Limited (JACOBS) el 20 de octubre de 2014.
- *Evaluación de Efectos Acumulativos de la Fase II del Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina*, preparado por ERM en junio del 2016.
- *Proyecto Fortalecimiento de Capacidades Locales para la Gestión, Saneamiento y Conservación del Recurso Hídrico en Comunidades del Golfo de Fonseca. Diseño Borrador del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento de las Comunidades de Potosí y Las Parcelas*, preparado por la Alcaldía de El Viejo, Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación (AECID), Amigos de la Tierra España, LIDER y el Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS) en junio de 2012.
- *Fondo Estratégico Sobre el Clima. Programa para la Ampliación de la Energía Renovable en Países de Ingreso Bajo-SREP. Componente Desarrollo Geotérmico. Manejo Ambiental y Social*, preparado por Pelican, S.A. el 17 de junio de 2016.
- *Diagnóstico sobre la situación y potencial del sector riego en Nicaragua*, preparado por Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRANDE) en octubre de 2015.
- *Análisis de la Viabilidad Ambiental del Proyecto "Fortalecimiento de Capacidades Locales para la Gestión, Saneamiento y Conservación del Recurso Hídrico en Comunidades Rurales del Golfo de Fonseca"*, preparado por Alain Meyrat en enero del 2012.

El EDH se enfocó en el área del Proyecto, correspondiendo al AID de la Fase I (ver Figura 2-3) ubicado en las subcuencas de Potosí y Ojachal. En base a la información disponible, ERM realizó las siguientes seis tareas generales:

- Resumen de la información disponible de los recursos hídricos dentro del ADI del Proyecto;
- Estimación del potencial rendimiento de los pozos rurales cercanos al sitio del Proyecto;
- Resumen de la información disponible de usuarios de agua en el ADI del Proyecto;
- Resumen de la información disponible de la demanda de agua para la perforación de la Fase II del Proyecto;
- Actualización del cálculo de balance hídrico de la Fase II del Proyecto y
- Análisis de alternativas de fuentes de agua para la Fase II del Proyecto.

Los resultados de la EDH para la Fase II del Proyecto se presentan en la *Sección 4.0*.

### 3.3 ***ELABORACIÓN DE PLANES DE MANEJO***

En base a los resultados del EDH, ERM preparó un plan de manejo de recursos hídricos para la Fase II. El plan fue diseñado con el objetivo de la protección de los recursos hídricos dentro del ADI del Proyecto. El plan incluye métodos que guiarán al MEM, ENATREL y ENEL y sus contratistas en el manejo, mitigación y prevención de efectos adversos sobre los recursos hídricos durante la Fase II. La *Sección 5.0* presenta el Plan de Manejo de Recursos Hídricos para la Fase II del Proyecto.

### 3.4 ***LIMITACIONES Y SUPUESTOS***

El EDH para la Fase II del Proyecto tuvo las siguientes limitaciones y supuestos, en los casos en donde no se contó con datos de campo e/o información:

- Información limitada ya que ERM no recibió información solicitada durante la salida de campo (ver Anexo A).
- Datos limitados de dos pozos de agua (Potosí y Capulín) cercanos al sitio del Proyecto para estimar su potencial de bombeo y descenso máximo del nivel de agua. Esta información fue proporcionada de



manera verbal por el personal de la Alcaldía El Viejo sin proporcionar los reportes de respaldo.

- Suposición de la demanda de agua máxima para la perforación de pozos de diámetro comercial, a una profundidad de 2,000 m, de 50 l/s durante 24 horas por día, siete días a la semana por un periodo total de aproximadamente 3.5 meses por pozo.

## 4.0

## EVALUACIÓN DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA

### 4.1

### LÍNEA BASE DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

El sitio del Proyecto se ubica en un área caracterizada por una temporada lluviosa (“invierno”) entre los meses de mayo y octubre; mientras que la temporada de estiaje (“verano”) ocurre generalmente entre los meses de noviembre y abril. Las precipitaciones en el sitio del Proyecto fluctúan entre 1,500 y 2,000 milímetros (mm) anuales (Genoways y Timm 2005).

La península de Cosigüina tiene muy pocos cursos de agua superficial perenne. Los suelos del área son volcánicos y muy permeables, lo que resulta en la infiltración rápida del agua de lluvia hacia el acuífero somero. Se han identificado dos ríos perennes en la RNVC: El Chorro y Apascalí (MARENA 2006), ambos en el suroeste del volcán Cosigüina.

El sitio del Proyecto está ubicado sobre dos subcuencas principales: Potosí y Ojachal. La subcuenca de Potosí incluye el río Potosí, alimentado por manantiales termales, que drena al mar cerca del poblado Potosí. La subcuenca Ojachal es también alimentada por manantiales termales que eventualmente desembocan en el Estero Real. Los manantiales termales corresponden a caudales superficiales de acuíferos colgantes discontinuos en las laderas del volcán Cosigüina. El área del EDH se considera una zona de recarga. Debido a la permeabilidad de los suelos, el caudal de cursos de agua superficiales es usualmente reinfiltrado al acuífero aguas abajo, resultando en ríos y riachuelos discontinuos o secos. En el área del Proyecto se han identificado más de 40 manantiales con caudales de hasta 160 l/s y temperaturas entre 27°C y 42°C. El agua subterránea se encuentra a poca profundidad, entre 10 m y 40 m (ACN 2015b). Los cursos de agua superficial en el sitio del Proyecto son estacionales. El EIA de la Fase I identificó una sola quebrada intermitente, Quebrada Aguas Agria, la cual va de la parte alta en las laderas del Volcán San Juan hacia la comunidad El Mojado. La quebrada se seca durante la temporada seca. La calidad del agua de la quebrada presentó un pH medianamente ácido (5.6), con concentraciones altas de sólidos suspendidos, conductividad eléctrica, sulfatos e iones (magnesio, calcio, potasio) (ACN 2015b). Estos resultados son característicos de aguas termales y volcánicas.

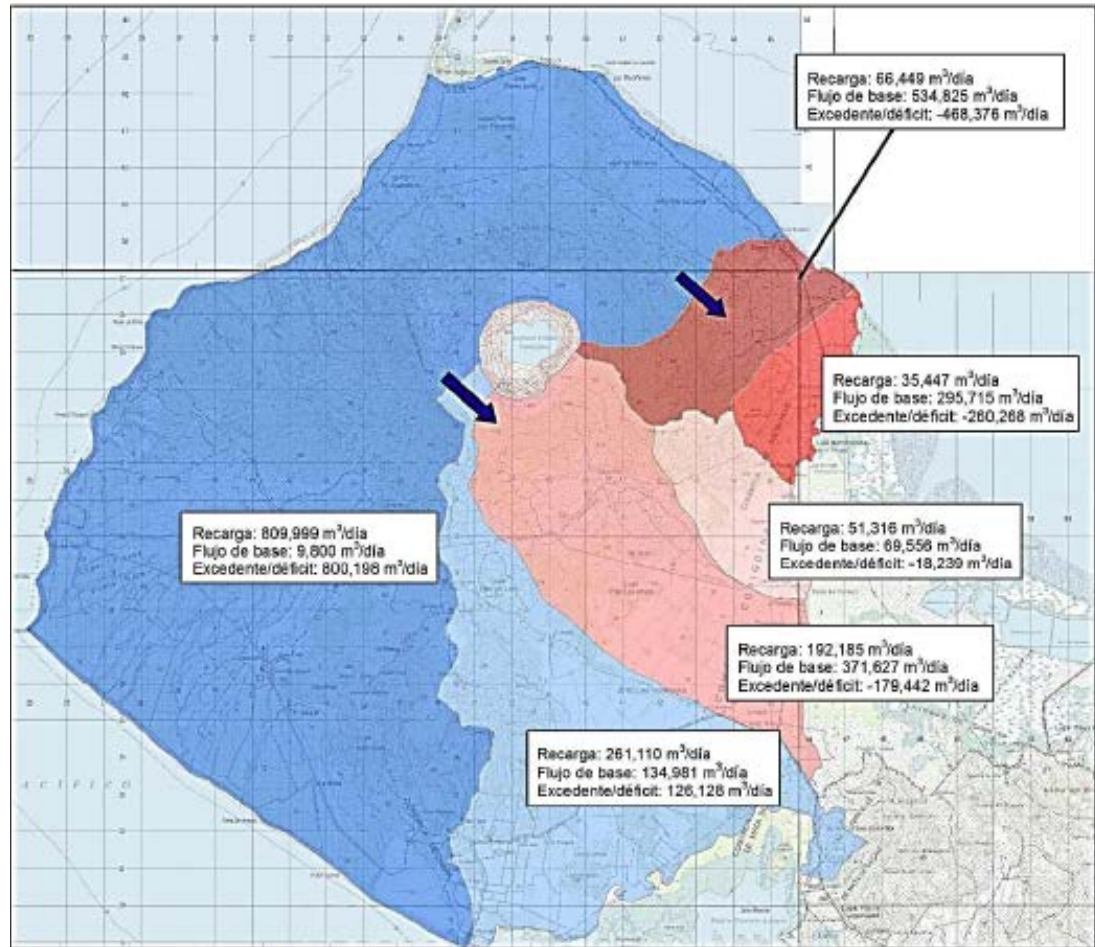
Las comunidades en y cerca del sitio del Proyecto se abastecen de fuentes de agua subterránea mediante pozos, manantiales y ojos de agua (MARENA 2006). La comunidad El Mojado se abastece de agua de manantiales termales. La comunidad El Capulín cuenta con un pozo comunal que abastece a más de 11,000 personas de 4 comunidades

cercanas. Las comunidades usan el agua para consumo humano, actividades domésticas, agua para el ganado y en menor medida para riego de cultivos (ACN 2015b).

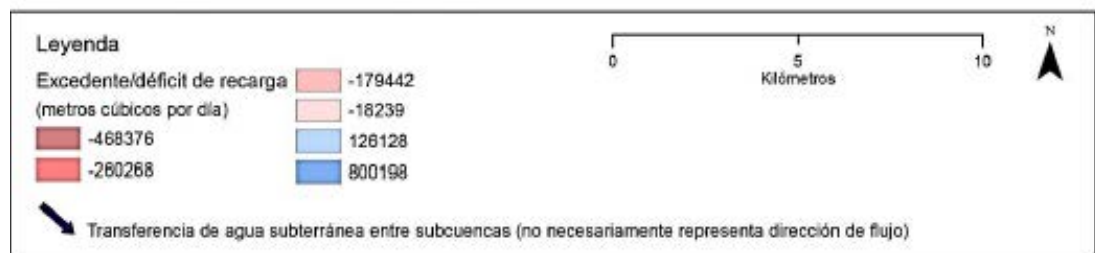
De acuerdo a la Alcaldía Municipal de El Viejo (2002), el municipio de El Viejo por estar ubicado en la planicie del Pacífico tiene la provincia hidrológica del mismo nombre que dispone de los mejores acuíferos subterráneos de Nicaragua. Lo anterior se ha confirmado con estudios realizados por el Ingenio Monte Rosa sobre evaluaciones de las aguas subterráneas para la micro-cuenca del Río Viejo y Atoya, los cuales revelan potenciales acuíferos para fines de riego.

La pila comunal ubicada en Potosí esta propuesta como fuente de agua para la Fase I del Proyecto. La pila tiene un caudal de 3.0 l/s proveniente de dos ojos de agua. La comunidad de Potosí utiliza la pila para uso recreacional (ver Figura 3-1) (Pelican 2016).

De acuerdo al estudio de pre-factibilidad preparado para el Proyecto (ACN y JACOBS, 2014), la hidrología del área está compuesta de la laguna del cráter del volcán Cosigüina, acuíferos colgantes discontinuos en las laderas del volcán y un acuífero más extenso, el cual es un tanto discontinuo extendiéndose por debajo del nivel del mar. Este mismo estudio indica que el acuífero regional puede estar estructuralmente controlado con el flujo de agua subterránea por un buzamiento desde el noroeste hacia el área de descarga de humedales en el sureste, llevando agua tanto fría como caliente. También, el estudio de pre-factibilidad de ACN y JACOBS (2014) presenta balances hídricos para las subcuencas del Proyecto. El Proyecto está ubicado aproximadamente sobre la subcuenca 6, el cual se estima tiene un balance neto negativo (ver Figura 4-1, en rojo oscuro). En general, los balances hídricos muestran que existe un flujo neto de agua subterránea entre las subcuencas en el norte y oeste del área hacia las subcuencas ubicadas en el este y sureste (ver Figura 4-1). La recarga y flujo caudal base de cada subcuenca se estima no son homogéneos por lo que el excedente / déficit estaría sujeto a la ubicación, topografía y uso de suelos de cada localidad específica dentro de la subcuenca.



Mapa 12. Balance hídrico por subcuenca



Fuente: ACN y JACOBS, 2014

Figura 4-1: Balance Hídrico por Subcuenca en la Península de Cosigüina

## 4.2

### RENDIMIENTO DE POZOS RURALES CERCANOS AL PROYECTO

Considerando los caudales de bombeo proporcionado por la Alcaldía de El Viejo para el pozo Potosí de 65 gpm y un descenso estimado de 0.8 m, se puede estimar una capacidad específica del pozo de 81 gpm/m. Con esta información, se calculó el máximo de descenso del nivel del agua para el caudal de extracción máximo de 50 l/s (793 gpm) requerido para la perforación de pozos comerciales, siendo de aproximadamente 9.0 m.

Es importante mencionar que la estimación es preliminar y deberá ser actualizada con datos de las pruebas de bombeo de los pozos rurales que abastecen a las comunidades cercanas al sitio del Proyecto. Esta información fue solicitada (ver Anexo A) pero no fue proporcionada a ERM para su revisión.

## 4.3

### USUARIOS DE AGUA EN EL ADI DEL PROYECTO

A continuación se presenta la información disponible sobre usos y usuarios de agua en el ADI del Proyecto.

El consumo de agua per cápita para la zona de Cosigüina en el 2016 se estima entre 60 l/día/persona (0.06 m<sup>3</sup>/día/persona) de acuerdo a Amigos de la Tierra y LIDER (2012) y 170 l/día/persona (0.17 m<sup>3</sup>/día/persona) de acuerdo a la *Normativa del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA)* reportado en Pelican (2016), ver Tabla 4-1. Este último presenta una estimación de población de las 18 comunidades presentes en la península de Cosigüina.

**Tabla 4-1: Población y Consumo de Agua per Cápita Estimada, 2016**

| Fuente                             | Población estimada en número de habitantes | Consumo per cápita (m <sup>3</sup> /día/persona) | Comentarios   |
|------------------------------------|--|--|---|
| Pelican (2016)                     | 11,332                                     | 0.17   | Con base en población reportada en el Estudio socio-económico JACOBS/ACN 2014. Considerando 18 comunidades.                                     |
| Amigos de la Tierra y LIDER (2012) | 2,003                                      | 0.06   | Considerando una población inicial de 1,1780 habitantes para las comunidades Potosí y las Parcelas en el 2012 y una tasa de crecimiento del 3%. |

Fuente: Adaptado de Pelican (2016), Amigos de la Tierra y LIDER (2012) y JACOBS y ACN (2014).

Los dos estudios presentados en la Tabla 4-1 no reportan o consideran el uso de agua para otros sectores, tales como el agrícola, ganadería, acuicultura e industrial.

Durante la visita a campo realizada por ERM (28 de junio al 2 de julio de 2016), se observó que existen diversos campos y/o fincas agrícolas dedicados principalmente a la producción de maní, ajonjolí, caña, aguacate y banano. De acuerdo a ENACAL y la Alcaldía de El Viejo, las fincas cuentan con sus propios pozos de riego. Sin embargo, en muchas ocasiones no se cuentan con registros de niveles estáticos y dinámicos de los pozos.

Durante la visita, la Alcaldía El Viejo comentó que la única información disponible de uso de agua por sector se encuentra a nivel de cuenca (cuenca No. 64) para pozos perforados y excavados reportada por INETER y el Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR), ver Tabla 4-2. Por otro lado, en la Tabla 4-3 se presentan los porcentajes de extracciones de agua por sector a nivel nacional reportadas para el año 2011 por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO 2016).

**Tabla 4-2: Aprovechamiento de Agua Subterránea en la Cuenca No. 64**

| Uso        | Pozos perforados (% Volumen) | Pozos excavados (% Volumen) | Análisis de la consulta de estudios de vulnerabilidad |
|------------|------------------------------|-----------------------------|---|
| Doméstico  | 5.68                         | 95.35                       | 7%  |
| Riego      | 75.45                        | 3.65                        | 74%   |
| Industrial | 8.72                         | 1.00                        | 9%  |
| Municipal  | 10.16                        | ---                         | 10%   |

Fuente: Adaptado de MARENA (2010)

**Tabla 4-3: Extracciones de Agua por Sector en Nicaragua**

| Sector                | Porcentaje por sector para un total de 1545 millones de m <sup>3</sup> en 2011 |
|-----------------------|--|
| Industrial            | 5%   |
| Municipal y Domestico | 19%  |
| Ganadería             | 5%   |
| Riego                 | 71%  |

Fuente: Adaptado de FAO (2016)

#### 4.4

### **DEMANDA DE AGUA PARA LA PERFORACIÓN DE LA FASE II DEL PROYECTO**

De acuerdo a datos proporcionados por el MEM, ENEL y Pelican (comunicación personal 2016) sobre los requerimientos de agua para la Fase II del Proyecto, los caudales mínimos y máximos requeridos oscilan entre 20 l/s y 50 l/s, respectivamente. Este requerimiento de agua es para cada uno de los cinco pozos de diámetro comercial a ser perforados.

A continuación se presentan detalles del requerimiento de agua para la Fase II del Proyecto proporcionados por el MEM, ENEL y Pelican (2016):

- La capacidad mínima de suministro de agua para llevar a cabo la perforación de pozos comerciales de exploración es 20 l/s por máquina de perforación. Este valor mínimo se considera cuando no se presentan pérdidas de circulación.
- La capacidad mínima de suministro de agua para la perforación de pozos comerciales, cuando se presentan pérdidas de circulación, se consideran entre 20 l/s y 25 l/s, si se utilizará la técnica de perforación aireada.
- La capacidad máxima requerida de suministro de agua para la perforación de pozos comerciales de 50 l/s, proporcionada por contratistas de perforación del MEM y ENEL.
- Como peor escenario, el suministro de agua debe considerar el caso en que no sea posible llevar a cabo los trabajos de perforación aireada (p.ej., no se tenga el servicio o por alguna razón no se pueda utilizar). Durante la fase de perforación, se realizarían tareas que no requieren el suministro de agua (p.ej., cambio de barrena, tiempo de fragua). Sin embargo, el sistema de suministro de agua debe tener la capacidad de suministrar un caudal mínimo de 20 l/s.
- Se construirá una pileta o fosa impermeable para almacenamiento de agua por pozo, con capacidad de almacenamiento entre 1,400 y 2,000 m<sup>3</sup> dentro o muy cercana a la plataforma de perforación.
- Se construirían dos lagunas adicionales con capacidad mínima entre 1,400 y 2,000 m<sup>3</sup> para el almacenamiento de recortes de perforación y para el drenaje del contrapozo.
- La tubería de agua debe garantizar la viabilidad de suministro de agua durante la etapa de factibilidad considerando un valor más

conservador de 35 l/s. Dicho valor se obtiene de un promedio ponderado de suministro de agua que considera 60% de la perforación a un caudal estimado de 20 l/s y 40% de la perforación a un caudal estimado de 50 l/s. Por lo tanto, se estima que la cantidad máxima de agua requerida por máquina perforadora es 2,765 m<sup>3</sup>/día considerando un consumo de agua promedio de 2,800 m<sup>3</sup>/día (período de 24 horas).

- El equipo de bombeo a ser instalado deberá tener una capacidad máxima instantánea de hasta 50 l/s.
- El procedimiento a seguir para el abastecimiento de agua considera el bombeo de agua durante las horas necesarias hasta llenar la pileta de acuerdo a las necesidades de perforación.

En la información descrita anteriormente, no se incluye el periodo estimado para la perforación de cada pozo; sin embargo durante la visita, el encargado de llevar a cabo los perforaciones estimó un tiempo de 3.5 meses por pozo. Considerando esto y la descripción de los caudales requeridos de agua para las actividades de perforación, ERM utilizó el valor máximo requerido de agua de 50 l/s (como peor escenario) para determinar la disponibilidad hídrica en el área de estudio. Los resultados de esta evaluación se presentan en la siguiente *Sección*.

#### 4.5 ESTIMACIÓN DE BALANCE HÍDRICO

En el estudio de pre-factibilidad del Proyecto preparado por ACN y JACOBS (2014), se realizaron cálculos de balance hídrico para siete microcuencas que forman parte de la península de Cosigüina y del cráter del volcán con el mismo nombre (ver Figura 4-1). En base al reporte anterior, Pelican desarrolló una estimación del balance hídrico en la zona de Cosigüina considerando una demanda de agua para la perforación de pozos de exploración de 20 l/s (o 2,800 m<sup>3</sup>/día) por pozo, la recarga del cráter del Volcán Cosigüina reportada por ACN y JACOBS (2014), así como el consumo humano de agua para los años 2016 (Pelican 2016). En la Tabla 4-4 y Tabla 4-5 se presentan los resultados del balance hídrico realizado por Pelican (2016), el cual asume la perforación de un pozo a la vez.



**Tabla 4-4: Estimación de Consumo Humano Actual y Futuro de Agua en Cosigüina**

| Componente   | Estimación 2016* | Comentario / Fuente  |
|--|------------------|--|
| A - Estimación de población El Capulín (habitantes)              | 460              | Estudio socio-económico JACOBS/ACN 2014<br>Crecimiento de 4%/año |
| B - Estimación de población Península Cosigüina (habitantes)     | 11,332           | Calculo propio, en 18 comunidades.<br>B = 18 x (A)               |
| C- Consumo humano de la zona por habitante (m <sup>3</sup> /día) | 0.17             | Ver Tabla 4-1  |
| D - Consumo total (m <sup>3</sup> /día)                          | 1,889            | D = B x C  |

Fuente: Adaptado de Estudio socio-económico JACOBS/ACN 2014, Normativa INAA , ENACAL, Pelican 2016.

\* Estimados de Pelican 2016, tomado como peor escenario.

**Tabla 4-5: Estimación del Balance Hídrico en la Zona del Cosigüina Considerando la Demanda Mínima de Agua**

| Oferta/Demanda                                 | Estimación 2016 (m <sup>3</sup> /día) | Comentario / Fuente                                   |
|--|---------------------------------------|---|
| Recarga del cráter (1)                         | + 15,200                              | Estudio JACBOS/ACN 2014                               |
| Consumo humano de la zona (2)                  | - 1,889                               | Ver Tabla 4-4   |
| Consumo de 1 perforadora de pozo comercial (3) | - 2,800                               | Demanda mínima de 20 l/s de agua las 24 horas del día |
| Balance hídrico                                | + 10,511                              | = (1) - (2) - (3)                                     |

Fuente: Adaptado de Estudio de Pre-Factibilidad JACBOS/ACN, Estudio socio-económico JACOBS/ACN 2014, Normativa INAA, ENACAL, Pelican 2016.

\* Estimados de Pelican 2016, tomado como peor escenario.

Los resultados presentados por Pelican (2016) reportan un balance hídrico positivo en la zona de Cosigüina (ver Tabla 4-5). Sin embargo, estos cálculos consideran el consumo mínimo de agua por perforadora (20 l/s) de la Fase II y no consideran el consumo de agua para otros sectores en el sitio del Proyecto, tales como el sector agricultura (p.ej., caña, banana, maní), ni recarga de otras subcuencas que podrían considerarse como alternativa de fuentes de agua para el Proyecto.

ERM llevó a cabo un balance de disponibilidad hídrica para la zona de Cosigüina (ver Tabla 4-6) a fin de proporcionar su opinión técnica sobre la disponibilidad hídrica en la zona del Proyecto sin producir efectos en otros usuarios durante la Fase II. El balance hídrico considera la recarga de la subcuenca 2 así como la demanda de otros usuarios. De acuerdo a lo

reportado por ACN y Jacobs (2014), la subcuenca 2, con un balance neto positivo (ver Figura 4-1), representa un área de recarga que fluye hacia el sureste coincidiendo con la dirección del agua subterránea y la ubicación general del Proyecto. La demanda de usuarios es un estimado del consumo de otros usuarios incluyendo consumo de agua per cápita y consumo de otros sectores (p.ej. riego, ganadería, industrial), en base a datos regionales y nacionales. Los resultados estiman un balance hídrico positivo en la zona de Cosigüina considerando la demanda máxima de agua para la perforación de la Fase II (50 l/s). El balance hídrico positivo se considera un estimado generalizado de la zona. La disponibilidad hídrica real del acuífero estaría sujeta a la ubicación, topografía y usos de suelos de cada localidad específica.

Es importante recalcar que los cálculos mostrados en la Tabla 4-6 están basados en información disponible a la fecha sobre el Proyecto y usos (ver Sección 4.3 y 4.4). No se contó con información detallada sobre las características del acuífero y los pozos perforados en la zona de Cosigüina.

**Tabla 4-6: Estimación del Balance Hídrico en la Zona de Cosigüina Considerando la Demanda Máxima de Agua, Otros Usuarios y Recarga de Subcuenca 2**

| Oferta/Demanda                                 | Estimación 2016 (m <sup>3</sup> /día) | Comentario / Fuente   |
|--|---------------------------------------|---|
| Recarga del cráter (1)                         | + 15,200                              | Estudio JACBOS/ACN 2014   |
| Recarga subcuenca 2 (2)                        | + 809,999                             | Estudio JACBOS/ACN 2014, ver Figura 4-1.  |
| Consumo otros usuarios (3)                     | - 27,521                              | Consumo de agua per cápita (ver Tabla 4-4) y consumo estimado para otros sectores considerando los porcentajes de consumo mostrados en la Tabla 4-3 |
| Consumo de 1 perforadora de pozo comercial (4) | - 4,400                               | Demanda máxima de 50 l/s de agua las 24 horas del día   |
| Balance hídrico                                | + 780,958                             | = (1) + (2) - (3) - (4)   |

Fuente: ERM (elaboración propia).

#### 4.6 ALTERNATIVAS DE FUENTES DE AGUA PARA EL PROYECTO

La Fase II del Proyecto involucraría la perforación de hasta cinco pozos de diámetro comercial, los cuales requerirán el suministro de agua mínimo de 20 l/s y máximo de 50 l/s. Tal y como se reporta en el estudio hidrogeológico de ACN y Jacobs (2014), en la zona de Cosigüina no existen cuerpos de agua superficiales capaces de cumplir con la demanda máxima de agua del Proyecto de 50 l/s. La pila comunal ubicada en Potosí

presenta un caudal de 3 l/s que ayudará a cumplir la demanda de agua para la Fase I del Proyecto pero no es suficiente para la Fase II.

Información disponible para la zona de Cosigüina indica que los principales recursos hídricos son la laguna del cráter, acuíferos colgantes discontinuos en las faldas del volcán y un acuífero más extenso, el cual es probablemente un tanto discontinuo, extendiéndose hasta por debajo del nivel del mar (ACN y Jacobs, 2014). Considerando lo anterior y el análisis preliminar mostrado en la Tabla 4-6, la principal alternativa para el suministro de agua para la Fase II del Proyecto sería el agua subterránea a través de la perforación de pozos. De acuerdo a los estudios preliminares en la zona, la subcuena 2 podría resultar en una zona viable para la ubicación del pozo(s) para suministro de agua. Sin embargo, la disponibilidad hídrica real de cualquier localidad específica está sujeta a la ubicación, topografía y usuarios del acuífero por lo que se requiere un estudio hidrológico detallado y localizado. ERM no puede dar opinión sobre la ubicación final, número o diseño de pozos para suministro de agua de la Fase II dada la falta de información al momento del presente EDH. ERM recomienda esperar los resultados de la Fase I (perforación de pozos de diámetro reducido) y llevar a cabo un estudio detallado de agua subterránea en la región que involucre pruebas de bombeo, caracterización del acuífero, niveles y calidad del agua de los pozos existentes cercanos al sitio del Proyecto a fin confirmar la disponibilidad y calidad del agua subterránea.

Considerando la topografía del terreno donde se ubican las plataformas de perforación, será necesario bombear el agua proveniente de los pozos a través de tuberías hacia una pila o laguna de almacenamiento dentro del área de la plataforma o cercana a la misma. La capacidad estimada de la laguna de almacenamiento no deberá ser menor a unos 4,500 m<sup>3</sup>. El contratista del Proyecto deberá proporcionar el diseño y capacidad final de las lagunas de almacenamiento.

## 5.0

### *PLAN DE MANEJO DE RECURSOS HÍDRICOS*

De acuerdo a los resultados obtenidos del presenta EDH, ERM recomienda medidas de manejo de recursos hídricos para la Fase II del Proyecto. El presente plan de manejo incluye métodos que guiarán al Proyecto y a cualquier contratista del MEM, ENATREL y ENEL en la prevención (dentro de lo posible), manejo y mitigación de los efectos adversos sobre los recursos hídricos y los usuarios de los mismos durante la Fase II del Proyecto.

## 5.1

### *OBJETIVOS*

El objetivo general del Plan de Manejo de Recursos Hídricos es evitar la contaminación del agua subterránea debido a interferencia con el acuífero y evitar efectos adversos sobre los niveles de los pozos rurales utilizados por las comunidades aledañas.

Los objetivos específicos son:

- Proteger la calidad y cantidad de los recursos hídricos para los usuarios locales y usuarios ambientales.
- Definir procedimientos de manejo para todas las funciones relacionadas a recursos hídricos incluyendo roles, responsabilidades y requerimientos de entrenamiento.
- Cumplir con requerimientos regulatorios establecidos por el MEM, ENATREL, ENEL, ANA, ENACAL, MARENA; así como directrices internacionales recomendadas (p.ej., IFC).
- Alinear la Fase II con mejores prácticas internacionales para el sector geotérmico.
- Definir e implementar procedimientos de monitoreo y reporte.
- Definir partes responsables para la implementación del plan de manejo.

## 5.2

### *IMPACTOS POTENCIALES*

Las actividades de perforación del pozo y/o pozos para el suministro de agua de la Fase II, así como los hasta cinco pozos de diámetro comercial podrían resultar en los siguientes impactos negativos sobre los recursos hídricos del ADI del Proyecto:

- Cambios en los patrones de esorrentía durante la preparación de las plataformas de perforación, incluyendo movimiento de tierra y actividades de limpieza y desbroce del terreno.
- Afectación del nivel del agua del acuífero y/o algunos pozos utilizados por la comunidad aledaña durante la perforación.
- Degradación potencial de la calidad del agua subterránea debido a vertidos accidentales o fluidos geotérmicos durante la preparación del sitio o intrusión salina por sobreexplotación de pozos de abastecimiento de agua.
- Contaminación y afectación del acuífero y/o algunos pozos utilizados por la comunidad aledaña durante la perforación.

## 5.3

### *ESTÁNDARES NACIONALES E INTERNACIONALES*

Estándares nacionales e internacionales aplicables al Proyecto incluyen:

- Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (Ley No. 217),
- Enmiendas y adiciones a la Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (Ley No. 647),
- Ley General de Aguas Nacionales (Ley No. 620),
- Ley General de Aguas Nacionales (Ley No. 620) y sus reglamentos (Decreto No. 106-2007, Reglamento de la Ley No. 620),
- Guías para la calidad del agua potable, Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana (CAPRE).
- Guía sobre medio ambiente, salud y seguridad (EHS): Generación de energía geotérmica de la Corporación Financiera Internacional (IFC 2007).

#### 5.4

#### *ACTIVIDADES Y MEDIDAS CLAVE*

- Incluir un casco impermeable a una profundidad a la formación geológica adecuada durante la construcción de los pozos de producción a fin de evitar interferencias y fugas de los líquidos geotérmicos al acuífero superficial.
- Usar fluidos de perforación a base de agua e insumos de perforación biodegradables y no-tóxicos, a la medida que sea posible.
- Contar con sistemas de prevención de emergencias, tales como válvulas de corte, en los sistemas de perforación.
- Contar con sistemas de impermeabilización en los pozos de almacenamiento. Realizar revisiones periódicas para identificar y, de ser necesario, arreglar roturas y desgarros del sistema de impermeabilización.
- Reciclar al máximo el agua clarificada, a la medida que sea posible, mediante un sistema cerrado de perforación.
- Realizar mantenimientos periódicos de la maquinaria de perforación de acuerdo a los requerimientos del fabricante.
- Informados y capacitar al personal del Proyecto del Plan y sus medidas en las inducciones ambientales.

#### 5.5

#### *MEDIDAS DE CONTROL Y SEGUIMIENTO*

- Registrar el mantenimiento de la maquinaria de perforación.
- Registrar inducciones al personal del Proyecto.
- Monitorear periódicamente (p.ej., mensual) los niveles y calidad del agua de los pozos de abastecimiento de agua y los pozos rurales usados para el abastecimiento de agua de las comunidades cercanas al Proyecto (p.ej., el Capulín, Potosí, Parcelas). Incluir mediciones de salinidad para evaluar la ocurrencia de intrusión salina.

Durante consultas públicas realizadas como parte de los estudios de la Fase I y el EEA de la Fase II, pobladores locales y otras partes interesadas expresaron sus inquietudes sobre la disponibilidad de agua en las comunidades aledañas al Proyecto. Debido a esto, el BID solicitó a ERM su opinión técnico profesional sobre la disponibilidad de agua para la perforación de los pozos de diámetro comercial de la Fase II del Proyecto.

El EDH para la Fase II del Proyecto se basó en información obtenida durante la visita de campo en Junio del 2016 llevada a cabo por ERM junto con el personal del MEM y ENEL y datos disponibles proporcionados por dichas entidades, incluyendo reportes previos realizados para el área de estudio y evaluaciones previas de disponibilidad hídrica.

Considerando la información limitada existente sobre recursos hídricos en el área de Cosigüina y los detalles proporcionados sobre el consumo máximo de agua requerido para la Fase II del Proyecto, ERM concluye y recomienda lo siguiente:

- El agua subterránea sería la alternativa más viable para cumplir con la demanda de agua requerida para la Fase II del Proyecto (máximo 50 l/s). Los cálculos realizados previamente sobre la disponibilidad de agua (ver Tabla 4-5) no consideraron el caudal máximo requerido para la Fase II del Proyecto ni la variable de consumo de agua para otros sectores en la zona de Cosigüina (p.ej., agricultura). Si únicamente se considerará la recarga del cráter, tal y como lo recomienda el estudio de ACN y Jacobs (2014), y se incluirán los otros usuarios de agua, el balance neto sería negativo. Sin embargo, el mismo estudio sugiere que la subcuenca 2 contribuye a la recarga del acuífero principal. Considerando lo anterior, el balance neto resulta positivo (ver Tabla 4-6). La disponibilidad hídrica real del acuífero estaría sujeta a la ubicación, topografía y usos de suelos de cada localidad específica.
- Se recomienda un estudio detallado de disponibilidad de agua subterránea para la zona de Cosigüina para identificar y proponer la ubicación del pozo o pozos para el abastecimiento de agua para la Fase II. Se recomienda considerar los resultados de la Fase I que involucra la perforación de pozos de diámetro angosto o *Slim Hole* y así contar con información localizada y reciente. Asimismo, se recomienda realizar pruebas por etapas de bombeo a corto y largo plazo (*step pump test*) de los pozos rurales considerando diferentes bombeos y monitoreando el descenso del nivel freático (dinámico y estático). Estas pruebas permitirán determinar tasas de bombeo favorablemente sustentables para la zona específica de Cosigüina.

- No obstante la ubicación de la fuente de agua para la perforación de la Fase II, se recomienda implementar el Plan de Manejo de Recursos Hídricos del presente EDH para prevenir (dentro de lo posible), manejar y mitigar los efectos adversos sobre los recursos hídricos y los usuarios de los mismos durante la Fase II del Proyecto.

En general, ERM estima que existen recursos hídricos probablemente suficientes para cumplir con las demandas de la Fase II del Proyecto, en donde el agua subterránea es la fuente hídrica más viable. Sin embargo, ERM recomienda esperar los resultados de la Fase I, llevar a cabo pruebas de bombeo y monitoreo de los pozos rurales cercanos al ADI del Proyecto así como estudios hidrogeológicos detallados para poder conocer la capacidad del acuífero y determinar si la demanda máxima de agua no alteraría la calidad y/o niveles de agua de los pozos aledaños al sitio del Proyecto.



- Alcaldía Municipal de El Viejo. (2002). *Proyecto Conservación de los Ecosistemas Costeros en el Golfo de Fonseca*. PROGOLFO. Corredor Biológico del Golfo de Fonseca. El Viejo, Chinandega. Accedido el 17 de julio del 2016, en: <http://www.bio-nica.info/Biblioteca/Caballero-Paniagua2002Ecosistemas.pdf>
- Amigos de la Tierra España y Fundación LIDER. 2012. *Proyecto Fortalecimiento de Capacidades Locales para la Gestión, Saneamiento y Conservación del Recurso Hídrico en Comunidades Rurales del Golfo de Fonseca. Diseño Borrador del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento de las Comunidades de Potosí y Las Parcelas*. Alcaldía El Viejo, Amigos de la Tierra, Luchadores Integrados al Desarrollo de la Región (LIDER), Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación (AECID) y Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS). El Viejo-Chinandega, Junio del 2012.
- Artículos y Construcciones Eléctricas de Nicaragua S.A. (ACN). 2013. *Metodología y Plan de Trabajo para la Ejecución de Estudio de Pre-factibilidad para el Proyecto Geotérmico Volcán de Cosigüina*. Noviembre 2013.
- \_\_\_\_\_. 2015a. *Estudio Socioeconómico del Proyecto de Exploración Geotérmica Volcán Cosigüina*. Mayo 2015.
- \_\_\_\_\_. 2015b. *Estudio de Impacto Ambiental del Estudio de Pre-factibilidad para el Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina – Fase Perforación Exploratorio*. Septiembre 2015.
- \_\_\_\_\_. 2015c. *Documento de Impacto Ambiental del Estudio de Pre-factibilidad para el Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina – Fase Perforación Exploratorio*. Noviembre 2015.
- \_\_\_\_\_. 2015d. *Informe de Consulta Pública, Estudio de Pre-factibilidad para el Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina, Chinandega*. Diciembre 2015.
- ACN y JACOBS. 2014. *Estudio de Pre-Factibilidad para el Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina. Reporte Científico Integrado-versión Final*. SBCC-007-2012-PNESER. Artículos y Construcciones Eléctricas de Nicaragua (ACN) S.A. JACOBS New Zealand Limited. 20 de octubre de 2014.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). 2006. *Políticas de Medio Ambiente y Cumplimiento de Salvaguardias*.
- \_\_\_\_\_. 2012. *Perfil de Proyecto del Programa Nacional de Electrificación Sostenible y Energía Renovable (PNESER) – Tercer Préstamo*. Accedido el 27 abril 2016,

en: <http://www.iadb.org/en/projects/project-description-title,1303.html?id=NI-L1063>

- Caballero, Bismark y Paniagua, Edwing. 2002. *Plan Ambiental Municipio El Viejo, Nicaragua*. Accedido el 25 abril 2016, en: <http://www.bionica.info/Biblioteca/Caballero-Paniagua2002Ecosistemas.pdf>
- Comisión Nacional de Energía (CNE). 2001. *Plan Maestro Geotérmico de Nicaragua, Volumen II – Evaluación del Área del Volcán Cosigüina*.
- Environmental Resources Management (ERM). 2016a. *Evaluación de Efectos Acumulativos del Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina – Fase II*.
- \_\_\_\_\_. 2016b. *Evaluación Complementaria y Plan de Acción para la Biodiversidad del Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina – Fase II*.
- FAO. 2016. *Nicaragua. AQUASTAT*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Accedido el 17 de Julio de 2016, en: [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries\\_regions/nic/indexesp.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/nic/indexesp.stm)
- Genoways, H.H. & Timm, R.M. 2005. *Mammals of the Cosigüina Peninsula of Nicaragua*. *Mastozoología Neotropical* 12(2):153-179.
- International Finance Corporation (IFC). 2007. *Environmental, Health and Safety Guidelines for Geothermal* Washington D.C.: IFC.
- Meyrat, A. 2012. *Análisis de la Viabilidad Ambiental del Proyecto “Fortalecimiento de Capacidades Locales para la Gestión, Saneamiento y Conservación del Recurso Hídrico en Comunidades Rurales del Golfo de Fonseca”*. Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS), Alcaldía El Viejo y el Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación (AECID).
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). 2015. *Plan de Inversión – Nicaragua (PINIC) del Programa SREP Nicaragua*. Accedido el 26 abril 2016, en: [https://www-cif.climateinvestmentfunds.org/sites/default/files/meeting-documents/nicaragua\\_pi\\_srep\\_0\\_0.pdf](https://www-cif.climateinvestmentfunds.org/sites/default/files/meeting-documents/nicaragua_pi_srep_0_0.pdf)
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Natural (MARENA). 2006. *Plan de Manejo del Área Protegida Reserva Natural Volcán Cosigüina*. Dirección General de Áreas Protegidas.
- \_\_\_\_\_. 2010. *Caracterización de la Cuenca No. 64. Entre el Volcán Cosigüina y Río Tamarindo*. Dirección General de Patrimonio Natural.

Pelican S.A. 2016. *Programa para la Ampliación de la Energía Renovable en Países de Ingreso Bajo – SREP, Manejo Ambiental y Social Componente 1 – Geotermia.*

## ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

|                 |  |
|-----------------|--|
| ACN             | Artículos y Construcción de Nicaragua S.A                      |
| AID             | área de influencia directa                                     |
| ANA             | Autoridad Nacional del Agua                                    |
| BCEI            | Banco Centroamericano de Integración Económica                 |
| BID             | Banco Interamericano de Desarrollo                             |
| BM              | Banco Mundial  |
| CIF             | Fondo Estratégicos para el Clima                               |
| CNDC            | Centro Nacional de Despacho de Carga                           |
| CNE             | Comisión Nacional de Energía                                   |
| DIA             | Declaratoria de Impacto Ambiental                              |
| EEA             | evaluación de efectos acumulativos                             |
| EIA             | estudio de impacto ambiental y social                          |
| ENATREL         | Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica                      |
| ENEL            | Empresa Nicaragüense de Electricidad                           |
| ERM             | <i>Environmental Resources Management</i>                      |
| IFC             | Corporación Financiera Internacional                           |
| INAFOR          | Instituto Nacional Forestal                                    |
| IPCC            | Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático |
| JICA            | Agencia de Cooperación Internacional de Japón                  |
| km              | kilómetro  |
| km <sup>2</sup> | kilómetro cuadrado   |
| kV              | kilovoltio   |
| l/s             | litros por segundo   |
| m               | metro  |
| m <sup>2</sup>  | metro cuadrado   |
| m <sup>3</sup>  | metro cúbico   |
| MEM             | Ministerio de Energía y Minas de Nicaragua                     |
| msnm            | metros sobre el nivel del mar                                  |
| MTI             | Ministerio de Transporte e Infraestructura                     |
| MW              | megawatts  |
| OMS             | Organización Mundial de la Salud                               |
| ONU             | Naciones Unidas  |
| PAB             | Plan de Acción para la Biodiversidad                           |

|        |  |
|--------|--|
| PNESER | Programa Nacional de Electrificación Sostenible y Energía Renovable      |
| RNVC   | Reserva Natural Volcán Cosigüina   |
| SIG    | sistema de información geográfico  |
| SINAP  | Sistema Nacional de Áreas Protegidas                                     |
| SREP   | Programa de Ampliación de las Energías Renovables y del Acceso a Energía |
| TdR    | términos de referencia   |
| UICN   | Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza                |
| USAID  | US Agency for International Development                                  |
| VEC    | componente ambiental y social valorado                                   |

***Anexo A***  
*Lista de Información Solicitada*

## Anexo A: Lista de información solicitada “Evaluación de Disponibilidad Hídrica para la Fase II del Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina”

| Información   | Detalles   | Ministerio identificado/encargado del manejo de la información   |
|---|--|--|
| Pruebas de aforo/bombeo de los pozos Potosí, Cosigüina y el Capulín | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Incluir niveles estáticos y dinámicos</li> <li>○ Reporte de las pruebas de bombeo (incluir la duración de la prueba y pozos de monitoreo usados durante la prueba)</li> <li>○ Caudales de extracción actuales (promedio, mínimo y máximo) de los dos pozos.</li> <li>○ Tiempos de recuperación del nivel freático</li> <li>○ Se comentó que estos pozos tienen una profundidad de 200 ft (Potosí) y 180 ft (Capulín) y caudales de aproximadamente 65 GPM y 26 GPM respectivamente. Favor de actualizar esta información.</li> <li>○ Coordenadas de la ubicación de estos pozos</li> <li>○ Fecha de inicio de operación</li> <li>○ Dimensiones</li> <li>○ Reporte de calidad del agua</li> <li>○ Copia electrónica del estudio de acueductos rurales y otro tipos de obras rurales en Chinandega</li> <li>○ Copia del estudio hidrogeológico preparado por Allan Mayorat</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alcaldía El Viejo-UMA</li> </ul>                              |
| Usuarios de agua en la zona   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Población actual que depende del suministro de agua procedente de los pozos Potosí y el Capulín</li> <li>○ Información de concesiones de agua otorgadas en la zona</li> <li>○ Consumo de agua per cápita en la zona por sector (p.ej., agricultura, turismo, habitacional)</li> <li>○ Registro de pozos</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ANA</li> <li>• Alcaldía EL Viejo</li> <li>• INETER</li> </ul> |
| Pruebas de aforo/ bombeo de pozos cercanos al                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Incluir niveles estáticos y dinámicos</li> <li>○ Tiempos de recuperación del nivel freático</li> <li>○ Caudales de extracción actuales (promedio, mínimo y máximo) de los pozos</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alcaldía El Viejo-UMA</li> </ul>                              |

| Información  | Detalles   | Ministerio identificado/encargado del manejo de la información  |
|--|--|---|
| área de estudio (ver mapa abajo)   |  |   |
| Características del acuífero El Viejo  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Profundidad, área, volumen</li> <li>○ Transmisividad y conductividad hidráulica</li> <li>○ Número total de pozos</li> <li>○ Ubicación (si pueden facilitar el archivo SIG)</li> <li>○ Tipo de acuífero</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ANA</li> <li>• MEM</li> </ul>  |
| Caudales de pilas comunales  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Caudales de las 2 pilas comunales que visitamos el día de ayer (pila comunal ubicada en Potosí y la pila Potosí). Si es posible, incluir lugar de medición del aforo.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alcaldía El Viejo-UMA</li> </ul>                                     |
| Reporte de recursos hídricos (superficiales y subterráneos) para las cuencas 64 y 62 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Incluir datos históricos de caudales de ríos/quebradas ubicados dentro de las cuencas 64 y 62</li> <li>○ Datos históricos de precipitación y temperatura de las estaciones más cercanas al sitio del proyecto</li> <li>○ Estudios hidrogeológicos actuales en las cuencas 62 y 64</li> <li>○ Geología del área (incluir capas de SIG)</li> <li>○ Mapas de pozos de agua dentro de la zona de estudio (incluir shape)</li> <li>○ Información histórica de sequias en las cuencas 62 y 64 (incluir mapas y archivos SIG)</li> <li>○ Balances hídricos en las cuencas 64 y 62</li> <li>○ Información de recarga, infiltración y evapotranspiración (incluir mapas y archivos SIG)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• INETER</li> <li>• INETER</li> <li>• MARENA</li> <li>• ANA</li> </ul> |
| Detalles de perforación de los pozos   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Duración de los trabajos de perforación: 3 pozos en 12 meses (24 horas al día por los 7 días de la semana). Favor confirmar o actualizar información.</li> <li>○ Caudales requeridos de agua para llevar a cabo los trabajos de perforación para cada uno de los 3 pozos a ser perforados durante la fase II. Durante la reunión del día 1 de julio del 2016 se comentó que el caudal máximo a ser utilizado será de 55 litros por segundo (L/s). Favor de confirmar o actualizar esta</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ENEL</li> <li>• MEM</li> </ul>                                       |



| Información                        | Detalles  | Ministerio identificado/encargado del manejo de la información |
|------------------------------------|---|--|
|                                    | información   |  |
| Información proporcionada a JACOBS | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Incluir recomendaciones hechas a JACOBS</li> <li>○ Base de datos proporcionados a JACOBS para la realización de su estudio (incluir mapas, cálculos y archivos SIG)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• MEM</li> </ul>        |