



*Informe Final del Estudio de Evaluación  
de los Efectos Ambientales Generados por  
la Aplicación de la NOM-150-  
SEMARNAT-2006*

---

Diciembre 2011

## Índice

1. Introducción.....	4
2. Planeación e implementación de las Actividades desarrolladas.....	7
Figura 3.4. Planeación del Proyecto.....	12
4. Contexto de Implementación de la NOM-150-SEMARNAT-2006.....	13
4.1 Reseña de Elaboración y Expedición de la Norma.....	13
4.2 Ámbito de Aplicación.....	23
5. Descripción de los efectos de la norma en el entorno que pretende regular (impacto económico y ambiental de la norma).....	31
6. Indicadores y Valoración.....	40
6.1 Fichas de Indicadores.....	40
6.2 Valoración.....	45
7. Efectividad de la Norma.....	47
8. Eficacia de la Norma.....	47
9. Eficiencia de la Norma.....	48
10. Hallazgos y Lecciones Aprendidas.....	49
11. Oportunidades de mejorar en el diseño o aplicación del Instrumento Normativo.....	50
12. Conclusiones y Recomendaciones Generales.....	68
13. Referencias.....	71
Normas.....	72
Artículos.....	73
Presentaciones.....	74
Publicaciones.....	75
Apuntes.....	76
Memorándum.....	79
14. Relación de Figuras y Tablas.....	81
FIGURAS.....	81
TABLAS.....	81
ANEXO 1. VERIFICACIONES DE PROFEPA.....	82
ANEXO 2. TALLER DE VALORACIÓN DE INDICADORES.....	87
Agenda.....	87
Relatoría.....	88
Presentaciones.....	93
Resultado de la Encuesta.....	106

ANEXO 3. INFORMACIÓN DEL CASO DE TULECHECK BAJA CALIFORNIA .....	112
ANEXO 3.1. Resultados de los Análisis CRETÍ, realizado a los lodos de perforación y evidencia de la disposición de residuos sólidos urbanos .....	112
ANEXO3.2. Reporte diario de Perforación.....	121
ANEXO 4. ESCENARIO BASE Y ESTUDIOS DE CASOS DE APLICACIÓN DE LA NORMA .....	122
ANEXO 4.1. Escenario Base.....	122
ANEXO 4.2. CASO 1 Campo Geotérmico de Wairakei (Nueva Zelanda) .....	124
ANEXO 4.3 CASO 2 Campo Geotérmico Los Humeros (Chignautla, Puebla, México) .	126
Preparación del Sitio .....	127
Impactos Ambientales.....	134
Preparación del sitio.....	135
Construcción .....	137
Perforación .....	137
Operación .....	137
Análisis de impacto ambiental .....	138
ANEXO 4.4 Estudios de Casos Selectos.....	140
CASO 1 LOS HUMEROS, PUEBLA.....	141
CASO 2 CERRITOS COLORADOS, JALISCO.....	148
CASO 3 LOS AZUFRES, MICHOACÁN .....	155
CASO 4 TEJAMANILES, MICHOACÁN .....	163
CASO 5 NUEVO LEÓN, BAJA CALIFORNIA.....	170
CASO 6 TULECHECK, BAJA CALIFORNIA.....	179
ANEXO 5. PRESENTACIÓN DE LA GERENCIA DE PROYECTOS GEOTERMOELÉCTRICOS SOBRE LA APLICACIÓN DE LA NOM-150-SEMARNAT-2006 EN TULECHECK, BC. ....	189
ANEXO 6. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-150-SEMARNAT-2006. ....	222
ANEXO 7. METODOLOGÍA DE CÁLCULO .....	232
Créditos y Agradecimientos.....	234

# Informe Final del Estudio de Evaluación de los Efectos Ambientales Generados por la Aplicación de la NOM-150-SEMARNAT -2006

*Que establece las especificaciones técnicas de protección ambiental que deben observarse en las actividades de construcción y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales protegidas y terrenos forestales*

---

## 1. Introducción

La energía geotérmica es considerada una fuente renovable y puede ser sustentable siempre que sus emisiones a la atmósfera estén controladas dentro de los parámetros exigibles; la disposición del agua sea manejada adecuadamente y la perforación de los pozos cumpla ciertos requisitos técnicos de protección ambiental. En el contexto del marco jurídico de nuestro país, la NOM-150 establece las especificaciones para minimizar los efectos negativos sobre el ambiente que puedan representar dichas actividades, sobre todo en la fase de construcción y ubicación de pozos.

La NOM-150-SEMARNAT está vigente desde marzo de 2007, con cuatro años de vigencia, por lo que la Dirección General de Energía y Actividades Extractivas requirió evaluar el cumplimiento de la norma, así como su eficacia, eficiencia y efectividad en la protección del Medio Ambiente. Como parte del contexto a dicha evaluación, se destacan los siguientes elementos:

- El desarrollo del país requiere la ampliación de la planta productora de energía eléctrica y la instalación de sistemas geo termoeléctricos representan una de mejores opciones por su producción constante en el tiempo y con una inversión menor que los sistemas convencionales. Actualmente existe un potencial en México de 1 500 MW<sup>1</sup> en campos- geotérmicos por desarrollar.
- La energía geotérmica es una alternativa para disminuir el consumo de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica y un aporte importante para solucionar los problemas de energía eléctrica. La selección del sitio está determinada por la presencia de yacimientos geotérmicos, así como por las características geotécnicas del sitio y por la demanda de energía eléctrica.
- En la actualidad, México es uno de los países más avanzados en cuanto a la producción de energía geo termoeléctrica. Dos campos; el de Cerro Prieto y el de Los Azufres en Michoacán se encuentran ya en la etapa de producción y por lo

---

<sup>1</sup> [NOM] **Norma oficial Mexicana NOM-150-SEMARNAT-2006**, establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de Áreas Naturales Protegidas y Terrenos Forestales, SEMARNAT, marzo 2007.

menos La Primavera (Jalisco) y Los Humeros (Puebla) se encuentran ya muy avanzados en la etapa de evaluación y se espera que dentro de pocos años comenzarán también a producir electricidad a partir de fluidos geotérmicos. Asimismo, se cuenta con 27 campos donde se han concluido los estudios de factibilidad, de los cuales se han seleccionado 16 para continuar con la etapa de perforación de pozos de exploración, entre éstos se tienen: El Ceboruco (Nayarit), Las Planillas (Jalisco), Araró (Michoacán), Las Tres Vírgenes (Baja California Sur), entre otros.

- Aun cuando la construcción de pozos geotérmicos puede ocasionar impactos sobre el ambiente, es posible prevenirlos y controlarlos debido a las características similares que estas actividades presentan, siempre que éstas se realicen en estricto apego a las especificaciones técnicas de protección al ambiente y medidas preventivas y de mitigación que incorpora la NOM-150-SEMARNAT-2006.
- Para realizar la adecuada selección, exploración y preparación de los sitios destinados para la perforación se deberán realizar previamente los estudios de exploración superficial (geológicos, geofísicos, geoquímicos, entre otros) para definir el modelo de campo geotérmico; actividades que no tienen impactos en el medio ambiente, por lo que no son campo de aplicación de la NOM 150.

En el proceso de evaluación de la NOM-150-SEMARNAT-2006 se aplicó la metodología del Enfoque de Marco Lógico (EML) con el propósito de determinar la relevancia y el efecto de la Norma. Para ello se tomaron en cuenta sus objetivos, eficiencia en el desempeño, eficacia y efectividad. Los cinco criterios que fueron utilizados en el proceso de evaluación son los siguientes:

- 1) La relevancia del instrumento normativo entendida como el grado en el cual los objetivos del instrumento son congruentes con las necesidades de los beneficiarios y de las políticas públicas.
- 2) El efecto de un instrumento normativo definido como el grado de modificación permanente de las condiciones establecidas en este, de manera positiva o negativa así como del entorno que justificaron la expedición del instrumento.
- 3) La efectividad de un instrumento normativo corresponde al grado en el cual el instrumento logra modificar la actitud o desempeño de la población objetivo.
- 4) La eficacia definida como el grado de la aplicabilidad del instrumento normativo (calidad del mismo), y
- 5) La eficiencia del instrumento normativo determina si los beneficios de la aplicación del instrumento son mayores que los costos de cumplirlo y hacerlo cumplir.

Se determinaron indicadores clave por cada criterio a fin de brindar estimaciones cuantitativas en la medida que sea posible. La elaboración de las conclusiones y recomendaciones generales se realizaron con base en los hallazgos y en el análisis de la información, incluyendo la estimación de eficiencia, eficacia, efectividad, impacto, relevancia y sustentabilidad de la norma en evaluación. En función de los hallazgos principales realizados, las conclusiones de la evaluación contienen propuestas de mejora en el diseño o aplicación del instrumento normativo y, en su caso, propuestas de otros instrumentos de fomento o de regulación. Se tuvo en cuenta documentos que puedan contribuir a la evaluación como son Informes Preventivos y Manifestaciones de Impacto Ambiental de la construcción y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración y la Manifestación de Impacto Regulatoria de la Norma.



## 2. Planeación e implementación de las Actividades desarrolladas.

Las actividades de la evaluación se realizaron en tres etapas:

**Etapas 1:** Escenario base y metodología

**Etapas 2:** Evaluación de impacto

**Etapas 3:** Conclusiones e informe final

Los Capítulos que integran el informe final se llevaron a cabo conforme las Etapas del Proyecto, a continuación se hace una breve descripción de lo que se incluye en los reportes de cada una de las etapas.

La **Etapas 1** se documentó en un Informe que comprendió el escenario base a partir del cual se hizo la evaluación de la Norma, con la descripción de casos reales de afectaciones ambientales por la construcción y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, la metodología seguida para el desarrollo del estudio de evaluación y la selección de indicadores. Se realizó un taller de validación de los indicadores propuestos con los principales sujetos regulados y las autoridades involucradas en la aplicación de la NOM. Dicho taller fue relevante para validar la metodología e indicadores propuestos, así como para recabar la información de la aplicación de la Norma en los últimos años.

En la **Etapas 2**, la segunda entrega consistió en un estudio que documentó con información de campo, el cumplimiento de CFE y sus empresas contratistas de las disposiciones ambientales establecidas en la Norma; la eficiencia de la Norma, en términos de la integralidad de las acciones establecidas y de la evaluación de la conformidad por parte de la PROFEPA, la eficacia, en términos de las condiciones de protección a los recursos naturales aledaños y al equilibrio del ecosistema que se observen en- la construcción y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración; y de la efectividad en términos de una reducción de los impactos ambientales que generen las actividades de construcción y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración.

La tercera entrega se realizó en la **Etapas 3** que integró las adecuaciones solicitadas a los documentos anteriormente entregados, así como la introducción, un ejercicio comparativo con respecto al escenario base, las conclusiones, además del resumen ejecutivo del estudio, las memorias de cálculo, los cuestionarios y los derechos del estudio, mismos que deberán ser cedidos a la Dirección General de Energía y Actividades Extractivas de la SEMARNAT. Las conclusiones de la evaluación contienen propuestas de mejora en el diseño o aplicación del instrumento normativo y, en su caso, propuestas de otros instrumentos de fomento o de regulación.

La Metodología que se utilizó es la Metodología de Marco Lógico ya que permite presentar en forma resumida y estructurada cualquier iniciativa de inversión y evaluación de política pública, como es su aplicación en este caso.

De acuerdo con la Metodología del Marco Lógico se elaboró la siguiente ficha técnica Simplificada:

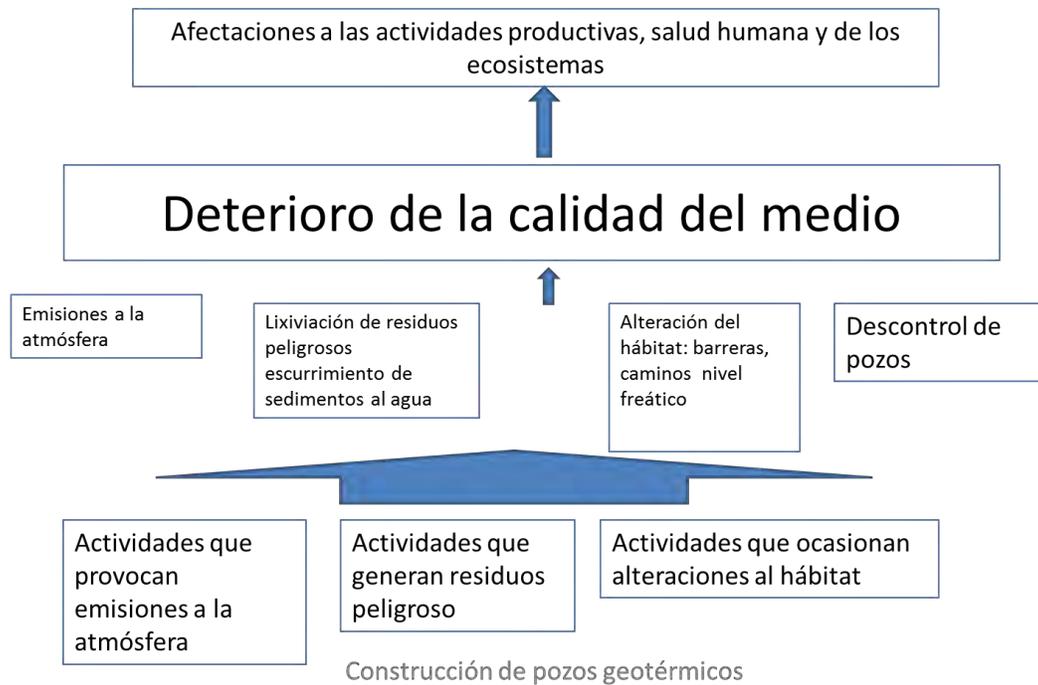
**INDICADORES PARA EVALUACIÓN DE LA NOM-150  
FORMATO DE FICHA TÉCNICA**

Ramo Administrativo	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales			
Unidad responsable del Pp	Dirección General de Energía y Actividades Extractivas de la Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental SEMARNAT			
<b>Matriz de Indicadores para Resultados</b>				
<b>Resumen Narrativo</b>				
Objetivo al que corresponde el Indicador		Marque el nivel del objetivo de la Matriz de Marco Lógico	Efecto	
			Efectividad	
			Eficacia	
			Eficiencia	
<b>Indicador</b>				
<b>Datos de identificación del Indicador</b>				
Nombre del Indicador				
Unidad de medida				
Definición del Indicador				
Método de Cálculo				
Desagregación geográfica	por caso y nacional			
<b>Serie de Información Disponible</b>				
<b>Características del Indicador</b>				
Característica	Calificación	Justificación		
Claridad	Cumple/no cumple	Muestra de manera sencilla el cumplimiento		
Economía	Cumple/no cumple	La información está disponible a un costo razonable		
Relevancia	Cumple/no cumple	Es relevante debido a que refleja de manera importante el logro del objetivo planteado		
Sintético	Cumple/no cumple	Refleja de manera sencilla el estado del proceso		
Soportados metodológicamente	Cumple/no cumple	Está apoyado en una metodología de cálculo sencilla pero sistemática		
<b>Línea base (previo a NOM150)</b>				
Año	<b>Valor</b>			Periodo al que corresponde el valor
	Indicador (relativo)	Numerador (Absoluto)	Denominador (universo de cobertura)	
2006	Porcentaje			
Comentarios línea base se considera como línea base al escenario previo a la expedición de la NOM 150				

**Figura 3.1. Formato de Ficha de Indicadores**

La problemática asociada a los pozos geotérmicos se centra en el posible deterioro del medio ambiente en la zona donde se ubica la obra, lo que se asignó al nivel de propósito en el árbol de problemas. Los principales aspectos relacionados son las emisiones a la

atmósfera, la lixiviación de residuos peligrosos los escurrimientos de sedimentos de agua, la alteración del hábitat y el descontrol de pozos todo ello derivado de las actividades de perforación de pozos geotérmicos por lo que éstas se identificaron como las causas principales que provocan el deterioro de la calidad del medio. Estas causas a su vez tienen un origen en actividades específicas asociadas a las emisiones y a las actividades que generan residuos así como a las que ocasionan alteraciones del hábitat. En este nivel, es una miscelánea de actividades por lo que se prefirió enmarcarlas como se muestra en la figura.



Árbol de Problemas  
Fuente: Elaboración Propia

**Figura 3.2. Actividades de generación de emisiones, residuos y alteración de hábitat.**

Para representar el árbol de soluciones, se tomó cada uno de los cuadros representados en el árbol de problemas y se representan de una manera positiva, lo cual se puede ver en la siguiente figura.



Árbol de Soluciones  
Fuente: Elaboración Propia

### Figura 3.3. Árbol de Soluciones

Como propósito de la aplicación de la norma se tuvo la conservación de la calidad del medio y de la salud. A partir de ahí se establecieron las relaciones de causa y efecto que tendría la conservación de esta calidad en el nivel de componente, donde se establecen las acciones de manera agrupada que se realizan por medio de la aplicación de la ley.

Los indicadores propuestos se desglosan en la tabla, donde tenemos un indicador de efecto y un indicador de propósito así como diversos indicadores de componente y de actividades.

En la primera columna se muestra el nivel de la matriz de marco lógico, en el siguiente el resumen narrativo, la tercera columna muestra el indicador correspondiente al objetivo y en la última columna se desglosaron los medios de verificación o fuente de información. Esta matriz de marco lógico debe mantener una congruencia tanto vertical como horizontal, por lo que se tuvo cuidado en que el indicador que se seleccionó de cuenta del avance del resumen narrativo y a su vez sea lógico en la coherencia vertical, conforme a las relaciones de causalidad que se definieron en el árbol de soluciones.

En este caso no es posible valorar la variación de la calidad del aire, agua y suelo así como la superficie de hábitats en la zona de influencia de los pozos, ya sea en la zona de exploración o perforación de los pozos, por lo que no se plantea un indicador correspondiente al efecto, ya que se considera que con los 5 indicadores propuestos a continuación, se cubre el fin de la evaluación requerida.

**Tabla 3.1. Matriz de Marco Lógico**

	Jerarquía de Objetivos	Matriz de Marco Lógico		
		Resumen narrativo	Indicador	Medios de verificación
<b>Efecto / Efectividad</b>	<b>1. Fin y Propósito</b>	Los recursos naturales (suelo, agua, atmósfera, ecosistemas) son protegidos de los impactos negativos de la perforación de pozos geotérmicos	Porcentaje de pozos geotérmicos en donde se cumplió la NOM-150/total de pozos geotérmicos	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente Secretaría de energía
<b>Eficacia / Eficiencia</b>	<b>2. Actividad</b>	1 Residuos peligrosos manejados adecuadamente	Porcentaje de residuos peligroso que se manejan de acuerdo a la NOM-150/ criterios en materia de residuos peligrosos	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente Secretaría de energía
		2. Condensados y escorrentías manejados adecuadamente	Porcentaje de condensados y escorrentías que se manejan de acuerdo a la NOM-150/criterios de agua	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente Secretaría de energía
		3 Emisiones a la atmósfera evitadas	Porcentaje de emisiones a la atmósfera que se manejan de acuerdo a la NOM-150/criterios de emisiones a la atmósfera	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente Secretaría de Energía
		4. Afectaciones al hábitat evitadas	Porcentaje de superficie que se manejan de acuerdo a la NOM-150/criterios de superficie total ocupada	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente Secretaría de Energía

Los trabajos asociados a la evaluación de la de la NOM-150-SEMARNAT-2006, se llevaron a cabo conforme a la siguiente secuencia de actividades:

ACTIVIDAD		Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
<b>ESCENARIO BASE Y METODOLOGÍA</b>							
1	Descripción Detallada de Metodología de Evaluación						
2	Selección de Indicadores de Evaluación y Fuentes de Información						
3	Casos de Afectaciones Ambientales (incluye dos visitas de campo en una región)						
4	Taller de Validación de Indicadores						
5	PRIMER INFORME						
<b>EVALUACION DE CUMPLIMIENTO</b>							
6	Evaluación de Cumplimiento y Estimación de Eficiencia, Eficacia y Efectividad de la Norma						
7	SEGUNDO INFORME						
<b>CONCLUSIONES E INFORME FINAL</b>							
8	Propuestas de Mejora en el Diseño o Aplicación del Instrumento Normativo						
9	Desarrollo de Contenidos del Informe Final						
10	INFORME FINAL						
11	Cierre Financiero						

**Figura 3.4. Planeación del Proyecto**

## 4. Contexto de Implementación de la NOM-150-SEMARNAT-2006

### 4.1 Reseña de Elaboración y Expedición de la Norma

La principal regulación ambiental aplicable a la perforación de pozos geotérmicos recae en el Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (PEIA). El inicio formal del PEIA se registró en 1988, año en que se publicó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA). Después de ocho años de desarrollo institucional, en 1996 se reforma la LGEEPA.

Estas reformas tuvieron su justificación en las deficiencias que mostró su aplicación; varias de esas deficiencias se enfrentaban durante la aplicación del PEIA. La reforma tuvo como objetivo paralelo fortalecer la aplicación de los instrumentos de la política ambiental, particularmente la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), todo ello orientado a lograr que esos instrumentos cumplieran con su función, que se redujeran los márgenes de discrecionalidad de la autoridad y que se ampliara la seguridad jurídica de la ciudadanía en materia ambiental.

**El Impacto Ambiental es definido por la LGEEPA como: “..la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza”. Además señala que el Desequilibrio Ecológico es “..La alteración de las relaciones de interdependencia entre los elementos naturales que conforman el ambiente, que afecta negativamente la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos”. En este mismo artículo la Ley define a la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) como “...el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo”.**

Por su parte, el concepto de Evaluación del Impacto Ambiental es definido por la misma **Ley en su artículo 28 como “...el procedimiento a través del cual la Secretaría (SEMARNAT), establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente. Para ello, en los casos que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:**

- I. Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, caroductos y poliductos;
- II. Industria del petróleo, petroquímica, química, siderúrgica, papelera, azucarera, del cemento y eléctrica;

- III. Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Minera y Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear;
- IV. Instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos, así como residuos radiactivos.
- V. Aprovechamientos forestales en selvas tropicales y especies de difícil regeneración;
- VI. Plantaciones forestales;
- VII. Cambios de uso de suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas.
- VIII. Parques industriales donde se prevea la realización de actividades altamente riesgosas;
- IX. Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros;
- X. Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales;
- XI. Obras en áreas naturales protegidas de competencia de la Federación;
- XII. Actividades pesqueras, acuícolas o agropecuarias que puedan poner en peligro la preservación de una o más especies o causar daños a los ecosistemas, y
- XIII. Obras o actividades que correspondan a asuntos de competencia federal, que puedan causar desequilibrios ecológicos graves e irreparables, daños a la salud pública o a los ecosistemas, o rebasar los límites y condiciones establecidas en las disposiciones jurídicas relativas a la preservación del equilibrio ecológico y la protección del ambiente.

Con este sustento jurídico, el PEIA se caracteriza por:

- A. Establecer con claridad la obligatoriedad de la autorización previa en materia de impacto ambiental para la realización de obras y actividades que generen o puedan generar efectos significativos sobre el ambiente o los recursos naturales, y que no puedan ser reguladas en forma adecuada a través de otros instrumentos.
- B. Prever la posibilidad de que la SEMARNAT, solicite la evaluación del impacto ambiental de obras y actividades que aun cuando no están expresamente señaladas en la Ley, puedan causar desequilibrio ecológico. No obstante y con el objeto de no invalidar el beneficio derivado de una lista precisa, la Ley incluye en esta disposición el procedimiento que debe seguir la autoridad para determinar si procede o no la presentación de una MIA.
- C. Simplificar el PEIA de las obras y actividades que no son competencia de la Federación evitando la proliferación de procedimientos administrativos en los que intervienen distintas autoridades.
- D. Vincular la EIA con el ordenamiento ecológico del territorio y con la regulación de los usos del suelo prevista en la legislación sobre asentamientos humanos.
- E. Ampliar la participación pública en el PEIA.
- F. Establece la figura de las Manifestaciones de Impacto Ambiental (MIA)<sup>2</sup>, de los Estudios de Riesgo (ER) y de los Informes Preventivos (IP), como los medios de que disponen los Particulares para obtener la autorización previa de la autoridad.
- G. Define la responsabilidad de los profesionistas que participan en la formulación de las MIA

En el año 2000 se reforma el Reglamento de Impacto Ambiental (REIA), en primer lugar para hacerlo compatible jurídica y administrativamente con el texto de la Ley vigente. Como resultado de lo anterior el Reglamento actual se caracteriza por:

- Incluir una relación detallada de las actividades y obras que requieren la autorización previa en materia de impacto ambiental, así como de aquellas que están exentas de esta obligación.
- Reducir las modalidades de la MIA, de tres tipos que se fijaban en la versión anterior (general, intermedia y específica) a dos: la modalidad particular y la regional. Continúa además la consideración del Informe Preventivo como la modalidad más simple de notificación a la autoridad.
- Promueve una participación más activa de la sociedad mediante los procedimientos de consulta pública y de reuniones públicas de información.
- Fija las medidas de seguridad que deben acatar los promoventes.
- Especifica que la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente realizará los actos de inspección y vigilancia del cumplimiento de sus disposiciones.
- Incluye las sanciones que procederán en caso de violación de las disposiciones jurídicas ambientales.
- Establece procedimientos particulares para la dictaminación de las consultas o manifestaciones que hacen los particulares.
- Introduce conceptos avanzados en las metodologías de evaluación como son: la evaluación de impactos acumulativos, sinérgicos y residuales, así como la evaluación regional de varios proyectos o, de uno solo, cuando éste pueda tener un impacto de gran alcance territorial.
- Se adecuan los tiempos de respuesta de la autoridad ambiental a los que establece la LGEEPA.
- Se establece la figura de seguros y garantías a los promoventes para que exista un aval que responda por ellos en caso de que no cumplan con las condiciones que disponga la autoridad para el desarrollo de su obra o actividad, y para que estén en condiciones de resarcir los daños al ambiente cuando se presente un siniestro por el desarrollo del proyecto.

A continuación se muestra el Diagrama de Flujo para la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental en el sector de producción de Energía Eléctrica.

LGEEPA

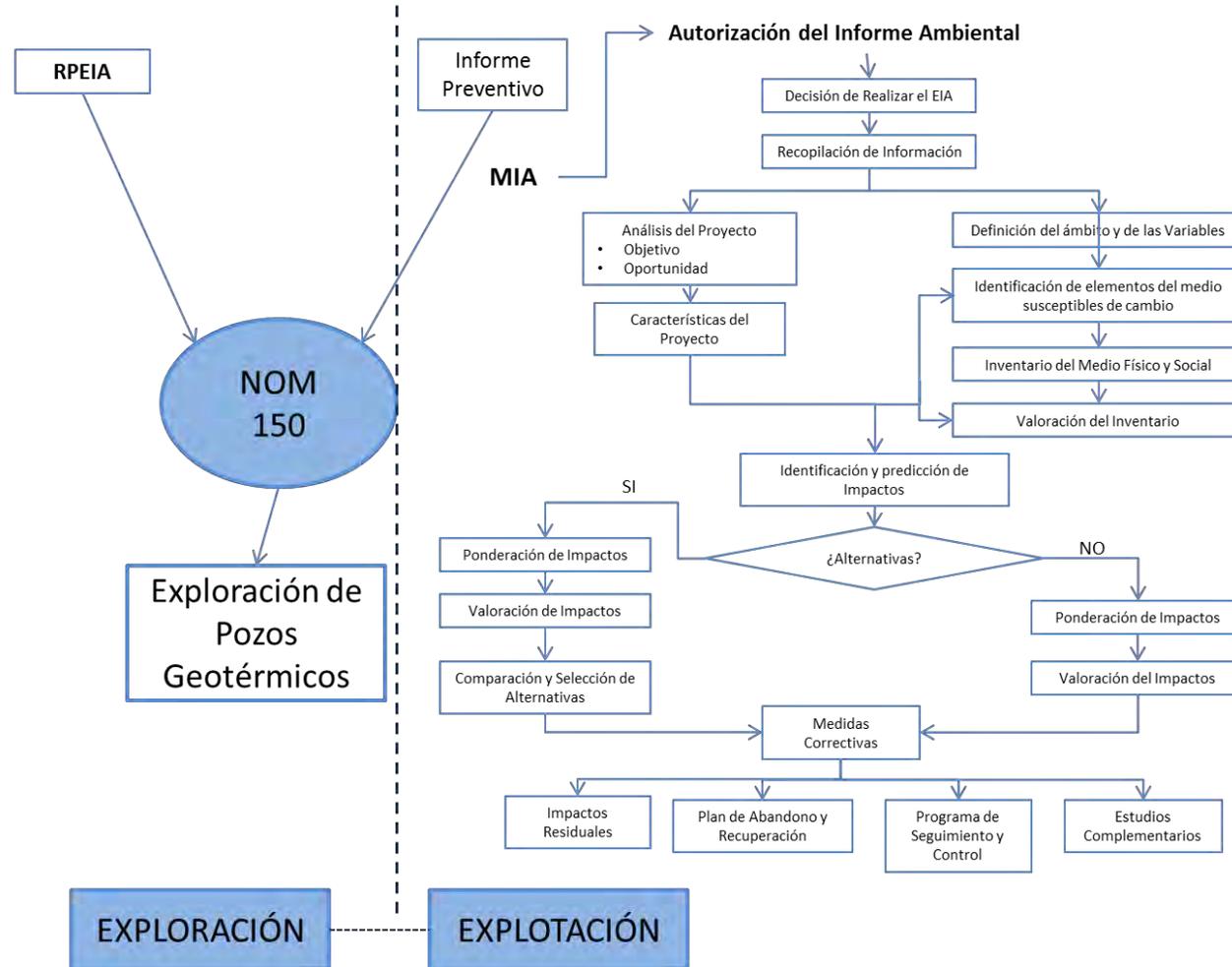


Figura 4.1. Flujo para la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental en el sector de producción de Energía Eléctrica

Como puede observarse en el diagrama, en la sección de “exploración de pozos geotérmicos” se tiene una norma de protección ambiental, cuyo ámbito de aplicación se restringe a los pozos cuya finalidad sea esta misma, mientras que las actividades de explotación requieren un procedimiento formal de Evaluación de Impacto Ambiental. La NOM-150 cubre de esta manera las actividades relacionadas a la preparación de sitios de perforación, la construcción de los pozos y su uso para efectos de exploración.

Una vez que el potencial productivo ha podido ser identificado y confirmado, los proyectos de explotación a través de centrales geotermoeléctricas y sus correspondientes pozos geotérmicos de alimentación, deberán evaluarse en un procedimiento de impacto ambiental como se muestra en la sección derecha de la figura anterior.

En este contexto, la iniciativa de la Norma Oficial Mexicana NOM-150-SEMARNAT-2006, Que establece las especificaciones técnicas de protección ambiental que deben observarse en las actividades de construcción y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales protegidas y terrenos forestales, está basada en normas que datan de 1996(NOM-003-CNA-1996, NOM-004-CNA-1996) y 1998 (NOM-115-ECOL-1998) las más antiguas que se refieren a la perforación de pozos en general y aplicables también a la perforación de pozos geotérmicos.

A continuación se muestra una tabla donde cronológicamente aparecen los documentos que se realizaron así como las reuniones previas a la publicación de la norma.

**Tabla 4.1. Cronología de la NOM-150**

NOMBRE	FECHA	LUGAR	RESUMEN
Norma Oficial Mexicana NOM-003-CNA-1996, requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.	feb-97	Diario Oficial de la Federación	Esta norma establece los requisitos mínimos de construcción que se deben cumplir durante la perforación de pozos para la extracción de aguas nacionales y trabajos asociados, con objeto de evitar la contaminación de acuíferos. Aplica a la construcción de pozos para la extracción de aguas nacionales destinadas a los usos: agrícola, agroindustrial, doméstico, etc. Esta norma tiene como objeto establecer los requisitos mínimos durante la construcción de pozos de agua para coadyuvar a la protección de acuíferos.
Norma Oficial Mexicana NOM-004-CNA-1996, requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general.	ago-97	Diario Oficial de la Federación	Esta norma aplica a todos los pozos de exploración, monitoreo o producción que penetren total o parcialmente un acuífero, y que sean destinados a alguno de los usos de extracción de agua, así como aquellos que fueron perforados para otros usos, y que

NOMBRE	FECHA	LUGAR	RESUMEN
			han quedado abandonados. Con el objeto de proteger la calidad del agua en los acuíferos durante los trabajos de mantenimiento, rehabilitación y cierre de pozos sea de forma temporal o definitiva.
Reunión de Funcionarios de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos	mar-02	CFE / SEMARNAT	Procedimientos de construcción y operación de plantas geotérmicas y su impacto ambiental. Antecedentes de la normatividad ambiental, programa de restauración ambiental en explotaciones geotérmicas
Modificaciones a la NOM-115-ECOL-98.	jun-02	CFE / SEMARNAT	Donde se establecen las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación de pozos petroleros terrestres y pozos geotérmicos para exploración y producción en zonas agrícolas ganaderas y eriales.
Notas Sobre Geotermia	mar-03	CFE	Discusión sobre impactos ambientales, sociales y del paisaje por la explotación de recursos geotérmicos, sobre todo contaminación ambiental por residuos y sales encontradas en los yacimientos.
Nota sobre la NOM-GEOTERMIA	mar-03	CFE	Se discuten los posibles umbrales de emisión por los residuos del uso de energía renovable, así como la perforación de pozos de manera adecuada, cumpliendo con los requisitos técnicos necesarios.
Acuerdo por el que se establecen los criterios ecológicos CE-OESE-004/89, para la selección, exploración y preparación de sitios destinados a la instalación de sistemas geotermoeléctricos, así como para la construcción de los mismos.	mar-03		De los criterios ecológicos establecidos en este acuerdo en 1989 se hizo una serie de correcciones a los que no aplican en la actualidad para los pozos geotermoeléctricos.
Visita al Campo Geotérmico Cerro Prieto	abr-03	CFE / SEMARNAT	Visita de sitio para establecer las bases para la elaboración de la Norma Oficial Mexicana que establezca las especificaciones técnicas de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y evaluación preliminar de pozos geotérmicos.

NOMBRE	FECHA	LUGAR	RESUMEN
Análisis de la Justificación para incluir un anteproyecto en el PNN	jun-03	SEMARNAT	Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y mantenimiento de pozos geotérmicos. Establecimiento con claridad cuál es la diferencia entre esta norma y las normas vigentes, puesto que la regulación y la posibilidad de contradicción entre las diversas normas puede ser perjudicial en el sistema regulatorio ambiental.
Justificación para incluir el anteproyecto de NOM para la perforación y mantenimiento de pozos geotérmicos	jun-03	SEMARNAT	Inscripción de la NOM en el PNN que regulará solamente las actividades de perforación y mantenimiento de pozos geotérmicos y no la construcción de una planta. Manejo de los principales impactos ambientales que carecen de regulación.
Propuesta de Modificación de la NOM-115-ECOL-98	jul-03	CFE	Se tratan diversos puntos de la NOM-115-ECOL-98 que no aplican a la perforación de pozos geotérmicos, ya que las emisiones son menores que las referidas por esta norma, muchos de los puntos de la norma no son aplicables y no existen zonas de riesgo en este tipo de pozos.
Proyecto de impacto Ambiental	jul-03	CFE	Revisión de los puntos presentados para la NOM-XXX-SEMARNAT-2003, que establece las especificaciones técnicas de protección ambiental que deben observarse en las actividades explotación, perforación y mantenimiento de pozos geotérmicos, ubicados fuera de áreas naturales protegidas. Así como la inclusión de partes de la NOM-XXX-ECOL-2002.
Reunión de Elaboración de la NOM que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y mantenimiento de pozos geotérmicos	ago-03	SEMARNAT	Revisión presencial del Proyecto de la NOM-XXX-SEMARNAT-2003 donde se obtiene una lluvia de ideas para ir formando los capítulos de la norma.
Anteproyecto de la Norma Oficial Mexicana para la Perforación Geotérmica	sep-03	SEMARNAT	Se establece la idea de la construcción de una norma hecha específicamente para pozos geotérmicos
Versión revisada del proyecto de la NOM-XXX-SEMARNAT-2003	oct-03	SEMARNAT	Revisión del Proyecto de la NOM-XXX-SEMARNAT-2003 donde se establecen las correcciones de algunos capítulos de la misma.

NOMBRE	FECHA	LUGAR	RESUMEN
Justificación Técnica –Económica para el “ Proyecto de Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones técnicas de protección ambiental que deben observarse en las actividades de construcción y evaluación preliminar de pozos geotermoeléctricos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales protegidas y terrenos forestales”	oct-03	SEMARNAT	Justificaciones Técnicas para la creación de la normal referente a los pozos Geotermoeléctricos.
Reunión del grupo de trabajo para la Elaboración de la NOM que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y evaluación preliminar de pozos geotérmicos fuera de áreas naturales y terrenos forestales	ene-04	SEMARNAT	Reunión del grupo de trabajo para elaborar la NOM mencionada, presentación del proyecto, su marco conceptual, jurídico, especificaciones y límites permisibles de emisiones.
Reunión del grupo de trabajo del anteproyecto de NOM-XXX-SEMARNAT-2003 que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales y terrenos forestales	feb-04	SEMARNAT	Segunda reunión del grupo de trabajo para elaborar la NOM mencionada, afinación de capítulos, incorporación de observaciones y revisiones dadas en la primera reunión del grupo de trabajo.
Reunión del grupo de trabajo del anteproyecto de NOM-XXX-SEMARNAT-2003 que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales y terrenos forestales	feb-04	SEMARNAT	Tercera reunión del grupo de trabajo para elaborar la NOM mencionada, afinación de capítulos, incorporación de observaciones y revisiones dadas en la primera y segunda reunión del grupo de trabajo.
Cuarta Reunión del grupo de trabajo del anteproyecto de NOM-XXX-SEMARNAT-2003 que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales y terrenos forestales	mar-04	SEMARNAT	Cuarta reunión del grupo de trabajo para elaborar la NOM mencionada, afinación de capítulos, incorporación de observaciones y revisiones dadas en la primera, segunda y tercer reunión del grupo de trabajo.
Quinta Reunión del grupo de trabajo	mar-04	SEMARNAT	Quinta reunión del grupo de

NOMBRE	FECHA	LUGAR	RESUMEN
del anteproyecto de NOM-XXX-SEMARNAT-2003 que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales y terrenos forestales			trabajo para elaborar la NOM mencionada, afinación de capítulos, integración del orden de los capítulos de la NOM de acuerdo a las revisiones hechas por los miembros del grupo de trabajo. Junto con la propuesta de evaluación de conformidad de la Norma.
Respuesta a Comentarios sobre el anteproyecto de NOM para pozos geotérmicos	mar-04	SEMARNAT	Se explican las bases de la NOM así como las instancias por la cual está regulada así como las características de los pozos donde se hace la perforación.
Resultados derivados de la Quinta reunión de trabajo de la NOM de pozos geotérmicos	abr-04	SEMARNAT	Resultados de la quinta reunión de trabajo del Grupo para la creación de la Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones técnicas de protección ambiental que deben observarse en las actividades de construcción y evaluación preliminar de pozos geotermoeléctricos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales protegidas y terrenos forestales.
Programa Nacional de Normalización	may-04	Diario Oficial de la Federación	Se establece la necesidad de incrementar la generación de energía eléctrica mediante la creación de plantas geotérmicas. Para ello se necesita la exploración y perforación de pozos.
Eliminación de la Norma de Pozos Geotérmicos en el Programa Nacional de Normalización	jun-04	SEMARNAT	Se explican diversos motivos de índole regulatorio porque no se debe incluir en el Programa Nacional de Normalización el proyecto de la Norma, puesto que no cumple con todos los requerimientos para ser presentada.
Suplemento del PNN 2004	jun-04	SEMARNAT	Aquí se listan los motivos por los cuales se considera inconveniente cancelar los proyectos de la NOM de SEMARNAT referida a los pozos geotérmicos.
Observaciones a la Justificación para incluir Temas en el programa Nacional de Normalización de la SEMARNAT 2005	nov-04	Dirección General de Energía y Actividades Extractivas	Fundamento jurídico que se debe establecer en los artículos y fracciones que generan la facultad u obligación de expedir en la norma y no relativas en el procedimiento de elaboración de normas.

<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>	<b>LUGAR</b>	<b>RESUMEN</b>
Respuesta a la Solicitud de exención de MIR para el proyecto de la NOM-XXX-SEMARNAT-2003	nov-05	Comisión Federal de Mejora Regulatoria	Revisión de apartados para la Manifestación de Impacto Regulatorio, exenciones, aplicaciones y obligaciones.
Proyecto NOM-XXX-SEMARNAT-2003, Pozos Geotérmicos	nov-05	SEMARNAT	Criterios de Evaluación y Análisis de la Norma. Comentarios a la misma, y corrección de la sintaxis en algunos apartados.
Anteproyecto regulatorio y MIR para la NOM-XXX-SEMARNAT-2003	nov-05	COFEMER / SEMARNAT	Confirmación de recepción y entrega del anteproyecto.
Anteproyecto NOM sobre perforación de pozos geotérmicos y MIR	nov-05	SEMARNAT	Versión impresa del Documento.
Revisión del proyecto de NOM-XXX-SEMARNAT-2004, referente a pozos Geotérmicos	nov-05	SEMARNAT	Entrega de revisiones del proyecto de la Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones técnicas de protección ambiental que deben observarse en las actividades de construcción y evaluación preliminar de pozos geotermoeléctricos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales protegidas y terrenos forestales.
Revisión a la NOM y MIR de pozos geotérmicos	feb-06	SEMARNAT	Definiciones y revisión para la Manifestación de Impacto Regulatorio, sintaxis de la norma en estos apartados.
Comunicado para exhortar a SEMARNAT a la publicación de una NOM con límites de emisión de sulfuro de hidrógeno en campos geotérmicos	may-06	SEMARNAT	Se exhorta a la SEMARNAT a publicar una NOM que establezca los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de sulfuro de hidrógeno proveniente de campos geotérmicos.
Solicitud de exención de MIR por no costos	jun-06	COFEMER	Los proyectos en los cuales se puede solicitar la exención de MIR por no costos
Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-150-SEMARNAT.2006 que establece las especificaciones técnicas de protección ambiental que deben observarse en las actividades de construcción y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales protegidas y terrenos forestales.	ago-06	Diario Oficial de la Federación	Se Publica en el Diario Oficial de la Federación el PROYECTO de Norma Oficial Mexicana relacionada con la construcción y evaluación preliminar de pozos geotérmicos.
Norma Oficial Mexicana NOM-150-SEMARNAT-2007 que establece las especificaciones técnicas de protección ambiental que deben observarse en las actividades de construcción y evaluación preliminar	mar-07	Diario Oficial de la Federación	Es la publicación en el Diario Oficial de la Federación de la Norma Oficial Mexicana relacionada con la construcción y evaluación preliminar de pozos geotérmicos.

NOMBRE	FECHA	LUGAR	RESUMEN
de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales protegidas y terrenos forestales.			

## 4.2 Ámbito de Aplicación

A nivel mundial, México ocupa el cuarto lugar como generador de electricidad por medio de la energía geotérmica con una capacidad instalada de 958MW. Cuenta con cinco campos geotérmicos identificados, de los cuales cuatro son los campos geotérmicos que están siendo explotados en la actualidad, lo que representa el 2.1% de la capacidad eléctrica total del país operada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Cabe mencionar que de todos los campos geotérmicos, la central de Cerro Prieto, Baja California representa el 75% de la capacidad Geotermoeléctrica. Los campos son los siguientes:

- Cerro Prieto, B.C., con 720 MW de capacidad.
- Los Azufres, Mich., con 188 MW de capacidad.
- Los Humeros, Pue., con 40 MW de capacidad.
- Las Tres Vírgenes, B.C.S., con 10 MW de capacidad.
- Cerritos Colorados, Jal., con un potencial estimado por la CFE en 75 MW.

Actualmente se encuentran en construcción dos unidades a condensación de 25 MW que se instalarán en el campo geotérmico de Los Humeros, y que deberán entrar en operación en 2012 y 2013.

De acuerdo al POISE 2010-2024, las tecnologías de turbinas para este tipo de aprovechamiento han logrado avances importantes en eficiencias, por lo cual se han estudiado la adición o reemplazo por nuevas unidades en los principales campos geotérmicos. En el siguiente cuadro se muestra el catálogo de este tipo de proyectos en estudio o licitación.

**Tabla 4.2. Catálogo de Proyectos Geotermoeléctricos**

Proyecto	Número de Unidades	Capacidad por Unidad (MW)	Estado	Generación Media Anual (GWh)	Nivel de Estudio*
Cerro Prieto V	2	53.5	Baja California	744.6	L
Cerritos Colorados 1° Etapa	1	26.6	Jalisco	186.2	P
Cerritos Colorados 2° Etapa	2	26.6	Jalisco	372.3	P
Humeros II Fase B	1	26.6	Puebla	186.2	L
Humeros III	1	26.6	Puebla	186.2	P
Azufres III	2	1 x 50 y 1 x 25	Michoacán	558.5	F
Azufres IV	2	1 x 50 y 1 x 25	Michoacán	558.5	F

\* L: en licitación, F: Factibilidad, P: Prefactibilidad

Fuente: POISE 2010-2024.

Durante el taller de valoración de indicadores se puntualizó que algunos de los proyectos que aparecían en el POISE 2010-2024 se les restó prioridad o los cancelaron debido a que en los campos geotérmicos donde se ubican, se tiene planeado realizar algunas acciones de mejora de los mismos, por lo que no se considera necesario el elaborar un nuevo proyecto de perforación de pozos, sino ampliar la capacidad con la que actualmente se cuenta.

**Tabla 4.3. Catálogo de Proyectos Geotermoeléctricos**

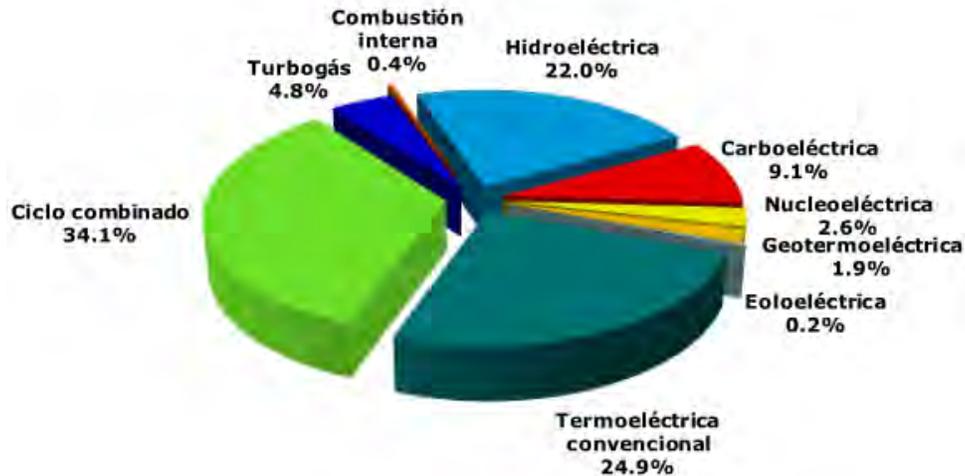
Proyecto	Número de Unidades	Capacidad por Unidad (MW)	Estado	Generación Media Anual (GWh)	Nivel de Estudio*
Los Azufres III (Fase I)	1	50	Michoacán	398.4	F
Los Azufres III (Fase II)	1	25	Michoacán	186.2	P
Humeros III	2	2 X 26.6	Puebla	396.1	F
Nuevo León I	1	53.5	Baja California	398.4	P
Nuevo León II	1	26.6	Baja California	186.2	P
Saltillo I	1	53.5	Baja California	398.4	P
Cerritos Colorados 1ª Etapa	1	26.6	Jalisco	186.2	P
Cerritos Colorados 2ª etapa	2	26.6	Jalisco	372.3	P

\* L: en licitación, F: Factibilidad, P: Prefactibilidad

Fuente: POISE 2011-2025.

De Acuerdo a las proyecciones del POISE, se tiene el siguiente balance de producción actual y estimada de energía:

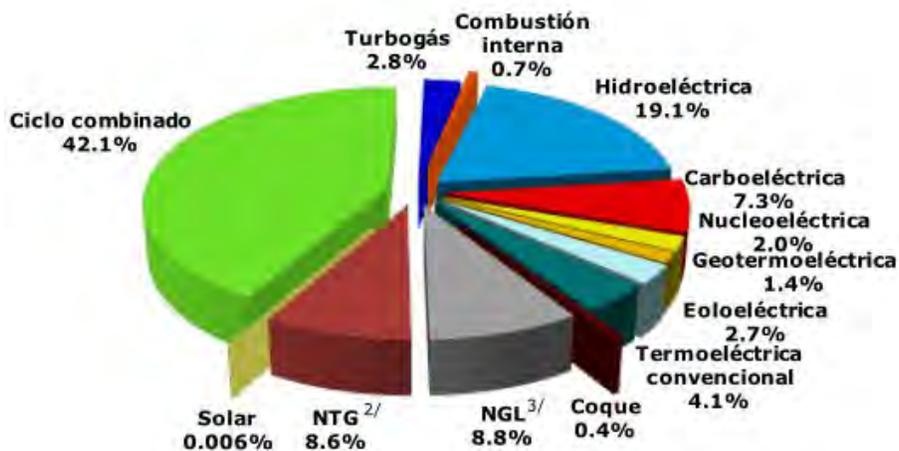
**2009<sub>real</sub>**  
**51,686 MW**



Fuente: POISE 2011-2025.

**Figura 4.2. Participación de tecnologías en la capacidad de generación Servicio Público del año 2009**

**2025**  
**78,248 MW<sup>1/</sup>**



Fuente: POISE 2011-2025.

**Figura 4.3. Proyección de participación de tecnologías en la capacidad de generación Servicio Público para el año 2025**

De acuerdo a la revista Geotermia (Ordaz-Méndez, Flores-Armenta, Ramírez-Silva, 2011), las reservas probadas - tomadas como aquellas reservas de yacimientos conocidos que, de acuerdo al análisis de datos de geología e ingeniería, se estima con “razonable certeza” que serán recuperables comercialmente bajo las condiciones económicas y métodos de operación actuales. Si se emplean métodos probabilísticos para su evaluación, habrá al menos un 90% de probabilidad de que las cantidades a recuperar serán iguales o excederán el estimado. En el caso geotérmico se consideran con la capacidad adicional que puede instalarse en cada campo geotérmico en operación de acuerdo con los modelos de simulación aplicados en cada yacimiento y que a la fecha se expresan como proyectos adicionales.

**Tabla 4.4. Capacidad Actual y Probada de Proyectos Geotermoeléctricos**

Sitio	Capacidad Actual (MWe)	Capacidad probada adicional (MWe)
Cerro Prieto	720	25
Los Azufres	188	40
Los Humeros	40	46
Cerritos Colorados	0	75
Las Tres Vírgenes	10	0

*Fuente: Geotermia, Vol.24, No.1, Enero-Junio de 2011.*

De acuerdo a las proyecciones del PECC, se tiene el objetivo de incrementar la generación de electricidad con fuentes de energía eólica, geotérmica, hidráulica y solar, que sean técnica, económica, ambiental y socialmente viables.

Las metas señaladas son las siguientes:

- M.14 Concluir en 2012 la construcción de la central hidroeléctrica La Yesca (750 MW): 0.81 MtCO<sub>2</sub>e/año (en 2012).
- M.15 Aumentar la generación de energía eléctrica con centrales eólicas de CFE (507 MW al 2012): 2.40 MtCO<sub>2</sub>e (2010 – 2012); 1.20 MtCO<sub>2</sub>e/año (en 2012).
- M.16 Aumentar la generación de energía eléctrica con centrales geotérmicas de CFE (153 MW al 2012): 0.72 MtCO<sub>2</sub>e (2010 - 2012); 0.24MtCO<sub>2</sub>e/año (en 2012).
- M.17 Desarrollar la producción de vapor con energía solar en la central termoeléctrica Agua Prieta II de CFE. 0.41 MtCO<sub>2</sub>e (2008 – 2012); 0.10 MtCO<sub>2</sub>e/año (en 2012).<sup>2</sup>

En la tabla 5, se resumen la capacidad instalada y potencial así como las áreas actuales de exploración, extensión de campos productivos y número de pozos perforados y productivos.

<sup>2</sup> PECC, Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, 2009.

**Tabla 4.5. Capacidad, área y número de pozos de centrales y campos Geotermoeléctricas**

Zona geotérmica	Capacidad instalada (MW)	Reserva probada (MW)	Área de exploración (km <sup>2</sup> )	Superficie ocupada (ha)	Pozos geotérmicos			
					Perforado **	Productor	Inyector	Exploratorio
Cerro Prieto, B.C.	720	---	18	1 300,0	280	167	13	---
Los Azufres, Mich. (+)	188	40	20	146,0	82	43	6	15
Los Humeros, Pue. (*)	40	46	10	35,0	45	25	4	1
Las Tres Vírgenes, B.C.S.	10	---	3,5	16,9	11	4	2	---
Cerritos Colorados, Jal. (≈)	0	75	4,5	25,0	12	8	2	2
Acoculco, Pue.	0	---	---	0,8	2	0	0	2
Tulechek, B.C.	0	---	---	0,6	2	0	0	2
Nuevo León, B.C.	0	---	---	0	0	0	0	0

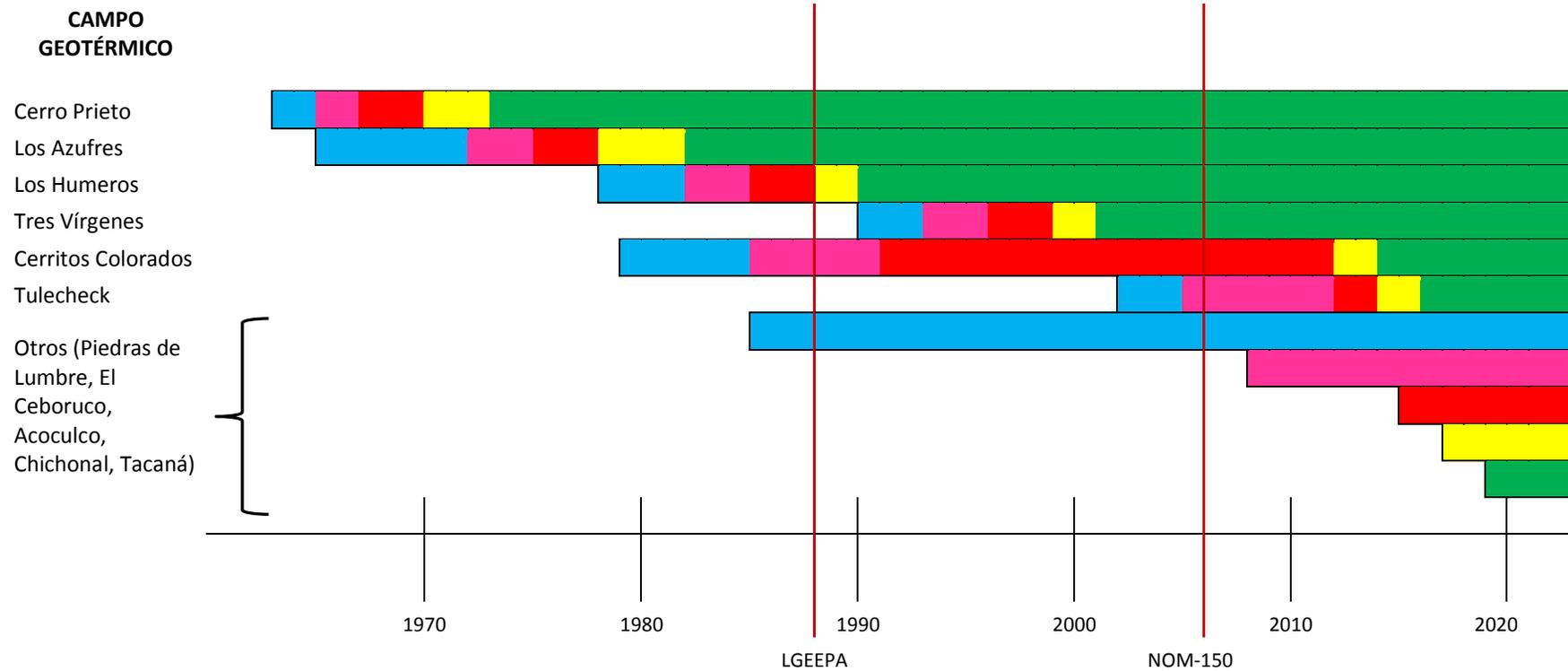
(+) En proyecto 75 MW (Este proyecto substituirá 7 unidades de 5 MW)

(\*) En construcción 50 MW (Este proyecto substituirá 5 unidades de 5 MW)

(≈) Autorizados en materia ambiental: 25 MW. Aún sin construir

\*\* La diferencia de los pozos productores, inyectoros y exploratorios con relación a los pozos perforados, son pozos fallidos o que cumplieron con su vida útil.

A continuación se muestra una línea del tiempo de los campos geotérmicos que se encuentran actualmente en operación en México así como proyecciones de campos geotérmicos que están siendo explorados y perforados en los cuales aplica la NOM-150-SEMARNAT-2006

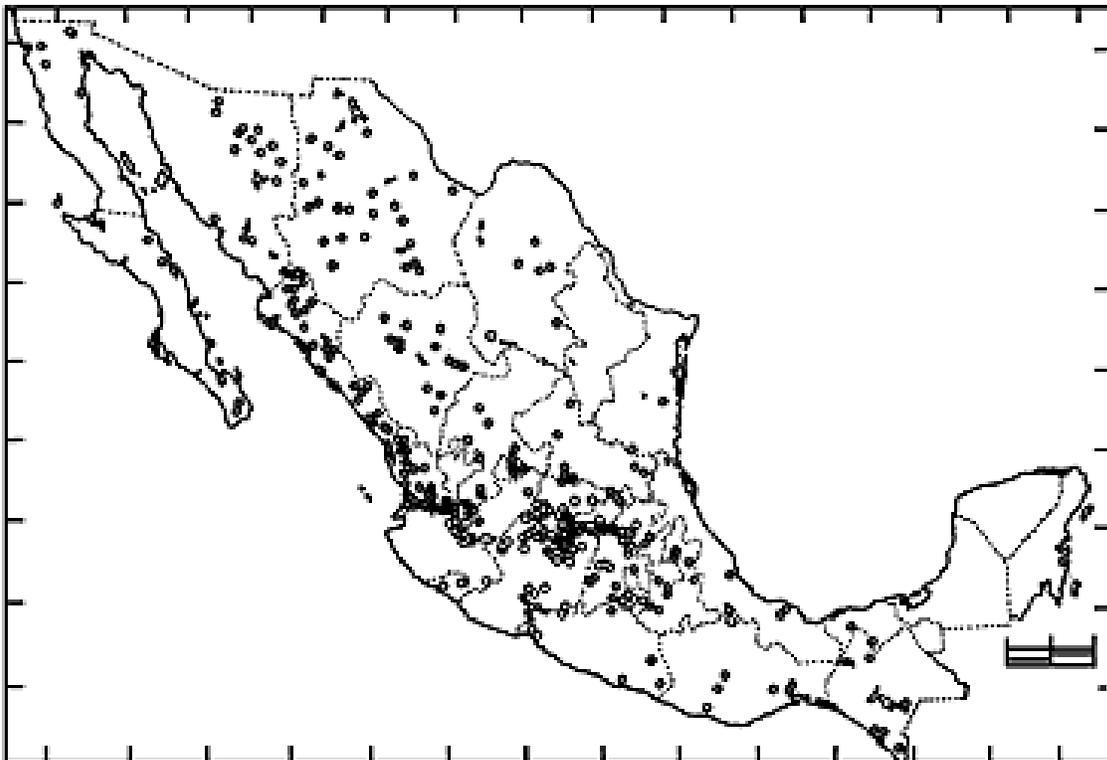


	<i>Prospección Geotérmica</i>
	<i>Perforación Exploratoria</i>
	<i>Perforación de Desarrollo y Elaboración del Anteproyecto</i>
	<i>Construcción de Central Geotermoeléctrica</i>
	<i>Operación, mantenimiento de campo y pozos</i>

**Figura 4.4. Línea de Tiempo**

Existen zonas como Tulecheck, Nuevo León en Baja California, Molote en Nayarit, Cerritos Colorados y Las Planillas en Jalisco, Negritos, Alrededores del lago de Cuitzeo en Michoacán, Acoculco, Tacaná, y Chichonal en Chiapas que se tiene considerado explorar con miras a una explotación geotermoeléctrica. En dichas zonas existen zonas agrícolas, eriales y de pastizal donde se prevé que la NOM 150 tenga aplicación en los próximos años ya que se prevén proyectos de perforación de pozos para exploración. En este contexto existe un potencial importante en la aplicación de la norma por lo que, en su caso una eliminación de la misma afectaría proyectos que se tienen en puerta para las zonas descritas. Si bien en este sexenio la perforación de pozos de exploración bajo el ámbito de aplicación de la NOM 150 fue de solo dos casos, es factible que en los próximos años la norma se aplique en muchos más casos.

Como anteriormente se estableció que nuestro país cuenta con reservas de alta y mediana entalpía, mezclas de vapor y agua con temperaturas entre 200 y 350°C. En la actualidad la Energía Geotérmica es la energía alternativa que más se explota en México a escala comercial. A continuación se muestra el mapa de México marcando lo que se le conoce como manifestaciones termales que indican si hay una posibilidad de encontrar yacimientos geotérmicos debajo de la tierra.



Fuente: [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/058/htm/sec\\_8.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/058/htm/sec_8.htm)

**Figura 4.5. Mapa de México que incluye los manantiales termales muestreados por la Comisión Federal de Electricidad.**

En la siguiente tabla se puede observar el reconocimiento de las localidades que presentan algún tipo de termalismo en México.

**Tabla 4.6. Tipos de Manifestaciones termales en México**

<b>ESTADO</b>	<b>TOTAL</b>	<b>POZOS</b>	<b>NORIAS</b>	<b>MANANTIALES</b>	<b>HERVIDEROS</b>	<b>FUMAROLAS</b>	<b>VOLCANES DE LODO</b>	<b>SUELOS CALIENTES</b>
Jalisco	391	83	1	283	7	13	4	
Colima	3			3				
Aguascalientes	48	48						
Nayarit	56			51	2	3		
Zacatecas	44	15		29				
Guanajuato	173	138		35				
Durango	55	5		50				
San Luis Potosí	19			19				
Guerrero	10			10				
Edo. De México	6	1		5				
Tlaxcala	1			1				
Morelos	2			2				
Chiapas	14			12		2		
Oaxaca	12	1		11				
Puebla	10			8		2		
Hidalgo	76	25		51				
Sonora	77	34		43				
Querétaro	172	142		30				
Michoacán	71	10		58		1	2	
Chihuahua	50	10		39		1		
Coahuila	12	2		10				
B.C. Norte	14	3		5	2	1		3
B.C. Sur	19	1		14		2	2	
Nuevo León	6	3		3				
Tamaulipas	3	1		2				
Veracruz	8	4		4				
Sinaloa	28			28				
<b>Total</b>	<b>1380</b>	<b>526</b>	<b>1</b>	<b>808</b>	<b>11</b>	<b>25</b>	<b>6</b>	<b>3</b>

Fuente: Torres Rodríguez 1993 en Jimenez Cisneros

## **5. Descripción de los efectos de la norma en el entorno que pretende regular (impacto económico y ambiental de la norma)**

La Norma pretende regular aspectos de impacto en el hábitat, emisiones y residuos peligrosos que se generan durante la perforación de un pozo geotérmico así como una alternativa más rápida para los usuarios de la misma. Durante uno de los talleres donde se invitaron expertos en el tema, se estableció que en cuanto a los costos de cumplimiento ambiental, restauración, mantenimiento de instalaciones y campo, emisiones, etc., debe oscilar entre 2 ó 3% siendo esta una relación basada en la experiencia de uno de los participantes del taller. Considerando que el costo de perforación de un pozo en el caso de Tulecheck fue por 120 millones de pesos en dos pozos, se tiene una estimación gruesa de que el costo asociado a las especificaciones de la NOM-150 es de 3.6 millones de pesos para ambos pozos (con un aproximado de 1.8 millones de pesos por pozo).

Este dato puede contrastarse con el nivel de inversión que requiere Cerritos Colorados, como un sitio que ha requerido un programa de restauración ambiental por haberse desarrollado, previo a la NOM-150 y que tuvo impactos ambientales significativos.

Se estableció también en dicho taller que todos los campos Geotérmicos en operación actualmente cuentan con el certificado de Industria Limpia. Para cumplir en totalidad de la Norma, se debería contratar una unidad de verificación que constate lo que se ha hecho en términos de cumplimiento de la norma. Este procedimiento no se ha realizado dado que CFE estimó de costo excesivo y poco consistente el servicio que pueden proporcionar las unidades de verificación identificadas. Al respecto, la PROFEPA también indicó que faltan unidades de verificación que puedan prestar este servicio ya que la Norma tiene un ámbito de aplicación muy específico en el que todavía faltan unidades de verificación interesadas y con la experiencia adecuada.

En cuanto a las verificaciones, la PROFEPA indicó que deben solicitarse con tiempo de anticipación para así entrar dentro de la planificación de las secciones o en caso de que ellos no puedan, se mande personal de oficinas centrales para ir a la evaluación. Para ello se dan los avisos con 10 días de anticipación para que se puedan efectuar las evaluaciones.

En el caso de Tulecheck, Nuevo León en Baja California, Molote en Nayarit, Cerritos Colorados, Las Planillas en Jalisco, Negritos en Michoacán, Alrededor del lago de Cuitzeo, Aocolco, Tacaná, Chichonal, son los campos en los cuales se tiene considerado explorar y explotar el recurso, con excepción de los que tienen problemas sociales (Jalisco). Las cuencas de Wagner y de Guaymas son exploraciones de campos geotérmicos, pero aún no existe tecnología de aprovechamiento. En los anteriores proyectos los que se ubiquen en zonas eriales, de pastizal es donde se prevé aplicar la norma ya que los proyectos de perforación de pozos se prevén de manera inmediata.

Se establece que existe mucho potencial de aplicación en la norma, y el hecho de eliminarla afectaría muchos proyectos que se tienen en puerta, ya que en este sexenio el Plan Nacional de Desarrollo no previó la exploración de pozos sino el aprovechamiento y ampliación de los recursos con los que ya se contaba. De esta forma el universo de aplicación de la Norma puede ser importante en los siguientes años pero aún es limitada la experiencia de aplicación en la CFE ya que solo se aplicó en dos sitios durante los últimos 5 años.

En la Norma se establecen 33 especificaciones las cuales se dividen en 5 rubros, disposiciones generales (2), preparación del sitio y construcción (12), perforación de pozos (8), evaluación de pozos geotérmicos (4) y terminación de actividades y abandono de sitio (7).

Los pozos del campo geotérmico de Tulecheck se encuentran en zonas eriales que son de aprovechamiento de materiales, y en zonas de matorrales.

Cada determinada profundidad se realizan el análisis CRETl correspondiente, pero se hace la propuesta de que en lugar de hacer los análisis cada 100-200m o a una determinada profundidad se realicen los análisis a una muestra compuesta ya que la disposición de los residuos es de manera conjunta, es decir no se disponen cada cierta profundidad, sino todos los lodos en su conjunto, ya que se dejan secar y posteriormente se disponen.

En caso de las especificaciones de terminación de actividades, se han presentado dos aspectos que representan un posible incumplimiento, si bien se ha justificado en los siguientes términos:

- En el caso de desmantelamiento y retiro total del equipo de perforación. Se solicitó a la DGIRA que el taponamiento del pozo no sea inmediato sino que se pueda seguir monitoreando el pozo por unos 3-5 años.
- En cuanto a las zonas donde se haya alterado la vegetación debe ser restauradas y de igual manera las zonas aledañas al pozo, también ha presentado problemas con los dueños de los lugares ya que no quieren que sea restaurada la zona, porque el terreno ya está nivelado y pueden ocuparla para la construcción de graneros o alguna otra construcción que pueda ayudarles.

La siguiente tabla incluye un resumen de los impactos ambientales. Esta tabla es relevante para cotejar y comprobar que los impactos ambientales identificados en proyectos de perforación de pozos que han sido sujetos de una autorización de impacto ambiental están efectivamente considerados dentro de las especificaciones de la norma. Esta tabla agrupa los principales impactos en referencia a los componentes ambientales y a las etapas relativas a un proyecto de perforación y evaluación de pozos geotérmicos. Dado que la Norma efectivamente considera la totalidad de los posibles impactos y establece especificaciones de prevención o mitigación de los impactos, permite afirmar la elevada eficacia de la NOM-150-SEMARNAT-2006. Una valoración de los indicadores correspondientes se expone en el siguiente capítulo.

**Tabla 5.1. Resumen de Impactos Ambientales**

<b>ELEMENTO AMBIENTAL</b>	<b>COMPONENTE AMBIENTAL</b>	<b>ETAPA</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MEDIDAS DE PREVENCIÓN O MITIGACIÓN / DISPOSICIÓN AMBIENTAL.</b>	
<b>AIRE</b>	Calidad del Aire	Preparación de Sitio, Perforación y Evaluación de pozos, Construcción, Operación	Emisiones a la Atmósfera	Generación de Gases de Combustión y polvos de vehículos, maquinaria y equipos. Sólidos Totales Dispersos (STD), Emisiones de H2S a la atmósfera	Emisiones de contaminantes a la atmósfera:	
		Abandono	Rehabilitación de los Sitios	No se tendrán emisiones de H2S a la atmósfera, por el contrario con la reforestación se propiciará que mejore la calidad del aire	Toda maquinaria, equipos, camiones y vehículos deberán observar un Programa de Mantenimiento.	
	Nivel de Ruido	Preparación de Sitio	Construcción de Caminos de Acceso, Construcción de las plataformas y las presas de lodos	Transporte y montaje de equipo de perforación, perforación y reparación de pozos geotérmicos	Generación de ruido por maquinaria, equipos y vehículos de combustión	Todos los vehículos deberán someterse a verificación Vehicular.
		Perforación y Evaluación de pozos,				
		Construcción	Transporte de materiales y equipo, construcción de obras provisionales, instalación de equipos superficiales, construcción de unidades de generación, construcción de subestación elevadora, construcción de torres de enfriamiento, tendido de vaporductos, construcción de línea de transmisión	Dispersión de partículas de polvo		
		Operación	Mantenimiento de pozos y equipo superficial, generación de energía.	Generación de ruido en casa de máquinas		Cubrir con lonas las cajas de los camiones que transporten material térreo en zonas habitadas.
	Abandono	Desmantelamiento de unidades y movimiento de equipos superficiales	Generación de ruido por vehículos automotores.	Humedecer los caminos de terracería por medio de pipas.		

<b>ELEMENTO AMBIENTAL</b>	<b>COMPONENTE AMBIENTAL</b>	<b>ETAPA</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MEDIDAS DE PREVENCIÓN O MITIGACIÓN / DISPOSICIÓN AMBIENTAL.</b>
<b>SUELO.</b>	Características Físicas	Preparación de Sitio	Construcción de Caminos de Acceso, Construcción de las plataformas y las presas de lodos	Compactación del suelo por maquinaria pesada, ruptura de estructura y permeabilidad	Potencial contaminación del suelo por residuos domésticos:
		Construcción,	Tendido de vaporductos, construcción de líneas de transmisión	Modificación de propiedades físicas por compactación del suelo, permeabilidad, uso	Instalación de contenedores con tapas e identificados para almacenar los residuos domésticos.
		Operación	Medidas de mitigación/compensación	Acondicionamiento de suelos para restauración	Los residuos sólidos domésticos se dispondrán en forma y lugar indicado por la normatividad aplicable.
		Abandono	Rehabilitación de los Sitios	Mejoramiento físico de los suelos al inducir vegetación	Potencial contaminación del suelo por residuos peligrosos y no peligrosos, generados por vehículos y maquinaria, así como desechos de construcción:
	Características Químicas	Perforación y Evaluación de Pozos, Operación	Separación de salmuera geotérmica	Modifica las propiedades químicas del suelo, por derrame si existiera ruptura de tuberías de reinyección	Reuso o reciclaje de los materiales potencialmente aprovechables o disponerlos donde lo disponga la autoridad competente.
		Abandono	Rehabilitación de los Sitios	Mejoramiento en las propiedades químicas de los suelos al inducir revegetación	Disponer los materiales sobrantes del despalme donde la autoridad competente lo indique.
	Erosión	Preparación de Sitio	Construcción de Caminos de Acceso, Construcción de las plataformas y las presas de lodos	Remoción del suelo expuesto a procesos erosivos, sobre todo en pendientes	
		Operación y abandono	Medidas de mitigación/compensación, Rehabilitación de Sitios	Obras de drenaje para manejo de aguas pluviales, con la reforestación se evitan problemas de erosión	

<b>ELEMENTO AMBIENTAL</b>	<b>COMPONENTE AMBIENTAL</b>	<b>ETAPA</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MEDIDAS DE PREVENCIÓN O MITIGACIÓN / DISPOSICIÓN AMBIENTAL.</b>
<b>AGUA.</b>	Patrón de Drenaje	Preparación de Sitio	Construcción de Caminos de Acceso	Interrupción y desvío de flujo natural de escurrimientos	Contaminación con Residuos Domésticos:
	Características fisicoquímicas	Perforación y Evaluación de pozos, Operación	Separación de salmuera geotérmica	Contaminación , si existiera ruptura de la tubería de reinyección o un incidente que provoque el derrame de salmuera	Los residuos sanitarios tienen que ser captados en letrinas portátiles y serán suministrados por una empresa autorizada para prestar el servicio. Las letrinas construidas en el sitio son operadas higiénicamente, conforme a normatividad.
		Abandono	Rehabilitación de los Sitios	No se tendría infraestructura, por el contrario se mejorarían las condiciones locales y no existiría contaminación	
	Manto Freático	Perforación y Evaluación de pozos, Operación	Separación de salmuera geotérmica	Contaminación , si existiera ruptura de la tubería de reinyección o un incidente que provoque el derrame de salmuera	Evitar derrames incidentales o accidentales hacia el suelo, de residuos peligrosos, no peligrosos, domésticos y sanitarios generados por el personal.
<b>RESIDUOS PELIGROSOS</b>					Manejo de los Residuos Peligrosos conforme a lo estipulado en el Reglamento de Residuos Peligrosos y otra normatividad aplicable.
<b>VEGETACIÓN</b>	Cobertura Vegetal	Preparación de Sitio, Construcción	Construcción de Caminos de Acceso, Construcción de las plataformas y las presas de lodos, Tendido de vapoductos, construcción de línea de transmisión.	Cambio de uso de suelo, pérdida de cobertura por la erosión de la vegetación	Pérdida o remoción de vegetación por desmonte y despalme:
		Operación y abandono	Medidas de mitigación/compensación, Rehabilitación de sitios	Recuperación de cobertura vegetal (reforestación)	Vigilar durante las actividades de desmonte y despalme.

<b>ELEMENTO AMBIENTAL</b>	<b>COMPONENTE AMBIENTAL</b>	<b>ETAPA</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MEDIDAS DE PREVENCIÓN O MITIGACIÓN / DISPOSICIÓN AMBIENTAL.</b>
	Modificación de Hábitats	Preparación de Sitio, Construcción	Construcción de Caminos de Acceso, Construcción de las plataformas y las presas de lodos, Tendido de vapoductos, construcción de línea de transmisión.	Remoción de la vegetación y destrucción de hábitats	Prohibido el uso de sustancias químicas y fuego durante el desarrollo de las actividades de remoción de la cubierta vegetal.
		Operación y abandono	Medidas de mitigación/compensación, Rehabilitación de sitios	Al reforestar se induce a la revegetación natural y se crean condiciones favorables de desarrollo para la flora y así se crean hábitats	Reforestación de taludes para retener suelos. Recuperación y tratamiento de suelos para nuevo desarrollo de vegetación. Aumento de presencia del personal (no calificado) Prohibido la extracción de la flora silvestre.
<b>FAUNA.</b>	Abundancia especies	Preparación de Sitio	Construcción de caminos de acceso, Construcción de las plataformas y de las presas de lodos.	Alejamiento de especies en la zona por obras permanentes	<b>MAMÍFEROS.</b> Afectación a la fauna por atropellamiento y actividades durante el desmonte: Programar desmontes en fechas fuera de las épocas de reproducción. Limitar el tránsito de vehículos a los caminos existentes.
		Operación y Abandono	Medidas de mitigación/compensación, Rehabilitación de Sitios	Reforestación, creación de hábitats, refugios, etc.	<b>ANFIBIOS Y REPTILES.</b> Uso, operación de maquinaria y vehículos
	Modificación de Hábitats	Preparación de Sitio, Construcción	Construcción de Caminos de Acceso, Construcción de las plataformas y las presas de lodos, Tendido de vapoductos, construcción de línea de transmisión.	Se provocará la remoción de la vegetación y la modificación de los hábitats	Señalización de rutas para tránsito y precaución con el cruce de fauna silvestre. La presencia de personal de la obra: recolección de leña y/o esparcimiento:

ELEMENTO AMBIENTAL	COMPONENTE AMBIENTAL	ETAPA	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	<b>MEDIDAS DE PREVENCIÓN O MITIGACIÓN / DISPOSICIÓN AMBIENTAL.</b>
		Operación y abandono	Medidas de mitigación/compensación, Rehabilitación de Sitios	La reforestación contribuye a la recuperación de hábitats y por ende al restablecimiento de la fauna silvestre	<p>Antes de iniciar los trabajos de preparación del sitio y construcción, se deberá capacitación a todo el personal (calificado y no calificado), con el objeto de informales sobre la diversidad de anfibios y reptiles que podrán encontrar en la región.</p> <p>La presencia de personal en la obra podría promover fogatas, que a su vez presentaría un riesgo de incendio.</p> <p>Colocar señalamientos delimitando la zona de construcción y las zonas donde el personal podrá tener acceso.</p>
	Especies con estatus de conservación	Preparación de sitio	Construcción de caminos de acceso, construcción de las plataformas y de las presas de lodos	Dentro de estos sitios no se detectaron especies con algun estatus de conservación	<p>Colocar señalamientos alusivos a la prohibición de hacer fogatas.</p> <p>Desmante y despálme con maquinaria pesada en el área de construcción:</p> <p>En lo posible realizar el despálme y desmante utilizando herramientas manuales, dejando transcurrir por lo menos una semana para indicar los trabajos de nivelación del suelo.</p> <p><b>AVES.</b></p> <p>Pérdida de hábitat por desmante.</p>

ELEMENTO AMBIENTAL	COMPONENTE AMBIENTAL	ETAPA	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	MEDIDAS DE PREVENCIÓN O MITIGACIÓN / DISPOSICIÓN AMBIENTAL.
	Distribución (Fragmentación del Hábitat)	Preparación de Sitio y Construcción	Construcción de caminos de acceso, Tendido vaporductos y líneas de inyección	Alejamiento de la fauna a sitios menos perturbados, por la presencia del hombre y ruido de la maquinaria, equipos y vehículos automotores	<p>Realizar los desmontes utilizando herramientas, manual, moviéndose de las áreas de menor a mayor densidad de vegetación.</p> <p>La presencia de personal, en el área de construcción y zonas aledañas puede representar una presión hacia las comunidades de aves: Vigilar que se aplique un proceso de preparación del sitio que minimice las afectaciones de fauna. Se prohíbe la cacería y extracción de fauna</p>
<b>SOCIOECONÓMICO</b>	Economía Local	Preparación de Sitio, Perforación y Evaluación de pozos, Construcción, Operación y Abandono	Construcción de Caminos de acceso, Construcción de las plataformas y de las presas de lodos, Perforación y reparación de pozos geotérmicos, Transporte de Materiales y Equipo, Construcción de obras provisionales, instalación de equipos superficiales, Construcción de unidades de generación, construcción subestación elevadora, Construcción torre de enfriamiento, Tendido vaporductos y líneas de inyección, Generación de residuos, Construcción de línea de transmisión, Mantenimiento de pozos y de equipos superficiales, Medidas de mitigación/compensación, desmantelamiento de unidades y movimiento de equipos superficiales, rehabilitación de sitios	La realización de todas estas actividades generará empleos temporales lo cual implica un ingreso económico adicional a los habitantes locales de la región	<p>Incremento temporal de poblaciones, con subsiguiente aumento de demandada de servicios.</p> <p>Establecer una política de contratación de personal que dé preferencia a trabajadores que residen en poblados cercanos al desarrollar proyecto.</p> <p>Contratación de personal para la realización de los trabajos durante las diferentes etapas del proyecto.</p>

<b>ELEMENTO AMBIENTAL</b>	<b>COMPONENTE AMBIENTAL</b>	<b>ETAPA</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MEDIDAS DE PREVENCIÓN O MITIGACIÓN / DISPOSICIÓN AMBIENTAL.</b>
	Servicios Públicos	Operación	Generación de Energía	Dotación y mejora del suministro de energía local en la región	Reducir en lo posible la contratación de personal foráneo para los requerimientos de mano de obra no calificada.
	Medios de Comunicación	Perforación y Evaluación de Pozos, Construcción	Transporte de material y equipo, Transporte de Materiales	Problemas de tránsito temporal por el transporte de maquinaria, materiales y equipo pesado en los caminos	
<b>MEDIO PERCEPTUAL</b>	Cualidades estético-paisajistas	Preparación de Sitio, Perforación y Evaluación de pozos, Construcción	Construcción de Caminos de acceso, Construcción de las plataformas y de las presas de lodos, Perforación y reparación de pozos geotérmicos, emisiones a la atmósfera, Construcción de obras provisionales, instalación de equipos superficiales, Construcción de unidades de generación, construcción subestación elevadora, construcción torre de enfriamiento, tendido vapoductos y líneas de inyección, generación de residuos, construcción de líneas de transmisión	A excepción de la perforación y reparación de pozos geotérmicos, las demás obras son de carácter permanente que impactarán visualmente en mayor o menor proporción las características estético paisajísticas	
		Operación	Emisiones a la Atmósfera	Emisión de vapor geotérmico a la atmósfera	
		Abandono	Medidas de mitigación/compensación, Rehabilitación de Sitios	El efecto visual por la presencia de la infraestructura, se reduce mediante la rehabilitación de áreas en desuso o desprovistas de vegetación	

## 6. Indicadores y Valoración

### 6.1 Fichas de Indicadores

A continuación se muestran las fichas técnicas de los indicadores.

<b>FICHA TÉCNICA</b>				
<b>Porcentaje de pozos geotérmicos en donde se cumplió la NOM-150/total de pozos geotérmicos</b>				
Ramo Administrativo	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales			
Unidad responsable del Pp	Dirección General de Energía y Actividades Extractivas de la Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental SEMARNAT			
<b>Matriz de Indicadores para Resultados</b>				
<b>Resumen Narrativo</b>				
Objetivo al que corresponde el Indicador	Los recursos naturales (suelo, agua, atmósfera, ecosistemas) son protegidos de los impactos negativos de la perforación de pozos geotérmicos	Marque el nivel del objetivo de la Matriz de Marco Lógico	Efecto	Efectividad
			Eficacia	Eficiencia
<b>Indicador</b>				
<b>Datos de identificación del Indicador</b>				
Nombre del Indicador	Pozos geotérmicos donde se cumple la NOM-150.			
Unidad de medida	Porcentaje de pozos geotérmicos donde se aplica la NOM-150			
Definición del Indicador	Porcentaje de pozos geotérmicos donde se aplica la NOM-150 del total de los pozos existente			
Método de Cálculo	Se realizó un conteo de los pozos geotérmicos nacionales y en cuáles se aplica la NOM-150, y los que cuentan con una implementación deficiente.			
Desagregación geográfica	Frecuencia de medición por caso, en algunos casos se hizo valoración nacional			
<b>Serie de Información Disponible</b>				
<b>Características del Indicador</b>				
Característica	Calificación	Justificación		
Claridad	Cumple/no cumple	Muestra de manera sencilla el cumplimiento promedio de lo establecido en la NOM-150		
Economía	Cumple/no cumple	La información está disponible a un costo razonable, con base en información bibliográfica así como con información de campo		
Relevancia	Cumple/no cumple	Es relevante debido a que refleja de manera importante el logro del objetivo planteado		
Sintético	Cumple/no cumple	Refleja de manera sencilla el estado del proceso		
Soportados metodológicamente	Cumple/no cumple	Está apoyado en una metodología de cálculo sencilla pero sistemática		
<b>Línea base (previo a NOM150)</b>				
Año	Valor			Periodo al que corresponde el valor
	Indicador (relativo)	Numerador (Absoluto)	Denominador (universo de cobertura)	
2006	%	Cumplimiento promedio de criterios de lo establecido en la NOM 150	Actividad nacional, para las 3 áreas con exploración geotérmica	2000-2006
Comentarios línea base se considera como línea base al escenario previo a la expedición de la NOM 150				

## INDICADORES PARA EVALUACIÓN DE LA NOM-150

### FICHA TÉCNICA

<b>Porcentaje de residuos peligrosos que se manejan de acuerdo a la NOM-150/residuos peligrosos generados</b>								
Ramo Administrativo	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales							
Unidad responsable del Pp	Dirección General de Energía y Actividades Extractivas de la Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental SEMARNAT							
<b>Matriz de Indicadores para Resultados</b>								
<b>Resumen Narrativo</b>								
Objetivo al que corresponde el Indicador	Residuos peligrosos manejados adecuadamente	Marque el nivel del objetivo de la Matriz de Marco Lógico	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 50%;">Efecto</td></tr> <tr><td style="background-color: yellow;">Efectividad</td></tr> <tr><td>Eficacia</td></tr> <tr><td>Eficiencia</td></tr> </table>		Efecto	Efectividad	Eficacia	Eficiencia
Efecto								
Efectividad								
Eficacia								
Eficiencia								
<b>Indicador</b>								
<b>Datos de identificación del Indicador</b>								
Nombre del Indicador	Residuos peligrosos manejados adecuadamente							
Unidad de medida	Porcentaje de cumplimiento a criterios de manejo							
Definición del Indicador	Porcentaje de cumplimiento promedio de criterios de manejo de residuos peligrosos de la NOM 150							
Método de Cálculo	Se realizó una estimación de cada criterio por cada caso de estudio, en base a esto, se estimó un porcentaje agregado de cumplimiento para la evaluación.							
Desagregación geográfica	Frecuencia de medición por caso, en algunos casos se hizo valoración nacional							
<b>Serie de Información Disponible</b>								
Información disponible todo lo usado de la bibliografía								
<b>Características del Indicador</b>								
Característica	Calificación	Justificación						
Claridad	Cumple/no cumple	Muestra de manera sencilla el cumplimiento promedio de los criterios de manejo de residuos peligrosos						
Economía	Cumple/no cumple	La información está disponible a un costo razonable, con base en información bibliográfica así como con información de campo						
Relevancia	Cumple/no cumple	Es relevante debido a que refleja de manera importante el logro del objetivo planteado						
Sintético	Cumple/no cumple	Refleja de manera sencilla el estado del proceso						
Soportados metodológicamente	Cumple/no cumple	Está apoyado en una metodología de cálculo sencilla pero sistemática						
<b>Línea base (previo a NOM150)</b>								
Año	Valor			Periodo al que corresponde el valor				
	Indicador (relativo)	Numerador (Absoluto)	Denominador (universo de cobertura)					
2006	%	cumplimiento promedio de criterios de manejo de residuos peligrosos de la NOM 150	Actividad nacional, para las 3 áreas con exploración geotérmica	2000-2006				
Comentarios línea base se considera como línea base al escenario previo a la expedición de la NOM 150								

**INDICADORES PARA EVALUACIÓN DE LA NOM-150**

**FICHA TÉCNICA**

<b>Porcentaje de condensados y escorrentías que se manejan de acuerdo a la NOM-150/criterios de agua</b>				
Ramo Administrativo	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales			
Unidad responsable del Pp	Dirección General de Energía y Actividades Extractivas de la Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental SEMARNAT			
<b>Matriz de Indicadores para Resultados</b>				
<b>Resumen Narrativo</b>				
Objetivo al que corresponde el Indicador	Condensados y escorrentías manejados adecuadamente	Marque el nivel del objetivo de la Matriz de Marco Lógico	Efecto	Efectividad
			Eficacia	
			Eficiencia	
<b>Indicador</b>				
<b>Datos de identificación del Indicador</b>				
Nombre del Indicador	Condensados y escorrentías manejados adecuadamente			
Unidad de medida	Porcentaje de cumplimiento a criterios de manejo			
Definición del Indicador	Porcentaje de cumplimiento promedio de criterios de manejo de condensados y escorrentías de la NOM 150			
Método de Cálculo	Se realizó una estimación de cada criterio por cada caso, en base a esto, se estimó un porcentaje agregado de cumplimiento y se evaluó cada caso.			
Desagregación geográfica	Frecuencia de medición por caso, en algunos casos se hizo valoración nacional			
<b>Serie de Información Disponible</b>				
Información disponible todo lo usado de la bibliografía				
<b>Características del Indicador</b>				
Característica	Calificación	Justificación		
Claridad	Cumple/no cumple	Muestra de manera sencilla el cumplimiento promedio de los criterios de manejo de condensados y escorrentías.		
Economía	Cumple/no cumple	La información está disponible a un costo razonable, con base en información bibliográfica así como con información de campo		
Relevancia	Cumple/no cumple	Es relevante debido a que refleja de manera importante el logro del objetivo planteado		
Sintético	Cumple/no cumple	Refleja de manera sencilla el estado del proceso		
Soportados metodológicamente	Cumple/no cumple	Está apoyado en una metodología de cálculo sencilla pero sistemática		
<b>Línea base (previo a NOM150)</b>				
Año	Valor			Periodo al que corresponde el valor
	Indicador (relativo)	Numerador (Absoluto)	Denominador (universo de cobertura)	
2006	%	Cumplimiento promedio de criterios de manejo condensados y escorrentías de la NOM 150	Actividad nacional, para las 3 áreas con exploración geotérmica	2000-2006
Comentarios línea base se considera como línea base al escenario previo a la expedición de la NOM 150				

## INDICADORES PARA EVALUACIÓN DE LA NOM-150

### FICHA TÉCNICA

<b>Porcentaje de emisiones a la atmósfera que se manejan de acuerdo a la NOM-150/criterios de emisiones a la atmósfera</b>								
Ramo Administrativo	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales							
Unidad responsable del Pp	Dirección General de Energía y Actividades Extractivas de la Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental SEMARNAT							
<b>Matriz de Indicadores para Resultados</b>								
<b>Resumen Narrativo</b>								
Objetivo al que corresponde el Indicador	Emisiones a la atmósfera evitadas	Marque el nivel del objetivo de la Matriz de Marco Lógico	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 50%;">Efecto</td></tr> <tr><td style="background-color: yellow;">Efectividad</td></tr> <tr><td>Eficacia</td></tr> <tr><td>Eficiencia</td></tr> </table>		Efecto	Efectividad	Eficacia	Eficiencia
Efecto								
Efectividad								
Eficacia								
Eficiencia								
<b>Indicador</b>								
<b>Datos de identificación del Indicador</b>								
Nombre del Indicador	Emisiones a la atmósfera manejadas adecuadamente							
Unidad de medida	Porcentaje de cumplimiento a criterios de manejo							
Definición del Indicador	Porcentaje de cumplimiento promedio de criterios de emisiones a la atmósfera de la NOM 150							
Método de Cálculo	Se realizó una estimación de cada criterio por cada uno de los casos, en base a esto, se estimó un porcentaje agregado de cumplimiento para la evaluación de cada caso.							
Desagregación geográfica	Frecuencia de medición por caso, en algunos casos se hizo valoración nacional							
<b>Serie de Información Disponible</b>								
Información disponible todo lo usado de la bibliografía								
<b>Características del Indicador</b>								
Característica	Calificación	Justificación						
Claridad	Cumple/no cumple	Muestra de manera sencilla el cumplimiento promedio de los criterios de manejo de emisiones a la atmósfera						
Economía	Cumple/no cumple	La información está disponible a un costo razonable, con base en información bibliográfica así como con información de campo						
Relevancia	Cumple/no cumple	Es relevante debido a que refleja de manera importante el logro del objetivo planteado						
Sintético	Cumple/no cumple	Refleja de manera sencilla el estado del proceso						
Soportados metodológicamente	Cumple/no cumple	Está apoyado en una metodología de cálculo sencilla pero sistemática						
<b>Línea base (previo a NOM150)</b>								
Año	Valor			Periodo al que corresponde el valor				
	Indicador (relativo)	Numerador (Absoluto)	Denominador (universo de cobertura)					
2006	%	cumplimiento promedio de criterios de manejo de emisiones a la atmósfera de la NOM 150	Actividad nacional, para las 3 áreas con exploración geotérmica	2000-2006				
Comentarios línea base se considera como línea base al escenario previo a la expedición de la NOM 150								

**INDICADORES PARA EVALUACIÓN DE LA NOM-150**

**FICHA TÉCNICA**

<b>Porcentaje de cumplimiento de criterios de protección del hábitat de acuerdo a la NOM-150/criterios de protección del hábitat</b>				
Ramo Administrativo	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales			
Unidad responsable del Pp	Dirección General de Energía y Actividades Extractivas de la Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental SEMARNAT			
<b>Matriz de Indicadores para Resultados</b>				
<b>Resumen Narrativo</b>				
Objetivo al que corresponde el Indicador	Afectaciones al hábitat evitadas	Marque el nivel del objetivo de la Matriz de Marco Lógico	Efecto	Efectividad
			Eficacia	
			Eficiencia	
<b>Indicador</b>				
<b>Datos de identificación del Indicador</b>				
Nombre del Indicador	Protección del Hábitat			
Unidad de medida	Porcentaje de cumplimiento a criterios de protección del hábitat			
Definición del Indicador	Porcentaje de cumplimiento promedio de criterios de protección del hábitat			
Método de Cálculo	Se realizó una estimación de cada criterio por cada caso, en base a esto, se estimó un porcentaje agregado de cumplimiento para cada caso y la evaluación total.			
Desagregación geográfica	Frecuencia de medición por caso, en algunos casos se hizo valoración nacional			
<b>Serie de Información Disponible</b>				
Información disponible todo lo usado de la bibliografía				
<b>Características del Indicador</b>				
Característica	Calificación	Justificación		
Claridad	Cumple/no cumple	Muestra de manera sencilla el cumplimiento promedio de los criterios de protección del hábitat.		
Economía	Cumple/no cumple	La información está disponible a un costo razonable, con base en información bibliográfica así como con información de campo		
Relevancia	Cumple/no cumple	Es relevante debido a que refleja de manera importante el logro del objetivo planteado		
Sintético	Cumple/no cumple	Refleja de manera sencilla el estado del proceso		
Soportados metodológicamente	Cumple/no cumple	Está apoyado en una metodología de cálculo sencilla pero sistemática		
<b>Línea base (previo a NOM150)</b>				
Año	Valor			Periodo al que corresponde el valor
	Indicador (relativo)	Numerador (Absoluto)	Denominador (universo de cobertura)	
2006	%	cumplimiento promedio de criterios de protección del hábitat establecidos en la NOM 150	Actividad nacional, para las 3 áreas con exploración geotérmica	2000-2006
Comentarios línea base se considera como línea base al escenario previo a la expedición de la NOM 150				

## 6.2 Valoración

En la siguiente tabla se resumen los rubros principales y problemas de cumplimiento de la NOM 150. Los incumplimientos referidos se refieren a la experiencia de los últimos diez años de la PROFEPA en visitas de inspección y vigilancia en centrales Geotermoeléctricas y sus campos geotérmicos correspondientes. Debe resaltarse que la mayor parte de ellos corresponden a sitios desarrollados previo al periodo de aplicación de la NOM-150-SEMARNAT-2006 y que en el caso del pozo de Tulecheck donde se aplicó la NOM estos problemas se evitaron al lograrse la aplicación efectiva de la Norma.

**Tabla 6.1. Rubros y principales problemas de cumplimiento de la NOM-150**

Rubros	Incumplimientos
Manejo de residuos peligrosos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disposiciones de Registro y manejo de residuos peligrosos, incluyendo registro de Generador de RP, almacén de RP y registro de envío, manejo y disposición final (Cerro Prieto, B.C., Los Humeros, Pue.)</li> <li>• Análisis CRET1 de los recortes de perforación y manejo de acuerdo a su clasificación.</li> <li>• Impermeabilización y manejo de lodos contenidos en las presas de lodos.</li> <li>• Manejo de residuos de la construcción conforme a disposiciones de plan de manejo.</li> </ul>
Emisiones a la atmósfera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisiones fugitivas de polvos por el transporte de materiales movimiento de tierras en la construcción de las plataformas y caminos de acceso.</li> <li>• Equipos de control para reducir las descargas de gases a la atmósfera así como de ruido (Cerro Prieto, B.C.)</li> <li>• Control y monitoreo de emisiones de H2S (Cerro Prieto, B.C., Los Azufres, Mich.)</li> </ul>
Protección de Hábitat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delimitación en el área de operación de pozos con divisiones perimetrales a base de malla ciclónica o alambrado de púas (Tulecheck B .C., Los Humeros Pue.)</li> <li>• Incumplimiento de criterios de desmonte en la apertura de caminos y preparación del sitio (Cerritos Colorados Jal.)</li> <li>• Restauración de suelo con vegetación nativa.</li> </ul>
Condensados y escorrentías	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplimiento de medidas preventivas para no afectar el régimen y condiciones hidrológicas del sitio, incluyendo instalación de tuberías de conducción y obras complementarias.</li> <li>• Manejo de condensados incluyendo instalaciones para evaporación y presas de condensados para su posterior reinyección</li> <li>• Monitoreo de la calidad del agua en acuíferos y mantos freáticos (Nuevo León B.C.)</li> <li>• Instalación y retiro de letrinas para uso de los trabajadores.</li> </ul>

A fin de valorar los indicadores propuestos se consideraron los escenarios correspondientes a línea base (ex ante) y al escenario de aplicación de la NOM-150-SEMARNAT-2006 (ex post). De acuerdo a la información obtenida en este estudio, se obtuvo la siguiente tabla derivada de la valoración realizada en los talleres y reuniones de

trabajo. Como puede notarse la valoración de indicadores en el escenario ex ante va debajo a medio en tanto que en el escenario ex post la valoración es alta.

**Tabla 6.2. Valoración de Indicadores**

<b>Indicador</b>	<b>Línea Base (Antes de NOM-150)</b>	<b>Con NOM-150</b>	<b>Observaciones</b>
Porcentaje de pozos geotérmicos en donde se cumplió la NOM-150/total de pozos geotérmicos	Baja (20%)	Alta (95%)	No se ha efectuado el cierre de pozos que no fueron productores conforme a lo establecido en la NOM-150.
Porcentaje de cumplimiento a criterios de protección del hábitat de la NOM-150/criterios de protección del hábitat	Baja (30%)	Alta (100%)	
Porcentaje de residuos peligrosos que se manejan de acuerdo a la NOM-150/residuos peligrosos generados	Baja (30%)	Alta (100%)	Se utilizaron Contenedores metálicos para manejo de los lodos y de residuos sólidos urbanos generados. Su manejo fue adecuado.
Porcentaje de condensados y escorrentías que se manejan de acuerdo a la NOM-150/criterios de agua	Media (40%)	Alta (100%)	Si bien los pozos perforados, resultaron no productores, por lo que no hubo necesidad de manejar volúmenes significativos agua geotérmica. Sí se cumplieron las especificaciones para protección de nivel freático y manejo de residuos fisiológicos de los trabajadores.
Porcentaje de emisiones a la atmósfera que se manejan de acuerdo a la NOM-150/criterios de emisiones a la atmósfera	Bajo (20%)	Alta (100%)	Los pozos perforados resultaron no ser productores por lo que no hubo necesidad de manejar emisiones de los mismos. Otras fuentes de emisión como los vehículos y maquinaria utilizados cumplieron con las normas correspondientes.

## 7. Efectividad de la Norma

La efectividad de la NOM corresponde al grado en el cual el instrumento ha logrado modificar el comportamiento o desempeño de los sujetos regulados (en este caso, la CFE) e incluso de las autoridades encargadas de hacerlo cumplir. En la siguiente tabla se resumen preguntas clave relativas a la efectividad de la NOM 150.

**Tabla 7.1. Preguntas clave sobre efectividad de la NOM 150**

Pregunta	Respuesta
¿Quiénes son los sujetos obligados por la NOM?	Comisión Federal de Electricidad (CFE) adicionalmente en el futuro podrá haber otras empresas involucradas que desarrollen proyectos de aprovechamiento geotérmico.
¿Se puede extraer una muestra representativa?	Sí, dado que la NOM150 tiene apenas 5 años de vigencia, existen solo dos sitios en donde se ha aplicado, por lo que la muestra se considera representativa.
¿En qué medida se han cumplido los lineamientos de la NOM?	Muy Alto, equivalente al 95%.
¿Cuáles son las razones para no cumplir?	Del total de 33 especificaciones de la NOM, solamente hubo emisiones en relación al cierre de los pozos, sin embargo, se considera que el cumplimiento es equivalente al 95%.
¿Quiénes son las autoridades encargadas de hacerla cumplir?	SEMARNAT y PROFEPA
¿La han hecho cumplir?	No ha sido necesario.
¿En qué porcentaje, medida o proporción?	No Aplica
¿Por qué no se ha hecho cumplir?	No Aplica
¿Existen carencias, insuficiencias o deficiencias que se puedan subsanar para que la NOM se haga cumplir?	Si, existen algunos conceptos en las especificaciones que es conveniente cambiar para facilitar el cumplimiento total. (ver recomendaciones)

## 8. Eficacia de la Norma

La eficacia es definida como el grado de la aplicabilidad del instrumento normativo (calidad del mismo). Se refiere a las cuestiones tanto técnicas, jurídicas y administrativas, como económicas que permiten (o impiden) su aplicación. En la siguiente tabla se resumen preguntas clave relativas a la eficacia de la NOM 150.

**Tabla 8.1. Preguntas clave sobre eficacia de la NOM 150**

Pregunta	Respuesta
¿La NOM Contiene parámetros actuales?	Si
¿La NOM sigue siendo relevante en el contexto actual de la planeación para el desarrollo y las políticas públicas vigentes?	Si
¿Existen otros instrumentos regulatorios que dupliquen o contradigan lo especificado en la NOM?	No
¿Las leyes y reglamentos que sustentaron la expedición de la NOM siguen siendo vigentes?	Si

## 9. Eficiencia de la Norma

La eficiencia del instrumento normativo, determina si los beneficios de la aplicación del instrumento son mayores que los costos de cumplirlo y hacerlo cumplir. En la siguiente tabla se resumen preguntas clave relativas a la eficiencia de la NOM 150.

**Tabla 9.1. Preguntas clave sobre eficiencia de la NOM 150**

Pregunta	Respuesta
¿Cuáles son los costos (en todo tipo de capital) que los sujetos obligados deben erogar para cumplirla?	Son equivalentes a un rango del 2% al 5% de la inversión total de los proyectos de perforación.
¿Cuáles son los beneficios que los sujetos obligados, perciben por su cumplimiento?	Una mayor certidumbre jurídica, ambiental y social derivada del seguimiento a las especificaciones de la NOM150.
¿Cuáles son los beneficios que la sociedad o la Nación perciben por su cumplimiento?	Prevención y mitigación de impactos ambientales asociados a la perforación de pozos de exploración geotérmica y mayor sustentabilidad en el desarrollo de la industria Geotermoeléctrica.
¿Cuáles son los costos para los sujetos obligados por no cumplirla?	Además de posibles sanciones administrativas, pueden existir costos de restauración ambiental y de impacto social que sean mayores que la propia inversión para el desarrollo de los pozos de exploración geotérmica (al respecto el caso de Cerritos Colorados ilustra costos de restauración relativamente elevados por no considerar especificaciones equivalentes a las de la NOM-150)
¿Cuáles son los costos para la Nación el no cumplirla?	Costos asociados a daños ambientales que pueden ser equiparables al rango de inversión en la industria Geotermoeléctrica.
¿Cuál es la relación entre todos estos costos y el beneficio? ¿Qué relación es mayor?	El beneficio excede a los costos en la medida en que se evitan daños y costos ambientales que pueden ser superiores en uno o dos órdenes de magnitud a los costos de

Pregunta	Respuesta
	cumplimiento de la NOM-150
¿Cuáles son los costos que las autoridades deben erogar para cumplirla?	Costos administrativos asociados a la gestión de SEMARNAT y PROFEPA.
¿Cuáles son los beneficios que las autoridades perciben por hacerla cumplir?	Aun No Aplica
¿Cuáles son los costos para las autoridades por no hacerla cumplir?	Aun No Aplica
¿Cuál es la relación entre todos estos costos y beneficios? ¿Qué relación es mayor?	Aun No Aplica

## 10. Hallazgos y Lecciones Aprendidas

La relevancia del instrumento normativo está referida al grado en el cual los objetivos que se pretenden lograr a través del cumplimiento de la NOM son congruentes con las necesidades de la Nación, expresadas a través de las políticas públicas. El efecto o impacto del instrumento normativo es definido como el grado de modificación permanente-positiva o negativa- de las condiciones y tendencias del entorno que justificaron la expedición del instrumento. En la siguiente tabla se resumen las preguntas clave sobre relevancia de la NOM 150.

**Tabla 10.1. Preguntas clave sobre los Hallazgos y Lecciones Aprendidas de la NOM 150**

Pregunta	Respuesta
Desde que la NOM está vigente hasta la fecha: ¿Se han modificado las condiciones ambientales que la NOM pretende proteger o mejorar? ¿En qué medida? ¿En qué sentido?	Sí han mejorado las condiciones ambientales de los sitios donde se han desarrollado proyectos de exploración geotérmica, se considera que en general el porcentaje de cumplimiento a las especificaciones que considera la NOM-150 ha pasado de un nivel bajo (20%) a un nivel Muy Alto (95%) con lo que se ha podido asegurar que no existan impactos ambientales significativos ni duraderos y se implementen buenas prácticas para el manejo de emisiones atmosféricas, residuos peligrosos, condensados y escorrentías y del hábitat circundante.
Desde que la NOM está vigente hasta la fecha: ¿Se han modificado las condiciones sociales que la NOM pretende proteger o mejorar? ¿En qué medida? ¿En qué sentido?	Se han mejorado las condiciones sociales al evitar conflictos por impactos ambientales en los sitios de desarrollo de proyectos de exploración geotérmica como el ocurrido en Cerritos Colorados (La Primavera, Jalisco). Las especificaciones de la NOM-150 previenen impactos ambientales que pudieran afectar a comunidades circundantes, por lo que su aplicación ha mejorado las condiciones en los sitios en

Pregunta	Respuesta
	los que se ha aplicado.
Desde que la NOM está vigente hasta la fecha: ¿Se han modificado las condiciones económicas que la NOM pretende proteger o mejorar? ¿En qué medida? ¿En qué sentido?	La NOM-150 asegura condiciones de viabilidad ambiental y sustentabilidad para el desarrollo de proyectos Geotermoeléctricos. En México existen expectativas importantes en relación con el desarrollo de la industria Geotermoeléctrica, por lo que la NOM-150 puede favorecer el desarrollo de este tipo de proyectos al dar certidumbre a los proyectos en desarrollo.

## 11. Oportunidades de mejorar en el diseño o aplicación del Instrumento Normativo

Conforme a los Talleres realizados para la evaluación de esta Norma, se tienen varios puntos de oportunidad. En la siguiente tabla se indican las propuestas de modificaciones en la NOM-150:

**Tabla 11.1. Comentarios y Propuestas de modificaciones de la NOM-150**

Texto Original NOM-150	Observaciones	Propuesta de Texto
<b>Disposiciones Generales</b>		
4.1.1 En la selección del campo geotérmico a desarrollar, se deben respetar los planes de desarrollo urbano y las regulaciones sobre el uso del suelo y protección ambiental establecidos por las autoridades estatales y municipales.		
4.1.2 La observación de las disposiciones de esta Norma Oficial Mexicana no exime a los responsables del cumplimiento de las obligaciones en materia de aguas nacionales y los demás ordenamientos legales en la materia.		
<b>Preparación del Sitio y Construcción</b>		
4.2.1 Para efectos de la presente Norma Oficial Mexicana sólo pueden perforarse un máximo de 5 pozos exploratorios por área		

<b>Texto Original NOM-150</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Propuesta de Texto</b>
de interés geotérmico.		
<p>4.2.2 Se deben colocar señalamientos restrictivos y preventivos, en los que debe anunciarse como mínimo lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre del campo geotérmico</li> <li>- Número o clave del pozo geotérmico exploratorio</li> <li>- Localización (coordenadas geográficas o UTM)</li> <li>- Zonas de riesgo volcánico</li> <li>- Zonas de posibles deslaves en torno a las instalaciones</li> <li>- Zonas de protección</li> </ul> <p>Los señalamientos deben tener un tamaño de 1m x 1m y colocarse en lugares visibles.</p>		
<p>4.2.3 Se deben tomar las medidas preventivas a fin de no afectar el nivel del manto freático y las condiciones hidrológicas de la región. Para ello se debe instalar la tubería de conducción a 5 m y la superficial, la de anclaje y la de producción, a las profundidades que se determine de acuerdo con el análisis de la información geológica que se vaya obteniendo.</p>		
<p>4.2.4 Las dimensiones mínimas para la construcción de la plataforma de perforación, deben estar determinadas por el tamaño del equipo de perforación a utilizar y por la topografía de la zona seleccionada a perforar. Cuando por las características del terreno sea necesario efectuar rellenos, éstos se deben compactar para evitar arrastres de material. El área de la plataforma no</p>		

<b>Texto Original NOM-150</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Propuesta de Texto</b>
debe exceder de 80 m de ancho x 100 m de largo, más el área de la presa de lodos que no debe exceder de 625 m <sup>2</sup> .		
4.2.5 En la preparación del terreno y con apego al proyecto de ingeniería se deben realizar las excavaciones, nivelaciones y rellenos que consideren las obras de drenaje pluvial para evitar la acumulación de agua, dándoles mantenimiento para evitar su deterioro.		
4.2.6 El material generado por los trabajos de nivelación del terreno y excavación se debe utilizar en la construcción de la plataforma, para evitar la creación de barreras físicas que impidan el libre desplazamiento de la fauna a los sitios aledaños a éste, y/o bordos que modifiquen la topografía e hidrodinámica de terrenos inundables, así como el arrastre de sedimentos a los cuerpos de agua cercanos a la zona del proyecto.		
4.2.7 Se deben compactar e impermeabilizar las áreas donde se instalarán los equipos de perforación, presas de lodos y tanques de almacenamiento, para evitar que se infiltren contaminantes que pudieran verterse sobre el suelo. La impermeabilización debe realizarse por medio de una lona plastificada impermeable, con resistencia de la trama a la ruptura de 30 kgf/cm y al rasgado de trama de 41 kgf,		

<b>Texto Original NOM-150</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Propuesta de Texto</b>
<p>confeccionada con bastilla doble y ojillos a cada metro; así como resistente al ataque químico, a la temperatura del fluido y a las sustancias para las cuales se impermeabiliza; o por medio de otra tecnología con resultados equivalentes o superiores, en cuyo caso debe contarse con los resultados de las pruebas que así lo demuestren.</p>		
<p>4.2.8 Para cubrir las necesidades fisiológicas de los trabajadores y dependiendo de las condiciones del suelo y el nivel del manto freático, se debe optar por la instalación de sanitarios portátiles uno por cada quince personas, o bien, la construcción de letrinas. En el caso de utilizar estas últimas, su diseño debe garantizar evitar la contaminación del subsuelo por infiltración. Asimismo, al término de las actividades deben ser cubiertas e inactivadas conforme a las disposiciones que señale la autoridad local.</p>		
<p>4.2.9 Para las actividades de desmonte o deshierbe durante la apertura de caminos y preparación del sitio no se debe quemar la vegetación ni usar agroquímicos. El producto de estas actividades, debe ser dispuesto en el sitio que indique la autoridad local competente o ser triturado para su reincorporación al suelo.</p>		
<p>4.2.10 Sólo pueden construirse nuevos caminos</p>	<p>Algunos de los equipos utilizados para la</p>	<p>4.2.10 Sólo pueden construirse nuevos caminos</p>

<b>Texto Original NOM-150</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Propuesta de Texto</b>
de acceso en aquellos casos en donde no existan caminos previos que lleguen a la localización del pozo y que se realicen exclusivamente en zonas agrícolas, ganaderas y eriales. Los caminos de acceso deben tener como máximo el ancho de 4 m en trayectoria recta y en zona de curvas y escapes hasta de 6 m para el tránsito del equipo de perforación.	perforación de los pozos exceden las dimensiones de suelo de 4m por lo que se propone hacer extensivos los caminos a 6m en trayectoria recta, en curvas y escape.	de acceso en aquellos casos en donde no existan caminos previos que lleguen a la localización del pozo y que se realicen exclusivamente en zonas agrícolas, ganaderas y eriales. Los caminos de acceso deben tener como máximo el ancho de 6 m en trayectoria recta, en zona de curvas y escapes para el tránsito del equipo de perforación.
4.2.11 Durante los trabajos de perforación y mantenimiento de pozos, y durante todas las etapas del proyecto, el responsable debe instruir al personal que interviene en estas actividades a proteger el ambiente, así como a evitar que se capture, persiga, cace, colecte, trafique o perjudique a las especies de flora y fauna silvestres que habitan en la zona.		
4.2.12 Se debe delimitar el área de operación del pozo con protecciones perimetrales a base de malla ciclónica o alambrado de púas con una altura mínima de 1,2 m que impidan el libre acceso a personas ajenas y a la fauna.	Se cree que es innecesaria el cercado de alrededor de los pozos ya que en experiencia se ha probado que la malla ciclónica fue removida de su lugar por personas ajenas a la compañía. Y los pozos están hechos de manera adecuada como para que no exista daño alguno ya sea a la fauna del lugar o a las personas que transiten por ese espacio.	Derogado
<b>Perforación de Pozos</b>		
4.3.1 La presa de lodos debe ubicarse en terreno estable y debe estar compactada, impermeabilizada y recubierta con una lona plastificada (conforme al 4.2.8) en el fondo y las paredes, y debe contar con		

<b>Texto Original NOM-150</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Propuesta de Texto</b>
una profundidad máxima de 3 m que permita almacenar temporalmente los residuos de la perforación, que evite tanto la infiltración de lixiviados al subsuelo como la contaminación de los mantos acuíferos.		
4.3.2 Se debe realizar el almacenamiento y resguardo de maquinaria, equipo y materiales, dentro de la plataforma con el fin de garantizar la aplicación de medidas preventivas de protección al ambiente y evitar daños al entorno.		
4.3.3 Los combustibles que se utilicen durante las actividades de perforación se deben almacenar en depósitos metálicos, con tapa que minimice las fugas y con capacidad hasta de 30 m3.		
4.3.4 Se deben almacenar de manera temporal los residuos sólidos urbanos generados durante las diferentes etapas del proyecto, conforme a lo que disponga la autoridad local competente.		
4.3.5 En la perforación de pozos geotérmicos no se deben usar fluidos base aceite.		
4.3.6 Al término de la perforación del pozo, la disposición final de los recortes y fluidos de perforación almacenados en la presa de lodos se debe realizar de acuerdo con los resultados del análisis CRETÍ. Los residuos que por sus características se consideren como peligrosos, deben manejarse y disponerse conforme a la	Especificar en la norma lo de la constatación ocular de la existencia de los resultados CRETÍ en cuanto a recorte de la perforación y la disposición de los residuos, se necesita ser más específico en ese aspecto y documentar la entrega de dichos análisis no sólo la revisión ocular. Establecer con respecto al muestreo la profundidad de	4.3.6 Al término de la perforación del pozo, la disposición final de los recortes y fluidos de perforación almacenados en la presa de lodos se debe realizar de acuerdo con los resultados del análisis CRETÍ de una muestra compuesta representativa tomada de la presa de lodos o contenedor. Los residuos que por sus características

<b>Texto Original NOM-150</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Propuesta de Texto</b>
legislación y normatividad vigentes.	los análisis o lo que se debe hacer con estos análisis.	se consideren como peligrosos, deben manejarse y disponerse conforme a la legislación y normatividad vigentes.
4.3.7 Se debe dar mantenimiento preventivo al equipo de perforación para controlar la emisión de gases contaminantes.		
4.3.8 En caso de descontrol de pozos geotérmicos se debe aplicar el plan de contingencias, previamente aprobado por el responsable		
<b>Evaluación de Pozos Geotérmicos</b>		
4.4.1 La evaluación preliminar del pozo geotérmico exploratorio debe tener una duración máxima de 30 días.		
4.4.2 La evaluación preliminar de los pozos se debe realizar con el equipo de control de las descargas de vapor o gases a la atmósfera y que reduzcan al mínimo los niveles de ruido emitido y olores, utilizando el equipo de inducción, preventores y válvulas para alta temperatura, silenciadores centrífugos, tuberías de descarga y vertedores.		
4.4.3 En caso de que el pozo geotérmico sea productor, el agua separada producida por el mismo se debe dejar en la presa de lodos (que debe estar libre de lodos de perforación) y se le debe instalar un serpentín con tubería de acero para su evaporación. En caso de que éste no sea productor, se debe proceder a la reinyección del agua producida en el mismo.		
4.4.4 En la apertura de un		

<b>Texto Original NOM-150</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Propuesta de Texto</b>
<p>pozo para limpieza y evaluación preliminar, se debe:</p> <p>a) Evitar las descargas de vapor o mezclas de vapor y agua en forma vertical, y</p> <p>b) Dirigir la descarga lateral hacia el silenciador para reducir la emisión de ruido y vapor proveniente del mismo.</p>		
<b>Terminación de actividades y abandono del sitio</b>		
<p>4.5.1 Al término de las actividades de perforación de pozos, y en caso de que el área de interés geotérmico resulte improductiva se debe proceder al desmantelamiento y al retiro total del equipo de perforación, de los sanitarios portátiles y/o clausura de letrinas.</p>		
<p>4.5.2 Al término de las actividades se debe realizar la limpieza del sitio, a fin de evitar la contaminación de áreas aledañas; disponiendo los residuos peligrosos y no peligrosos generados por tal acción de acuerdo a la normatividad vigente.</p>		
<p>4.5.3 En caso de que el pozo geotérmico resulte improductivo se debe taponar. Asimismo, se debe proceder al cierre definitivo del mismo conforme a las disposiciones técnicas de la NOM-004-CNA-1996.</p>	<p>Se establece que un pozo improductivo puede arrojar datos geotérmicos en el lapso de 1 año que permitan efectuar mejor los cálculos para hallar yacimientos y poder perforar pozos productores. Por lo que se sugiere que se de un lapso de tiempo para efectuar el taponamiento de estos pozos.</p>	<p>4.5.3 En caso de que el pozo geotérmico resulte improductivo se debe taponar al cabo de un lapso máximo de 1 año. Asimismo, se debe proceder al cierre definitivo del mismo conforme a las disposiciones técnicas de la NOM-004-CNA-1996.</p>
<p>4.5.4 Las zonas en donde a consecuencia de las actividades de perforación se haya alterado la vegetación y que no se requieran durante el ciclo de</p>		

<b>Texto Original NOM-150</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Propuesta de Texto</b>
vida del pozo geotérmico o no las soliciten en esas condiciones los propietarios en la etapa de abandono del pozo, deben restaurarse una vez terminadas dichas actividades, conforme a lo establecido en el punto 3.21.		
4.5.5 En el caso de que el pozo resulte improductivo, el área del proyecto y zonas aledañas que hayan resultado afectadas, deben ser restauradas a condiciones similares a las prevalecientes en las áreas adyacentes al momento del inicio de los trabajos de perforación.	Muchas de las ocasiones los propietarios de estas tierras no desean que se remedie dicha tierra ya que por el mismo trabajo, se hacen trabajos de aplanado y compactación que ellos pueden usar para su conveniencia.	4.5.5 En el caso de que el pozo resulte improductivo, el área del proyecto y zonas aledañas que hayan resultado afectadas, deben ser restauradas a condiciones similares a las prevalecientes en las áreas adyacentes al momento del inicio de los trabajos de perforación. En caso de que el propietario del predio lo prefiera, se dejará en las condiciones actuales.
4.5.6 Las especies utilizadas en la restauración del suelo deben estar determinadas en función de la vegetación prevaleciente en el lugar, susceptibles a desarrollarse en el sitio y sus condiciones edafológicas.		(propuesta de CFE)
4.5.7 En caso de que el pozo resulte productivo se debe delimitar el área del contrapozo y de la presa de lodos con una malla ciclónica de una altura mínima de 1,80 m.		4.5.7 En caso de que el pozo resulte productivo se debe instalar una rejilla metálica de protección en el área del contrapozo que impida el paso de fauna.
5.1 Este procedimiento es aplicable a la evaluación de la conformidad de la presente Norma Oficial Mexicana.		
5.2 Para efectos de este procedimiento, se deben considerar las definiciones contenidas en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento.		
5.3 La evaluación de la		

<b>Texto Original NOM-150</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Propuesta de Texto</b>
<p>conformidad podrá ser realizada por la PROFEPA o por las Unidades de Verificación, a solicitud del responsable.</p> <p>5.3.1 Para que la evaluación la realice la PROFEPA el responsable lo deberá solicitar a través del trámite registrado para tal efecto en el Registro Federal de Trámites y Servicios.</p> <p>5.3.2 Para que la evaluación la realice la Unidad de Verificación el responsable deberá consultar el listado de Unidades de Verificación acreditadas y aprobadas para la presente Norma Oficial Mexicana.</p>		
<p>5.4 La evaluación de la conformidad se realizará para las siguientes etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inicio de la construcción de pozos geotérmicos.- En esta etapa se determinará si el sitio se encuentra dentro del campo de aplicación de la norma, asimismo se analizará la descripción de la situación inicial del proyecto.</li> <li>- Construcción de pozos geotérmicos.- En esta etapa se determina si el número de pozos exploratorios, se ajusta a lo previsto en esta norma y si se observan todas las disposiciones referentes al acondicionamiento del sitio, obras civiles, montaje de maquinaria y equipo y perforación de pozos.</li> <li>- Evaluación preliminar de pozos.- En esta etapa se determinará si se cumple con las especificaciones que llevan a conocer la factibilidad de producción</li> </ul>		<p>5.4. La evaluación de la conformidad se realizará en la etapa de construcción de pozos geotérmicos y su evaluación como fuente de producción de vapor. La verificación se realizará atendiendo las siguientes acciones:</p> <p>Durante la construcción de pozos geotérmicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificación ocular y documental en campo del cumplimiento de los términos del resolutivo de impacto ambiental correspondiente al proyecto.</li> <li>-Verificación ocular en campo del número de pozos exploratorios a construir por área de interés geotérmico, así como de las especificaciones de los señalamientos Medición de la profundidad en la que se instalan las tuberías mediante la bitácora de obras</li> <li>- Medición de la superficie del área de la plataforma de</li> </ul>

<b>Texto Original NOM-150</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Propuesta de Texto</b>
<p>del yacimiento, establecidas en esta Norma Oficial Mexicana.</p> <p>- Término de las actividades y abandono del sitio.- En esta etapa se determina si cumple con las especificaciones que permiten dejar el sitio con el menor impacto ambiental posible.</p> <p>Cada una de estas etapas se verificará atendiendo las siguientes acciones:</p>		<p>perforación y del área de la presa de lodos para verificar el cumplimiento de la especificación 4.2.4</p> <p>- Verificación ocular de que la preparación del terreno se realizó conforme al proyecto de ingeniería y la bitácora de obras</p> <p>- Verificación ocular en campo de la ausencia de barreras físicas, así como de la utilización del material generado por los trabajos de nivelación y excavación, según el reporte de la bitácora de obras, de acuerdo con el 4.2.6</p> <p>- Verificación ocular en campo de la compactación e impermeabilización, así como de las características de la lona plastificada conforme de las especificaciones del punto 4.2.7, así como de las especificaciones del proveedor</p> <p>- Verificación ocular de la instalación de sanitarios portátiles o construcción de letrinas para verificar el cumplimiento de la especificación 4.2.8</p> <p>- Verificación ocular de que no se utilizaron agroquímicos ni se quemó vegetación durante las actividades de desmonte o deshierre</p> <p>- Medición del ancho de los caminos para verificar el cumplimiento de la especificación 4.2.10</p> <p>- Verificación con el personal de que esté instruido para no afectar las especies de flora y fauna silvestre</p> <p>- Verificación ocular de la</p>

Texto Original NOM-150	Observaciones	Propuesta de Texto
		<p>delimitación del área de operación con malla ciclónica o alambrado de púas para verificar el cumplimiento de la especificación 4.2.12</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificación ocular de la ubicación, compactación e impermeabilización de la presa de lodos, así como sus dimensiones para verificar el cumplimiento de la especificación 4.3.1</li> <li>- Verificación ocular del almacenamiento y resguardo de la maquinaria, equipo y materiales dentro de la plataforma</li> <li>- Verificación ocular del almacenamiento de combustibles y características para verificar el cumplimiento de la especificación 4.3.3</li> <li>- Verificación ocular en campo del uso de lodos base agua</li> <li>- Constatación ocular de la existencia de los oficios de notificación de la autoridad local competente sobre el manejo de los residuos sólidos urbanos</li> <li>- Constatación ocular de la existencia de resultados CRETÍ de los recortes de perforación y la disposición de los residuos correspondiente a la especificación 4.3.6.</li> <li>- Constatación ocular de la existencia del programa de mantenimiento preventivo y de la bitácora de operación y mantenimiento</li> <li>- Constatación ocular de la existencia del Plan de contingencias</li> </ul> <p>Durante la etapa de evaluación preliminar del</p>

Texto Original NOM-150	Observaciones	Propuesta de Texto
		<p>pozo geotérmico:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificación ocular del registro del inicio y término de la etapa de evaluación preliminar en la bitácora de operación para verificar el cumplimiento de la especificación 4.4.1.</li> <li>- Verificación ocular de la existencia de equipo de control de descargas de vapor o gases, equipo de inducción, preventores y válvulas de alta temperatura, silenciadores centrífugos, tuberías de descarga y vertedores de conformidad con la especificación 4.4.2</li> <li>- Verificación ocular del manejo del agua obtenida del pozo para verificar el cumplimiento de la especificación 4.4.3</li> <li>- Verificación ocular en campo de que la descarga lateral se dirija al silenciador de conformidad con la especificación 4.4.4</li> </ul> <p>Al término de actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificación ocular del desmantelamiento y retiro total del equipo de perforación, de los sanitarios portátiles, de las casas móviles y la clausura de letrinas, instalados en la plataforma</li> <li>- Verificación ocular de la limpieza del sitio y disposición final de los residuos generados</li> <li>- Verificación ocular de la instalación de malla ciclónica en el área del contrapozo y presa de lodos de conformidad con la especificación 4.5.7</li> </ul> <p>En caso de que los pozos resulten improductivos:</p>

<b>Texto Original NOM-150</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Propuesta de Texto</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación de que el taponamiento y cierre definitivo de pozos se realizó conforme a la NOM-004-CNA-1996</li> <li>- Verificación ocular de que la restauración se llevó a cabo conforme al punto 3.21</li> <li>- Constatar la existencia del registro de las especies utilizadas en la restauración en la bitácora de operación</li> </ul>
<p>5.4.1 Al inicio de la construcción de pozos geotérmicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de suelo de conformidad con los planes de desarrollo urbano y programas de ordenamiento ecológico y que sean acordes al campo de aplicación de la presente Norma, conforme lo establece la especificación 4.1.1.</li> <li>- Descripción de la situación del área del proyecto y zonas aledañas para que, en caso de que el pozo resulte improductivo, el área del proyecto y zonas aledañas sean restauradas como lo establece la especificación 4.5.</li> </ul>		Derogado
<p>5.4.2 Durante la construcción de pozos geotérmicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificación ocular en campo del número de pozos exploratorios a construir por área de interés geotérmico, así como de las especificaciones de los señalamientos Medición de la profundidad en la que se instalan las tuberías mediante la bitácora de obras</li> <li>- Medición de la superficie del área de la plataforma de perforación y del área de la</li> </ul>		Derogado

<b>Texto Original NOM-150</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Propuesta de Texto</b>
<p>presa de lodos para verificar el cumplimiento de la especificación 4.2.4</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificación ocular de que la preparación del terreno se realizó conforme al proyecto de ingeniería y la bitácora de obras</li> <li>- Verificación ocular en campo de la ausencia de barreras físicas, así como de la utilización del material generado por los trabajos de nivelación y excavación, según el reporte de la bitácora de obras, de acuerdo con el 4.2.6</li> <li>- Verificación ocular en campo de la compactación e impermeabilización, así como de las características de la lona plastificada conforme de las especificaciones del punto 4.2.7, así como de las especificaciones del proveedor</li> <li>- Verificación ocular de la instalación de sanitarios portátiles o construcción de letrinas para verificar el cumplimiento de la especificación 4.2.8</li> <li>- Verificación ocular de que no se utilizaron agroquímicos ni se quemó vegetación durante las actividades de desmonte o deshierbe</li> <li>- Medición del ancho de los caminos para verificar el cumplimiento de la especificación 4.2.10</li> <li>- Verificación con el personal de que esté instruido para no afectar las especies de flora y fauna silvestre</li> <li>- Verificación ocular de la delimitación del área de</li> </ul>		

<b>Texto Original NOM-150</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Propuesta de Texto</b>
<p>operación con malla ciclónica o alambrado de púas para verificar el cumplimiento de la especificación 4.2.12</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificación ocular de la ubicación, compactación e impermeabilización de la presa de lodos, así como sus dimensiones para verificar el cumplimiento de la especificación 4.3.1</li> <li>- Verificación ocular del almacenamiento y resguardo de la maquinaria, equipo y materiales dentro de la plataforma</li> <li>- Verificación ocular del almacenamiento de combustibles y características para verificar el cumplimiento de la especificación 4.3.3</li> <li>- Verificación ocular en campo del uso de lodos base agua</li> <li>- Constatación ocular de la existencia de los oficios de notificación de la autoridad local competente sobre el manejo de los residuos sólidos urbanos</li> <li>- Constatación ocular de la existencia de resultados CRETÍ de los recortes de perforación y la disposición de los residuos correspondiente a la especificación 4.3.6.</li> <li>- Constatación ocular de la existencia del programa de mantenimiento preventivo y de la bitácora de operación y mantenimiento</li> <li>- Constatación ocular de la existencia del Plan de contingencias</li> </ul>		
5.4.3 Durante la etapa de evaluación preliminar del pozo geotérmico:		Derogado

<b>Texto Original NOM-150</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Propuesta de Texto</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificación ocular del registro del inicio y término de la etapa de evaluación preliminar en la bitácora de operación para verificar el cumplimiento de la especificación 4.4.1.</li> <li>- Verificación ocular de la existencia de equipo de control de descargas de vapor o gases, equipo de inducción, preventores y válvulas de alta temperatura, silenciadores centrífugos, tuberías de descarga y vertedores de conformidad con la especificación 4.4.2</li> <li>- Verificación ocular del manejo del agua obtenida del pozo para verificar el cumplimiento de la especificación 4.4.3</li> <li>- Verificación ocular en campo de que la descarga lateral se dirija al silenciador de conformidad con la especificación 4.4.4</li> </ul>		
<p>5.4.4 Al término de actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificación ocular del desmantelamiento y retiro total del equipo de perforación, de los sanitarios portátiles, de las casas móviles y la clausura de letrinas, instalados en la plataforma</li> <li>- Verificación ocular de la limpieza del sitio y disposición final de los residuos generados</li> <li>- Verificación ocular de la instalación de malla ciclónica en el área del contrapozo y presa de lodos de conformidad con la especificación 4.5.7</li> </ul>		Derogado
<p>5.4.5 En caso de que los pozos resulten</p>		Derogado

<b>Texto Original NOM-150</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Propuesta de Texto</b>
<p>improductivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación de que el taponamiento y cierre definitivo de pozos se realizó conforme a la NOM-004-CNA-1996</li> <li>- Verificación ocular de que la restauración se llevó a cabo conforme al punto 3.21</li> <li>- Constatar la existencia del registro de las especies utilizadas en la restauración en la bitácora de operación</li> </ul>		
<p>5.5 Las Unidades de Verificación y la PROFEPA deberán observar lo dispuesto por los artículos 7, <b>8, 10, 11 y 12 del “Acuerdo mediante el cual se establece el procedimiento para la evaluación de la conformidad para normas oficiales mexicanas expedidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales”</b>, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 2 de enero de 2006.</p>		
<p>5.6 El responsable podrá obtener el directorio de Unidades de Verificación en la oficialía de partes de la PROFEPA, ubicada en Camino al Ajusco número 200, 8o. piso, colonia Jardines en la Montaña, Delegación Tlalpan, código postal 14210, en la Ciudad de México, Distrito Federal o vía Internet en la siguiente dirección <a href="http://www.profepa.gob.mx">www.profepa.gob.mx</a>, o en las Delegaciones Federales de la Secretaría y PROFEPA en los estados.</p>		

## 12. Conclusiones y Recomendaciones Generales

Entre las conclusiones y recomendaciones más relevantes de evaluación de la norma sobresalen las siguientes:

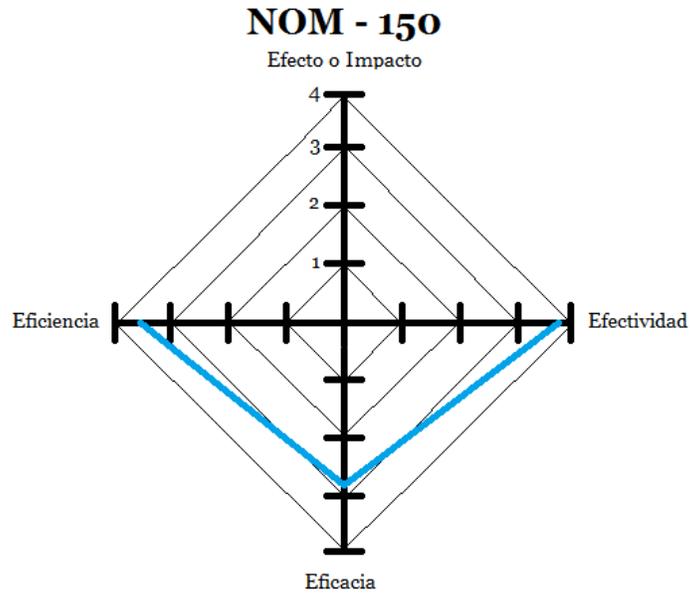
1. Con la aplicación de la NOM 150 se han observado mejorías significativas en condiciones ambientales de los sitios donde se han desarrollado proyectos de exploración geotérmica. Se considera que en general el porcentaje de cumplimiento a las especificaciones que considera la NOM-150 ha pasado de un nivel bajo (20%) a un nivel Muy Alto (95%) con lo que se ha podido asegurar que no existan impactos ambientales significativos ni duraderos y se implementen buenas prácticas para el manejo de emisiones atmosféricas, residuos peligrosos, condensados y escorrentías y del hábitat circundante.
2. Las condiciones sociales también han sido preservadas al evitar conflictos por impactos ambientales en los sitios de desarrollo de proyectos de exploración geotérmica como el ocurrido en Cerritos Colorados (La Primavera, Jalisco). Las especificaciones de la NOM-150 previenen impactos ambientales que pudieran afectar a comunidades circundantes, por lo que su aplicación ha mejorado las condiciones en los sitios en los que se ha aplicado.
3. La NOM-150 asegura condiciones de viabilidad ambiental y sustentabilidad para el desarrollo de proyectos geotermoeléctricos. En México existen expectativas importantes en relación con el desarrollo de la industria Geotermoeléctrica, por lo que la NOM-150 puede favorecer el desarrollo de este tipo de proyectos al dar certidumbre a los proyectos en desarrollo. La geotermia representa una de las principales fuentes alternas de energía que seguramente recibirá un gran impulso conforme se incrementen restricciones a las fuentes convencionales de energía por acuerdos de mitigación climática. En este contexto la NOM 150 será un instrumento de gestión ambiental primordial para garantizar la viabilidad de las actividades de perforación exploratoria de sitios con potencial geotérmico que en México son cuantiosos.
4. Es necesario actualizar especificaciones de la NOM 150 a fin de garantizar su viabilidad y cumplimiento ya que en los rubros de pruebas CRETI y delimitación de los pozos con malla ciclónica existen oportunidades para flexibilizar los requerimientos sin menoscabo de los objetivos de protección ambiental. Se considera que las especificaciones relacionadas a manejo de emisiones atmosféricas son suficientes para prevenir posibles impactos en el aire.
5. Una opción en la planeación estratégica de proyectos geotermoeléctricos es la aplicación de instrumentos de evaluación ambiental preventiva como la Evaluación Ambiental y Social Estratégica (EAE) que puede proporcionar un enfoque de alcance regional para prevenir y mitigar impactos relacionados a la industria geotermoeléctrica.

A continuación se muestra en el siguiente cuadro los resultados sintetizados de la evaluación de la NOM-150-SEMARNAT-2006, asociando un valor numérico del 0 al 4 para cada uno de los cuatro niveles de Marco Lógico (efecto o impacto, efectividad, eficacia y eficiencia) de acuerdo con lo reportado en este estudio de evaluación.

**Tabla 12.1. Resultados sintetizados de la evaluación de la NOM-150**

<b>Año de Evaluación</b>	<b>Tema de la NOM</b>	<b>Norma Evaluada</b>	<b>Efecto o Impacto</b>	<b>Efectividad</b>	<b>Eficacia</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Promedio de la NOM</b>
2011	Que establece las especificaciones técnicas de protección ambiental que deben observarse en las actividades de construcción y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales protegidas y terrenos forestales.	NOM-150-SEMARNAT-2006	ND	3.75	2.8	3.5	3.4

En el proceso de evaluación de la NOM-150-SEMARNAT-2006 se aplicó la metodología del Enfoque de Marco Lógico (EML) con el propósito de determinar la relevancia, eficiencia, eficacia, y costo-efectividad de la NOM como instrumento de gestión ambiental. Al respecto propusieron indicadores clave por cada criterio a fin de brindar estimaciones cuantitativas. Con base en dichos indicadores se obtuvieron los siguientes resultados (asociando un valor numérico del 0 al 4 para cada uno de los cuatro niveles de Marco Lógico -efecto o impacto, efectividad, eficacia y eficiencia-) de acuerdo con lo reportado en este estudio de evaluación. La valorización corresponde a preguntas clave según se describe el Anexo 7.



**Figura 12.1. Gráfica de la evaluación de la NOM-150**

Dado que el lapso transcurrido de la Norma es de 5 años y no tiene aun un suficiente número de casos, no se ha evaluado el efecto ambiental o impacto de la NOM. Aun así, puede afirmarse que la NOM 150 es eficaz en prevenir impactos ambientales y es eficiente en cuanto a su cumplimiento por los sujetos regulados.

## 13. Referencias

### *TULECHECK, BAJA CALIFORNIA*

[CFE] **Informe Preventivo: Perforación Exploratoria en la Zona Geotérmica Tulecheck, B.C.**, Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Generación, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Subgerencia de Estudios, documento en pdf, enero 2010.

[SEMARNAT] **Resolutivo del proyecto: Perforación Exploratoria en la Zona Geotérmica Tulecheck, B.C.**, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental, documento en pdf, marzo 2010.

### *NUEVO LEÓN, BAJA CALIFORNIA*

[CFE] **Informe Preventivo: Perforación Exploratoria en la Zona Geotérmica Nuevo León, B.C.**, Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Generación, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Subgerencia de Estudios, documento en pdf, julio 2010.

[SEMARNAT] **Resolutivo del proyecto: Perforación Exploratoria en la Zona Geotérmica Nuevo León, B.C.**, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental, documento en pdf, noviembre 2010.

### *LOS AZUFRES, MICHOACÁN*

[CFE] **Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Particular, Proyecto Geotermoeléctrico “Los Azufres III”**, Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Generación, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Subgerencia de Estudios, documento en pdf, septiembre 2010.

### *CERRITOS COLORADOS, JALISCO*

[SEMARNAT] **Resolutivo del proyecto: Proyecto Geotermoeléctrico Cerritos Colorados (25MW- Primera Etapa)**, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental, documento en pdf, noviembre 2008

[UTJ] **Proyecto de Aprovechamiento Geotérmico en el Bosque de la Primavera por CFE**, Universidad Tecnológica de Jalisco, Rodrigo. F., VIII Congreso Nacional de Tecnología Ambiental, documento en pdf, noviembre 2009.

### *LOS HUMEROS, PUEBLA*

[CFE] **Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Particular, Proyecto Geotermoeléctrico “Los Humeros II”**, Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Generación, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Subgerencia de Estudios, documento en pdf, septiembre 2006.

## Normas

[CFE] **Proyecto de impacto Ambiental**, Comisión Federal de Electricidad, basado en el proyecto de la NOM-XXX-ECOL-2003, 2003.

[NOM] **Norma oficial Mexicana NOM-003-CNA-1996**, Requisitos durante la construcción de pozos de Extracción de Agua para Prevenir la Contaminación de acuíferos, CNA, febrero 1997.

[NOM] **Norma Oficial Mexicana NOM-004-CNA-1996**, Requisitos para la Protección de Acuíferos durante el Mantenimiento y Rehabilitación de Pozos de Extracción de Agua y para el Cierre de Pozos en General, CNA, agosto 1997.

[NOM] **Norma Oficial Mexicana NOM-115-ECOL-1998**, Especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación de pozos geotérmicos para exploración y producción en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, 1998.

[NOM] **Norma oficial Mexicana NOM-150-SEMARNAT-2006**, establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de Áreas Naturales Protegidas y Terrenos Forestales, SEMARNAT, marzo 2007.

[NOM] **Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-XXX-ECOL-2002**, Especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación de pozos geotérmicos para exploración y producción en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, 2002.

[NOM] **Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-XXX-SEMARNAT-2003**, Especificaciones técnicas de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación de pozos geotérmicos para exploración y producción ubicados en Áreas Naturales Protegidas, marzo 2003.

[NOM] **Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-XXX-SEMARNAT-2003**, Especificaciones técnicas de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación de pozos geotérmicos para exploración y producción ubicados fuera de Áreas Naturales Protegidas, marzo 2003.

[SEMARNAT] **Anteproyecto de NOM-XXX-SEMARNAT-2003**, establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de Áreas Naturales Protegidas y terrenos Forestales, Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subcomité II Energía y Actividades Extractivas, enero 2004.

[SEMARNAT] **Proyecto de Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para**

**exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de Áreas Naturales Protegidas y Terrenos Forestales**, Diario Oficial, agosto 2006.

[SEMARNAT] **Solicitud de Exención MIR por no costos para el anteproyecto; Proyecto de Norma Oficial Mexicana**, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, COFEMER, documento en doc., 2006.

[Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental] **Evaluación Preliminar de Normas**, Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental, Programa de Regulación Base Cero, documento en doc.

**Acuerdo por el que se establecen los criterios ecológicos CE-OESE-004/89**, diciembre 1989.

### Artículos

[CFE] **Geotermia**, Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Generación, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Revista Mexicana de Geo energía, Volumen 17, Número 1, documento en pdf, diciembre 2004

[CFE] **Geotermia**, Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Generación, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Revista Mexicana de Geo energía, Volumen 18, Número 1, documento en pdf, julio 2005.

[CFE] **Geotermia**, Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Generación, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Revista Mexicana de Geo energía, Volumen 18, Número 2, documento en pdf, diciembre 2005

[CFE] **Geotermia**, Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Generación, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Revista Mexicana de Geo energía, Volumen 19, Número 2, documento en pdf, diciembre 2006.

[CFE] **Geotermia**, Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Generación, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Revista Mexicana de Geo energía, Volumen 20, Número 2, documento en pdf, diciembre 2007

[CFE] **Geotermia**, Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Generación, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Revista Mexicana de Geo energía, Volumen 21, Número 2, documento en pdf, diciembre 2008.

[CFE] **Geotermia**, Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Generación, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Revista Mexicana de Geo energía, Volumen 22, Número 2, documento en pdf, diciembre 2009.

[CFE] **Geotermia**, Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Generación, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Revista Mexicana de Geo energía, Volumen 23, Número 1, documento en pdf, julio 2010.

[CFE] **Geotermia**, Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Generación, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Revista Mexicana de Geo energía, Volumen 23, Número 2, documento en pdf, diciembre 2010.

[CFE] **Geotermia**, Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Generación, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Revista Mexicana de Geo energía, Volumen 24, Número 1, documento en pdf, julio 2011.

[CINVESTAV] **Geotermia**, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, febrero 1996.

[DGSCA-UNAM] **Escenario Futuro de Explotación de la Energía Geotérmica: Hacia un Desarrollo Sustentable**, Revista Digital Universitaria, Santoyo. E., Torres. I., Volumen 11, Número 10, documento en pdf, octubre 2010.

[DGSCA-UNAM] **Recursos Geotérmicos para generar electricidad en México**, Revista Digital Universitaria, Maya. R., Gutiérrez. L., Volumen 8, Número 12, documento en pdf, diciembre 2007.

[Geotermia] **Impactos económicos, ambientales y sociales del desarrollo geotérmico y del ahorro y uso eficiente de la electricidad en Baja California, México**, Campbell. H., Montero. G., Lambert A., Universidad Autónoma de Baja California, Volumen 24, Número 1, documento en doc., enero 2011.

[IIE] **La Energía Geotérmica: una Opción Tecnológica y Económicamente Madura**, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Arellano. V.M., Iglesias. E., García. A., Boletín IIE, Tendencias Tecnológicas, documento en pdf, julio 2008.

[UNAM] **El Régimen Jurídico de los Recursos Geotérmicos en México**, Ornelas. A., Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM documento en pdf.

[CFE] **Geotermia**, Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Generación, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Revista Mexicana de Geo energía, Volumen 19, Número 1, documento en pdf, julio 2006

## Presentaciones

[CFE] **¿Cómo Nace un Proyecto Geotermoeléctrico?**, Flores. M., Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Generación, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos documento en pdf.

[CFE] **La Geotermia y Fuentes Alternas en la Generación de Energía Eléctrica**, Maya. R., Comisión Federal de Electricidad, Tercer Congreso Nacional de la Academia de Ingeniería, documento en pdf, octubre 2007.

[Comunidad de Madrid] **Estado Actual de la Normativa y Procedimientos de Autorización de Instalaciones Geotérmicas**, Luna. J.P., de Isabel. J.A., Dirección General de Industrial Energía y Minas, Consejería de Economía y Hacienda, I Congreso de Energía Geotérmica en la Edificación y la Industria- GEOENER documento en pdf.

[GtV Service GmbH] **Geothermal Market is expanding- German Experiences and Chances for Mexico**, Bußmann. W., GtV Service GmbH, documento en pdf, 2009.

[IIE] **Los Recursos Geotérmicos: ¿una Alternativa para el Sector Energético de México?**, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Gerencia de Geotermia, Birkle. P., Seminario SEMEXDAAD, documento en pdf, septiembre 2009.

[IIE] **Situación y prospectiva de la Energía Geotermoeléctrica**, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Gerencia de Geotermia, García. A., Barragán. R.M. Arellano. V.M., Seminario sobre la Situación Actual y Prospectiva Energética en México y el Mundo, documento en pdf, agosto 2009.

[SEMARNAT] **Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana para la Perforación Geotérmica**, septiembre 2003.

## Publicaciones

[CFE] **Cerro Prieto, Geotermoeléctrica**, comisión Federal de Electricidad, junio 2007.

[CFE] **Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE)**, Subdirección de Programación, Coordinación de Planificación, Comisión Federal de Electricidad, septiembre 2009.

[CFE] **Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE)**, Subdirección de Programación, Coordinación de Planificación, Comisión Federal de Electricidad, septiembre 2010.

[CPG] **Capítulo I: Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional, Proyecto Geotermoeléctrico Cerritos Colorados (25MW- primera etapa)**, Universidad Autónoma Chapingo.

[DGEAC] **Especificaciones de Protección Ambiental de las Instalaciones Geotermoeléctricas**, Dirección General de Energía y Actividades Extractivas, Dirección de Impacto Ambiental y Fuentes Renovables, agosto 2009.

[EWEC] **Geotérmica**, Conferencia Europea de Energía Eólica, Energías renovables, junio 2003.

[Fernández. P.] **Energía Geotérmica**, Fernández. P., disponible en: <http://libros.redsauce.net/>, documento en pdf, 2009.

[González. M.A.] **Geotermia como Alternativa Energética en México, ¿es realmente viable?**, Estudio realizado en el campo geotérmico de Los Humeros, Puebla, México, González. M.A., documento en pdf.

[ID] **El Potencial de la Energía Geotérmica**, Investigación y Desarrollo, Periodismo Ciencia y Tecnología, junio 1999.

[IIE] **Estimación del Recurso y Prospectiva Tecnológica de la Geotermia en México**, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Gerencia de Geotermia, Iglesias. E., Arellano. V., Torres. R., documento en pdf, marzo 2005.

[IIE] **Geotermia**, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Gerencia de Geotermia, documento en doc.

[IIE] **Sector Geotérmico**, Gerencia de Geotermia, Áreas de Especialidad, Instituto de Investigaciones Eléctricas, consultado: febrero 2003, ver: <http://axp16.iie.org.mx/geotermia/areas.htm>.

[Instituto di Geoscienze e Georisorse] **¿Qué es la Energía Geotérmica**, Dickson. M., Fanelli., traducción Lahsen. A., Instituto di Geoscienze e Georisorse, Universidad de Santiago, documento en pdf.

[Pról. R.M.] **El Calor de la Tierra**, Pról. R.M, documento en pdf.

[SEMARNAT] **Evaluación de Instrumentos Normativos del Sector Ambiental**, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental, 2011.

**Central Termoeléctrica**, esquema básico y Centrales Termoeléctricas en Chile, consultado: febrero 2003, ver: <http://www.profesorenlinea.cl/fisica/centraltermoelectrica.htm>.

**Energía Geotérmica**, Conceptos Básicos, consultado: febrero 2003, ver: <http://www.profesorenlinea.cl/fisica/energiageotermica.htm>.

**Energía Geotérmica**, conceptos básicos, consultado: febrero 2003, ver: [http://www.infoecologia.com/O2\\_1W\\_03\\_nota\\_4z.html](http://www.infoecologia.com/O2_1W_03_nota_4z.html).

**Energía Geotérmica**, consultado: febrero 2003, ver: [http://www.panoramaenergetico.com/energia\\_geotermica.htm](http://www.panoramaenergetico.com/energia_geotermica.htm)

**Impacto Ambiental de las Energías Renovables: Energía Geotérmica**, documento en doc., 2003.

**IV. Exploración de los Recursos Geotérmicos**, consultado: febrero 2003, ver: [http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/058/htm/sec\\_7.htm](http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/058/htm/sec_7.htm)

**Plantas Geotérmicas**, Conceptos sobre plantas Generadoras, consultado: febrero 2003, ver: [http://www.grupoice.com/esp/redc/gral/energ/plantas/defs2\\_b.htm](http://www.grupoice.com/esp/redc/gral/energ/plantas/defs2_b.htm)

## Apuntes

[SEMARNAT] **Anteproyecto de NOM-XXX-SEMARNAT-2003**, establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de Áreas Naturales Protegidas y terrenos Forestales, Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos

Naturales, Subcomité II Energía y Actividades Extractivas, Segunda reunión de grupo de trabajo, febrero 2004.

[SEMARNAT] **Anteproyecto de NOM-XXX-SEMARNAT-2003**, establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de Áreas Naturales Protegidas y terrenos Forestales, Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subcomité II Energía y Actividades Extractivas, Tercera reunión de grupo de trabajo, marzo 2004.

[SEMARNAT] **Anteproyecto de NOM-XXX-SEMARNAT-2003**, establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de Áreas Naturales Protegidas y terrenos Forestales, Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subcomité II Energía y Actividades Extractivas, Cuarta reunión de grupo de trabajo, marzo 2004.

[SEMARNAT] **Estudio del Anteproyecto de NOM-XXX-SEMARNAT-2003**, establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de Áreas Naturales Protegidas y terrenos Forestales, Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subcomité II Energía y Actividades Extractivas, 2004.

[SEMARNAT] **Formulario MIR para el Proyecto de la NOM-XXX-SEMARNAT-2003**, establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de Áreas Naturales Protegidas y Terrenos Forestales, Torres. R.C., García de Alba. J.J.

[SEMARNAT] **Justificación Técnica-Económica para el Proyecto de la NOM-XXX-SEMARNAT-2003**, establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de Áreas Naturales Protegidas y terrenos Forestales.

[SEMARNAT] **Suplemento del Programa Nacional de Normalización 2004**, Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subcomité de Recursos Naturales Renovables y Actividades del Sector Primario, junio 2004.

**Agenda de la Visita al Campo Geotérmico de Cerro Prieto**, abril 2003.

**Apuntes de la reunión de Funcionarios de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos (CFE) y de la Dirección General de Energía y Actividades Extractivas (SEMARNAT)**, marzo 2002.

**Apuntes Sobre la Necesidad de Energía a lo largo del tiempo.**

**Aspectos técnicos sobre la Geotermia**, marzo 2003.

**Breve Descripción de los Trabajos Relacionados con la Perforación de Pozos Geotérmicos**, junio 2003.

**Breve Descripción del Proceso de Perforación de Pozos Geotérmicos**, agosto 2003.

**Comentarios del proyecto de Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de Áreas Naturales Protegidas y Terrenos Forestales**, 2006.

**Comparación de propuestas de la Norma Oficial Mexicana NOM-XXX-SEMARNAT-2003**, propuesta de CFE y DGEAE, Borrador, 2004.

**Geotermia a Nivel Mundial.**

**Geotermia**, Conceptos básicos.

**Nota NOM Geotermia.**

**Nota NOM-Geotermia**

**Notas sobre Geotermia**

**Notas Sobre Geotermia**, marzo 2003.

**Observaciones a la justificación para Incluir Temas en el Programa Nacional de Normalización de la SEMARNAT 2005**, noviembre 2004.

**Programa Nacional de Normalización (DOF)**, mayo 2004.

**Propuesta de Evaluación de Conformidad**, de la NOM-XXX-SEMARNAT-2003, marzo 2003.

**Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-XXX-SEMARNAT-2003**, establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de Áreas Naturales Protegidas y terrenos Forestales, Versión revisada, 2004.

**Reunión del grupo de trabajo para la Elaboración de la NOM que establece las Especificaciones de Protección Ambiental**, en actividades de perforación y evaluación preliminar de pozos Geotérmicos fuera de las áreas naturales Protegidas y Terrenos Forestales, apuntes y correcciones, 2004.

## **Memorándum**

[CFE] **Inclusión del proyecto de Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de Áreas Naturales Protegidas y Terrenos Forestales**, Cárdenas. A. Comisión Federal de Electricidad, Subdirección Técnica, Gerencia de Protección Ambiental, julio 2004.

[COFEMER] **Proyecto de Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de Áreas Naturales Protegidas y Terrenos Forestales**, Coordinación General de Mejora Regulatoria Sectorial, noviembre 2005.

[COFEMER] **Proyecto de Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de Áreas Naturales Protegidas y Terrenos Forestales**, Coordinación General de Mejora Regulatoria Sectorial, junio 2006.

[SEMARNAT] **Análisis de la Justificación para incluir un anteproyecto en PNN**, Knochenhauer. G., Secretaría de Fomento a la Normatividad Ambiental, Coordinación de Política y Regulación Ambiental, junio 2003.

[SEMARNAT] **Anteproyecto NOM sobre Perforación de Pozos Geotérmicos y MIR**, Rodríguez. R., Subsecretaría de Fomento a la Normatividad Ambiental, Dirección General de Energía y Actividades Extractivas, Dirección de Impacto Ambiental y Fuentes Renovables, noviembre 2005.

[SEMARNAT] **Exhorto a la publicación de una Norma Oficial Mexicana que establezca los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de sulfuro de hidrógeno proveniente de campos geotérmicos**, Subsecretaría de Fomento a la Normatividad Ambiental, Dirección General de Energía y Actividades Extractivas, mayo 2006.

[SEMARNAT] **Justificación para incluir el anteproyecto de NOM para la perforación y mantenimiento de pozos geotérmicos**, Torres. R.C., Secretaría de Fomento a la Normatividad Ambiental, Dirección General de Energía y Actividades Extractivas, junio 2003.

[SEMARNAT] **Proyecto NOM-XXX-SEMARNAT-2003**, Subsecretaría de Fomento a la Normatividad Ambiental, Coordinación de Política y Regulación Ambiental, noviembre 2005.

[SEMARNAT] **Resolutivo de: Inclusión del proyecto de Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de Áreas Naturales Protegidas y Terrenos Forestales**, Elvira., J.R., Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental de SEMARNAT y Presidente del COMARNAT, junio 2004.

[SEMARNAT] **Respuesta a Comentarios sobre el Anteproyecto de NOM para pozos Geotérmicos**, Rodríguez. R., Subsecretaría de Fomento a la Normatividad Ambiental, Dirección General de Energía y Actividades Extractivas, Dirección de Impacto Ambiental y Fuentes Renovables, marzo 2004.

[SEMARNAT] **Suplemento del PNN 2004**, Torres. R.C., Subsecretaría de Fomento a la Normatividad Ambiental, Dirección General de Energía y Actividades Extractivas, junio 2004.

**Eliminación de la Norma de Pozos Geotérmicos del Programa Nacional de normalización**, Esteban. A., junio 2004.

## 14. Relación de Figuras y Tablas

### FIGURAS

- Figura 1.1. Flujo para la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental en el sector de producción de Energía Eléctrica
- Figura 1.2. Línea de Tiempo
- Figura 3.1. Ficha de Indicadores
- Figura 3.2. Actividades de generación de emisiones, residuos y alteración de hábitat.
- Figura 3.3. Árbol de Soluciones
- Figura 3.4. Planeación del Proyecto
- Figura 4.1. Flujo para la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental en el sector de producción de Energía Eléctrica
- Figura 4.2. Participación de tecnologías en la capacidad de generación Servicio Público del año 2009
- Figura 4.3. Proyección de participación de tecnologías en la capacidad de generación Servicio Público para el año 2025
- Figura 4.4. Línea de Tiempo
- Figura 4.5. Mapa de México que incluye los manantiales termales muestreados por la Comisión Federal de Electricidad.
- Figura 12.1. Gráfica de la evaluación de la NOM-150

### TABLAS

- Tabla 1.1. Catálogo de Proyectos Geotermoeléctricos
- Tabla 1.2. Valoración de Indicadores
- Tabla 1.3. Preguntas clave sobre efectividad de la NOM 150
- Tabla 1.4. Preguntas clave sobre eficacia de la NOM 150
- Tabla 1.5. Preguntas clave sobre eficiencia de la NOM 150
- Tabla 3.1. Matriz de Marco Lógico
- Tabla 4.1. Cronología de la NOM-150
- Tabla 4.2. Catálogo de Proyectos Geotermoeléctricos
- Tabla 4.3. Catálogo de Proyectos Geotermoeléctricos
- Tabla 4.4. Capacidad Actual y Probada de Proyectos Geotermoeléctricos
- Tabla 4.5. Capacidad, área y número de pozos de centrales y campos Geotermoeléctricas
- Tabla 4.6. Tipos de Manifestaciones termales en México
- Tabla 5.1. Resumen de Impactos Ambientales
- Tabla 6.1. Rubros y principales problemas de cumplimiento de la NOM-150
- Tabla 6.2. Valoración de Indicadores
- Tabla 7.1. Preguntas clave sobre efectividad de la NOM 150
- Tabla 8.1. Preguntas clave sobre eficacia de la NOM 150
- Tabla 9.1. Preguntas clave sobre eficiencia de la NOM 150
- Tabla 10.1. Preguntas clave sobre los Hallazgos y Lecciones Aprendidas de la NOM 150
- Tabla 11.1. Comentarios y Propuestas de modificaciones de la NOM-150
- Tabla 12.1. Resultados sintetizados de la evaluación de la NOM-150

# ANEXO 1. VERIFICACIONES DE PROFEPA



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

Ing. Sergio Alfonso Novelo Rosado  
Director General de Energía y Actividades Extractivas  
Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental  
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Blvd. Adolfo Ruiz Cortines No. 4209, 4° Piso, Ala "B",  
Fraccionamiento Jardines en la Montaña, Delegación  
Tlalpan, Código Postal 14210, México, Distrito Federal.  
**Presente.**

Exp. 5.14  
SII Y D4ED 2011000422

Procuraduría Federal de Protección al Ambiente  
Subprocuraduría de Inspección Industrial  
Dirección General de Inspección de Fuentes de Contaminación

Oficio No. PFFPA/3.2/8C.17.2/00616-11  
Expediente No. PFFPA/3.2/8C.17.2/00003-11

"La Ley al Servicio de la Naturaleza"  
"2011, Año del Turismo en México"

00701

México, D. F., a 5 de septiembre de 2011

Me refiero al oficio DGEAE.-No.614/149/2011, de fecha 30 de junio de 2011, recibido en ésta a mi cargo el día 4 de julio del mismo año, por el que se solicitaron los resolutivos de los procedimientos administrativos de inspección a pozos geotérmicos de exploración de las centrales geotérmicas denominadas Los Azules, Cerro Prieto y Los Humeros, ubicadas en los estados de Michoacán, Baja California y Puebla, respectivamente, así como información sobre los incumplimientos de las mencionadas centrales en materia de residuos peligrosos, prevención y control de la contaminación de la atmósfera y recursos naturales, en el marco del estudio denominado "Evaluación de los efectos ambientales generados por la aplicación de la NOM-150-SEMARNAT-2006 que establece las especificaciones técnicas de protección ambiental que deben observarse en las actividades de construcción y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para la exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales protegidas y terrenos forestales".

Sobre el particular, hago de su conocimiento que esta Unidad Administrativa, en razón de competencia, y con fundamento en lo dispuesto por las fracciones VIII a XII del artículo 139 del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, solicitó a las Delegaciones de esta Procuraduría en dichas entidades federativas, los citados resolutivos e información complementaria sobre los incumplimientos de las geotérmicas a que se ha hecho referencia.

En virtud de lo anterior, le comunico que las Delegaciones referidas en el párrafo que antecede, remitieron a esta Unidad Administrativa la información solicitada, la cual nos dimos a la tarea de sintetizar y organizar en un cuadro sinóptico para su mejor comprensión, mismo que es remitido al presente en forma de anexo.

Por último, es importante mencionarle que los procedimientos administrativos instaurados por esta Procuraduría, sólo podrán considerarse como información pública bajo los términos y condicionantes determinados por el Instituto Federal de Acceso a la Información, de conformidad con lo establecido por la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental.

Lo anterior se hace del conocimiento de la Dirección General a su digno cargo, para los efectos legales a que haya lugar.

**ATENCIÓN**  
El Director General

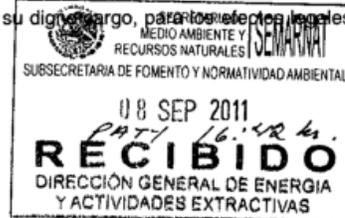
Lic. Sergio Eduardo Herrera Torres

Anexo: Lo indicado

- C.c.p.- Ing. Yanet G. Manzo Hernández.- Subprocuradora de Inspección Industrial.- Para su superior conocimiento.
- C.c.p.- C.P. Manuel Pacheco Yañez.- Director General de Coordinación de Delegaciones.- Presente.
- C.c.p.- Oficina de la Dirección General de Inspección de Fuentes de Contaminación.- En atención al folio SIGAD No. 2011000703.
- C.c.p.- Oficina de la Dirección de Inspección.- En atención al folio SIGAD No. 2011000387.
- C.c.p.- Subdirección de Inspección, Dictaminación y Peritajes.- En atención al folio SIGAD No. 2011000342.

JLJ/R/LSM

Camino al Ajusco 200, 5° Piso, Ala Sur, Colonia Jardines en la Montaña, Delegación Tlalpan, México,  
D. F. 14210. Teléfono (55) 5449-6300 [www.profepa.gob.mx](http://www.profepa.gob.mx)



Estado	Central Geotérmica	No. de Expediente	Observaciones	Resolutivos
Baja California	Cerro Prieto	UDQM128104	<p>Incumplimientos</p> <p><b>En materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera.</b>            No exhibió las mediciones de emisiones de los silenciadores de los pozos. No realizó monitoreo perimetral de H<sub>2</sub>S; al momento de la diligencia la estación de monitoreo no estaba en funcionamiento. No presentó ante el INE el inventario de emisiones contaminantes correspondiente al año 2003. Las chimeneas del equipo denominado banco de eyectores no contaba con puertos de muestreo, ni plataformas. No controlaba ni conducía adecuadamente sus emisiones contaminantes. No llevó a cabo la medición de sus emisiones contaminantes a la atmósfera en los diferentes puntos de emisión de las plantas o centrales que componen el complejo geotérmico.</p> <p><b>En materia de Impacto Ambiental.</b>            Con relación a la autorización en materia de impacto ambiental No. D.O.O.DGOEIA.- 05230: No dio cumplimiento a la disposición Tercera, Sexta y Trigésima Sexta, es decir, realizó una disposición inadecuada de residuos peligrosos, se encontraron derrames de hidrocarburos y no realizó el monitoreo de la calidad del agua en acuíferos y mantos freáticos.</p> <p><b>En materia de Residuos Peligrosos.</b>            Al momento de la inspección, se observó un mal manejo de los residuos peligrosos debido a que: no presentó su registro como empresa generadora de residuos peligrosos; no contaba con bitácoras de generación mensual para el residuo peligroso denominado lámparas de mercurio residuales; El área de almacenamiento para residuos peligrosos no cumplió con los lineamientos previstos en el reglamento correspondiente; no identificaba la totalidad de sus residuos peligrosos generados; y no acreditó y/o exhibió implementar la bitácora de movimientos de entrada y salida del almacén de residuos peligrosos para lámparas de mercurio.</p>	<p>PFFA-DBC/SJ/MX/-A/064/2005            7 de octubre de 2005</p> <p>Después de evaluada la documentación presentada por la paraestatal fueron subsanadas algunas irregularidades, pero se le ordenaron las siguientes medidas técnicas: <b>Primera:</b> Controlar y conducir a un sistema receptor las emisiones de gases incondensables, para evitar que estos se descarguen a la atmósfera, suelo y cuerpos de agua naturales o artificiales que estén en relación directa con el suelo. <b>Segunda:</b> Almacenar todos los residuos peligrosos que genera en almacenes temporales de residuos peligrosos que cuenten con las medidas de seguridad. <b>Tercera:</b> Dar permanentemente el manejo adecuado a los residuos peligrosos que genera. <b>Cuarta:</b> realizar muestreo de suelo superficial de 0 a 5 cm de profundidad, representativo de toda la superficie que ocupan las instalaciones y zonas colindantes de la empresa.</p> <p>El 21 de diciembre de 2005, la paraestatal interpuso un recurso de revisión. El 10 de enero de 2006, se admite a trámite el recurso de revisión interpuesto en contra de la resolución administrativa, mismo que fue resuelto a favor de la Comisión Federal de Electricidad, declarándose el procedimiento administrativo nulo, liso y llano.</p>

Estado	Central Geotérmica	No. de Expediente	Observaciones	Resolutivos
Baja California	Cerro Prieto	FFPA/9.2/2C.27.1/0211-10	<p>Incumplimientos</p> <p>Del acta de inspección correspondiente se advirtieron 3 irregularidades:</p> <p>1) No envió a eliminación los residuos peligrosos contaminados con bifenilos policlorados (14 transformadores y 58 tibores de 200 litros de capacidad conteniendo aceite dieléctrico);</p> <p>2) Almacenó por mas de 6 meses los residuos peligrosos contaminados con bifenilos policlorados (14 transformadores eléctricos y 58 tibores de 200 litros de capacidad conteniendo aceite dieléctrico);</p> <p>y 3) Se observaron 14 transformadores eléctricos que cuentan con una etiqueta de identificación, pero debido a que los transformadores se encuentran al aire libre, la etiqueta es ilegible.</p> <p><b>Observación.</b> La paraestatal señaló que la citada norma no aplica en lo relativo a su eliminación, toda vez que el "Convenio de Estocolmo" le otorga hasta el año 2025, como plazo para su manejo.</p>	<p>Se encuentra pendiente la emisión del resolutive por parte de PROFEPA-Baja california</p>

✓

Estado	Central Geotérmica	No. de Expediente	Observaciones	Resolutivos
Michoacán	Los Azufres	PFFA/22.2/2C.27.1/0036-10	Sin Incumplimientos	PFFA/22.2/2C.27.1/0369-10 6 de abril de 2010
Municipio de Hidalgo	Actividades realizadas por la empresa denominada Constructora y Perforadora Latina, S.A. de C.V., en el Campo Geotérmico Los Azufres.	Correspondiente a la visita de inspección practicada el 12 de marzo de 2010, con objeto de verificar el cumplimiento de sus obligaciones ambientales en materia de residuos peligrosos.	Del análisis del acta de inspección, en particular del apartado relativo a la exposición de hechos u omisiones, no se detectaron irregularidades, lo cual es ratificado mediante dictamen técnico de fecha 30 de marzo de 2010, que señala que no existen irregularidades.	En virtud de que no existieron irregularidades que pudieran ser violatorias a la ley ambiental y su reglamento que pudieran dar lugar a la imposición de sanciones administrativas, y se encontró satisfecho el interés jurídico y público, se ordenó el cierre del expediente
Municipios de Hidalgo y Zitacuaro	Proyecto Geotérmico Tejamaniles	PFFA/22.3/2C.27.5/30-10	Incumplimientos	PFFA/22.3/2C.27.5/0269-10 16 de febrero de 2011
		Correspondiente a la visita de inspección practicada el 24 de septiembre de 2010, con objeto de verificar el cumplimiento de sus obligaciones en materia de impacto ambiental.	Del análisis de la acta de inspección, se advirtió que la paraestatal durante la visita, no presentó la memoria de los resultados obtenidos en los muestreos regionales y locales de la calidad del agua en arroyos y manantiales considerando el análisis de las concentraciones de sulfatos, cloruros, sílices, potasio, magnesio, acompañados de su análisis y comentarios respectivos, misma que debió presentarse ante la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente en forma semestral. Por lo que se consideró la violación de los artículos 47 y 48 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, así como al término Sexto, condicionante No. 11, de la autorización en materia de impacto ambiental No. D.O.ODGOEIA.-000220, de fecha 28 de enero del 2000.	Toda vez que durante la sustanciación del procedimiento, la paraestatal presentó documentación a la Delegación con la que subsanó las infracciones y al no existir la irregularidad, fue procedente no imponerle sanción económica.

0

Estado	Central Geotérmica	No. de Expediente	Observaciones	Resolutivos
Puebla	Los Humeros	PFPA/PUE/47/0461-07	Irregularidades Acuerdo de Emplazamiento Oficio No. PFPA/PUE/SJ/0282/2007 7 de enero de 2007	No. de Control 002-04 16 de febrero de 2009
Municipio de Chignautla	Proyecto Los Humeros II	Correspondiente a la visita de inspección practicada el 6 de diciembre de 2007, con el objeto de verificar el cumplimiento de términos y condicionantes de la autorización en materia de evaluación de impacto ambiental emitida por la autoridad normativa mediante oficio No. S.G.P.A./DGIRA/DDT.2437.06, de fecha 15 de diciembre de 2006.	Se ordenó a la paraestatal como medida técnica, presentar todo tipo de documentales que avalaran estar dando cumplimiento a los términos y condicionantes previstos en la citada autorización, y se señaló que la autorización contempla las obras y actividades asociadas a una ampliación de la subestación, por lo que en caso de que la ejecución de obras involucren actividades altamente riesgosas, deberá presentar el estudio de riesgo correspondiente y dar aviso a la DGIRA, de cualquier modificación del proyecto.	Se cerró el expediente debido a que la CFE dio cumplimiento a los requerimientos de la autorización, además de que en el momento de la visita no daba inicio la construcción, por lo que advirtió que los requerimientos formulados en el citado emplazamiento, no fueron objeto de la inspección y el asunto carecía de materia en la que recaiga la verificación o sanción.
		PFPA/27.2/C.27.5./051/10-054	Irregularidades Acuerdo de Emplazamiento Oficio No. PFPA/27.5/2C/5731/10 1 de octubre de 2010	
		Correspondiente a la visita de inspección practicada el 4 y 5 de agosto de 2010, con el objeto de verificar el cumplimiento de términos y condicionantes de la autorización en materia de evaluación de impacto ambiental emitida por la autoridad normativa mediante oficio No. S.G.P.A./DGIRA/DDT.2437.06, de fecha 15 de diciembre de 2006.	se ordenaron 3 medidas técnicas a la paraestatal, consistentes en presentar: 1) Actualización del aviso de inscripción como empresa generadora de residuos peligrosos, para todos los residuos generados y las cantidades generadas en promedio anual; 2) El programa de vigilancia ambiental propuesto a la SEMARNAT, con fecha 14 de febrero de 2008, y la respuesta de esa autoridad; y 3) Una vez que concluyan las actividades de construcción, las documentales que acrediten el cumplimiento de tres medidas de mitigación consistentes en a) El retiro de estructuras temporales y el tratamiento de los terrenos que hayan sido utilizados temporalmente, para propiciar el establecimiento de cubierta vegetal natural. b) El tratamiento de los taludes restantes de las actividades constructivas, atenuándolas hasta alcanzar una pendiente que garantice su estabilidad y se propicie el desarrollo de la cubierta vegetal natural, con el fin de mitigar los efectos de erosión. c) El retiro de estructuras temporales y la recuperación de terrenos, de tal manera que propicie el desarrollo de la cubierta vegetal natural que caracteriza las áreas antes de las obras.	Se encuentra pendiente la emisión del resolutivo por parte de PROFEPA-Puebla

## ANEXO 2. TALLER DE VALORACIÓN DE INDICADORES

### Agenda

#### TALLER DE EVALUACION DE LA NOM 150

QUE ESTABLECE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL QUE DEBEN OBSERVARSE EN LAS ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN PRELIMINAR DE POZOS GEOTÉRMICOS PARA EXPLORACIÓN, UBICADOS EN ZONAS AGRÍCOLAS, GANADERAS Y ERIALES, FUERA DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y TERRENOS FORESTALES

Octubre 21, 2011

10 a 14 horas

Sala de juntas de la Dirección General de Energía y Actividades Extractivas SEMARNAT

México DF

**Audiencia relevante:** Personal técnico y responsables de proyectos de perforación de pozos de exploración geotérmica así como autoridades ambientales responsables de la aplicación y vigilancia de la NOM 150

**Objetivos:** Validar la selección de indicadores de evaluación de la NOM 150 así como valorar dichos indicadores a la luz de estudios de caso e información disponible sobre experiencias de su cumplimiento, vigilancia y aplicación.

#### Programa:

1. Bienvenida, revisión de agenda y objetivos del taller
2. Presentación 1.- Metodología de Evaluación de la NOM 150 y selección de indicadores  
Comentarios
3. Presentación 2.- Estudios de caso e información faltante  
Comentarios
4. Presentación 3.- Valoración de indicadores (preliminar)  
Comentarios
5. Conclusiones y acuerdos

## Relatoría

# Relatoría del Taller de Validación de Indicadores de la NOM-150-SEMARNAT-2006

El taller se realizó el 21 de Octubre de 2011 en la Sala de juntas de la Dirección General de Energía y Actividades Extractivas del edificio sede de la SEMARNAT, en México DF. La audiencia, objetivos y agenda prevista fueron como sigue:

**Audiencia relevante:** Personal técnico y responsables de proyectos de perforación de pozos de exploración geotérmica (SENER, CFE e IIE), así como autoridades ambientales responsables de la aplicación y vigilancia de la NOM-150-SEMARNAT-2006 (SEMARNAT y PROFEPA) según la siguiente lista de asistencia:

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES  
SUBSECRETARÍA DE FOMENTO Y NORMATIVIDAD AMBIENTAL  
DIRECCIÓN GENERAL DE ENERGÍA Y ACTIVIDADES EXTRACTIVAS

REUNIÓN DE TRABAJO TALLER EVALUACIÓN NOM-150-SEMARNAT-2006  
**LISTA DE ASISTENCIA**  
VIERNES 21 DE OCTUBRE DE 2011

NOMBRE	CARGO	INSTITUCION	CORREO ELECTRÓNICO	TEL/FAX	FIRMA
Alfonso Aguilar	Encargado de Gestión de Recursos SGE	Inst. Mexicana de Energía	alfonso.aguilar@inec.org.mx	577 24411 247 7517	
Angel Fico Pico	Dir. de Reg. y Control	PROFEPA	angel.fico@profepa.gob.mx	57 28200 57 28200	
Tomás Delgado	Asesor	SINAM	tomad@sinam.gob.mx		
Luis Simón Calzadilla	Director del Servicio Ambiental de Energía	SINAME	simoncalzadilla@siname.gob.mx	57 28200	
Felipe Rodríguez Cervantes	Jefe de Depto. Imp. Ambiental	CFE	felipe.rod@cfegob.mx	01 (493) 3 227062	
Efraim Neco R.	Ingeniero II	CFE	efraim.neco@cfegob.mx	5621-4900 Ext. 49214	
Kenia Cedeno	Encargada de Gestión de Energía	IGET	kenia.cedeno@igetmexico.gob.mx	5260	
Carolina Fernaldo	Subdirectora General	PROFEPA	carolina.fernando@profepa.gob.mx	23566 57 28200 16315	
Francisco Neco	Dir. Área Reg. y Control	PROFEPA	francisco.neco@profepa.gob.mx		

NOMBRE	CARGO	INSTITUCION	CORREO ELECTRÓNICO	TEL/FAX	FIRMA
Victor H Huerto	Técnico Aub.	CFE	hhuerto@hotmail.com	5224-9900 EXT. 99130	
Juan Michel Duran	Director Energías Ren.	SENER	jmichel@energin.gob.mx	5000-6000 ext 2235	
Amira G. A. Solano Azar	DIRECTORA DE CENTROS LAS CANGALDES	SENER	amanzano@energin.gob.mx	5000-6000 ext 2092	
JORGE LESTRADE P.	SUBDIRECTOR	SEMARNAT DGEAE	jorge.lestrade@semarnat.gob.mx	56282050	
Amira G. A. SOLANO AZAR	DIRECTORA	SEMARNAT DGEAE	amira.solano@semarnat.gob.mx	56282050	
J ALBERTO MANZANO LIRA	SUBDIRECTOR A. RESPONSABLES	✓	alberto.manzano@semarnat.gob.mx	56280731	

**Objetivos:** Validar y cuantificar los indicadores de evaluación de la NOM-150-SEMARNAT-2006 de acuerdo con la Metodología de Marco Lógico, utilizando estudios de caso e información disponible sobre experiencias de su cumplimiento, vigilancia y aplicación.

**Agenda:**

1. Bienvenida, revisión de agenda y objetivos del taller

La Bienvenida estuvo a cargo de la Biol. Amira G. A. Solano Azar quien comentó que el objetivo del taller es contar con la presencia de instituciones involucradas en perforación de pozos geotérmicos en relación a la evaluación de la NOM-150-SEMARNAT-2006 en los ámbitos ambiental, social y económico; así como la valoración de los indicadores propuestos. Al respecto también se comentó que existe un potencial geotérmico importante en México y que como fuente estable de energía primaria se espera pueda ampliarse la capacidad de generación geotérmica en los próximos años. Se puntualizó que con la vigencia de la norma, se hace más sencillo el manejo de la información requerida así como los tiempos de entrega de las resoluciones de impacto ambiental. En ese mismo contexto se mencionó que se ha solicitado a la SEMARNAT la elaboración de norma específica que regule las emisiones a la atmósfera como el ácido sulfhídrico en relación a la operación de pozos y centrales geotérmicas.

## 2. Presentación 1.- Metodología de Evaluación de la NOM-150-SEMARNAT-2006 y selección de indicadores

El M. en C. Luis R. Sánchez Cataño Presidente del Colegio de Ingenieros Ambientales de México y consultor del proyecto presentó la metodología de evaluación de la NOM-150-SEMARNAT-2006 y la propuesta de indicadores y se reconoció que éstos están relacionados a los temas y aspectos principales de la NOM-150-SEMARNAT-2006. Precisó que la información para valorar los indicadores es aun incompleta y que dicha valoración se realizará una vez se tengan mejor documentados los estudios de caso. Al respecto se realizó un ejercicio para priorizar la relevancia de las especificaciones de la norma, mismo que será tomado en cuenta en la ponderación de criterios de cumplimiento y recomendaciones de la NOM-150-SEMARNAT-2006 (ver anexo)

## 3. Presentación 2.- Estudios de caso e información faltante

El M. en C. Luis R. Sánchez Cataño presentó los estudios de caso y la información existente, así como la información faltante, aclarando que los escenarios de evaluación de la norma se basaron en los resolutivos de SEMARNAT y actividades de inspección de PROFEPA realizadas en los Campos Geotérmicos Cerro Prieto, Los Azufres y Los Humeros; es decir, en Campos que están en operación desde antes de la vigencia de la NOM-150-SEMARNAT-2006. Al respecto, el Biol. Felipe Rodrigo representante de la Gerencia de Geotermia de CFE aclaró que en relación a observaciones realizadas por PROFEPA en años previos, los equipos de perforación actuales cuentan con mejor tecnología, son más eficientes y con menos fugas. De igual manera, actualmente todas las centrales geo termoeléctricas cuentan con certificado de Industria Limpia, es decir, mediante auditoría ambiental han demostrado el cumplimiento de condicionantes establecidas en resolutivos de impacto ambiental. Al respecto se comentó que incluso diversas especificaciones que ahora forman parte de la NOM-150-SEMARNAT-2006, en su momento fueron incluidas como medidas de mitigación o condicionantes de impacto ambiental, mismas que ya se han implementado en la operación de los campos y centrales geo termoeléctricas.

Como corolario de la presentación de casos y la línea de tiempo correspondiente, se identificó que la NOM-150-SEMARNAT-2006 no se aplicó a los campos referidos ya que estos se desarrollaron previamente a la vigencia de la norma y que su aplicación reciente corresponde a la zona del Valle de Mexicali, en Tulecheck y en el Ejido de Nuevo León. Se considera que se debe valorar la posible aplicación de la Norma no solo en zonas agrícolas o eriales porque en muchas zonas donde actualmente se está explotando el recurso geotérmico no caen dentro de las zonas cubiertas por la norma; tal es el caso del campo geotérmico de "Las Tres Vírgenes" que se encuentra dentro de un área natural protegida.

Con relación a la presentación realizada de casos, el Biol. Felipe Rodrigo aclaró aspectos adicionales sobre status actual de proyectos en Cerro Prieto y Los Azufres. Señaló que los pozos ubicados en el Ejido de Nuevo León y la zona de Tulecheck, si bien se ubican en el Valle de Mexicali se consideran como diferentes pozos no asociados con la central de Cerro Prieto. Al contrario de Cerro Prieto, en Los Azufres existe un campo disperso en 42 km<sup>2</sup> con infraestructura y pozos ubicados en varios predios.

En cuanto al manejo de residuos, incluyendo las grasas y aceites del equipo de perforación así como los recortes, se manejan primordialmente en presas móviles o contenedores bajo esquemas de manejo especial y de acuerdo a su caracterización CRET. Hasta la fecha ninguna muestra ha ameritado clasificar como residuo peligroso.

En relación a las emisiones a la atmósfera, actualmente se realiza monitoreo ambiental de Ácido Sulfhídrico, en Cerro Prieto; semestralmente se tiene un muestreo de manantiales y Norias de la zona, mismos que se reportan a PROFEPA.

En el caso de Cerritos Colorados, se reconocieron las diferentes etapas por las que ha pasado el desarrollo de pozos geotérmicos en la zona, si bien la exploración y desarrollo de pozos se realizó antes del periodo de vigencia de la NOM-150-SEMARNAT-2006. Se aclaró que actualmente el proyecto de desarrollo de la Central Geo termoeléctrica está autorizado pero se encuentra en suspenso hasta tener un mejor escenario en cuanto a la aceptación social.

En relación a costos de cumplimiento ambiental relacionados a la operación de pozos y centrales termoeléctricas se estima que éstos representan entre 2 a 3% del presupuesto anual de operación e inversión, sin embargo esta cifra puede variar.

Sobre la evaluación de la conformidad se comentó que este procedimiento requiere la contratación de una unidad de verificación. Al respecto CFE pudo identificar solo un proveedor y cuyos costos eran excesivos, por lo que hasta ahora no se ha aplicado dicho procedimiento bajo este esquema. En su caso, Francisco Nava representante de PROFEPA aclaró que la evaluación de conformidad puede ser realizada por las Delegaciones de PROFEPA, si bien deben solicitarse con tiempo de anticipación para así entrar dentro de la planeación de visitas de inspección.

#### 4. Presentación 3.- Valoración de indicadores (preliminar) y conclusiones y acuerdos

Los consultores explicaron las tablas que serán utilizadas para documentar la valoración de indicadores. De igual manera aclararon que la valoración se realizará posteriormente hasta tener una recopilación adecuada de experiencias de CFE en la aplicación de la NOM-150-SEMARNAT-2006.

Al cierre del taller se establecieron los siguientes acuerdos:

- Los participantes del taller podrán enviar propuestas para la modificación del contenido de la norma, mismas que deberán justificarse a fin de que puedan ser puestas a consideración y aceptadas en la revisión quinquenal de la NOM-150-SEMARNAT-2006 que se realizará el próximo año.
- Representantes de CFE realizarán una presentación del status actual de cumplimiento de la NOM-150-SEMARNAT-2006 en pozos de exploración geotérmica. Se hará extensiva invitación a asistir a esta reunión a la Subprocuraduría de Recursos Naturales de la PROFEPA además de los participantes del taller.

- Los consultores actualizarán la información de casos de estudio incluidos en el Informe de Evaluación de la NOM-150-SEMARNAT-2006 con base en la información que proporcionen los representantes de CFE.

# Metodología de Evaluación de la NOM 150 y selección de indicadores

TALLER DE EVALUACIÓN DE LA NOM-150

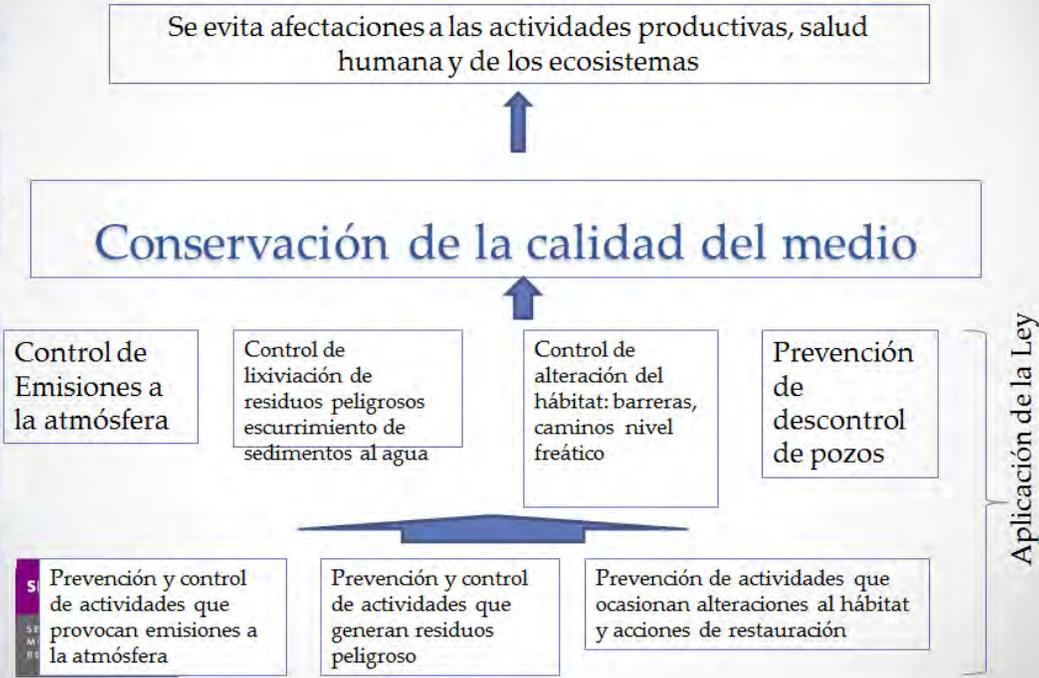


## Árbol de problemas



# Árbol de soluciones

Actividades Componentes Propósito Fin



TALLER DE EVALUACIÓN DE LA NOM-150



objetivos	Resumen narrativo	Indicador	Medios de verificación
<b>1. Fin (Impacto)</b>	1 Contribuir a la conservación de los recursos naturales mediante la prevención de los impactos de la perforación de pozos geotérmicos	Variación de la calidad del aire, agua y suelo	Monitoreo en campo
<b>2. Propósito (Resultados)</b>	Los recursos naturales (suelo, agua, atmósfera, ecosistemas) son protegidos de los impactos negativos	Porcentaje de pozos geotérmicos en donde se cumplió la NOM-150/total de pozos geotérmicos	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente Secretaría de energía
<b>3. Componente (Productos y Servicios)</b>	1 Residuos peligrosos manejados adecuadamente	Porcentaje de residuos peligroso que se manejan de acuerdo a la NOM-150/residuos peligrosos	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente Secretaría de energía
	2 Emisiones a la atmósfera evitadas	Porcentaje de emisiones a la atmósfera que se manejan de acuerdo a la NOM-150/total de emisiones a la atmósfera	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente Secretaría de Energía
	3. Afectaciones al hábitat evitadas	Porcentaje de superficie que se manejan de acuerdo a la NOM-150/superficie total ocupada	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente Secretaría de Energía
<b>4. Actividad (Acciones y Procesos)</b>	1. Cumplimiento de acciones para la prevención de contaminación del agua y suelo por residuos peligrosos	Porcentaje promedio de cumplimiento de las disposiciones en materia de residuos peligrosos	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente Secretaría de Energía
	2. Cumplimiento de acciones para la prevención de contaminación del aire	Porcentaje promedio de cumplimiento de las disposiciones en materia de emisiones a la atmósfera	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente Secretaría de Energía
	3. Cumplimiento de acciones para la conservación del hábitat	Porcentaje promedio de cumplimiento de las disposiciones en materia de conservación del hábitat	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente Secretaría de Energía
	4. Cumplimiento de acciones para prevención de emergencias	Porcentaje promedio de cumplimiento de las disposiciones en materia prevención de emergencias	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente Secretaría de Energía

característica

# Tabla de Indicadores

Jerarquía de Objetivos	Matriz de Marco Lógico		
	Resumen narrativo	Indicador	Medios de verificación
<b>1. Propósito (Resultados)</b>	Los recursos naturales (suelo, agua, atmósfera, ecosistemas) son protegidos de los impactos negativos de la perforación de pozos geotérmicos	Porcentaje de pozos geotérmicos en donde se cumplió la NOM-150/ total de pozos geotérmicos	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente Secretaría de energía
<b>2. Actividad</b>	1 Residuos peligrosos manejados adecuadamente	Porcentaje de residuos peligrosos que se manejan de acuerdo a la NOM-150/ criterios en materia de residuos peligrosos	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente Secretaría de energía
	2 Condensados y escurrimientos manejados adecuadamente	Porcentaje de condensados y escurrimientos que se manejan de acuerdo a la NOM-150/criterios de agua	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente Secretaría de energía
	3 Emisiones a la atmósfera evitadas	Porcentaje de emisiones a la atmósfera que se manejan de acuerdo a la NOM-150/criterios de emisiones a la atmósfera	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente Secretaría de Energía
	4 Afectaciones al hábitat evitadas	Porcentaje de superficie que se manejan de acuerdo a la NOM-150/criterios de superficie total ocupada	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente Secretaría de Energía



## Características de indicadores

- 1) La relevancia del instrumento normativo entendida como el grado en el cual los objetivos del instrumento son congruentes con las necesidades de los beneficiarios y de las políticas públicas.
- 2) El efecto de un instrumento' normativo definido como el grado de modificación positiva 0 negativa y permanente de las condiciones del entorno que justificaron la expedición del instrumento.
- 3) La efectividad de un instrumento normativo corresponde al grado en el cual el instrumento logra modificar la actitud o desempeño de la población objetivo.
- 4) La eficacia definida como el grado de la aplicabilidad del instrumento normativo (calidad del mismo), y
- 5) La eficiencia del instrumento normativo determina si los beneficios de la aplicación del instrumento son mayores que los costos de cumplirlo y hacerlo cumplir.



# Recopilación de información

- Secretaría de Energía
- CFE
- PROFEPA

Puntos a considerar:

Valoración de cumplimiento (manejo adecuado)



## Fichas de Indicadores

INDICADORES PARA EVALUACIÓN DE LA NOM-150  
FICHA TÉCNICA

Porcentaje de pozos geotérmicos en donde se cumplió la NOM-150/total de pozos geotérmicos				
Ramo Administrativo	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales			
Unidad responsable del Fp	Dirección General de Energía y Actividades Extractivas de la Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental SEMARNAT			
Matriz de Indicadores para Resultados				
Resumen Narrativo				
Objetivo al que corresponde el Indicador	Los recursos naturales (suelo, agua, atmósfera, ecosistemas) son protegidos de los impactos negativos de la perforación de pozos geotérmicos	Marque el nivel del objetivo de la Matriz de Marco Lógico	Fin	Propósito
			Actividades	
Indicador				
Datos de identificación del Indicador				
Nombre del Indicador	Pozos geotérmicos donde se cumple la NOM-150.			
Unidad de medida	Porcentaje de pozos geotérmicos donde se aplica la NOM-150			
Definición del Indicador	Porcentaje de pozos geotérmicos donde se aplica la NOM-150 del total de los pozos existente			
Método de Cálculo	Se realizó un censo de los pozos geotérmicos nacionales y en cuáles se aplica la NOM-150, y los que cuentan con una implementación deficiente.			
Desagregación geográfica	Frecuencia de medición por caso, en algunos casos se hizo valoración nacional			
Serie de Información Disponible				
Características del Indicador				
Característica	Calificación	Justificación		
Claridad	Cumple/no cumple	Muestra de manera sencilla el cumplimiento promedio de lo establecido en la NOM-150		
Economía	Cumple/no cumple	La información está disponible a un costo razonable, con base en información bibliográfica así como con información de campo		
Relevancia	Cumple/no cumple	Es relevante debido a que refleja de manera importante el logro del objetivo planteado		
Sintético	Cumple/no cumple	Refleja de manera sencilla el estado del proceso		
Soportados metodológicamente	Cumple/no cumple	Está apoyado en una metodología de cálculo sencilla pero sistemática		
Valor				
Año	Indicador (relativo)	Numerador (Absoluto)	Denominador (universo de cobertura)	Periodo al que corresponde el valor
2006	%	Cumplimiento promedio de criterios de lo establecido en la NOM-150	Actividad nacional, para las 3 áreas con exploración geotérmica	2000-2006
Comentarios línea base se considera como línea base al escenario previo a la expedición de la NOM-150				

INDICADORES PARA EVALUACIÓN DE LA NOM-150

FICHA TÉCNICA

Porcentaje de residuos peligrosos que se manejan de acuerdo a la NOM-150/residuos peligrosos generados				
Ramo Administrativo	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales			
Unidad responsable del Pp	Dirección General de Energía y Actividades Extractivas de la Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental SEMARNAT			
Matriz de Indicadores para Resultados				
Resumen Narrativo				
Objetivo al que corresponde el indicador	Residuos peligrosos manejados adecuadamente	Marque el nivel del objetivo de la Matriz de Marco Lógico	Fin	
			Propósito	
			Actividades	
Indicador				
Datos de identificación del Indicador				
Nombre del Indicador	Residuos peligrosos manejados adecuadamente			
Unidad de medida	Porcentaje de cumplimiento a criterios de manejo			
Definición del Indicador	Porcentaje de cumplimiento promedio de criterios de manejo de residuos peligrosos de la NOM 150			
Método de Cálculo	Se realizó una estimación de cada criterio por cada caso de estudio, en base a esto, se estimó un porcentaje agregado de cumplimiento para la evaluación.			
Desagregación geográfica	Frecuencia de medición por caso, en algunos casos se hizo valoración nacional			
Serie de Información Disponible				
Información disponible todo lo usado de la bibliografía				
Características del Indicador				
Característica	Calificación	Justificación		
Claridad	Cumple/no cumple	Muestra de manera sencilla el cumplimiento promedio de los criterios de manejo de residuos peligrosos		
Economía	Cumple/no cumple	La información está disponible a un costo razonable, con base en información bibliográfica así como con información de campo		
Relevancia	Cumple/no cumple	Es relevante debido a que refleja de manera importante el logro del objetivo planteado		
Sintético	Cumple/no cumple	Refleja de manera sencilla el estado del proceso		
Soportados metodológicamente	Cumple/no cumple	Está apoyado en una metodología de cálculo sencilla pero sistemática		
Línea base (previo a NOM 150)				
Año	Valor	Numerador (Absoluto)	Denominador (universo de cobertura)	Periodo al que corresponde el valor
2006	%	cumplimiento promedio de criterios de manejo de residuos peligrosos de la NOM 150	Actividad nacional, para las 3 áreas con exploración geotérmica	2000-2006
Comentarios línea base se considera como línea base al escenario previo a la expedición de la NOM 150				

INDICADORES PARA EVALUACIÓN DE LA NOM-150

FICHA TÉCNICA

Porcentaje de condensados y escorrentías que se manejan de acuerdo a la NOM-150/criterios de agua				
Ramo Administrativo	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales			
Unidad responsable del Pp	Dirección General de Energía y Actividades Extractivas de la Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental SEMARNAT			
Matriz de Indicadores para Resultados				
Resumen Narrativo				
Objetivo al que corresponde el indicador	Condensados y escorrentías manejados adecuadamente	Marque el nivel del objetivo de la Matriz de Marco Lógico	Fin	
			Propósito	
			Actividades	
Indicador				
Datos de identificación del Indicador				
Nombre del Indicador	Condensados y escorrentías manejados adecuadamente			
Unidad de medida	Porcentaje de cumplimiento a criterios de manejo			
Definición del Indicador	Porcentaje de cumplimiento promedio de criterios de manejo de condensados y escorrentías de la NOM 150			
Método de Cálculo	Se realizó una estimación de cada criterio por cada caso, en base a esto, se estimó un porcentaje agregado de cumplimiento y se evaluó cada caso.			
Desagregación geográfica	Frecuencia de medición por caso, en algunos casos se hizo valoración nacional			
Serie de Información Disponible				
Información disponible todo lo usado de la bibliografía				
Características del Indicador				
Característica	Calificación	Justificación		
Claridad	Cumple/no cumple	Muestra de manera sencilla el cumplimiento promedio de los criterios de manejo de condensados y escorrentías.		
Economía	Cumple/no cumple	La información está disponible a un costo razonable, con base en información bibliográfica así como con información de campo		
Relevancia	Cumple/no cumple	Es relevante debido a que refleja de manera importante el logro del objetivo planteado		
Sintético	Cumple/no cumple	Refleja de manera sencilla el estado del proceso		
Soportados metodológicamente	Cumple/no cumple	Está apoyado en una metodología de cálculo sencilla pero sistemática		
Línea base (previo a NOM 150)				
Año	Valor	Numerador (Absoluto)	Denominador (universo de cobertura)	Periodo al que corresponde el valor
2006	%	Cumplimiento promedio de criterios de manejo condensados y escorrentías de la NOM 150	Actividad nacional, para las 3 áreas con exploración geotérmica	2000-2006
Comentarios línea base se considera como línea base al escenario previo a la expedición de la NOM 150				

SE  
SEC  
ME  
REC

INDICADORES PARA EVALUACIÓN DE LA NOM-150					
FICHA TÉCNICA					
Porcentaje de condensados y escorrentías que se manejan de acuerdo a la NOM-150/ criterios de agua					
Ramo Administrativo	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales				
Unidad responsable del Pp	Dirección General de Energía y Actividades Extractivas de la Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental SEMARNAT				
Matriz de Indicadores para Resultados					
Resumen Narrativo					
Objetivo al que corresponde el Indicador	Condensados y escorrentías manejados adecuadamente	Marque el nivel del objetivo de la Matriz de Marco Lógico	Fin	Propósito	
				Actividades	
Indicador					
Datos de identificación del Indicador					
Nombre del Indicador	Condensados y escorrentías manejados adecuadamente				
Unidad de medida	Porcentaje de cumplimiento a criterios de manejo				
Definición del Indicador	Porcentaje de cumplimiento promedio de criterios de manejo de condensados y escorrentías de la NOM 150				
Método de Cálculo	Se realizó una estimación de cada criterio por cada caso, en base a esto, se estimó un porcentaje agregado de cumplimiento y se evaluó cada caso.				
Desagregación geográfica	Frecuencia de medición por caso, en algunos casos se hizo valoración nacional				
Serie de Información Disponible					
Información disponible todo lo usado de la bibliografía					
Características del Indicador					
Característica	Calificación	Justificación			
Claridad	Cumple/no cumple	Muestra de manera sencilla el cumplimiento promedio de los criterios de manejo de condensados y escorrentías.			
Economía	Cumple/no cumple	La información está disponible a un costo razonable, con base en información bibliográfica así como con información de campo			
Relevancia	Cumple/no cumple	Es relevante debido a que refleja de manera importante el logro del objetivo planteado			
Sintético	Cumple/no cumple	Refleja de manera sencilla el estado del proceso			
Soportados metodológicamente	Cumple/no cumple	Está apoyado en una metodología de cálculo sencilla pero sistemática			
SE	Valor		Periodo al que corresponde el valor		
	Año	Indicador (relativo)			Numerador (Absoluto)
SE	2006	%	Cumplimiento promedio de criterios de manejo condensados y escorrentías de la NOM 150	Actividad nacional, para las 3 áreas con exploración geotérmica	2000-2006
SE	Comentarios línea base se considera como línea base al esenario previo a la expedición de la NOM 150				

# Valoración de Indicadores

TALLER DE EVALUACIÓN DE LA NOM-150

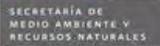


# Incumplimientos Detectados en:

- Manejo de Residuos Peligrosos
- Emisiones a la Atmósfera
- Protección de Hábitat
- Condensados y Escorrentías



# Manejo de Residuos Peligrosos



- Disposiciones de Registro y manejo de residuos peligrosos, incluyendo registro de Generador de RP, almacén de RP y registro de envío, manejo y disposición final (Cerro Prieto, B.C., Los Humeros, Pue.)
- Análisis CRETI de los recortes de perforación y manejo de acuerdo a su clasificación.
- Impermeabilización y manejo de lodos contenidos en las presas de lodos.
- Manejo de residuos de la construcción conforme a disposiciones de plan de manejo.



# Emisiones a la Atmósfera



- Emisiones fugitivas de polvos por el transporte de materiales movimiento de tierras en la construcción de las plataformas y caminos de acceso.
- Equipos de control para reducir las descargas de gases a la atmósfera así como de ruido (Cerro Prieto, B.C.)
- Control y monitoreo de emisiones de H<sub>2</sub>S (Cerro Prieto, B.C., Los Azufres, Mich.)





TALLER DE EVALUACIÓN DE LA NOM-150

## Protección de Hábitat



- Delimitación en el área de operación de pozos con divisiones perimetrales a base de malla ciclónica o alambrado de púas (Tulecheck B .C., Los Humeros Pue.)
- Incumplimiento de criterios de desmonte en la apertura de caminos y preparación del sitio (Cerritos Colorados Jal.)
- Restauración de suelo con vegetación nativa.





# Condensados y Escorrentías

TALLER DE EVALUACIÓN DE LA NOM-150



- Cumplimiento de medidas preventivas para no afectar el régimen y condiciones hidrológicas del sitio, incluyendo instalación de tuberías de conducción y obras complementarias.
- Manejo de condensados incluyendo instalaciones para evaporación y presas de condensados para su posterior reinyección
- Monitoreo de la calidad del agua en acuíferos y mantos freáticos (Nuevo León B.C.)
- Instalación y retiro de letrinas para uso de los trabajadores.

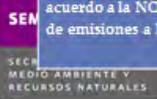




TALLER DE EVALUACIÓN DE LA NOM-150

## Valoración de Indicadores

Indicador	Línea Base (Antes de NOM-150)	Con NOM-150	Observaciones
Porcentaje de pozos geotérmicos en donde se cumplió la NOM-150/total de pozos geotérmicos			
Porcentaje de residuos peligrosos que se manejan de acuerdo a la NOM-150/residuos peligrosos generados			
Porcentaje de condensados y escorrentías que se manejan de acuerdo a la NOM-150/criterios de agua			
Porcentaje de emisiones a la atmósfera que se manejan de acuerdo a la NOM-150/criterios de emisiones a la atmósfera			



## Resultado de la Encuesta

Fase	Manejo Adecuado	Relevancia	Voto	Porcentaje
	<b>Residuos Peligrosos</b>			
Preparación del Sitio y Construcción	3.11 Impermeabilización: Actividad que se realiza para evitar la infiltración en el subsuelo de materiales o residuos que pudieran contaminarlo	Alta	9	100%
		Media	0	0%
		Baja	0	0%
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.7 Se deben compactar e impermeabilizar las áreas donde se instalarán los equipos de perforación, presas de lodos y tanques de almacenamiento, para evitar que se infiltren contaminantes que pudieran verterse sobre el suelo. La impermeabilización debe realizarse por medio de una lona plastificada impermeable, con resistencia de la trama a la ruptura de 30 kgf/cm y al rasgado de trama de 41 kgf, confeccionada con bastilla doble y ojillos a cada metro; así como resistente al ataque químico, a la temperatura del fluido y a las sustancias para las cuales se impermeabiliza; o por medio de otra tecnología con resultados equivalentes o superiores, en cuyo caso debe contarse con los resultados de las pruebas que así lo demuestren.	Alta	9	100%
		Media	0	0%
		Baja	0	0%
Perforación de Pozos	4.3.1 La presa de lodos debe ubicarse en terreno estable y debe estar compactada, impermeabilizada y recubierta con una lona plastificada (conforme al 4.2.8) en el fondo y las paredes, y debe contar con una profundidad máxima de 3 m que permita almacenar temporalmente los residuos de la perforación, que evite tanto la infiltración de lixiviados al subsuelo como la contaminación de los mantos acuíferos.	Alta	9	100%
		Media	0	0%
		Baja	0	0%
Perforación de Pozos	4.3.4 Se deben almacenar de manera temporal los residuos sólidos urbanos generados durante las diferentes etapas del proyecto, conforme a lo que disponga la autoridad local competente.	Alta	6	57%
		Media	3	33%

Fase	Manejo Adecuado	Relevancia	Voto	Porcentaje
		Baja	0	0%
Perforación de Pozos	4.3.6 Al término de la perforación del pozo, la disposición final de los recortes y fluidos de perforación almacenados en la presa de lodos se debe realizar de acuerdo con los resultados del análisis CRETÍ. Los residuos que por sus características se consideren como peligrosos, deben manejarse y disponerse conforme a la legislación y normatividad vigentes.	Alta	9	100%
		Media	0	0%
		Baja	0	0%
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.2 Al término de las actividades se debe realizar la limpieza del sitio, a fin de evitar la contaminación de áreas aledañas; disponiendo los residuos peligrosos y no peligrosos generados por tal acción de acuerdo a la normatividad vigente	Alta	8	89%
		Media	1	11%
		Baja	0	0%
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.7 En caso de que el pozo resulte productivo se debe delimitar el área del contrapozo y de la presa de lodos con una malla ciclónica de una altura mínima de 1,80 m.	Alta	1	11%
		Media	4	44%
		Baja	3	33%
Evaluación de la Conformidad	5.4.2 Durante la Construcción de Pozos Geotérmicos	Alta	4	44%
	- Constatación ocular de la existencia de los oficios de notificación de la autoridad local competente sobre el manejo de los residuos sólidos urbanos	Media	5	56%
	- Constatación ocular de la existencia de resultados CRETÍ de los recortes de perforación y la disposición de los residuos correspondiente a la especificación 4.3.6.	Baja	0	0%

Fase	Manejo Adecuado	Relevancia	Voto	Porcentaje
Evaluación de la Conformidad	5.4.4 Al término de actividades: - Verificación ocular de la limpieza del sitio y disposición final de los residuos generados	Alta	6	67%
		Media	3	33%
		Baja	0	0%
<b>Atmósfera</b>				
Perforación de Pozos	4.3.2 Se debe realizar el almacenamiento y resguardo de maquinaria, equipo y materiales, dentro de la plataforma con el fin de garantizar la aplicación de medidas preventivas de protección al ambiente y evitar daños al entorno.	Alta	3	33%
		Media	4	64%
		Baja	1	11%
Perforación de Pozos	4.3.7 Se debe dar mantenimiento preventivo al equipo de perforación para controlar la emisión de gases contaminantes	Alta	4	44%
		Media	5	56%
		Baja	0	0%
Evaluación de la Conformidad	4.4.2 La evaluación preliminar de los pozos se debe realizar con el equipo de control de las descargas de vapor o gases a la atmósfera y que reduzcan al mínimo los niveles de ruido emitido y olores, utilizando el equipo de inducción, preventores y válvulas para alta temperatura, silenciadores centrífugos, tuberías de descarga y vertedores.	Alta	8	80%
		Media	0	0%
		Baja	1	11%

Fase	Manejo Adecuado	Relevancia	Voto	Porcentaje
<b>Hábitat</b>				
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.6 El material generado por los trabajos de nivelación del terreno y excavación se debe utilizar en la construcción de la plataforma, para evitar la creación de barreras físicas que impidan el libre desplazamiento de la fauna a los sitios aledaños a éste, y/o bordos que modifiquen la topografía e hidrodinámica de terrenos inundables, así como el arrastre de sedimentos a los cuerpos de agua cercanos a la zona del proyecto.	Alta	6	67%
		Media	2	22%
		Baja	0	0%
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.9 Para las actividades de desmonte o deshierbe durante la apertura de caminos y preparación del sitio no se debe quemar la vegetación ni usar agroquímicos. El producto de estas actividades, debe ser dispuesto en el sitio que indique la autoridad local competente o ser triturado para su reincorporación al suelo.	Alta	5	56%
		Media	2	22%
		Baja	1	11%
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.11 Durante los trabajos de perforación y mantenimiento de pozos, y durante todas las etapas del proyecto, el responsable debe instruir al personal que interviene en estas actividades a proteger el ambiente, así como a evitar que se capture, persiga, cace, colecte, trafique o perjudique a las especies de flora y fauna silvestres que habitan en la zona.	Alta	6	67%
		Media	3	33%
		Baja	0	0%
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.4 Las zonas en donde a consecuencia de las actividades de perforación se haya alterado la vegetación y que no se requieran durante el ciclo de vida del pozo geotérmico o no las soliciten en esas condiciones los propietarios en la etapa de abandono del pozo, deben restaurarse una vez terminadas dichas actividades.	Alta	7	78%
		Media	1	11%
		Baja	1	11%

Fase	Manejo Adecuado	Relevancia	Voto	Porcentaje
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.5 En el caso de que el pozo resulte improductivo, el área del proyecto y zonas aledañas que hayan resultado afectadas, deben ser restauradas a condiciones similares a las prevalentes en las áreas adyacentes al momento del inicio de los trabajos de perforación.	Alta	7	78%
		Media	1	11%
		Baja	1	11%
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.6 Las especies utilizadas en la restauración del suelo deben estar determinadas en función de la vegetación prevalente en el lugar, susceptibles a desarrollarse en el sitio y sus condiciones edafológicas.	Alta	7	78%
		Media	2	22%
		Baja	0	0%
<b>Condensados y Escorrentías</b>				
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.3 Se deben tomar las medidas preventivas a fin de no afectar el nivel del manto freático y las condiciones hidrológicas de la región. Para ello se debe instalar la tubería de conducción a 5 m y la superficial, la de anclaje y la de producción, a las profundidades que se determine de acuerdo con el análisis de la información geológica que se vaya obteniendo.	Alta	6	67%
		Media	2	22%
		Baja	0	0%
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.8 Para cubrir las necesidades fisiológicas de los trabajadores y dependiendo de las condiciones del suelo y el nivel del manto freático, se debe optar por la instalación de sanitarios portátiles uno por cada quince personas, o bien, la construcción de letrinas. En el caso de utilizar estas últimas, su diseño debe garantizar evitar la contaminación del subsuelo por infiltración. Asimismo, al término de las actividades deben ser cubiertas e inactivadas conforme a las disposiciones que señale la autoridad local.	Alta	6	67%
		Media	2	22%
		Baja	1	11%

Fase	Manejo Adecuado	Relevancia	Voto	Porcentaje
Evaluación de la Conformidad	4.4.3 En caso de que el pozo geotérmico sea productor, el agua separada producida por el mismo se debe dejar en la presa de lodos (que debe estar libre de lodos de perforación) y se le debe instalar un serpentín con tubería de acero para su evaporación. En caso de que éste no sea productor, se debe proceder a la reinyección del agua producida en el mismo.	Alta	7	78%
		Media	2	22%
		Baja	0	0%

## ANEXO 3. INFORMACIÓN DEL CASO DE TULECHECK BAJA CALIFORNIA

### ANEXO 3.1. Resultados de los Análisis CRETI, realizado a los lodos de perforación y evidencia de la disposición de residuos sólidos urbanos

#### LABORATORIOS ABC QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, S.A. DE C.V.

JARDINES DEL REY 13 COL. SAN CLEMENTE MÉXICO D.F. 07149  
TELÉFONOS: (55) 5507 4100-0018 LÍNEAS FAX: (55) 5438 8887



PPR1-148

29 de Septiembre de 2010

CONSTRUCTORA Y PERFORADORA LATINA, S.A. DE C.V.  
CARR. ESTATAL # 2 KM. 23.5 SAN COL. ENDO NUEVO LEON  
MEXICALI, B.C.

ATN: MACARIO GONZALEZ

Así como le presento le remitimos los resultados analíticos de los residuos del residuo identificado como:  
**POZO ETCH - 2 FASE INTERMEDIA A 1025 MTS PROFUNDIDAD**

La cual ingresó a nuestro laboratorio con fecha 14 de septiembre de 2010 y se registró para fines de rastreabilidad de la información generada durante el proceso analítico, con el número único 178712-1

A dicha muestra se lo realizaron los análisis correspondientes para determinar sus características de Corrosividad, Reactividad, Inflamabilidad y Toxicidad (CRIT) de acuerdo a los procedimientos y parámetros considerados en las Normas NOM-052-SEMARNAT-2005 y NOM 463-SEMARNAT-1993.

Los resultados de las pruebas efectuadas y su comparación con los Límites Máximos Permisibles establecidos por la NOM-052-SEMARNAT-2005, se resumen a continuación:

Parámetro	Norma NOM-052-SEMARNAT-05	Alcance	Resultado	Límite Máximo Permisible (LMP)
CORROSIVIDAD	7.0.1	A	NO APLICA	2+ pH < 12.5
	7.0.2	A	12.54	2+ pH < 12.5
	7.0.3	A	NO APLICA	< 0.25 minutos
REACTIVIDAD	7.3.1	B	NEGATIVO	NEGATIVO
	7.3.2	B	NO REACCIONA	NEGATIVO
	7.3.3	B	NO REACCIONA	NEGATIVO
	7.3.4	A	NO	200 mg H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /kg
	7.3.4	A	NO	500 mg H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /kg
INFLAMABILIDAD	7.0.1	A	NO APLICA	Líquido, < 50, 57°C
	7.0.1	A	NO APLICA	< 24% Alcohol (Etanol)
	7.0.2	B	NEGATIVO	NEGATIVO
	7.0.3	C	NO APLICA	NEGATIVO
7.0.4	C	NO APLICA	NEGATIVO	
TOXICIDAD AL AMBIENTE	7.0.1	A	MEJORES A LOS LMPs	Ver Tabla 2 NOM-052- SEMARNAT- 2005

#### NOTAS:

AUGMENTO: DEPÓSITO DE SEMEADURA OFICIAL Y LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE SEMERCO

AUGMENTO: DEPÓSITO DE METODOLOGÍA PROPPIA Y LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE CUALITATIVO

AUGMENTO: DECLARACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE LOS RESIDUOS PARA SU CONSTRUCCIÓN Y/O A LA UTILIZACIÓN DEL RESIDUO

- Este reporte contiene información preliminar de laboratorio sobre el estado del caso. Consulte con el cliente para mayor información.

- Los datos de identificación de los residuos son los siguientes:



Número de acreditación N° 145-050-2007, Acreditación emitida el 2007-09-01

Número de acreditación N° 027-021-01, Acreditación emitida el 2007-09-14

Número de acreditación N° 114-118-0000, Acreditación emitida el 2007-10-05

Número de acreditación N° 114-118-0100, Acreditación emitida el 2007-10-05

Número de acreditación N° 114-118-0200, Acreditación emitida el 2007-10-05

Acreditación otorgada bajo la norma ISO 9001:2008, otorgada el 2008-11-05, Resolución general para la conformación

de la declaración de intenciones (SICRESON)

Página 1 de 2  
versión 1.0

**LABORATORIOS ABC**  
**QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, S.A. DE C.V.**

JACARANDAS No. 15 COL. SAN CLEMENTE MEXICO D.F. 01740  
TELEFONOS: (55) 5337 1180 CON 15 LINEAS FAX: (55) 5636 8487



F-IPR1-14B

Por los resultados presentados en el cuadro resumen anterior, de los cuales se presenta el Informe de Pruebas anexo con todo el detalle, la muestra del residuo analizada e identificada como:

**POZO ETCK -2 FASE INTERMEDIA A 1325 MTS PROFUNDIDAD**

- NO Presenta la Característica de CORROSIVIDAD**
- NO Presenta la Característica de REACTIVIDAD**
- NO Presenta la Característica de INFLAMABILIDAD**
- NO Presenta la Característica de TOXICIDAD AL AMBIENTE**

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su preferencia, nos reiteramos como siempre a sus apreciables órdenes para cualquier duda o aclaración al respecto.

Atentamente

Q. Juan I. Usteran Cervantes  
Director General  
Representante Legal

# LABORATORIOS ABC

## QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, S.A. DE C.V.

JACARANDAS No. 16 COL. SAN CLEMENTE MEXICO D.F. 01740  
TELEFONOS: (55) 5337 1160 CGN 15 LINEAS FAX: (55) 5635 8457



F-IPR1-14B

21 de Septiembre de 2010

**CONSTRUCTORA Y PERFORADORA LATINA, S.A. DE C.V.**  
**CARRETERA ESTATAL 2 KM. 23.5, EJ. M. HIDALGO**  
**MEXICALI, BAJA CALIFORNIA NORTE**

**AT'N: ING. MACARIO GONZALEZ**

Anexo a la presente le remitimos los resultados analíticos de las muestras del residuo identificado como:  
**POZO ETCCK - 3 LODOS FASE INTERMEDIA 1412m DE PROFUNDIDAD**

La cual ingresó a nuestro laboratorio con fecha 4 de septiembre de 2010 y se registró para fines de rastreabilidad de la información generada durante el proceso analítico, con el número único: 175567-1

A dicha muestra se le practicaron los análisis correspondientes para determinar sus características de Corrosividad, Reactividad, Inflamabilidad y Toxicidad (CRIT) de acuerdo a los procedimientos y parámetros considerados en las Normas **NOM-052-SEMARNAT-2005** y **NOM-053-SEMARNAT-1993**.

Los resultados de las pruebas efectuadas y su comparación con los Límites Máximos Permisibles establecidos por la NOM-052-SEMARNAT-2005, se resumen a continuación:

Parámetro	Numeral (NOM-052-SEMARNAT-05)	Alcance	Resultado	Límite Máximo Permisible (LMP)
CORROSIVIDAD	7.2.1	A	NO APLICA	2 < pH < 12,5
	7.2.2	A	12,38	2 < pH < 12,5
	7.2.3	A	NO APLICA	< 6,35 mm/año
REACTIVIDAD	7.3.1	B	NEGATIVO	NEGATIVO
	7.3.2	B	NO REACCIONO	NEGATIVO
	7.3.3	B	NO REACCIONO	NEGATIVO
	7.3.4	A	ND	250 mg HCN/Kg
	7.3.4	A	ND	500 mg H <sub>2</sub> S/Kg
INFLAMABILIDAD	7.5.1	A	NO APLICA	Líquido, > 60,5°C
	7.5.1	A	NO APLICA	<24% Alcohol (Etanol)
	7.5.2	B	NEGATIVO	NEGATIVO
	7.5.3	C	NO APLICA	NEGATIVO
	7.5.4	C	NO APLICA	NEGATIVO
TOXICIDAD AL AMBIENTE	7.5.1	A	MENORES A LOS LMPs	Ver Tabla 2 NOM-052-SEMARNAT-2005

**NOTAS:**

- ALCANCE A: DISPOSICIÓN DE METODOLOGÍA OFICIAL Y LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE NUMÉRICO
- ALCANCE B: DISPOSICIÓN DE METODOLOGÍA PROPIA Y LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE CUALITATIVO
- ALCANCE C: DECLARACIÓN BASADA EN INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL GENERADOR, Y/O A LA NATURALEZA DEL RESIDUO

- Este reporte no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización por escrito y firmado por el Director General de ABC
- Este reporte de pruebas solo afecta a las muestras sometidas a prueba



Número de acreditación N° A-066-026/07, Acreditado a partir de 2007-09-05  
Número de acreditación A-127-101/07, Acreditado a partir de 2007-09-14  
Número de acreditados N° AL-0138-007/07, Acreditado a partir de 2007-09-03  
Número de acreditados N° FF-0132-016/07, Acreditado a partir de 2007-10-03  
Número de acreditados N° R-0191-308/07, Acreditado a partir de 2007-09-15  
Acreditación otorgada bajo la norma NMX-EC-17325-MNC-2006 ISO/IEC 17025-2005. Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración

Página 1 de 2  
versión 1,0

**LABORATORIOS ABC**  
**QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, S.A. DE C.V.**

JACARANDAS No. 15 COL. SAN CLEMENTE MEXICO D.F. 01740  
TELEFONOS: (55) 5337 1180 CON 15 LINEAS FAX: (55) 5635 8487



F-IPR1-148

Por los resultados presentados en el cuadro resumen anterior, de los cuales se presenta el Informe de Pruebas anexo con todo el detalle, la muestra del residuo analizada e identificada como:

**POZO ETCK - 3 LODOS FASE INTERMEDIA 1412m DE PROFUNDIDAD**

- NO Presenta la Característica de **CORROSIVIDAD**
- NO Presenta la Característica de **REACTIVIDAD**
- NO Presenta la Característica de **INFLAMABILIDAD**
- NO Presenta la Característica de **TOXICIDAD AL AMBIENTE**

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su preferencia, nos reiteramos como siempre a sus apreciables órdenes para cualquier duda o aclaración al respecto.

Atentamente

Q. Juan I. Usleran Cervantes  
Director General  
Representante Legal

# LABORATORIOS ABC

## QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, S.A. DE C.V.

JACARANDAS No. 15 COL. SAN CLEMENTE MEXICO D.F. 01740  
TELEFONOS: (55) 5337 1180 CON 15 LINEAS FAX: (55) 9635 8467



F-IPR1-14B

19 de Octubre de 2010

**CONSTRUCTORA Y PERFORADORA LATINA, S.A. DE C.V.**  
**CARR. ESTATAL # 2 KM. 23.5 S/N, EJIDO NUEVO LEON**  
**MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, .**

**AT'N:** ING. MACARIO GONZALEZ

Anexo a la presente le remitimos los resultados analíticos de las muestras del residuo identificado como:  
**LODOS FINALES POZO ETCK-2 PROFUNDIDAD 2200m**

La cual ingresó a nuestro laboratorio con fecha 6 de octubre de 2010 y se registró para fines de rastreabilidad de la información generada durante el proceso analítico, con el número Único: 178937-1

A dicha muestra se le practicaron los análisis correspondientes para determinar sus características de Corrosividad, Reactividad, Inflamabilidad y Toxicidad (CRIT) de acuerdo a los procedimientos y parámetros considerados en las Normas **NOM-052-SEMARNAT-2005** y **NOM-053-SEMARNAT-1993**.

Los resultados de las pruebas efectuadas y su comparación con los Límites Máximos Permisibles establecidos por la **NOM-052-SEMARNAT-2005**, se resumen a continuación:

Parámetro	Numeral (NOM-052-SEMARNAT-05)	Alcance	Resultado	Límite Máximo Permissible (LMP)
CORROSIVIDAD	7.2.1	A	NO APLICA	2 < pH < 12.5
	7.2.2	A	9.45	2 < pH < 12.5
	7.2.3	A	NO APLICA	< 6.35 mm/año
REACTIVIDAD	7.3.1	B	NEGATIVO	NEGATIVO
	7.3.2	B	NO REACCIONO	NEGATIVO
	7.3.3	B	NO REACCIONO	NEGATIVO
	7.3.4	A	NO	200 mg HCN/Kg
	7.3.4	A	NO	500 mg H <sub>2</sub> S/Kg
INFLAMABILIDAD	7.6.1	A	NO APLICA	Líquido, > 60.5°C
	7.6.1	A	NO APLICA	<24% Alcohol (Etanol)
	7.6.2	B	NEGATIVO	NEGATIVO
	7.6.3	C	NO APLICA	NEGATIVO
	7.6.4	C	NO APLICA	NEGATIVO
TOXICIDAD AL AMBIENTE	7.5.1	A	MENORES A LOS LMPs	Ver Tabla 2 NOM-052-SEMARNAT-2005

**NOTAS:**

ALCANCE A: DISPOSICIÓN DE METODOLOGÍA OFICIAL Y LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE NUMÉRICO  
ALCANCE B: DISPOSICIÓN DE METODOLOGÍA PROPIA Y LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE CUALITATIVO  
ALCANCE C: DECLARACIÓN BASADA EN INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL GENERADOR Y JO A LA NATURALEZA DEL RESIDUO

**LABORATORIOS ABC**  
**QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, S.A. DE C.V.**

JACARANDAS No. 15 COL. SAN CLEMENTE MEXICO D.F. 01740  
TELEFONOS: (55) 5337 1180 CON 15 LINEAS FAX: (55) 5639 8487



F-IPR1-14B

Por los resultados presentados en el cuadro resumen anterior, de los cuales se presenta el Informe de Pruebas anexo con todo el detalle, la muestra del residuo analizada e identificada como:

**LODOS FINALES POZO ETCK-2 PROFUNDIDAD 2200m**

- NO Presenta la Característica de CORROSIVIDAD**
- NO Presenta la Característica de REACTIVIDAD**
- NO Presenta la Característica de INFLAMABILIDAD**
- NO Presenta la Característica de TOXICIDAD AL AMBIENTE**

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su preferencia, nos reiteramos como siempre a sus apreciables órdenes para cualquier duda o aclaración al respecto.

Atentamente

Q. Juan I. Ustarran Cervantes  
Director General  
Representante Legal

# LABORATORIOS ABC

## QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, S.A. DE C.V.

JACARANDAS No. 15 COL. SAN CLEMENTE MEXICO D.F. 01740  
 TELEFONOS: (55) 5337 1160 CDN 15 LINEAS FAX: (55) 5635 8487



F-IPR1-14B

15 de Octubre de 2010

**CONSTRUCTORA Y PERFORADORA LATINA, S.A. DE C.V.**  
**CARR. ESTATAL # 2 KM. 23.5 S/N, EJIDO NUEVO LEON**  
**MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, -**

**AT'N:** ING. MACARIO GONZALEZ

Anexo a la presente le remitimos los resultados analíticos de las muestras del residuo identificado como:  
**POZO ETKC-3 FASE FINAL DE LODOS A 1825 MTS. PROF.**

La cual ingresó a nuestro laboratorio con fecha 4 de octubre de 2010 y se registró para fines de rastreabilidad de la información generada durante el proceso analítico, con el número único: 178882-1

A dicha muestra se le practicaron los análisis correspondientes para determinar sus características de Corrosividad, Reactividad, Inflamabilidad y Toxicidad (CRIT) de acuerdo a los procedimientos y parámetros considerados en las Normas **NOM-052-SEMARNAT-2005** y **NOM-053-SEMARNAT-1993**.

Los resultados de las pruebas efectuadas y su comparación con los Límites Máximos Permisibles establecidos por la NOM-052-SEMARNAT-2005, se resumen a continuación:

Parámetro	Numeral (NOM-052-SEMARNAT-05)	Alcance	Resultado	Límite Máximo Permissible (LMP)
CORROSIVIDAD	7.2.1	A	NO APLICA	2 < pH < 12.5
	7.2.2	A	8.88	2 < pH < 12.5
	7.2.3	A	NO APLICA	< 6.35 mm/año
REACTIVIDAD	7.3.1	B	NEGATIVO	NEGATIVO
	7.3.2	B	NO REACCIONO	NEGATIVO
	7.3.3	B	NO REACCIONO	NEGATIVO
	7.3.4	A	ND	250 mg HCN/Kg
	7.3.4	A	ND	500 mg H <sub>2</sub> S/Kg
INFLAMABILIDAD	7.5.1	A	NO APLICA	Líquido, > 60.5°C
	7.5.1	A	NO APLICA	<24% Alcohol (Etanol)
	7.5.2	B	NEGATIVO	NEGATIVO
	7.5.3	C	NO APLICA	NEGATIVO
	7.5.4	C	NO APLICA	NEGATIVO
TOXICIDAD AL AMBIENTE	7.5.1	A	MENORES A LOS LMPs	Ver Tabla 2 NOM-052-SEMARNAT-2005

**NOTAS:**

ALCANCE A: DISPOSICIÓN DE METODOLOGÍA OFICIAL Y LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE NUMÉRICO

ALCANCE B: DISPOSICIÓN DE METODOLOGÍA PROPIA Y LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE CUALITATIVO

ALCANCE C: DECLARACIÓN BASADA EN INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL GENERADOR Y/O A LA NATURALEZA DEL RESIDUO

- Este reporte no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización por escrito y firmado por el Director General de ABC

- Este reporte de pruebas sólo afecta a la muestra sometida a prueba



Número de acreditación N° AG-096-029107, Acreditado a partir de 2007-09-05

Número de acreditación A-827-00107, Acreditado a partir de 2007-09-14

Número de acreditación N° AL-0104-00707, Acreditado a partir de 2007-09-05

Número de acreditación N° FF-0103-01807, Acreditado a partir de 2007-10-03

Número de acreditación N° R-8391-00907, Acreditado a partir de 2007-09-05

Acreditación otorgada bajo la norma NMX-ED-17025-IMNC-2008 ISO/IEC 17025-2005. Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración

Página 1 de 2  
 versión 1.0

**LABORATORIOS ABC**  
**QUIMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, S.A. DE C.V.**

JACARANDAS No. 15 COL. SAN CLEMENTE MEXICO D.F. 01740  
TELEFONOS: (55) 5337 1160 CON 15 LINEAS FAX: (55) 5635 9487



F-IPR1-14B

Por los resultados presentados en el cuadro resumen anterior, de los cuales se presenta el Informe de Pruebas anexo con todo el detalle, la muestra del residuo analizada e identificada como:  
**POZO ETKC-3 FASE FINAL DE LODOS A 1825 MTS. PROF.**

- NO Presenta la Característica de CORROSIVIDAD**
- NO Presenta la Característica de REACTIVIDAD**
- NO Presenta la Característica de INFLAMABILIDAD**
- NO Presenta la Característica de TOXICIDAD AL AMBIENTE**

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su preferencia, nos reiteramos como siempre a sus apreciables órdenes para cualquier duda o aclaración al respecto.

Atentamente

Q. Juan I. Ustarran Cervantes  
Director General  
Representante Legal

DEPENDENCIA:	DIRECCION DE ECOLOGIA
SECCION:	ASUNTOS JURIDICOS E INSPECCION
ASUNTO:	FORMATO DE MANIFIESTO

**MANIFIESTO DE ENTREGA - RECEPCION DE RESIDUOS SOLIDOS NO PELIGROSOS**

*Relación de Cheques de Unión N.6*

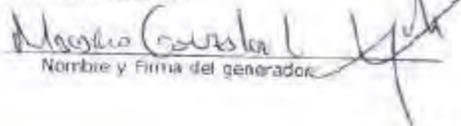
Manifiesto no. 1907

**DATOS DE LA EMPRESA GENERADORA**

Nombre: Industria y Perforadora Petrolera S.A. de CV  
 Domicilio: Carr. Est. Tal. de S. Com. 35.4 Col. Miguel Alemán  
 Ciudad: México Edo. B.C. Tel. \_\_\_\_\_

Descripción del Residuo Sólido a disponer	Cantidad
<u>Basura doméstica</u>	<u>3043</u>
<u>orgánicos</u>	

Manifiesto que los Residuos Sólidos referidos en el Manifiesto son NO PELIGROSOS y no provenientes de Procesos industriales.

  
 Nombre y Firma del generador

30-October-2010  
Fecha

**DATOS DEL TRANSPORTISTA**

Licencia no. 097

Nombre: Magda Covarrubias  
 Domicilio: Carr. Est. Tal. de S. Com. 35.4 Col. Miguel Alemán  
 Ciudad: México Edo. B.C. Tel. 561-35-09

Descripción del Residuo Sólido a disponer	Cantidad
<u>Basura doméstica</u>	<u>3043</u>
<u>orgánicos</u>	

TIPO TRANSPORTE  Otros \_\_\_\_\_ Placas: BP-00-864  
 1. Carga frontal      2. Carga trasero      3. Roll-Off      4. Dompe      5. Otros

El transportista acepta que los Residuos Sólidos referidos en el Manifiesto son NO PELIGROSOS y no provenientes de Procesos industriales.

  
 Nombre y Firma del chofer

30-October-2010  
Fecha

**RELLENO SANITARIO MUNICIPAL**

De conformidad con la Licencia No. 097 se recibió en el Relleno Sanitario Municipal a cargo de la Dirección de Servicios Públicos Municipales los Residuos Sólidos descritos en el manifiesto.

Observaciones: \_\_\_\_\_

Nombre y Firma del Receptor

Nombre y Firma del Confinador

Fecha





## **ANEXO 4. ESCENARIO BASE Y ESTUDIOS DE CASOS DE APLICACIÓN DE LA NORMA**

### **ANEXO 4.1. Escenario Base**

El proceso de extracción de los fluidos geotérmicos (que incluyen gases, vapor y agua) para la generación de energía por lo general elimina el calor de las reservas naturales en más de 10 veces la tasa de reposición. Este desequilibrio puede ser parcialmente mejorado por la inyección de fluidos los residuos en el sistema geotérmico.

La energía Geotérmica es energía calorífica renovable producida en las profundidades del planeta. Esta energía es extraída de la reserva subterránea a la superficie por medio de pozos de producción perforados a 2,000m de profundidad promedio con una temperatura de fondo de aproximadamente 310°C, donde se obtiene agua caliente y vapor. Para contar con este vapor debe existir una fuente de calor magmático, el cual se transfiere hacia un flujo de agua, elevando la temperatura y presión de este líquido a un punto en el cual cuenta con la energía necesaria para mover las turbinas en la casa de máquinas. Este líquido se encuentra confinado en una zona de roca permeable y una capa sello, llamada yacimiento.

En estos yacimientos se perforan los pozos (productores) para extraer una mezcla de agua líquida y vapor. Esta mezcla es conducida por medio de tuberías especiales hasta un separador ciclónico, que es el que se encarga de separar el vapor del líquido para la liberación de presión y se alimenta a las turbinas que se encuentran en la casa de máquinas. En casa de máquinas el vapor entra a la turbina, y la energía hidráulica que proviene del movimiento del vapor es transformada en energía rotacional a través del generador que lo convierte en energía eléctrica. El fluido extraído es inyectado nuevamente a partes de la periferia de la reserva para mantener presión en la misma.

Las plantas geotérmicas tienen la gran ventaja de ser constantes en el tiempo, ya que su producción energética no sufre variaciones estacionarias como las plantas hidroeléctricas, y su costo es casi la mitad de las plantas térmicas más eficientes, ya que trabajan con energía natural almacenada en forma de calor bajo la superficie de la tierra.

Otras de las ventajas de la energía geotérmica son de carácter económico y ambiental. Se trata de una fuente de energía autóctona, por lo que reduce la dependencia energética del exterior, y los residuos que genera su explotación son mínimos comparados con los de las fuentes convencionales. Los inconvenientes se deben a que los yacimientos hidrotermales llevan disueltos gases y otras sustancias químicas (mercurio, compuestos de azufre), que hay que tratar adecuadamente para evitar que contaminen la atmósfera y las aguas circundantes. El deterioro del paisaje es otro posible impacto. La tecnología actual minimiza estos riesgos.

La perforación de pozos geotérmicos se realiza de manera similar a la de los pozos petroleros, con la variante de que los primeros se perforan en su totalidad con lodos base agua. Con esto, el lodo de perforación es una mezcla de agua, arcilla (bentonita) material dosificante y agentes químicos.

Los residuos sólidos inertes que se generan son los recortes producto del trabajo de la barrena durante la perforación y parte de los lodos bentónicos, estos recortes de roca se van acumulando en la presa de lodos que tiene capacidad suficiente para almacenar los residuos que se produzcan y está debidamente impermeabilizada para evitar infiltraciones o posibles derrames. Estos residuos se reducen al mínimo debido a que los lodos que son extraídos del pozo, se envían a la presa para enfriarse y depositar los recortes que contienen, después son regresados a las presas metálicas con las que cuenta el equipo de perforación en donde son acondicionados nuevamente para ser utilizados, posteriormente se les hacen las pruebas correspondientes con el fin de conocer su disposición final.

A continuación se explican algunas de las definiciones que son relevantes en este tema:

- **Pozo exploratorio.** es aquel que se perfora en posibles zonas productoras y cuya localización se determina con base en información geofísica y geológica
- **Pozo de reconocimiento.** es aquel que se perfora en la zona productora para obtener información que permita una mejor definición de la misma y también se localiza con base a información geofísica y geológica.
- **Pozo de desarrollo.** es aquél que se perfora después de que se ha confirmado la existencia de un yacimiento geotérmico productor y tiene por objeto la explotación del mismo yacimiento.

Nueva Zelanda es quizá el país más experto del mundo en materia de centrales geotérmicas, debido a su topografía volcánica que hace idóneo el uso de este tipo de energía. Puso en funcionamiento la segunda central geotérmica en el mundo.

Los proyectos de exploración producen importantes modificaciones en el ámbito social del país. Las sociedades autóctonas se ven confrontadas repentinamente con consorcios que operan a nivel mundial y con el uso de conocimientos técnicos avanzados. En vista de que las labores se llevan a cabo necesariamente en la zona del yacimiento, será preciso compensar adecuadamente los intereses divergentes en el lugar del proyecto.

El proyecto debe integrarse en la estructura social existente para lo cual es imprescindible obtener la participación de los diferentes grupos sociales. En evaluación de impactos existen considerables deficiencias, ya que no se cuenta con valores límite para la pérdida de especies faunísticas o de biotipos. También hay carencia de escalas reconocidas para evaluar la degradación del aspecto paisajístico, especialmente para una evaluación cuantitativa. En esta situación no necesariamente hay que recurrir siempre o exclusivamente a elementos cuantificables como singularidad, en uso resulta difícil evaluar la inutilización de superficies teniendo en cuenta aprovechamientos alternativos. En el ámbito abiótico, pueden aplicarse valores límite o normativos en relación con la eliminación de sustancias tóxicas.

A continuación se muestran algunos casos significativos de plantas geotérmicas a nivel mundial.

## ANEXO 4.2. CASO 1 Campo Geotérmico de Wairakei (Nueva Zelanda)

Las características naturales, así como aguas termales, piscinas de lodo, géiseres, fumarolas (respiraderos de vapor) y la tierra humeante que pueden ser fácilmente, e irreparablemente, dañadas por el desarrollo geotérmico. En este caso, cuando el campo geotérmico Wairakei fue aprovechado para la generación de energía en 1958, la retirada de los fluidos calientes de la reserva subterránea comenzó a provocar a largo plazo los **cambios en el famoso “Geyser Valley”, el cercano valle de Waioira, y el poderoso soplador Karapiti**. El suelo se hundió tres metros en algunos lugares, y las aguas termales y géiseres comenzaron a declinar y morir como el suministro de agua hirviendo desde abajo se había agotado.

En “Geyser Valley”, una de las primeras características de desaparecer fue el gran geiser Wairakei, que solía jugar a una altura de 42 metros. Posteriormente, “Champagne Pool” famosa, una fuente hirviente de color azul, se redujo completamente hasta quedar solo un hilo de vapor. En 1965 la Corporación Hotelera Turística trató de restablecer el bombeo en unos tres millones de litros de agua, pero fue en vano. “Geyser Valley” siguió deteriorándose, y en 1973 se cerró como un espectáculo turístico. Esta historia se ha repetido muchas veces que se ha producido el desarrollo geotérmico.



Orilla de “Champagne Pool”

Fuente: <http://www.teara.govt.nz/en/life-in-hot-springs/4/4/1>



*“Champagne Pool”*

Fuente: <http://www.teara.govt.nz/en/geothermal-energy/5/5>

La extracción de los fluidos geotérmicos puede reducir la presión en los depósitos subterráneos y es la causa de la tierra se hundiera. El mayor hundimiento en el expediente se encuentra en Wairakei, donde el centro del área de subsidencia se está hundiendo a un ritmo de casi un metro cada año. En 2005 el nivel de la tierra fue de 14 metros por debajo de lo que era antes de la central fuera construida. A medida que el suelo se hunde también se mueve hacia un lado y se inclina hacia el centro. Esto pone una presión sobre las construcciones y esto puede dañar los edificios y carreteras, y alterar los patrones de drenaje superficial.

Los fluidos geotérmicos contienen niveles elevados de arsénico, mercurio, litio y boro, debido al contacto entre los fluidos subterráneos calientes y rocas. Si los residuos son liberados en ríos o lagos en vez de ser inyectado en el campo geotérmico, estos contaminantes perjudican la vida acuática y contaminan el agua para consumo.

Un grave efecto ambiental de la industria geotérmica es la contaminación por arsénico. Los niveles de arsénico en el río Waikato, casi siempre superior a la estándar de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el agua potable de 0.01 ppm. La mayor parte del arsénico proviene de aguas residuales geotérmica de la estación de energía Wairakei. Las características naturales, como aguas termales son también una fuente de arsénico, pero tiende a ser removido del agua como mineral de colores brillantes como precipitados.

"THE PYRAMID OF GEYSERS" IN THE ORAKEI-KORAKO VALLEY.



(Photo, C. R. Barrett.)

The famous glistening White Terrace (seventy feet in length) at Orakei-Korako shewing (on right) one of the larger geysers.

Los fluidos geotérmicos contienen gases disueltos que son liberados a la atmósfera. Los gases residuales principales son el bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y Ácido Sulhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Ambos son más densos que el aire y pueden acumularse en los hoyos, depresiones o espacios cerrados. Estos gases son un peligro para las personas que trabajan en las estaciones o campos geotérmicos, y también puede ser un problema en las zonas urbanas. En Rotorua un número de muertes se han atribuido a la intoxicación por ácido Sulhídrico, a menudo en habitaciones de hotel o recintos de la piscina. El bióxido de carbono es también un gas de efecto invernadero, contribuyendo al cambio climático potencial. Sin embargo, la extracción de energía geotérmica libera muchos menos gases de efecto invernadero por unidad de electricidad generada que la quema de combustibles fósiles como el carbón o el gas para producir electricidad.

### **ANEXO 4.3 CASO 2 Campo Geotérmico Los Humeros (Chignautla, Puebla, México)**

El Proyecto Geotermoeléctrico Los Humeros II, se localiza en la porción oriental del estado de Puebla, en el municipio Chignautla. Geográficamente se localiza entre los paralelos  $19^\circ 36'$  y  $19^\circ 45'$  de Latitud Norte, y los meridianos  $97^\circ 20'$  y  $97^\circ 32'$  de Longitud Oeste. Fisiográficamente, el proyecto se encuentra en la intersección de las provincias Eje Neovolcánico y Sierra Madre Oriental.

El proyecto geotermoeléctrico Los Humeros II se considera de vida útil permanente, aunque periódicamente se realizarán mantenimientos a las unidades, con posible sustitución de equipos y materiales.

Este proyecto consta de tres etapas sucesivas para ampliar la capacidad instalada actual, así como diversas obras complementarias o de apoyo que servirán para el manejo de los fluidos geotérmicos y la distribución de la energía eléctrica generada.

La primera etapa consiste en la construcción y posterior operación de una unidad generadora a condensación de energía eléctrica, con una capacidad de 25 MW (Unidad 9). Esta unidad se instalará en la zona norte del campo geotérmico a fin de aprovechar el vapor disponible en esta zona, así como la infraestructura de ductos de vapor.

La segunda etapa consiste en la reubicación hacia la zona sur de una unidad a contrapresión de 5 MW (Unidad 1) que actualmente se encuentra operando en la zona norte. Esta etapa aunque no incrementa la generación del campo geotérmico, tiene como objetivo, por un lado, aprovechar el vapor geotérmico disponible en la zona sur de campo, y por otra parte, disponer del vapor que genera el pozo H-9, que actualmente provee a la Unidad 1, para suministrarlo a la Unidad 9 de 25 MW.

La tercera etapa consiste en la instalación de siete turbinas de 3 MW cada una, que aprovechen el vapor de escape de las turbinas de contrapresión de las Unidades Nos. 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 instaladas actualmente en el campo geotérmico Los Humeros (con excepción de la Unidad 8, la cual se encuentra en etapa de licitación), incrementando la capacidad instalada del campo en 21 MW netos sin requerimientos adicionales de vapor.

Asimismo, el proyecto geotermoeléctrico Los Humeros II contempla, como obra asociada, la construcción de una nueva subestación, que permitirá asegurar la conducción y salida de la energía eléctrica generada en el campo geotérmico por estas nuevas unidades; la perforación de seis nuevos pozos con la construcción de sus respectivas plataformas y presas de lodos (dos en la zona norte, uno en el centro y tres en la zona sur), que incrementarán la disponibilidad de vapor en 180 t/h, aproximadamente; y, el tendido de ductos de vapor, tubería de inyección y algunos tramos de líneas de conducción de energía eléctrica, mismas que se entroncarán con la línea existente.

El campo geotérmico Los Humeros es el segundo sistema geotérmico mexicano que genera electricidad a partir de fluidos contenidos en roca volcánica; teniendo actualmente una capacidad instalada de 35 MW, y próximamente se instalará la Unidad 8 de 5 MW (actualmente en proceso de licitación), con lo cual llegará a una capacidad de 40 MW, que lo convierte en el tercero en importancia en el país en cuanto a generación geotermoeléctrica, después de Cerro Prieto en Baja California con 720 MW instalados y Los Azufres en el Estado de Michoacán con 188 MW. La extensión aproximada del área de aprovechamiento geotérmico es de 10,07 km<sup>2</sup>. Esta superficie se definió con base en el análisis de la información geológica, geofísica y geoquímica que ha sido corroborada con los resultados de las perforaciones realizadas hasta la fecha.

El área que ocupa el campo geotérmico pertenece en su mayoría al Ejido Chignautla, del municipio del mismo nombre. Es una zona preferentemente agrícola, en la cual es posible hacer uso del recurso geotérmico mediante la expropiación o renta de terrenos que serán utilizados por la infraestructura correspondiente (plataformas, centrales, caminos, líneas eléctricas y tendidas de tuberías).

### **Preparación del Sitio**

Durante la etapa inicial de preparación del sitio, se desarrollarán las actividades cuyas características principales se describen a continuación:

- a. Desmonte y despalme. Se realiza el desmonte de material o construcciones que no estén contemplados en el proyecto, el despalme es la remoción de limo arenoso o cualquier tipo que corresponde a la capa vegetal de la zona.
- b. Excavación, compactación y/o nivelación. Se realiza con el objeto de evitar la construcción sobre estratos erosionables, para evitar que la construcción carezca de resistencia estructural.
- c. Cortes. Se realizan a la altura promedio requerido para las plataformas.
- d. Rellenos. Se utiliza material de los bancos autorizados de la zona.
- e. Dragados. Se realiza para la remoción de agua de cuerpos de agua importantes.
- f. Desviación de cauces. Se realiza en la desviación cauces de agua o escurrimientos superficiales intermitentes.

En la etapa de perforación se realiza el siguiente proceso constructivo del pozo de perforación:

- a. Perforación de pozos productores de desarrollo, estos pozos llegan a estar a más de 2000 m de profundidad (como en el caso de Los Humeros).
- b. Impermeabilización temporal de presas de lodos.
- c. Impermeabilización permanente de presas de enfriamiento.

En la Etapa de Construcción será iniciada con actividades topográficas de deslinde y trazo de las áreas en que serán ubicadas las diferentes instalaciones. Será necesaria la construcción de plataformas de terracería en las que el nivel 0,00 (cero-cero) de cada una de ellas será definido de acuerdo con la topografía del sitio. Inicialmente será necesario despalmar el terreno para remover la capa vegetal y/o arenosa, con el uso de la maquinaria adecuada.

Para la construcción de las plataformas se usa material de banco previamente autorizado, llevándolo al nivel de compactación recomendado por el estudio geotécnico con el grado de humedad óptimo.

Para la construcción de cimentaciones se ejecutarán excavaciones a cielo abierto utilizando material manual o con retroexcavadora, con profundidades variables, dependiendo de las dimensiones de las cimentaciones. El material producto de las excavaciones será utilizado para rellenar las cimentaciones y partes bajas del predio; los excedentes se llevarán a lugares de depósito final que cumplan con las regulaciones ambientales y donde la autoridad correspondiente lo autorice. Las cimentaciones y estructuras de concreto serán construidas con los métodos convencionales, previamente armadas.

En la colocación de acabados se utilizará herramienta menor. Los equipos y tuberías en áreas exteriores serán soportados por cimentaciones de concreto; donde se requiera, para alcanzar las alturas de los equipos; las tuberías serán soportadas por estructuras metálicas.

Para las vialidades interiores de la central se colocará una sub-base y una base de rodamiento, de acuerdo con lo indicado en el estudio geotécnico.

Todas las actividades de construcción serán efectuadas aplicando los procedimientos establecidos para tal fin, siempre cumpliendo con las restricciones ambientales de acuerdo

básicamente con la normativa para ruido, emisiones a la atmósfera por combustión, generación de polvos, manejo de residuos sólidos y aguas residuales.

En la Etapa de Operación y Mantenimiento se consideran las siguientes actividades de manera permanente:

- a. Tipo de servicios y/o reparaciones en las instalaciones.
- b. Emisiones y Control de residuos.
- c. Control de malezas y fauna nociva.

En este tipo de proyectos, los sitios de perforación deben ser seleccionados en base a consideraciones prácticas dictadas por la infraestructura de la propiedad. Un lote seleccionado, lo suficientemente grande como para dar cabida a todos los equipos de perforación, y cerca de las instalaciones que a la larga serían atendidos por el pozo. Posteriormente se realiza un análisis de fotografías aéreas alusión a la presencia de un lineamiento muy cerca de la locación del pozo, y con esto se verifica lo idóneo del lugar elegido. La viabilidad del proyecto de perforación se basa en un análisis previo donde se asume una profundidad de depósito. Para el inicio de la perforación en el sitio seleccionado, se debe ir en concordancia con la legislación y contar con los permisos que se necesitan para hacer las perforaciones, se debe tener además una sinopsis de la información geológica e hidrogeológica pertinente para el proyecto de perforación, así como los informes necesarios y los registros.

Los pozos geotérmicos han sido utilizados desde hace varias décadas como un complemento a la producción de energía eléctrica convencional y la manera en la que se sabe si un yacimiento de aguas azufrosas en su mayoría se encuentra en líneas subterráneas es mediante la perforación de pozos. En algunas ocasiones la perforación de estos pozos no cuenta con la certidumbre adecuada de hallar un pozo en dicho sitio, o el pozo llegó a su límite de edad útil y se encuentra con la tarea de cerrar el pozo. Al pozo que alguna vez fue productivo o al sitio donde no se encontró la línea natural subterránea de vapor se le conoce con el nombre de **pozo cerrado**. A continuación se muestran fotografías de un pozo cerrado ubicado en la región de los Humeros.



*Preparación de Sitio en un Pozo Cerrado*  
*Fotografía propia*



*Flora en un Pozo Cerrado*  
*Fotografía propia*

Como se puede observar en la imagen anterior las labores de preparación de sitio se llevaron a cabo en este lugar, pero, al momento de no encontrar la línea de vapor, se desmontaron todos los cimientos y se hizo una tarea de reforestación con flora del lugar.

Los rellenos son hechos con material de la misma zona, y en la alberca de lodos, se reforesta la orilla y en sí la alberca se deja secar a la intemperie y que la flora vaya avanzando ahí de manera natural.



*Reforestación en un Pozo Cerrado*  
*Fotografía propia*



*Alberca de Lodos en un Pozo Cerrado*  
*Fotografía propia*

Cuando el pozo ha sido perforado en el lugar correcto, y este es productivo para la generación de energía eléctrica, se le conoce como **pozo productivo**. A continuación se muestran una serie de imágenes de un pozo productivo.



*Pozo Productivo  
Fotografía propia*

Cada uno de los pozos productivos consta de un silenciador, el cual es a donde se dirige el vapor excedente del pozo que no puede pasar por la línea de alimentación a la turbina, este silenciador, tiene su salida a las pozas para la reinyección al pozo.



*Pozo Productivo y Silenciador del Pozo  
Fotografía propia*



*Pozas para Reinyección  
Fotografía propia*

Como anteriormente se mencionó, los sitios para la perforación e instalación de equipo para extracción de vapor, necesitan estar en un terreno compacto y nivelado, a continuación se muestra en la siguiente figura el sitio preparado ya con el pozo geotérmico.



*Sitio preparado y Pozo geotérmico  
Fotografía propia*

Las centrales geotermoeléctricas no solo se alimentan de un pozo geotérmico, sino de varios, es por eso que en este lugar en específico tenemos paisajes de ductos de vapor alrededor de los campos agrícolas de la región que se dirigen a la central.



*Central Geotermoeléctrica y ductos.  
Fotografía propia*

### **Impactos Ambientales**

Dentro del área de estudio que comprende 109,8 km<sup>2</sup> y se genera a partir de la información recopilada en la fase de caracterización ambiental correspondiente fueron considerados aspectos físicos, biológicos y sociales; considerando que es en esta etapa en la que interesa valorar la capacidad del sistema para la generación de servicios ambientales y la producción de bienes que puedan ser potencialmente afectados por el desarrollo del proyecto. Con esos resultados se realiza una descripción del sistema ambiental terrestre, incluyendo las zonas agropecuarias. A partir de la delimitación de las Unidades Ambientales (UA), se valoran en función de criterios tanto sociales como funcionales y estructurales, las posibles afectaciones provocadas con el proyecto, además se tratan de manera similar al proyecto, las amenazas que se encuentran presentes en el área y que son externas al proyecto. Con los resultados obtenidos, se establece un diagnóstico del sistema ambiental del área, así como la importancia de cada una de las unidades ambientales, esto se hace utilizando los índices basados en la importancia de las unidades ambientales como hábitat para la fauna silvestre y en la riqueza de las unidades como tal.

El área de análisis o estudio pertenece a una microcuenca de tipo endorreica, en la cual se encuentran involucrados los municipios de Chignautla, Tepeyahualco, Xiutetelco, Tlatlauquitepec y Cuyoaco todos dentro del estado de Puebla; sin embargo, el sitio donde

se llevará a cabo el proyecto, se encuentra en el campo geotérmico Los Humeros, enclavado sólo en el municipio de Chignautla, localizado en la porción oriental del estado de Puebla y occidental del estado de Veracruz.

**Para el análisis de fragilidad visual se obtuvo que las partes “bajas” del terreno son las más frágiles** debido a la dominancia del uso del suelo agropecuario, específicamente, para las unidades de paisaje Baja Colina y Depresión, en las que cualquier acción llevada a cabo será fácilmente visible a potenciales observadores, no obstante, desde ninguna cuenca visual el predio de la obra es visible, por lo cual el paisaje puede ser considerado altamente resistente a la puesta en marcha del proyecto. Por otro lado, el uso del suelo es poco diversificado y sólo existen dos tipos: agropecuario y bosque de coníferas. Dentro de las unidades de paisaje se pueden reconocer dos unidades ambientales principales que en conjunto conforman un paisaje generalizado con un alto grado de impacto, ya que casi el 60 % del uso del suelo es del tipo agropecuario, en comparación con el restante 40 % correspondiente al bosque de coníferas, con una calidad visual moderada debido a los procesos erosivos provocados por las actividades antropogénicas.

En la actualidad, el área se encuentra totalmente transformada de lo que anteriormente fue un bosque de pino y bosque de pino encino (Rzedowski, 1978), el paisaje es un mosaico dominado por los pastizales y las tierras agrícolas. Los remanentes de la vegetación nativa son fragmentos de bosque representados en su mayoría por acahuals de diferentes edades y tamaños, tanto cerca como dentro del área de estudio, estos fragmentos son de pequeña superficie, y presentan altos grados de perturbación, principalmente en los estratos arbustivo y herbáceo, estas afectaciones tienen como principal causa el cambio en el uso del suelo de bosques a parcelas de maíz, aunado a otras actividades como la ganadería extensiva sin manejo rotacional de ganado bovino y en mayor escala de ganado ovino, así como la extracción de madera para leña y en rollo. Estos cambios, que constantemente están siendo provocados por estas actividades en la cubierta vegetal, no son de origen reciente, sobre todo los derivados de las actividades agrícolas, los cuales con seguridad datan desde el mismo establecimiento de los poblados aledaños a la zona.

A continuación se presenta el análisis de los impactos ambientales y su significancia del Proyecto Geotermoeléctrico Humeros II:

### **Preparación del sitio**

Durante esta etapa los elementos suelo, relieve, flora y fauna, se verán afectados por la construcción de los caminos de acceso, las plataformas y las presas de lodos; por las actividades de despalme, la conformación de taludes y bordos y la nivelación de terraplenes.

En cuanto a emisiones a la atmósfera sólo se tendrán sólidos totales dispersos (STD) constituido por humos y polvos producto de la operación de la maquinaria, el equipo y los vehículos de combustión durante la construcción de las plataformas y presas de lodos, y el acondicionamiento de los caminos de acceso. Este tipo de emisiones resulta ser poco significativo y de corta duración. Se propone como medida de mitigación y reducir al mínimo la emisión de polvos y realizar riegos periódicos, cuando así se requiera.

Respecto al elemento suelo, es bien cierto que todo movimiento de tierras derivado de cualquier actividad provocará y dará inicio a los procesos de erosión, modificará sus características físicas, químicas y biológicas, por lo que será necesario adecuar las medidas preventivas y de compensación en las áreas que resulten afectadas, como son obras de drenaje, estabilización de taludes y de restitución de la vegetación con especies nativas, hasta restaurar una superficie equivalente a la afectada. Sin embargo, las superficies afectadas por las obras serán reducidas, por lo que estos impactos pueden calificarse como poco significativos ya que dicha afectación será respetando el criterio de superficie mínima necesaria señalada en los criterios ecológicos.

Los elementos flora y fauna, se concentran en su mayoría en áreas alejadas y mejor conservadas que corresponde a sitios de ladera de montaña, contiguas a las centrales de generación y plataformas de los pozos geotérmicos. Desde el punto de vista de su diversidad y rareza, la flora de los sitios por despallar presenta un amplio rango de distribución, por lo que, tomando en cuenta la extensión espacial y temporal de las actividades propuestas, no se incrementará el riesgo de su extinción, lo cual no representa obstáculo alguno para la realización del proyecto. Además, si se detectara la presencia y localización de especies de flora y fauna silvestres con algún estatus de conservación de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, dentro de los sitios afectados por la realización de obras, se trasplantarán o ahuyentarán a sitios afines a su hábitat para asegurar su permanencia en las áreas del proyecto.

En lo concerniente al elemento geomorfológico, la magnitud de impacto tendrá un efecto de nulo a poco significativo sobre la fisiografía, originada por el despalle y la conformación de taludes del camino de acceso y por la nivelación de la plataforma, ya que adquiere una significancia baja relativamente a consecuencia de la erodabilidad natural del material geológico, por lo que se adoptará un sistema para el control de azolves mediante prácticas mecánicas y vegetativas.

En lo referente a lo hidrológico se tiene que la construcción de tramos de camino de acceso y las plataformas; se tendrán algunos escurrimientos superficiales intermitentes que se verán ligeramente truncados o modificados en su dirección, aunque finalmente retomarán su cauce gracias a las obras de drenaje que se adecuarán, por lo que la magnitud del impacto adquirirá una significancia baja.

Como es de esperarse, los volúmenes por escorrentía se incrementarán al disminuir la cubierta vegetal y consecuentemente la infiltración del agua al subsuelo, sin embargo, es importante señalar que esta problemática será temporal ya que con la adecuación de las medidas de restauración vegetativa y de conservación de suelos, se incrementará sensiblemente la infiltración y humedad aprovechable en el suelo, vital para la restauración natural de la vegetación.

En el ámbito social y económico, traerá beneficios directos por el ingreso económico durante la construcción y mantenimiento del proyecto, e indirectamente, permitirá mejorar la calidad de vida de los pobladores locales al contar con mejores vías de acceso a sus comunidades y en cierto grado el turismo en la región.

## **Construcción**

Las actividades de construcción de tramos de caminos de acceso, de las plataformas y de las presas de lodos, no se generarán residuos de material, pues el material del corte se utilizará para el relleno y la compactación; además para la conformación de terraplenes, los bordos y el talud de la plataforma y de las presas de lodos.

Cabe señalar que no se afectarán corrientes de agua superficiales, ni se requerirá el derribo de arbolado. El área destinada para las plataformas de los pozos geotérmicos y unidades de generación, no tiene actualmente ningún uso; por lo que se puede decir que el impacto ambiental que se produciría como consecuencia del proyecto será de significancia baja. La actividades de construcción que se realicen contarán con las obras de drenaje y civiles necesarias para evitar cualquier problema de erosión.

## **Perforación**

Las dimensiones consideradas para las plataformas requeridas dan cabida al equipo de perforación y sus equipos auxiliares, NO se afectarán superficies adicionales.

Durante la perforación, las plataformas se cubren con una membrana plástica (liner) para controlar los derrames de combustibles y lubricantes y evitar la contaminación del suelo; así mismo se instalarán contenedores portátiles etiquetados para disponer los diferentes tipos de residuos que se generen, para su adecuado manejo y control. Al finalizar la perforación, los aceites y grasas residuales serán recuperados en tambos debidamente etiquetados, se retirarán del sitio y se enviarán a los confinamientos autorizados.

Todos los residuos (lodos y recortes de material geológico) se depositarán en la presa de confinamiento de lodos, la cual estará debidamente impermeabilizada en su interior para evitar infiltraciones o posibles derrames al suelo o mantos freáticos. Para esto se emplearán membranas o lonas impermeables de polietileno de alta densidad.

Al término de la perforación, los recortes y lodos se dejarán secar en la presa de confinamiento y posteriormente practicarles las pruebas CRETIB correspondientes y determinar su disposición final. Los demás residuos sólidos como costales de bentonita, madera, plásticos, etc., se retirarán del área hacia los rellenos o tiraderos autorizados.

En lo que se refiere a los niveles de ruido, éstos serán menores a los 65 dB, los efectos producidos por este factor serán no significativos. El personal de perforación contará con el equipo de protección auditiva adecuado.

Para el control de los residuos líquidos sanitarios, se contará con letrinas portátiles para el servicio del personal de perforación y obra civil, estos módulos se retirarán al término de los trabajos por el contratista.

## **Operación**

Para esta etapa, la instalación de este tipo de unidades de generación no reviste ningún problema debido a las dimensiones del equipo, ya que son de tipo modular, además de la simplicidad en la cimentación que requieren para ser instaladas. Como se mencionó anteriormente, el área ocupada por las unidades para este Proyecto Geotermoeléctrico Los

Humeros II (unidades de 3, 5 y 25 MW) será de aproximadamente cinco hectáreas (50 255 m<sup>2</sup>). La instalación de los equipos auxiliares será dentro de la misma plataforma. Una vez concluidas las obras y puesta en servicio, se procederá a restaurar aquellos sitios que fueron ocupados y/o afectados temporalmente, induciendo y/o acelerando los procesos de sucesión vegetal que se presentan de manera natural en los sitios.

Los residuos sólidos resultantes durante el montaje consistirán principalmente de materiales de construcción tales como pedacería metálica, varillas y residuos de cemento; madera de embalaje, cartón y costalera. El volumen de estos residuos será reducido y fácilmente transportable fuera del sitio del proyecto, hacia los rellenos sanitarios o tiraderos. Todos los residuos que contengan grasas y/o aceites serán separados y almacenados temporalmente para su envío a confinamientos autorizados.

Las áreas de las unidades de generación serán cercadas con malla ciclónica para resguardar las instalaciones y evitar la entrada de personas ajenas o animales. Se instalarán también los señalamientos necesarios de advertencia y protección al personal.

En cuanto a los niveles de ruido, se prevé que los niveles estarán por debajo de la norma laboral vigente. El impacto provocado durante la operación será mínimo, ofreciendo en cambio un beneficio regional y local a las comunidades cercanas por la energía eléctrica que se suministrará.

En cuanto al aspecto visual del paisaje se refiere, éste se verá afectado por la instalación de la infraestructura, siendo por su aspecto poco común, por lo que el impacto estético puede resultar con una significancia media. Con la finalidad de mitigar dicho impacto, se tiene previsto reforestar ciertas áreas a fin de reducir el impacto visual, así como establecer miradores en puntos estratégicos con mamparas ilustrativas y/o carteles educativos, donde se explique el proceso de generación de energía con el aprovechamiento del recurso geotérmico de la zona. Lo anterior tendrá la finalidad, no de ocultar el impacto visual ocasionado por las instalaciones geotérmicas, sino el de cambiar la percepción de la gente al enterarse de lo que estará observando.

Por último, todas estas acciones y programas de protección ambiental que se realicen serán bajo la vigilancia y supervisión del personal técnico calificado de la CFE, y se notificará periódicamente, mediante informes, a las autoridades ambientales correspondientes, así como aquellas que se designen en el resolutivo ambiental correspondiente.

### **Análisis de impacto ambiental**

En términos generales, que los impactos ambientales derivados del proyecto geotermoeléctrico Los Humeros II serán, en su conjunto, poco significativos, tomando en cuenta la infraestructura ya existente en este campo geotérmico. Si bien en la zona se observa cierto grado de perturbación, la CFE ha promovido trabajos de mitigación, de restauración, compensación y de prevención, con la finalidad de contrarrestar los impactos ambientales producidos en las diversas etapas de desarrollo para la explotación del recurso geotérmico.

Es importante señalar que el aprovechamiento y desarrollo de este campo geotérmico poco o nada ha afectado los ecosistemas boscosos circundantes. La mayoría de la infraestructura geotérmica se ha establecido en áreas destinadas a usos agrícolas y pecuarios, evitando en lo posible el derribo de vegetación arbórea; el presente proyecto no es la excepción, las áreas que se ocuparán por las distintas obras que constituyen el proyecto tienen usos agropecuarios.

## ANEXO 4.4 Estudios de Casos Selectos

Se ha recopilado la información de SEMARNAT y PROFEPA en relación a la evaluación de la NOM 150 (oficio fechado 5 de septiembre de 2001). La información de PROFEPA se refiere a actividades de inspección y resolutiveos correspondientes realizados en los sitios de Cerro Prieto, BC. Los Azufres y Tejamaniles, Michoacán y Los Humeros Puebla (ver Anexo 1). Con base en esta información en la tabla siguiente se resume la información que ha sido compilada.

Información disponible para descripción de Estudios de caso:

En la siguiente tabla se muestran los casos que son considerados como línea base, en ninguno de los siguientes se aplicó la norma, y en los casos específicos de Cerritos boscosas.

**Tabla 5. Información de Campos Geotérmicos donde No Aplica a NOM-150**

No. DE CASO	INFORME PREVENTIVO o MIA	INFORME RESOLUTIVO	TABLA PROFEPA	COMENTARIOS
Cerro Prieto, B.C.	No	No	Si	En operación
1. Los Humeros, Pue.	Si	Si	Si	En operación MIA refiere al proyecto de central geo termoeléctrica, no a actividades de perforación de pozos exploratorios
2. Cerritos Colorados, Jal.	Si	Si	No	Información del Sitio Proporcionada por CFE
3. Los Azufres, Mich.	Si	Si	Si	En operación
4. Tejamaniles, Mich.	Si	No	Si	

En la siguiente tabla se muestran los casos donde se aplica la norma. En el Caso de Tulecheck que en la actualidad hay obras de perforación de dos pozos, pero en Nuevo León aún no se inician obras.

**Tabla 6. Información de Campos Geotérmicos donde Aplica a NOM-150**

No. DE CASO	INFORME PREVENTIVO o MIA	INFORME RESOLUTIVO	TABLA PROFEPA	COMENTARIOS
5. Nuevo León, B.C.	Si	Si	No	
6. Tulecheck, B.C.	Si	Si	No	

**CASO 1 LOS HUMEROS, PUEBLA**

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 3	Observaciones
<b>Residuos Peligrosos</b>			
Preparación del Sitio y Construcción	3.11 impermeabilización: Actividad que se realiza para evitar la infiltración en el subsuelo de materiales o residuos que pudieran contaminarlo	En las etapas de preparación del sitio, perforación y construcción del proyecto, el contratista deberá contratar este servicio con alguna empresa autorizada para el manejo, transporte y disposición de estas aguas residuales. Para esto, se instalarán letrinas portátiles para uso sanitario en los diferentes frentes de trabajo, cuyos residuos se recolectarán y transportarán por la empresa autorizada. Al finalizar los trabajos de construcción, las letrinas serán retiradas del lugar. Todas las instalaciones provisionales tendrán servicios sanitarios adecuadamente acondicionados. En los frentes de obra se instalarán letrinas portátiles. Para el manejo y disposición de los residuos sanitarios que se generen, la compañía contratista que realiza la obra contratará a una empresa autorizada para prestar este servicio, quienes los transportarán a un sitio autorizado para su tratamiento. Para la disposición de los residuos considerados como peligrosos, se contratará una empresa especializada y autorizada para su recolección, traslado y disposición final en un sitio	
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.7 Se deben compactar e impermeabilizar las áreas donde se instalarán los equipos de perforación, presas de lodos y tanques de almacenamiento, para evitar que se infiltren contaminantes que pudieran verse sobre el suelo. La impermeabilización debe realizarse por medio de una lona plastificada impermeable, con resistencia de la trama a la ruptura de 30 kgf/cm y al rasgado de trama de 41 kgf, confeccionada con bastilla doble y ojillos a cada metro; así como resistente al ataque químico, a la temperatura del fluido y a las sustancias para las cuales se impermeabiliza; o por medio de otra tecnología con resultados equivalentes o superiores, en cuyo caso debe contarse con los resultados de las pruebas que así lo demuestren.		
Perforación de Pozos	4.3.1 La presa de lodos debe ubicarse en terreno estable y debe estar compactada, impermeabilizada y recubierta con una lona plastificada		

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 3	Observaciones
	(conforme al 4.2.8) en el fondo y las paredes, y debe contar con una profundidad máxima de 3 m que permita almacenar temporalmente los residuos de la perforación, que evite tanto la infiltración de lixiviados al subsuelo como la contaminación de los mantos acuíferos.	autorizado. Mientras tanto, se contará con un almacén temporal de residuos peligrosos, el cual deberá ser construido sobre piso de concreto y estructura metálica, techo y muros de lámina. Deberá contar además con un dique para la retención de derrames.	
Perforación de Pozos	4.3.4 Se deben almacenar de manera temporal los residuos sólidos urbanos generados durante las diferentes etapas del proyecto, conforme a lo que disponga la autoridad local competente.		
Perforación de Pozos	4.3.6 Al término de la perforación del pozo, la disposición final de los recortes y fluidos de perforación almacenados en la presa de lodos se debe realizar de acuerdo con los resultados del análisis CRET1. Los residuos que por sus características se consideren como peligrosos, deben manejarse y disponerse conforme a la legislación y normatividad vigentes.		
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.2 Al término de las actividades se debe realizar la limpieza del sitio, a fin de evitar la contaminación de áreas aledañas; disponiendo los residuos peligrosos y no peligrosos generados por tal acción de acuerdo a la normatividad vigente		
Terminación de Actividades y	4.5.7 En caso de que el pozo resulte productivo se debe delimitar el área del contrapozo y de la presa de lodos		

<b>FASE</b>	<b>MANEJO ADECUADO</b>	<b>CASO 3</b>	<b>Observaciones</b>
Abandono de Sitio	con una malla ciclónica de una altura mínima de 1,80 m.		
Evaluación de la Conformidad	5.4.2 Durante la Construcción de Pozos Geotérmicos - Constatación ocular de la existencia de los oficios de notificación de la autoridad local competente sobre el manejo de los residuos sólidos urbanos - Constatación ocular de la existencia de resultados CRET1 de los recortes de perforación y la disposición de los residuos correspondiente a la especificación 4.3.6.		
Evaluación de la Conformidad	5.4.4 Al término de actividades: - Verificación ocular de la limpieza del sitio y disposición final de los residuos generados		
<b>Atmósfera</b>			
Perforación de Pozos	4.3.2 Se debe realizar el almacenamiento y resguardo de maquinaria, equipo y materiales, dentro de la plataforma con el fin de garantizar la aplicación de medidas preventivas de protección al ambiente y evitar daños al entorno.	No se aplica tecnología para el control de gases y vapor, sólo el monitoreo del H2S continuo para calidad del aire ambiente. Durante las etapas de preparación del sitio y construcción se prevén emisiones a la atmósfera provenientes de los vehículos automotores y maquinaria que será utilizada para las obras civiles, así mismo, emisiones fugitivas de polvos por el transporte de materiales de construcción y residuos. Para reducir dichas emisiones se deberá cumplir con las normas ambientales NOM-041-	
Perforación de Pozos	4.3.7 Se debe dar mantenimiento preventivo al equipo de perforación para controlar la emisión de gases contaminante		
Evaluación de Pozos Geotérmicos	4.4.2 La evaluación preliminar de los pozos se debe realizar con el equipo de control de las descargas de vapor o		

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 3	Observaciones
	gases a la atmósfera y que reduzcan al mínimo los niveles de ruido emitido y olores, utilizando el equipo de inducción, preventores y válvulas para alta temperatura, silenciadores centrífugos, tuberías de descarga y vertedores.	<p>SEMARNAT-1999 y NOM-045-SEMARNAT-1996 que establecen los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina y diesel como combustible o mezclas que incluyan diesel como combustible, respectivamente. Para reducir las emisiones fugitivas, todos los camiones deberán cubrir el material transportado con una lona de protección.</p> <p>Durante la etapa de operación de las unidades de generación, las emisiones a la atmósfera serán el vapor y los gases incondensables que vienen asociados a la mezcla de agua y vapor que producen los pozos. En la unidad de 25 MW, la descarga de los gases incondensables se hace a través de las chimeneas de la torre de enfriamiento para lograr una mejor dispersión a la atmósfera. Para el caso de las unidades a contrapresión de 5 MW, la emisión de vapor y gases se realiza a través de la chimenea de descarga de la turbina. Para estas emisiones no existe un proceso de control.</p>	
<b>Hábitat</b>			
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.6 El material generado por los trabajos de nivelación del terreno y excavación se debe utilizar en la		

<b>FASE</b>	<b>MANEJO ADECUADO</b>	<b>CASO 3</b>	<b>Observaciones</b>
	<p>construcción de la plataforma, para evitar la creación de barreras físicas que impidan el libre desplazamiento de la fauna a los sitios aledaños a éste, y/o bordos que modifiquen la topografía e hidrodinámica de terrenos inundables, así como el arrastre de sedimentos a los cuerpos de agua cercanos a la zona del proyecto.</p>		
<p>Preparación del Sitio y Construcción</p>	<p>4.2.9 Para las actividades de desmonte o deshierbe durante la apertura de caminos y preparación del sitio no se debe quemar la vegetación ni usar agroquímicos. El producto de estas actividades, debe ser dispuesto en el sitio que indique la autoridad local competente o ser triturado para su reincorporación al suelo.</p>		
<p>Preparación del Sitio y Construcción</p>	<p>4.2.11 Durante los trabajos de perforación y mantenimiento de pozos, y durante todas las etapas del proyecto, el responsable debe instruir al personal que interviene en estas actividades a proteger el ambiente, así como a evitar que se capture, persiga, cace, colecte, trafique o perjudique a las especies de flora y fauna silvestres que habitan en la zona.</p>		
<p>Terminación de Actividades y Abandono de Sitio</p>	<p>4.5.4 Las zonas en donde a consecuencia de las actividades de perforación se haya alterado la vegetación y que no se requieran durante el ciclo de vida del pozo</p>		

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 3	Observaciones
	geotérmico o no las soliciten en esas condiciones los propietarios en la etapa de abandono del pozo, deben restaurarse una vez terminadas dichas actividades.		
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.5 En el caso de que el pozo resulte improductivo, el área del proyecto y zonas aledañas que hayan resultado afectadas, deben ser restauradas a condiciones similares a las preexistentes en las áreas adyacentes al momento del inicio de los trabajos de perforación.		
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.6 Las especies utilizadas en la restauración del suelo deben estar determinadas en función de la vegetación preexistente en el lugar, susceptibles a desarrollarse en el sitio y sus condiciones edafológicas.		
<b>Condensados y Escorrentías</b>			
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.3 Se deben tomar las medidas preventivas a fin de no afectar el nivel del manto freático y las condiciones hidrológicas de la región. Para ello se debe instalar la tubería de conducción a 5 m y la superficial, la de anclaje y la de producción, a las profundidades que se determine de acuerdo con el análisis de la información geológica que se vaya obteniendo.	Las Aguas residuales de proceso se reinyectan en su totalidad (salmuera geotérmica) por medio del sistema de tuberías de conducción hasta los pozos inyectores. En cuanto a las aguas residuales sanitarias se realiza la instalación de letrinas portátiles durante la construcción. Durante la operación de la Unidad 9 de 25 MW. Construcción de fosas sépticas y campo de oxidación. Durante la operación de las demás unidades no se generan aguas residuales domésticas	
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.8 Para cubrir las necesidades fisiológicas de los trabajadores y dependiendo de las condiciones del suelo y el nivel del manto freático, se		

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 3	Observaciones
	<p>debe optar por la instalación de sanitarios portátiles uno por cada quince personas, o bien, la construcción de letrinas. En el caso de utilizar estas últimas, su diseño debe garantizar evitar la contaminación del subsuelo por infiltración. Asimismo, al término de las actividades deben ser cubiertas e inactivadas conforme a las disposiciones que señale la autoridad local.</p>		
Evaluación de Pozos Geotérmicos	<p>4.4.3 En caso de que el pozo geotérmico sea productor, el agua separada producida por el mismo se debe dejar en la presa de lodos (que debe estar libre de lodos de perforación) y se le debe instalar un serpentín con tubería de acero para su evaporación. En caso de que éste no sea productor, se debe proceder a la reinyección del agua producida en el mismo.</p>		

## CASO 2 CERRITOS COLORADOS, JALISCO

De acuerdo con el Informe Resolutivo presentado el 26 de mayo del 2006 se establece en las resoluciones que se debe NEGAR la solicitud de autorización del proyecto presentado, ya que el proyecto debe cumplir con todas las observaciones realizada en cuanto a argumentos técnicos, jurídicos y administrativos, a través de los cuales sustente su compatibilidad con los usos de suelo previstos en el MOET, así como reiniciar el PEIA del proyecto cumpliendo con las formalidades previstas en la LGEEPA y su REIA. Posteriormente en abril de 2008 se vuelve a hacer el trámite del informe resultando Aceptado condicionalmente, debe cumplir con todos los aspectos ambientales sugeridos en este mismo Informe Preventivo.

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 4	Observaciones
<b>Residuos Peligrosos</b>			
Preparación del Sitio y Construcción	3.11 impermeabilización: Actividad que se realiza para evitar la infiltración en el subsuelo de materiales o residuos que pudieran contaminarlo	En cuanto a la generación de residuos sólidos se realiza una práctica de análisis CRETIB (lodos de perforación) para definir su disposición, se hace una selección de materiales para reciclaje y/o enajenación, se retira el material a sitios autorizados por el municipio, y se tiene un programa de control de plagas. En cuanto a las presas de lodos debido a que los pozos se perforaron hace más de 20 años, actualmente no se cuenta con presas de lodos en el campo geotérmico de cerritos Colorados.	Los impactos más significativos de este proyecto ocurrieron durante la etapa de exploración por la apertura de caminos y construcción de plataformas y presas de lodos (1980-1989)
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.7 Se deben compactar e impermeabilizar las áreas donde se instalarán los equipos de perforación, presas de lodos y tanques de almacenamiento, para evitar que se infiltren contaminantes que pudieran verse sobre el suelo. La impermeabilización debe realizarse por medio de una lona plastificada impermeable, con resistencia de la trama a la ruptura de 30 kgf/cm y al rasgado de trama de 41 kgf, confeccionada con bastilla doble y ojillos a cada metro; así como resistente al ataque químico, a la temperatura del fluido y a las sustancias para las cuales se impermeabiliza; o por medio de otra tecnología con resultados equivalentes		

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 4	Observaciones
	o superiores, en cuyo caso debe contarse con los resultados de las pruebas que así lo demuestren.		
Perforación de Pozos	4.3.1 La presa de lodos debe ubicarse en terreno estable y debe estar compactada, impermeabilizada y recubierta con una lona plastificada (conforme al 4.2.8) en el fondo y las paredes, y debe contar con una profundidad máxima de 3 m que permita almacenar temporalmente los residuos de la perforación, que evite tanto la infiltración de lixiviados al subsuelo como la contaminación de los mantos acuíferos.		
Perforación de Pozos	4.3.4 Se deben almacenar de manera temporal los residuos sólidos urbanos generados durante las diferentes etapas del proyecto, conforme a lo que disponga la autoridad local competente.		
Perforación de Pozos	4.3.6 Al término de la perforación del pozo, la disposición final de los recortes y fluidos de perforación almacenados en la presa de lodos se debe realizar de acuerdo con los resultados del análisis CRETÍ. Los residuos que por sus características se consideren como peligrosos, deben manejarse y disponerse conforme a la legislación y normatividad vigentes.		
Terminación de Actividades y	4.5.2 Al término de las actividades se debe realizar la limpieza del sitio, a fin de evitar la contaminación de áreas		

<b>FASE</b>	<b>MANEJO ADECUADO</b>	<b>CASO 4</b>	<b>Observaciones</b>
Abandono de Sitio	aledañas; disponiendo los residuos peligrosos y no peligrosos generados por tal acción de acuerdo a la normatividad vigente		
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.7 En caso de que el pozo resulte productivo se debe delimitar el área del contrapozo y de la presa de lodos con una malla ciclónica de una altura mínima de 1,80 m.		
Evaluación de la Conformidad	5.4.2 Durante la Construcción de Pozos Geotérmicos - Constatación ocular de la existencia de los oficios de notificación de la autoridad local competente sobre el manejo de los residuos sólidos urbanos - Constatación ocular de la existencia de resultados CRET1 de los recortes de perforación y la disposición de los residuos correspondiente a la especificación 4.3.6.		
Evaluación de la Conformidad	5.4.4 Al término de actividades: - Verificación ocular de la limpieza del sitio y disposición final de los residuos generados		
<b>Atmósfera</b>			
Perforación de Pozos	4.3.2 Se debe realizar el almacenamiento y resguardo de maquinaria, equipo y materiales, dentro de la plataforma con el fin de garantizar la aplicación de medidas preventivas de protección al ambiente y evitar daños al entorno.	En el caso de la contaminación por emisiones a la atmósfera de H2S se diseñaron chimeneas para reducir las concentraciones a nivel de piso, instalación de unidades de equipo de monitoreo y ubicar las unidades o centrales en sitios menos sensibles, es	Emisiones a la atmósfera de vapor y gases condensables, entre ellos ácido sulfhídrico (H2S).

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 4	Observaciones
Perforación de Pozos	4.3.7 Se debe dar mantenimiento preventivo al equipo de perforación para controlar la emisión de gases contaminante	decir, retirados de núcleos de población atractivos y turísticos, entre otros.	
Evaluación de Pozos Geotérmicos	4.4.2 La evaluación preliminar de los pozos se debe realizar con el equipo de control de las descargas de vapor o gases a la atmósfera y que reduzcan al mínimo los niveles de ruido emitido y olores, utilizando el equipo de inducción, preventores y válvulas para alta temperatura, silenciadores centrífugos, tuberías de descarga y vertedores.	En cuanto a la emisión de ruido se diseñaron equipos y materiales para disminuir el nivel de ruido generado, así como instalación de barreras contra ruido. Debido a que los pozos actualmente se encuentran cerrados, no se tienen emisiones.	
<b>Hábitat</b>			
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.6 El material generado por los trabajos de nivelación del terreno y excavación se debe utilizar en la construcción de la plataforma, para evitar la creación de barreras físicas que impidan el libre desplazamiento de la fauna a los sitios aledaños a éste, y/o bordos que modifiquen la topografía e hidrodinámica de terrenos inundables, así como el arrastre de sedimentos a los cuerpos de agua cercanos a la zona del proyecto.	Para la reducción del impacto ambiental se tuvo que modificar el proyecto, restaurar el sitio mediante prácticas vegetativas (reforestación, revegetación, pastización) y de ingeniería. Para ello se construyó un vivero para reproducción de especies nativas arbóreas y arbustivas que se emplearán en la restauración. La infraestructura instalada, produce un impacto visual de la zona por lo que para mitigar este daño, se realizaron actividades de reforestación	Despalme para unidades de generación, tuberías, caminos principales y obras asociadas por el equivalente a 2.8 ha adicionalmente se tuvo una afectación de 12.5 ha de las cuales la afectación fue temporal en más del 90% de la superficie.  Estas obras ahuyentan a la fauna del sitio por presencia humana y ruido. El impacto también es del paisaje por la construcción de obras y caminos de acceso.
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.9 Para las actividades de desmonte o deshierbe durante la apertura de caminos y preparación del sitio no se debe quemar la vegetación ni usar agroquímicos. El producto de estas actividades, debe ser dispuesto en el	en los costados de los caminos, tuberías, vapor ductos y periferia de las plataformas y presas de lodos. También se implanto una barrera arbolada en la periferia del equipo superficial, casa de máquinas y	De acuerdo a fotografías e imágenes de satélite, se aprecian impactos significativos por desmonte y movimiento de tierras relacionados a la apertura de caminos y

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 4	Observaciones
	sitio que indique la autoridad local competente o ser triturado para su reincorporación al suelo.	subestación eléctrica, se pintaron los vapor ductos para mimetizarse con la vegetación y el paisaje, se restauraron de igual manera los sitios desprovistos de vegetación.	acondicionamiento de plataformas para perforación, realizados en el lapso 1980-1989. Si bien se observa un impacto significativo, en el área del proyecto, es de reconocerse que los trabajos de restauración posteriores han permitido mitigar los impactos causados en hábitat, cobertura vegetal, usos de agua superficial y recuperación de flora y fauna en las áreas colindantes a los caminos y las plataformas.
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.11 Durante los trabajos de perforación y mantenimiento de pozos, y durante todas las etapas del proyecto, el responsable debe instruir al personal que interviene en estas actividades a proteger el ambiente, así como a evitar que se capture, persiga, cace, colecte, trafique o perjudique a las especies de flora y fauna silvestres que habitan en la zona.	En cuanto al impacto en las especies que en la zona radican, se estableció un programa de rescate de especies florística en riesgo, y se implementaron programas de rescate de especies faunísticas. Por último, en cuanto a la alteración del suelo por erosión se restauraron los sitios con problemas de erosión mediante prácticas mecánicas y vegetativas.	
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.4 Las zonas en donde a consecuencia de las actividades de perforación se haya alterado la vegetación y que no se requieran durante el ciclo de vida del pozo geotérmico o no las soliciten en esas condiciones los propietarios en la etapa de abandono del pozo, deben restaurarse una vez terminadas dichas actividades.		
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.5 En el caso de que el pozo resulte improductivo, el área del proyecto y zonas aledañas que hayan resultado afectadas, deben ser restauradas a condiciones similares a las prevalecientes en las áreas adyacentes al momento del inicio de los trabajos de perforación.		

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 4	Observaciones
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.6 Las especies utilizadas en la restauración del suelo deben estar determinadas en función de la vegetación prevaleciente en el lugar, susceptibles a desarrollarse en el sitio y sus condiciones edafológicas.		
<b>Condensados y Escorrentías</b>			
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.3 Se deben tomar las medidas preventivas a fin de no afectar el nivel del manto freático y las condiciones hidrológicas de la región. Para ello se debe instalar la tubería de conducción a 5 m y la superficial, la de anclaje y la de producción, a las profundidades que se determine de acuerdo con el análisis de la información geológica que se vaya obteniendo.	Se monitoreará la calidad del agua en el arroyo El Caracol, y la restauración del sitio al concluir la vida útil del proyecto. En cuanto a la contaminación de aguas superficiales se implantó un sistema de inyección de salmuera en el subsuelo, y se estableció un monitoreo permanente de la tubería de inyección para detección de fugas así como el desarrollo de programas para la prevención de accidentes.	
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.8 Para cubrir las necesidades fisiológicas de los trabajadores y dependiendo de las condiciones del suelo y el nivel del manto freático, se debe optar por la instalación de sanitarios portátiles uno por cada quince personas, o bien, la construcción de letrinas. En el caso de utilizar estas últimas, su diseño debe garantizar evitar la contaminación del subsuelo por infiltración. Asimismo, al término de las actividades deben ser cubiertas e inactivadas conforme a las disposiciones que señale la autoridad local.	No se cuenta con condensados, ya que los pozos no se encuentran en operación. El pozo PR-1 que se encuentra purgado, descarga una mínima cantidad de salmuera hacia una presa de concreto y cuando ésta se encuentra al 75 % de nivel, se saca el agua y por medio de una pipa se inyecta en el PR-2.	
Evaluación de Pozos	4.4.3 En caso de que el pozo geotérmico sea productor, el agua		

<b>FASE</b>	<b>MANEJO ADECUADO</b>	<b>CASO 4</b>	<b>Observaciones</b>
Geotérmicos	separada producida por el mismo se debe dejar en la presa de lodos (que debe estar libre de lodos de perforación) y se le debe instalar un serpentín con tubería de acero para su evaporación. En caso de que éste no sea productor, se debe proceder a la reinyección del agua producida en el mismo.		

**CASO 3 LOS AZUFRES, MICHOACÁN**

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 5	Observaciones
<b>Residuos Peligrosos</b>			
Preparación del Sitio y Construcción	3.11 impermeabilización: Actividad que se realiza para evitar la infiltración en el subsuelo de materiales o residuos que pudieran contaminarlo	<p>Impermeabilización permanente de las diez presas de enfriamiento del proyecto Azufres III</p> <p>Antes de instalar el equipo de perforación se procede a impermeabilizar las plataformas construidas, a fin de evitar derrames de combustibles y lubricantes sobre el suelo; asimismo se impermeabilizan las presas de lodos para poder colocar los desechos de recorte y de material generados durante la perforación.</p> <p>Los residuos sólidos inertes que se generan en esta etapa corresponden a los recortes producto del trabajo de la barrena durante la perforación y a los lodos bentoníticos; estos recortes de roca se van acumulando en la presa de lodos, la cual está totalmente impermeabilizada para evitar infiltraciones y tiene la capacidad suficiente para almacenar los residuos producidos.</p>	<p>No se detectaron irregularidades, lo cual es ratificado mediante el dictamen técnico de fecha 30 de marzo de 2010, que señala que no existen irregularidades.</p>
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.7 Se deben compactar e impermeabilizar las áreas donde se instalarán los equipos de perforación, presas de lodos y tanques de almacenamiento, para evitar que se infiltren contaminantes que pudieran verse sobre el suelo. La impermeabilización debe realizarse por medio de una lona plastificada impermeable, con resistencia de la trama a la ruptura de 30 kgf/cm y al rasgado de trama de 41 kgf, confeccionada con bastilla doble y ojillos a cada metro; así como resistente al ataque químico, a la temperatura del fluido y a las sustancias para las cuales se impermeabiliza; o por medio de otra tecnología con resultados equivalentes o superiores, en cuyo caso debe contarse con los resultados de las pruebas que así lo demuestren.		
Perforación de Pozos	4.3.1 La presa de lodos debe ubicarse en terreno estable y debe estar compactada, impermeabilizada y recubierta con una lona plastificada		

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 5	Observaciones
	(conforme al 4.2.8) en el fondo y las paredes, y debe contar con una profundidad máxima de 3 m que permita almacenar temporalmente los residuos de la perforación, que evite tanto la infiltración de lixiviados al subsuelo como la contaminación de los mantos acuíferos.		
Perforación de Pozos	4.3.4 Se deben almacenar de manera temporal los residuos sólidos urbanos generados durante las diferentes etapas del proyecto, conforme a lo que disponga la autoridad local competente.	Dentro de las obras temporales se prevé la construcción de almacenes temporales de residuos peligrosos y no peligrosos. Todas las instalaciones provisionales tendrán servicios sanitarios de igual manera, en los frentes de obra se instalarán letrinas portátiles. Para el manejo y disposición de los residuos sanitarios que se generen, la compañía contratista que realiza la obra contratará a una empresa autorizada para prestar este servicio, quienes los transportarán a un sitio autorizado para su tratamiento.	
Perforación de Pozos	4.3.6 Al término de la perforación del pozo, la disposición final de los recortes y fluidos de perforación almacenados en la presa de lodos se debe realizar de acuerdo con los resultados del análisis CRETÍ. Los residuos que por sus características se consideren como peligrosos, deben manejarse y disponerse conforme a la legislación y normatividad vigentes.	Para el tratamiento de residuos, se contará con un área específica para almacenar los no peligrosos, como son los siguientes: • <b>Materiales de despilme generados</b> durante la preparación del sitio. • <b>Materiales de construcción, dentro</b> de los que se incluyen cascajo y escombros generados por el proceso de edificación, estos materiales se desmenuzarán, se transportarán y	
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.2 Al término de las actividades se debe realizar la limpieza del sitio, a fin de evitar la contaminación de áreas aledañas; disponiendo los residuos peligrosos y no peligrosos generados por tal acción de acuerdo a la normatividad vigente		
Terminación de Actividades y	4.5.7 En caso de que el pozo resulte productivo se debe delimitar el área del contrapozo y de la presa de lodos		

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 5	Observaciones
Abandono de Sitio	con una malla ciclónica de una altura mínima de 1,80 m.	depositarán en un sitio próximo a la central generadora, cumpliendo con los requerimientos ambientales vigentes, previa autorización de la autoridad correspondiente.	
Evaluación de la Conformidad	5.4.2 Durante la Construcción de Pozos Geotérmicos - Constatación ocular de la existencia de los oficios de notificación de la autoridad local competente sobre el manejo de los residuos sólidos urbanos - Constatación ocular de la existencia de resultados CRET1 de los recortes de perforación y la disposición de los residuos correspondiente a la especificación 4.3.6.		
Evaluación de la Conformidad	5.4.4 Al término de actividades: - Verificación ocular de la limpieza del sitio y disposición final de los residuos generados		
<b>Atmósfera</b>			
Perforación de Pozos	4.3.2 Se debe realizar el almacenamiento y resguardo de maquinaria, equipo y materiales, dentro de la plataforma con el fin de garantizar la aplicación de medidas preventivas de protección al ambiente y evitar daños al entorno.	Las emisiones a la atmósfera que se producen por la actividad de desmonte, despalde y nivelación de los terrenos, estarán relacionados con las partículas de polvo que se remuevan principalmente por la circulación de los vehículos automotores y movimiento de la maquinaria, así como de los gases provenientes de los escapes de los motores de éstos. Para reducir las emisiones de estos gases se deberá cumplir con las normas ambientales NOM-041-SEMARNAT-1999 y NOM-045-SEMARNAT-1996 que establecen	

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 5	Observaciones
		<p>los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina y diesel como combustible o mezclas que incluyan diesel como combustible, respectivamente. Para reducir las emisiones fugitivas, todos los camiones deberán cubrir el material transportado con una lona de protección</p> <p>Se estima el impacto a la calidad del aire por las emisiones del ácido sulfhídrico emitido con la operación de las unidades de generación del campo geotérmico Los Azufres, mediante la aplicación de un modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos.</p>	
Perforación de Pozos	4.3.7 Se debe dar mantenimiento preventivo al equipo de perforación para controlar la emisión de gases contaminante		
Evaluación de Pozos Geotérmicos	4.4.2 La evaluación preliminar de los pozos se debe realizar con el equipo de control de las descargas de vapor o gases a la atmósfera y que reduzcan al mínimo los niveles de ruido emitido y olores, utilizando el equipo de inducción, preventores y válvulas para alta temperatura, silenciadores centrífugos, tuberías de descarga y vertedores.		

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 5	Observaciones
<b>Hábitat</b>			
Preparación del Sitio y Construcción	<p>4.2.6 El material generado por los trabajos de nivelación del terreno y excavación se debe utilizar en la construcción de la plataforma, para evitar la creación de barreras físicas que impidan el libre desplazamiento de la fauna a los sitios aledaños a éste, y/o bordos que modifiquen la topografía e hidrodinámica de terrenos inundables, así como el arrastre de sedimentos a los cuerpos de agua cercanos a la zona del proyecto.</p>	<p>El transporte de materiales de construcción en zonas habitadas se realizará en camiones cubiertos con lonas. La dispersión de partículas de polvo se puede reducir mojando de los caminos de terracería por medio de pipas. Cumplir con las verificaciones vehiculares pertinentes de los vehículos automotores de diesel y gasolina.</p> <p>Durante esta etapa, los factores suelo, vegetación, aire, paisaje y socioeconómico serán los más afectados, aunque este último factor será de manera positiva debido a la generación de empleos directos e indirectos en la región. El desmonte, despalme y nivelación para la construcción de las plataformas donde serán instaladas la diversa infraestructura del proyecto y las obras provisionales, con el consecuente uso de maquinaria y equipo, afectarán de manera puntual en algunos casos y local para otros, la calidad del aire por las emisiones a la atmósfera de humos y polvo, además de la emisión de ruido por la maquinaria que se utilice y los vehículos automotores que circulen. Este tipo de emisiones resulta ser poco significativo y de corta duración.</p>	<p>Estos territorios tienen un alto valor ecológico por albergar una gran diversidad de flora, fauna y fitocenosis y por desempeñar un papel fundamental en el abastecimiento de las cuencas hidrológicas. Sin embargo, durante los últimos lustros, la progresiva penetración de la economía de mercado ha favorecido el cambio de métodos tradicionales de explotación de los recursos naturales por otros que han acentuado el creciente deterioro de los frágiles ecosistemas de montaña. Como consecuencia de ello, dentro de los bosques de coníferas, que hasta hace unos decenios eran dominantes, es cada vez más notoria la presencia de comunidades vegetales de sus etapas de sustitución. Así, bosques secundarios, arbustedas y pastizales constituyen las principales formaciones vegetales vinculadas al proceso de deterioro de la vegetación original.</p>

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 5	Observaciones
		El uso de la maquinaria y equipo durante la etapa de preparación del sitio generará polvo, así como emisiones a la atmósfera producto de la operación de la maquinaria y equipo.	
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.9 Para las actividades de desmonte o deshierbe durante la apertura de caminos y preparación del sitio no se debe quemar la vegetación ni usar agroquímicos. El producto de estas actividades, debe ser dispuesto en el sitio que indique la autoridad local competente o ser triturado para su reincorporación al suelo.	Los Azufres actualmente en operación, en tal sentido, el proyecto no contraviene los objetivos establecidos para las políticas de conservación y restauración, así como tampoco contraviene lo dispuesto en cada uno de los lineamientos	
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.11 Durante los trabajos de perforación y mantenimiento de pozos, y durante todas las etapas del proyecto, el responsable debe instruir al personal que interviene en estas actividades a proteger el ambiente, así como a evitar que se capture, persiga, cace, colecte, trafique o perjudique a las especies de flora y fauna silvestres que habitan en la zona.	Se llevaría a cabo de acuerdo con un programa de actividades a desarrollar incluyendo la restauración de las áreas ocupadas por las obras construidas, el que se pondría a consideración de la autoridad en materia de impacto ambiental. Así mismo, el abandono de los pozos se realizaría de acuerdo con la Norma NOM-004-CNA-1996	
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.4 Las zonas en donde a consecuencia de las actividades de perforación se haya alterado la vegetación y que no se requieran durante el ciclo de vida del pozo geotérmico o no las soliciten en esas condiciones los propietarios en la etapa de abandono del pozo, deben restaurarse una vez terminadas dichas	Producción de planta en vivero y mantenimiento - Reforestación y recuperación de áreas verdes - Aclareo y arbolado en áreas reforestadas	

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 5	Observaciones
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	<p>actividades.</p> <p>4.5.5 En el caso de que el pozo resulte improductivo, el área del proyecto y zonas aledañas que hayan resultado afectadas, deben ser restauradas a condiciones similares a las prevalecientes en las áreas adyacentes al momento del inicio de los trabajos de perforación.</p>		
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	<p>4.5.6 Las especies utilizadas en la restauración del suelo deben estar determinadas en función de la vegetación prevaleciente en el lugar, susceptibles a desarrollarse en el sitio y sus condiciones edafológicas.</p>		
<b>Condensados y Escorrentías</b>			
Preparación del Sitio y Construcción	<p>4.2.3 Se deben tomar las medidas preventivas a fin de no afectar el nivel del manto freático y las condiciones hidrológicas de la región. Para ello se debe instalar la tubería de conducción a 5 m y la superficial, la de anclaje y la de producción, a las profundidades que se determine de acuerdo con el análisis de la información geológica que se vaya obteniendo.</p>	<p>El agua residual industrial (agua separada), se descarga al yacimiento geotérmico a través de pozos inyectores. El agua residual se descarga con las mismas características fisicoquímicas al agua extraída.</p> <p>El impacto esperado en este atributo ambiental es no significativo ya que durante el proceso de extracción e inyección de agua geotérmica no se alteran las condiciones físico-químicas de la calidad del agua, identificándose que existen decrementos de temperatura cuando el agua es reinyectada al subsuelo para que se recargue el yacimiento geotérmico, haciendo de manera racional el uso</p>	
Preparación del Sitio y Construcción	<p>4.2.8 Para cubrir las necesidades fisiológicas de los trabajadores y dependiendo de las condiciones del suelo y el nivel del manto freático, se debe optar por la instalación de sanitarios portátiles uno por cada quince personas, o bien, la construcción de letrinas. En el caso de</p>		

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 5	Observaciones
	<p>utilizar estas últimas, su diseño debe garantizar evitar la contaminación del subsuelo por infiltración. Asimismo, al término de las actividades deben ser cubiertas e inactivadas conforme a las disposiciones que señale la autoridad local.</p>	<p>sustentable de este recurso hídrico, no obstante que se tienen evidencias de reportes de monitoreo de calidad del agua que sustentan la no alteración de la misma</p>	
<p>Evaluación de Pozos Geotérmicos</p>	<p>4.4.3 En caso de que el pozo geotérmico sea productor, el agua separada producida por el mismo se debe dejar en la presa de lodos (que debe estar libre de lodos de perforación) y se le debe instalar un serpentín con tubería de acero para su evaporación. En caso de que éste no sea productor, se debe proceder a la reinyección del agua producida en el mismo.</p>		

**CASO 4 TEJAMANILES, MICHOACÁN**

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 6	Observaciones
<b>Residuos Peligrosos</b>			
Preparación del Sitio y Construcción	3.11 impermeabilización: Actividad que se realiza para evitar la infiltración en el subsuelo de materiales o residuos que pudieran contaminarlo	<p>Los residuos sólidos urbanos generados en la operación de las centrales y la infraestructura para el suministro de vapor son: residuos de tipo doméstico y separable como cartón, papel, madera, metales y vidrio, los cuales se disponen en sitios autorizados por el municipio.</p> <p>En la operación de las centrales, se aprovecha la energía geotérmica y no se generan residuos peligrosos por el tipo de proceso de que se trata, sin embargo, durante los periodos de mantenimientos se generan residuos que por sus características (corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas e inflamables), son clasificados como peligrosos.</p> <p>Los residuos peligrosos generados en el mantenimiento tanto de la infraestructura para el suministro del vapor, así como de las centrales generadoras</p>	<p>De análisis del acta de inspección, se advirtió que la paraestatal durante la visita, no presentó la memoria de los resultados obtenidos en los muestreos regionales y locales de la calidad del agua en arroyos y manantiales considerando el análisis de las concentraciones de sulfatos, cloruros, sílices, potasio, magnesio, acompañados de sus análisis y comentarios respectivos, misma que debió presentarse ante la Procuraduría de Protección al Ambiente en forma semestral.</p>
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.7 Se deben compactar e impermeabilizar las áreas donde se instalarán los equipos de perforación, presas de lodos y tanques de almacenamiento, para evitar que se infiltren contaminantes que pudieran verse sobre el suelo. La impermeabilización debe realizarse por medio de una lona plastificada impermeable, con resistencia de la trama a la ruptura de 30 kgf/cm y al rasgado de trama de 41 kgf, confeccionada con bastilla doble y ojillos a cada metro; así como resistente al ataque químico, a la temperatura del fluido y a las sustancias para las cuales se impermeabiliza; o por medio de otra tecnología con resultados equivalentes o superiores, en cuyo caso debe contarse con los resultados de las pruebas que así lo demuestren.		
Perforación de Pozos	4.3.1 La presa de lodos debe ubicarse en terreno estable y debe estar compactada, impermeabilizada y recubierta con una lona plastificada		

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 6	Observaciones
	(conforme al 4.2.8) en el fondo y las paredes, y debe contar con una profundidad máxima de 3 m que permita almacenar temporalmente los residuos de la perforación, que evite tanto la infiltración de lixiviados al subsuelo como la contaminación de los mantos acuíferos.		
Perforación de Pozos	4.3.4 Se deben almacenar de manera temporal los residuos sólidos urbanos generados durante las diferentes etapas del proyecto, conforme a lo que disponga la autoridad local competente.		
Perforación de Pozos	4.3.6 Al término de la perforación del pozo, la disposición final de los recortes y fluidos de perforación almacenados en la presa de lodos se debe realizar de acuerdo con los resultados del análisis CRET1. Los residuos que por sus características se consideren como peligrosos, deben manejarse y disponerse conforme a la legislación y normatividad vigentes.		
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.2 Al término de las actividades se debe realizar la limpieza del sitio, a fin de evitar la contaminación de áreas aledañas; disponiendo los residuos peligrosos y no peligrosos generados por tal acción de acuerdo a la normatividad vigente		
Terminación de Actividades y	4.5.7 En caso de que el pozo resulte productivo se debe delimitar el área del contrapozo y de la presa de lodos		

<b>FASE</b>	<b>MANEJO ADECUADO</b>	<b>CASO 6</b>	<b>Observaciones</b>
Abandono de Sitio	con una malla ciclónica de una altura mínima de 1,80 m.		
Evaluación de la Conformidad	5.4.2 Durante la Construcción de Pozos Geotérmicos - Constatación ocular de la existencia de los oficios de notificación de la autoridad local competente sobre el manejo de los residuos sólidos urbanos - Constatación ocular de la existencia de resultados CRET1 de los recortes de perforación y la disposición de los residuos correspondiente a la especificación 4.3.6.		
Evaluación de la Conformidad	5.4.4 Al término de actividades: - Verificación ocular de la limpieza del sitio y disposición final de los residuos generados		
<b>Atmósfera</b>			
Perforación de Pozos	4.3.2 Se debe realizar el almacenamiento y resguardo de maquinaria, equipo y materiales, dentro de la plataforma con el fin de garantizar la aplicación de medidas preventivas de protección al ambiente y evitar daños al entorno.	Las emisiones emitidas a la atmósfera en la etapa de operación de las centrales, son los gases incondensables que se extraen junto con el vapor geotérmico y cuya composición química es alrededor del 97,62% de CO <sub>2</sub> , 1,24% de H <sub>2</sub> S y el resto son trazas de otros gases incondensables como el NH <sub>3</sub> , He, H <sub>2</sub> , Ar y CH <sub>4</sub> . Una vez que el flujo másico de vapor y gases incondensables cede su energía calorífica, se transforma en energía eléctrica en el turbogenerador- pasará al condensador en donde el vapor	
Perforación de Pozos	4.3.7 Se debe dar mantenimiento preventivo al equipo de perforación para controlar la emisión de gases contaminante		
Evaluación de Pozos Geotérmicos	4.4.2 La evaluación preliminar de los pozos se debe realizar con el equipo de control de las descargas de vapor o		

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 6	Observaciones
	gases a la atmósfera y que reduzcan al mínimo los niveles de ruido emitido y olores, utilizando el equipo de inducción, preventores y válvulas para alta temperatura, silenciadores centrífugos, tuberías de descarga y vertedores.	cambia de fase y los gases que no se condensan se extraen por medio del equipo específico para ello. Una pequeña porción de gases se absorbe en la mezcla condensado-agua de enfriamiento, sin embargo, tanto la fracción de gases disuelta en el agua de circulación como la que no se absorbe y se extrae del condensador se descarga en la atmósfera. Las implicaciones ambientales que conlleva la emisión de los gases a la atmósfera se han analizado en el campo geotérmico Los Azufres, en función del H <sub>2</sub> S cuyas características químicas y toxicológicas han requerido llevar a cabo mediciones directas e indirectas de la concentración de este gas en el aire a nivel de terreno –inmisión- en sitios estratégicos del campo, las primeras se han realizado con equipo de bajo rango, específico para el H <sub>2</sub> S, y las segundas se han estimado a través de modelos de dispersión de contaminantes.	
<b>Hábitat</b>			
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.6 El material generado por los trabajos de nivelación del terreno y excavación se debe utilizar en la construcción de la plataforma, para evitar la creación de barreras físicas que impidan el libre desplazamiento de la fauna a los sitios aledaños a éste,	Con respecto a la NOM-59-SEMARNAT-95 se encontró que cuatro de las especies encontradas en la región continúan con el estatus especial. En el área de operación de la infraestructura instalada para Azufres	

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 6	Observaciones
	y/o bordos que modifiquen la topografía e hidrodinámica de terrenos inundables, así como el arrastre de sedimentos a los cuerpos de agua cercanos a la zona del proyecto.	I, no se identificaron especies de flora y/o fauna en algún estatus de protección legal, conforme a la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, debido a que dichas áreas se encuentran en su gran mayoría desprovistas de vegetación, pues son plataformas existentes.	
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.9 Para las actividades de desmonte o deshierbe durante la apertura de caminos y preparación del sitio no se debe quemar la vegetación ni usar agroquímicos. El producto de estas actividades, debe ser dispuesto en el sitio que indique la autoridad local competente o ser triturado para su reincorporación al suelo.	Las áreas utilizadas con infraestructura para la operación de Azufres I, no ofrecen servicios ambientales (corredores biológicos, zonas de anidación, alimentación o reproducción) ecológicamente importantes para las especies faunísticas que se identificaron en el área de estudio	
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.11 Durante los trabajos de perforación y mantenimiento de pozos, y durante todas las etapas del proyecto, el responsable debe instruir al personal que interviene en estas actividades a proteger el ambiente, así como a evitar que se capture, persiga, cace, colecte, trafique o perjudique a las especies de flora y fauna silvestres que habitan en la zona.	La operación de Azufres I, no contraviene con los usos y destinos que actualmente presenta el campo geotérmico Los Azufres, por el contrario coadyuva a la sustentabilidad del área de estudio mediante el aprovechamiento responsable del recurso natural que se utiliza para la generación de energía eléctrica.	
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.4 Las zonas en donde a consecuencia de las actividades de perforación se haya alterado la vegetación y que no se requieran durante el ciclo de vida del pozo geotérmico o no las soliciten en esas condiciones los propietarios en la etapa de abandono del pozo, deben restaurarse una vez terminadas dichas	Se cuenta con un programa de reforestación. Implantar una barrera arbolada en la periferia de los predios de las unidades de generación. la infraestructura instalada Sobre la calidad del paisaje, ésta ya cuenta con cierta afectación, derivada	

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 6	Observaciones
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	<p>actividades.</p> <p>4.5.5 En el caso de que el pozo resulte improductivo, el área del proyecto y zonas aledañas que hayan resultado afectadas, deben ser restauradas a condiciones similares a las prevalecientes en las áreas adyacentes al momento del inicio de los trabajos de perforación.</p>	<p>no sólo de la actividad geotérmica en la región, sino también por el desarrollo del turismo, la explotación de grandes bancos de caolín y la importante deforestación y tala clandestina a la que ha sido sujeta esta zona de interés geotérmico; entre otros aspectos de menor relevancia.</p> <p>No obstante lo anterior, los impactos residuales producidos por la operación y el mantenimiento de Los Azufres I son evaluados de baja intensidad con relación a las demás actividades productivas que se desarrollan en la región, y que el ambiente en general de la zona tiene una alta capacidad de amortiguamiento de dichos impactos.</p>	
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	<p>4.5.6 Las especies utilizadas en la restauración del suelo deben estar determinadas en función de la vegetación prevaleciente en el lugar, susceptibles a desarrollarse en el sitio y sus condiciones edafológicas.</p>	<p>Al margen de lo anterior, tanto las labores de monitoreo en el ambiente (mediciones de H<sub>2</sub>S, monitoreo del agua y de ruido, entre otras) permitirán la detección y aplicación efectiva de las medidas correctivas y compensatorias que sean necesario aplicar por parte del personal especializado de protección ambiental con que se cuenta en el campo geotérmico y bajo la supervisión de las autoridades ambientales correspondientes.</p>	
<b>Condensados y Escorrentías</b>			
Preparación del Sitio y	4.2.3 Se deben tomar las medidas preventivas a fin de no afectar el nivel	Una vez que la salmuera es separada del vapor, esta es conducida a través	

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 6	Observaciones
Construcción	del manto freático y las condiciones hidrológicas de la región. Para ello se debe instalar la tubería de conducción a 5 m y la superficial, la de anclaje y la de producción, a las profundidades que se determine de acuerdo con el análisis de la información geológica que se vaya obteniendo.	de un canal vertedor hacia las presas de enfriamiento, en donde se deja el tiempo necesario para bajar la temperatura y posteriormente enviarla a inyección en su totalidad, a través de un sistema de inyección que se encuentra compuesto por una red de tuberías de polietileno de alta densidad, cajas rompedoras y pozos inyectoros.	
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.8 Para cubrir las necesidades fisiológicas de los trabajadores y dependiendo de las condiciones del suelo y el nivel del manto freático, se debe optar por la instalación de sanitarios portátiles uno por cada quince personas, o bien, la construcción de letrinas. En el caso de utilizar estas últimas, su diseño debe garantizar evitar la contaminación del subsuelo por infiltración. Asimismo, al término de las actividades deben ser cubiertas e inactivadas conforme a las disposiciones que señale la autoridad local.	De enero a diciembre del 2010 se inyectaron 4 423 624 toneladas de salmuera al yacimiento, de los cuáles, el 64% (2 831 812 toneladas) se inyectaron en la zona norte y el 36% restante (1 591 812 toneladas) en la zona sur.  El agua que se utiliza como de servicios (sanitarias), se extrae del manantial denominado agua fría, una vez que esta es utilizada se envía a una fosa séptica de donde una vez realizado un tratamiento previo se envía a inyección en su totalidad.	
Evaluación de Pozos Geotérmicos	4.4.3 En caso de que el pozo geotérmico sea productor, el agua separada producida por el mismo se debe dejar en la presa de lodos (que debe estar libre de lodos de perforación) y se le debe instalar un serpentín con tubería de acero para su evaporación. En caso de que éste no sea productor, se debe proceder a la reinyección del agua producida en el mismo.		

**CASO 5 NUEVO LEÓN, BAJA CALIFORNIA**

De acuerdo al informe Resolutivo de este proyecto, es necesario hacer el Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental, a través de una Manifestación de Impacto Ambiental, previo cumplimiento de las disposiciones legales vigentes aplicables subsanando las deficiencias en cuanto a los caminos de acceso que deben ser en línea recta teniendo como máximo ancho de 4m teniendo en zonas hasta 6m, y la delimitación en el área de operación de pozos con peticiones perimetrales a base de malla ciclónica o alambrado de púas; por lo que no se podrá dar inicio a obras en este campo hasta que se cubran los requisitos correspondientes. Actualmente este campo geotérmico no se encuentra en perforación.

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 1	Observaciones
<b>Residuos Peligrosos</b>			
Preparación del Sitio y Construcción	3.11 Impermeabilización: Actividad que se realiza para evitar la infiltración en el subsuelo de materiales o residuos que pudieran contaminarlo	Se realizará la compactación conforme a los estándares de calidad de construcción para evitar infiltraciones. Se emplearán materiales de impermeabilización que eviten la contaminación del suelo. Se emplearán materiales de impermeabilización que eviten la contaminación del subsuelo y por ende el agua subterránea. Una vez que se concluye la etapa de limpieza y preparación de los sitios seleccionados para el proyecto (caminos de acceso, y las plataformas de perforación). Antes de instalar el equipo de perforación se procede a impermeabilizar las plataformas construidas, a fin de evitar durante la perforación del pozo posibles derrames accidentales de grasas o aceites del equipo que se empleará en dicha perforación.	
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.7 Se deben compactar e impermeabilizar las áreas donde se instalarán los equipos de perforación, presas de lodos y tanques de almacenamiento, para evitar que se infiltren contaminantes que pudieran verse sobre el suelo. La impermeabilización debe realizarse por medio de una lona plastificada impermeable, con resistencia de la trama a la ruptura de 30 kgf/cm y al rasgado de trama de 41 kgf, confeccionada con bastilla doble y ojillos a cada metro; así como resistente al ataque químico, a la temperatura del fluido y a las sustancias para las cuales se impermeabiliza; o por medio de otra tecnología con resultados equivalentes o superiores, en cuyo caso debe		

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 1	Observaciones
	contarse con los resultados de las pruebas que así lo demuestren.		
Perforación de Pozos	4.3.1 La presa de lodos debe ubicarse en terreno estable y debe estar compactada, impermeabilizada y recubierta con una lona plastificada (conforme al 4.2.8) en el fondo y las paredes, y debe contar con una profundidad máxima de 3 m que permita almacenar temporalmente los residuos de la perforación, que evite tanto la infiltración de lixiviados al subsuelo como la contaminación de los mantos acuíferos.	El desarrollo y la ejecución del proyecto de perforación exploratoria en la zona geotérmica Nuevo León no prevé impactos significativos o relevantes en el ambiente, toda vez que los sitios en donde se construirán las cinco plataformas con sus respectivos caminos de acceso y presas de lodo se localizan en áreas agrícolas.	
Perforación de Pozos	4.3.4 Se deben almacenar de manera temporal los residuos sólidos urbanos generados durante las diferentes etapas del proyecto, conforme a lo que disponga la autoridad local competente.	Los residuos sólidos no peligrosos, en este municipio se generan aproximadamente 1,300 toneladas diarias. Actualmente el sitio que se utiliza como basurero municipal no cumple con los criterios ecológicos establecidos para un relleno sanitario, pues sólo se efectúa la cobertura con tierra de los residuos depositados de manera eventual. También existen tres sitios no oficiales de disposición de residuos sólidos no peligrosos a cielo abierto, los cuales por su magnitud se consideran problemáticos; en diversos puntos de la ciudad se han identificado otros 55 de menor magnitud. Aunado a lo anterior, en el sitio donde estuvo asentado el antiguo basurero municipal todavía no se han	

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 1	Observaciones
		implementado las medidas para su restauración. En la zona del Valle, la disposición de este tipo de residuos se realiza a cielo abierto.	
Perforación de Pozos	4.3.6 Al término de la perforación del pozo, la disposición final de los recortes y fluidos de perforación almacenados en la presa de lodos se debe realizar de acuerdo con los resultados del análisis CRETl. Los residuos que por sus características se consideren como peligrosos, deben manejarse y disponerse conforme a la legislación y normatividad vigentes.		
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.2 Al término de las actividades se debe realizar la limpieza del sitio, a fin de evitar la contaminación de áreas aledañas; disponiendo los residuos peligrosos y no peligrosos generados por tal acción de acuerdo a la normatividad vigente	Acciones de restauración (conservación de suelos). Manejo y control de los residuos que se generen durante esta etapa, conforme a lo dispuesto en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Peligrosos y su Reglamento.	
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.7 En caso de que el pozo resulte productivo se debe delimitar el área del contrapozo y de la presa de lodos con una malla ciclónica de una altura mínima de 1,80 m.		
Evaluación de la Conformidad	5.4.2 Durante la Construcción de Pozos Geotérmicos - Constatación ocular de la existencia de los oficios de notificación de la autoridad local competente sobre el manejo de los residuos sólidos urbanos	Se manejarán conforme a lo dispuesto en los Artículos 40 y 95 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), respectivamente. Residuos de la construcción. Se almacenarán en montículos y se	

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 1	Observaciones
	<p>- Constatación ocular de la existencia de resultados CRET1 de los recortes de perforación y la disposición de los residuos correspondiente a la especificación 4.3.6.</p>	<p>considerarán como residuos de manejo especial. Se manejarán conforme a lo que establezca la LGPGIR, las disposiciones emitidas por las legislaturas de las entidades federativas y demás disposiciones aplicables.</p> <p>Residuos provenientes de la limpieza y preparación de las áreas seleccionadas para la exploración de los pozos geotérmicos. Se almacenarán en montículos para ser utilizados posteriormente en la rehabilitación de las áreas que resulten afectadas.</p> <p>Residuos sanitarios. Se contratará a una empresa especializada, la cual se encargará de la colecta, traslado y disposición de los residuos sanitarios.</p> <p>Basura doméstica. Será puesta en tambos cerrados y etiquetados, para su transporte fuera del campo geotérmico hasta los sitios autorizados por el municipio.</p> <p>Reciclables: Cartón, Madera, Metal. Se clasificarán y enviarán a centros de acopio autorizados por el municipio.</p> <p>Residuos de Lodos de Perforación. Estos residuos se almacenarán en presas metálicas y posteriormente se enviarán a secado, su disposición final se efectuará un sitio de confinamiento para residuos industriales no peligrosos</p>	

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 1	Observaciones
Evaluación de la Conformidad	5.4.4 Al término de actividades: - Verificación ocular de la limpieza del sitio y disposición final de los residuos generados		
<b>Atmósfera</b>			
Perforación de Pozos	4.3.2 Se debe realizar el almacenamiento y resguardo de maquinaria, equipo y materiales, dentro de la plataforma con el fin de garantizar la aplicación de medidas preventivas de protección al ambiente y evitar daños al entorno.	La limpieza y preparación del terreno se hará mediante la maquinaria adecuada; el acopio y carga con cargador frontal. Durante las etapas de preparación del sitio y perforación se prevén emisiones a la atmósfera provenientes de los vehículos automotores y maquinaria que será utilizada para las obras civiles y por la combustión interna de los equipos de perforación; así mismo, se prevén emisiones fugitivas de polvos por el transporte de materiales para la construcción de las plataformas y caminos de acceso.	
Perforación de Pozos	4.3.7 Se debe dar mantenimiento preventivo al equipo de perforación para controlar la emisión de gases contaminante		
Evaluación de Pozos Geotérmicos	4.4.2 La evaluación preliminar de los pozos se debe realizar con el equipo de control de las descargas de vapor o gases a la atmósfera y que reduzcan al mínimo los niveles de ruido emitido y olores, utilizando el equipo de inducción, preventores y válvulas para alta temperatura, silenciadores centrífugos, tuberías de descarga y vertedores.	Instalación de equipos de control para reducir las descargas de vapor o gases a la atmósfera, así como las emisiones de ruido (equipo de inducción, preventores y válvulas para alta temperatura, silenciadores centrífugos, tuberías de descarga y vertedores).	

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 1	Observaciones
<b>Hábitat</b>			
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.6 El material generado por los trabajos de nivelación del terreno y excavación se debe utilizar en la construcción de la plataforma, para evitar la creación de barreras físicas que impidan el libre desplazamiento de la fauna a los sitios aledaños a éste, y/o bordos que modifiquen la topografía e hidrodinámica de terrenos inundables, así como el arrastre de sedimentos a los cuerpos de agua cercanos a la zona del proyecto.	Aún y cuando en las áreas seleccionadas para la realización del proyecto no se identificaron especies de flora, de todas maneras se consideraran las medidas preventivas propuestas en la NOM-150-SEMARNAT-2006. No se requiere de la remoción de vegetación forestal, en virtud de que las áreas seleccionadas para la perforación de los cinco pozos exploratorios propuestos se encuentran dentro de zonas agrícolas.	
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.9 Para las actividades de desmonte o deshierbe durante la apertura de caminos y preparación del sitio no se debe quemar la vegetación ni usar agroquímicos. El producto de estas actividades, debe ser dispuesto en el sitio que indique la autoridad local competente o ser triturado para su reincorporación al suelo.		
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.11 Durante los trabajos de perforación y mantenimiento de pozos, y durante todas las etapas del proyecto, el responsable debe instruir al personal que interviene en estas actividades a proteger el ambiente, así como a evitar que se capture, persiga, cace, colecte, trafique o perjudique a las especies de flora y fauna silvestres que habitan en la zona.	No se prevén impactos ambientales sobre flora, debido a que las condiciones ambientales de las áreas en donde se realizará la exploración geotérmica, carecen de hábitats o vegetación natural o que ecológicamente sean importantes y que ofrezcan algún servicio ambiental para la sobrevivencia de especies faunísticas, toda vez que dichas áreas han sido	

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 1	Observaciones
		utilizadas para el desarrollo de actividades agrícolas	
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.4 Las zonas en donde a consecuencia de las actividades de perforación se haya alterado la vegetación y que no se requieran durante el ciclo de vida del pozo geotérmico o no las soliciten en esas condiciones los propietarios en la etapa de abandono del pozo, deben restaurarse una vez terminadas dichas actividades.	Ejecución de un conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales del ecosistema (agrícola) que fue afectado por la realización del proyecto.	
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.5 En el caso de que el pozo resulte improductivo, el área del proyecto y zonas aledañas que hayan resultado afectadas, deben ser restauradas a condiciones similares a las prevalecientes en las áreas adyacentes al momento del inicio de los trabajos de perforación.		
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.6 Las especies utilizadas en la restauración del suelo deben estar determinadas en función de la vegetación prevaleciente en el lugar, susceptibles a desarrollarse en el sitio y sus condiciones edafológicas.		
<b>Condensados y Escorrentías</b>			
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.3 Se deben tomar las medidas preventivas a fin de no afectar el nivel del manto freático y las condiciones hidrológicas de la región. Para ello se debe instalar la tubería de conducción a 5 m y la superficial, la de anclaje y la de producción, a las profundidades		

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 1	Observaciones
	que se determine de acuerdo con el análisis de la información geológica que se vaya obteniendo.		
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.8 Para cubrir las necesidades fisiológicas de los trabajadores y dependiendo de las condiciones del suelo y el nivel del manto freático, se debe optar por la instalación de sanitarios portátiles uno por cada quince personas, o bien, la construcción de letrinas. En el caso de utilizar estas últimas, su diseño debe garantizar evitar la contaminación del subsuelo por infiltración. Asimismo, al término de las actividades deben ser cubiertas e inactivadas conforme a las disposiciones que señale la autoridad local.		
Evaluación de Pozos Geotérmicos	4.4.3 En caso de que el pozo geotérmico sea productor, el agua separada producida por el mismo se debe dejar en la presa de lodos (que debe estar libre de lodos de perforación) y se le debe instalar un serpentín con tubería de acero para su evaporación. En caso de que éste no sea productor, se debe proceder a la reinyección del agua producida en el mismo.	Dependiendo de los resultados de la exploración de pozos geotérmicos, se presentarían dos alternativas para la CFE ya sea que se realice la planeación para la fase de desarrollo de esta zona geotérmica o la de elaborar el programa para la etapa de abandono del sitio, es decir, si se llegará determinar que los pozos exploratorios cumplen con las expectativas de producción de vapor, se procedería a la planeación para la perforación y construcción de pozos geotérmicos de producción e inyección, así como, la instalación de las unidades de generación de	

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 1	Observaciones
		<p>electricidad; para lo cual se realizarían los trámites y/o gestiones correspondientes, conforme a la legislación ambiental vigente y demás disposiciones aplicables, en caso contrario, es decir, que los pozos exploratorios no cumplan con las expectativas de producción de vapor, se procedería al cierre y/o taponamiento de los pozos geotérmicos.</p>	

## CASO 6 TULECHECK, BAJA CALIFORNIA

Actualmente este es el único proyecto que se ha puesto en marcha bajo la aplicación de la Norma NOM-150-SEMARNAT-2006.

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 2	Observaciones
<b>Residuos Peligrosos</b>			
Preparación del Sitio y Construcción	3.11 Impermeabilización: Actividad que se realiza para evitar la infiltración en el subsuelo de materiales o residuos que pudieran contaminarlo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se emplearán materiales de impermeabilización a fin de evitar la contaminación del suelo por derrames accidentales de grasas y aceites.</li> </ul>	En lo que respecta a la prevención y control de la contaminación del suelo, se colocaron permanentemente en cada plataforma lonas impermeabilizantes de poliéster de 14 X 14 hilos horizontales por pulgada cuadrada y recubrimiento de PVC por ambos extremos, peso de 0,610 kg/m <sup>2</sup> y espesor de 0,560 mm, resistencia de la trama a la ruptura 37,00 kgf/cm, resistencia al rasgado de trama 41,00 kgf/cm, confeccionada con bastilla doble y ojillos a cada 1.0 m; 100 % impermeable cubriendo área de equipos, de tanques de combustible, área de químicos, tanque de aceite residual, y contenedores para residuos peligrosos, de acuerdo a especificaciones y en cumplimiento a la norma NOM-138-SEMARNAT-2002 que establece los límites máximos permisibles de contaminación de suelos por hidrocarburos. Se colocaron además en tanques de combustible y de aceite residual charolas para posibles derrames.
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.7 Se deben compactar e impermeabilizar las áreas donde se instalarán los equipos de perforación, presas de lodos y tanques de almacenamiento, para evitar que se infiltren contaminantes que pudieran verse sobre el suelo. La impermeabilización debe realizarse por medio de una lona plastificada impermeable, con resistencia de la trama a la ruptura de 30 kgf/cm y al rasgado de trama de 41 kgf, confeccionada con bastilla doble y ojillos a cada metro; así como resistente al ataque químico, a la temperatura del fluido y a las sustancias para las cuales se impermeabiliza; o por medio de otra tecnología con resultados equivalentes o superiores, en cuyo caso debe contarse con los resultados de las pruebas que así lo demuestren.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una vez que se concluyó la etapa de limpieza y preparación de los sitios seleccionados para el proyecto (camino de acceso, las plataformas de perforación y las presas de lodos). Antes de instalar el equipo de perforación se procede a impermeabilizar las plataformas construidas, a fin de evitar durante la perforación del pozo posibles derrames accidentales de grasas o aceites del equipo que contaminen el suelo; asimismo, se impermeabilizan las presas de lodos para poder colocar los desechos de recorte y de material generados durante la perforación.</li> <li>• Se realizará la compactación conforme a los estándares de calidad de construcción para evitar infiltraciones.</li> <li>• Excavación, relleno, compactación y/o nivelación</li> </ul>	

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 2	Observaciones
		<p>a) De acuerdo con el estudio topográfico de los sitios del proyecto, tres de las plataformas se construirán en terreno plano y uno más con escasa pendiente, menor de 3%, por lo que no será necesario realizar cortes de terreno para compensar los terraplenes.</p> <p>b) Se realizarán las obras necesarias para garantizar el drenaje pluvial en sus plataformas, a fin de no obstruir la continuidad del flujo de las corrientes pluviales.</p> <p>c) Para los rellenos requeridos se utilizará material de los bancos autorizados de la zona.</p>	
Perforación de Pozos	<p>4.3.1 La presa de lodos debe ubicarse en terreno estable y debe estar compactada, impermeabilizada y recubierta con una lona plastificada (conforme al 4.2.8) en el fondo y las paredes, y debe contar con una profundidad máxima de 3 m que permita almacenar temporalmente los residuos de la perforación, que evite tanto la infiltración de lixiviados al subsuelo como la contaminación de los mantos acuíferos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación de cuatro plataformas con sus respectivas presas de lodos para la perforación; así como, la construcción de los caminos de acceso para cada una de ellas.</li> <li>• Los sitios propuestos para la perforación exploratoria cuentan con vías de acceso de terracería, los cuales comunican los diferentes predios agrícolas en donde se construirán las plataformas y presas de lodos requeridas para la ejecución del proyecto, así como a núcleos de población ejidal que existen en la zona, no obstante lo anterior, se requerirán adicionalmente de la construcción</li> </ul>	<p>Para el caso de la perforación de los pozos exploratorios de Tulecheck, no se construyeron presas de lodos, en su caso se utilizaron presas metálicas, cuando estas cubrían su capacidad los lodos se trasladaban a una presa de lodos ubicada en el campo geotérmico de Cerro Prieto y de ahí a disposición final.</p>  <p>Presa Metálicas</p>

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 2	Observaciones
		<p>de unos 103 metros de longitud de caminos de acceso por 6 metros de ancho (618 m2) los cuales se ubicarán en terrenos preferentemente agrícolas y/o eriales<sup>1</sup> (banco de materiales) para conectar los vías de comunicación existentes con las áreas que serán empleadas para la construcción de las plataformas de los pozos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Una vez que se concluyó la etapa de limpieza y preparación de los sitios seleccionados para el proyecto (caminos de acceso, las plataformas de perforación y las presas de lodos). Antes de instalar el equipo de perforación se procede a impermeabilizar las plataformas construidas, a fin de evitar durante la perforación del pozo posibles derrames accidentales de grasas o aceites del equipo que contaminen el suelo; asimismo, se impermeabilizan las presas de lodos para poder colocar los desechos de recorte y de material generados durante la perforación.</li> </ul>	 <p data-bbox="1451 623 1934 688">Presa de lodos del campo geotérmico Cerro Prieto</p>
Perforación de Pozos	4.3.4 Se deben almacenar de manera temporal los residuos sólidos urbanos generados durante las diferentes etapas del proyecto, conforme a lo que disponga la autoridad local competente.	Los residuos sólidos urbanos y los residuos de manejo especial se manejarán conforme a lo dispuesto en los artículos 40 y 95 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).	En cada una de las plataformas de perforación, se ubicaron contenedores metálicos para la disposición de los residuos sólidos urbanos generados. Los residuos fueron clasificados en inorgánicos y orgánicos, esto de acuerdo con lo que se establece en el

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 2	Observaciones
			<p>artículo 18, de la LGPGIR “...podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con el objeto de facilitar su separación primaria y secundaria...”,</p> 
Perforación de Pozos	<p>4.3.6 Al término de la perforación del pozo, la disposición final de los recortes y fluidos de perforación almacenados en la presa de lodos se debe realizar de acuerdo con los resultados del análisis CRETÍ. Los residuos que por sus características se consideren como peligrosos, deben manejarse y disponerse conforme a la legislación y normatividad vigentes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Residuos de la construcción. Se almacenarán en montículos y se considerarán como residuos de manejo especial. Se manejarán conforme a lo que establezca la LGPGIR, las disposiciones emitidas por las legislaturas de las entidades federativas y demás disposiciones aplicables.</li> <li>• Residuos provenientes de la limpieza y preparación de las áreas seleccionadas para la exploración de los pozos geotérmicos. Se almacenarán en montículos para ser utilizados posteriormente en la rehabilitación de las áreas que resulten afectadas.</li> <li>• Residuos sanitarios. Se contratará a una empresa especializada para</li> </ul>	<p>Los lodos, recortes y fluidos de perforación se almacenaron en presas metálicas y posteriormente se llevaron a una presa de lodos ubicada dentro del campo geotérmico de Cerro Prieto, su disposición final se efectuó en un sitio de confinamiento para residuos industriales no peligrosos, previo al conocimiento de los resultados del análisis CRETÍ. Es importante señalar que los análisis realizados en todos los campos geotérmicos, este tipo de residuos han sido clasificados como no peligrosos.</p>

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 2	Observaciones
		<p>la colecta y traslado de los residuos provenientes de las letrinas portátiles.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basura doméstica. Será puesta en tambos cerrados y etiquetados, para su transporte fuera del campo geotérmico hasta los sitios autorizados por el municipio.</li> <li>• Reciclables: Cartón, Madera, Metal. Se clasificarán y enviarán a centros de acopio autorizados por el municipio.</li> </ul>	
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.2 Al término de las actividades se debe realizar la limpieza del sitio, a fin de evitar la contaminación de áreas aledañas; disponiendo los residuos peligrosos y no peligrosos generados por tal acción de acuerdo a la normatividad vigente	Acciones de restauración y conservación de suelos. Manejo y control de los residuos que se generen durante esta etapa, conforme a lo dispuesto en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Peligrosos y su Reglamento.	<p>Actualmente las plataformas de los pozos perforados se encuentran libres de maquinaria y/o equipo de perforación, así como de áreas provisionales, se realizó limpieza del sitio y se dispusieron los residuos de acuerdo con la normatividad vigente, a fin de evitar la contaminación en áreas aledañas.</p> 
Terminación de Actividades y Abandono de	4.5.7 En caso de que el pozo resulte productivo se debe delimitar el área del contrapozo y de la presa de lodos con una malla ciclónica de una altura		Los pozos perforados resultaron no productivos, sin embargo se delimito el área de la plataforma con malla ciclónica tal y como se establece en

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 2	Observaciones
Sitio	mínima de 1,80 m.		este punto, sin embargo esta fue robada al poco tiempo de haberse instalado.
Evaluación de la Conformidad	5.4.2 Durante la Construcción de Pozos Geotérmicos - Constatación ocular de la existencia de los oficios de notificación de la autoridad local competente sobre el manejo de los residuos sólidos urbanos - Constatación ocular de la existencia de resultados CRET1 de los recortes de perforación y la disposición de los residuos correspondiente a la especificación 4.3.6.		Se realizaron todas las gestiones necesarias ante la autoridad competente para disponer de los residuos sólidos urbanos y lodos de perforación.  (Ver anexo 3.1)
Evaluación de la Conformidad	5.4.4 Al término de actividades: - Verificación ocular de la limpieza del sitio y disposición final de los residuos generados		
<b>Atmósfera</b>			
Perforación de Pozos	4.3.2 Se debe realizar el almacenamiento y resguardo de maquinaria, equipo y materiales, dentro de la plataforma con el fin de garantizar la aplicación de medidas preventivas de protección al ambiente y evitar daños al entorno.	Mantenimiento preventivo a los equipos de perforación. Instalación de equipos y/o materiales para el control de ruido a fin de cumplir en todo momento con la NOM-081-SEMARNAT-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. Asimismo, también se cumplirá con lo dispuesto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de emisiones a la	Todo el equipo y maquinaria necesaria para llevar a cabo la perforación de pozos queda dentro de la plataforma de perforación. 

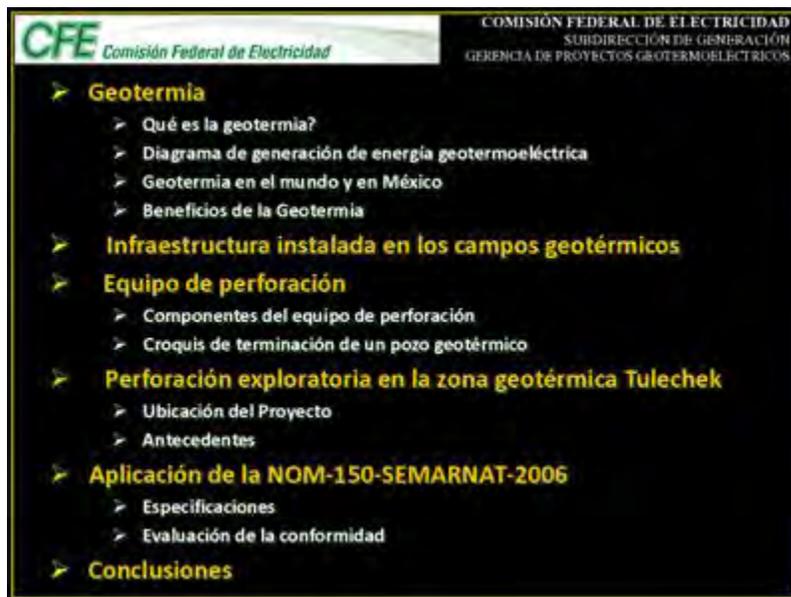
FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 2	Observaciones
Perforación de Pozos	4.3.7 Se debe dar mantenimiento preventivo al equipo de perforación para controlar la emisión de gases contaminante	Atmósfera y su Reglamento.	La empresa contratista cuenta con un programa de mantenimiento de los equipos que se utilizaran para llevar a cabo la perforación de pozos.
Evaluación de Pozos Geotérmicos	4.4.2 La evaluación preliminar de los pozos se debe realizar con el equipo de control de las descargas de vapor o gases a la atmósfera y que reduzcan al mínimo los niveles de ruido emitido y olores, utilizando el equipo de inducción, preventores y válvulas para alta temperatura, silenciadores centrífugos, tuberías de descarga y vertedores.	Instalación de equipos de control para reducir las descargas de vapor o gases a la atmósfera, así como las emisiones de ruido (silenciadores).	No se llevó a cabo una evaluación preliminar de los pozos, debido a que estos no presentaron condiciones de presión y temperatura adecuadas para utilizarse como pozos productores y/o inyectores
<b>Hábitat</b>			
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.6 El material generado por los trabajos de nivelación del terreno y excavación se debe utilizar en la construcción de la plataforma, para evitar la creación de barreras físicas que impidan el libre desplazamiento de la fauna a los sitios aledaños a éste, y/o bordos que modifiquen la topografía e hidrodinámica de terrenos inundables, así como el arrastre de sedimentos a los cuerpos de agua cercanos a la zona del proyecto.	Los componentes ambientales relacionados con la flora y fauna no fueron considerados en la identificación de impactos ambientales, en virtud de que las condiciones ambientales de las áreas en donde se realizará la exploración geotérmica, carecen de hábitats o de vegetación que ecológicamente sean importantes y que ofrezcan algún servicio ambiental para la sobrevivencia de especies faunísticas, toda vez que dichas áreas han sido utilizadas para el desarrollo de actividades agrícolas y la explotación de banco de material, además, tampoco se identificaron especies de flora y fauna en algún estatus de protección legal conforme a la NOM-	<p>Para el caso especial de la perforación en la zona geotérmica de Tulecheck, no se realizaron excavaciones, debido a que los terrenos utilizados estaban nivelados ya que estos eran utilizados como agrícolas. La construcción de la plataforma fue realizada con material externo.</p> 

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 2	Observaciones
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.9 Para las actividades de desmonte o deshierbe durante la apertura de caminos y preparación del sitio no se debe quemar la vegetación ni usar agroquímicos. El producto de estas actividades, debe ser dispuesto en el sitio que indique la autoridad local competente o ser triturado para su reincorporación al suelo.	059-SEMARNAT-2001.	Debido a que los sitios se ubican sobre terrenos agrícolas, no se requirió de la remoción de vegetación. La limpieza y preparación del terreno se realizó mediante la maquinaria adecuada y en ningún momento se realizaron quemas y/o utilizaron agroquímicos para la preparación del sitio. 
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.11 Durante los trabajos de perforación y mantenimiento de pozos, y durante todas las etapas del proyecto, el responsable debe instruir al personal que interviene en estas actividades a proteger el ambiente, así como a evitar que se capture, persiga, cace, colecte, trafique o perjudique a las especies de flora y fauna silvestres que habitan en la zona.	Aunque la fauna silvestre es escasa, la modificación de hábitats por construcción de caminos y plataformas puede disminuir la presencia de la fauna en el sitio, así como por la presencia humana durante las actividades de perforación	Durante la perforación y construcción de los pozos se dieron pláticas en materia ambiental con la finalidad de concientizar al personal y evitar que se capture persiga, cace, colecte, trafique o perjudique a las especies de flora y fauna silvestres que habitan en la zona
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.4 Las zonas en donde a consecuencia de las actividades de perforación se haya alterado la vegetación y que no se requieran durante el ciclo de vida del pozo geotérmico o no las soliciten en esas	Acciones de restauración y revegetación de suelos, en las áreas que no resulten productivas o benéficas para el aprovechamiento del pozo y, en su caso, a su restablecimiento de sus condiciones	

<b>FASE</b>	<b>MANEJO ADECUADO</b>	<b>CASO 2</b>	<b>Observaciones</b>
	condiciones los propietarios en la etapa de abandono del pozo, deben restaurarse una vez terminadas dichas actividades.	originales previas a la realización del proyecto (uso agrícola).	
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.5 En el caso de que el pozo resulte improductivo, el área del proyecto y zonas aledañas que hayan resultado afectadas, deben ser restauradas a condiciones similares a las prevalecientes en las áreas adyacentes al momento del inicio de los trabajos de perforación.	No se requiere de la remoción de vegetación forestal, en virtud de que las áreas seleccionadas para la perforación de los cuatro pozos exploratorios propuestos son zonas agrícolas y/o eriales.	Aun y cuando los pozos resultaron no productores, no se ha tomado la decisión de abandonar el área debido a que estos por ser los primeros pozos perforados en la zona se encuentran destinados al monitoreo.
Terminación de Actividades y Abandono de Sitio	4.5.6 Las especies utilizadas en la restauración del suelo deben estar determinadas en función de la vegetación prevaleciente en el lugar, susceptibles a desarrollarse en el sitio y sus condiciones edafológicas.		El área que ocupan las plataformas es utilizada como área de cultivo.
<b>Condensados y Escorrentías</b>			
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.3 Se deben tomar las medidas preventivas a fin de no afectar el nivel del manto freático y las condiciones hidrológicas de la región. Para ello se debe instalar la tubería de conducción a 5 m y la superficial, la de anclaje y la de producción, a las profundidades que se determine de acuerdo con el análisis de la información geológica que se vaya obteniendo.		Se anexa reporte diario de la perforación, así como el croquis de terminación de los pozos geotérmicos, en ellos se especifica las características de la tubería que se instaló; a fin de no afectar el nivel freático y las condiciones hidrológicas de la región. (Anexo 3.2)
Preparación del Sitio y Construcción	4.2.8 Para cubrir las necesidades fisiológicas de los trabajadores y dependiendo de las condiciones del suelo y el nivel del manto freático, se debe optar por la instalación de		En lo que respecta al control de los residuos fisiológicos, se mantuvieron 2 letrinas portátiles por pozo y el mantenimiento de limpieza se realizó 3 veces por semana.

FASE	MANEJO ADECUADO	CASO 2	Observaciones
	<p>sanitarios portátiles uno por cada quince personas, o bien, la construcción de letrinas. En el caso de utilizar estas últimas, su diseño debe garantizar evitar la contaminación del subsuelo por infiltración. Asimismo, al término de las actividades deben ser cubiertas e inactivadas conforme a las disposiciones que señale la autoridad local.</p>		
Evaluación de Pozos Geotérmicos	<p>4.4.3 En caso de que el pozo geotérmico sea productor, el agua separada producida por el mismo se debe dejar en la presa de lodos (que debe estar libre de lodos de perforación) y se le debe instalar un serpentín con tubería de acero para su evaporación. En caso de que éste no sea productor, se debe proceder a la reinyección del agua producida en el mismo.</p>	<p>Instalación de vertedores y dirigir el agua geotérmica hacia la presa de lodos para posteriormente inyectarla al subsuelo.</p>	<p>Los pozos perforados en el caso de Tulecheck, resultaron no productores.</p>

## ANEXO 5. PRESENTACIÓN DE LA GERENCIA DE PROYECTOS GEOTERMOELÉCTRICOS SOBRE LA APLICACIÓN DE LA NOM-150-SEMARNAT-2006 EN TULECHECK, BC.



**CFE** Comisión Federal de Electricidad

COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD  
SUBDIRECCIÓN DE GENERACIÓN  
GERENCIA DE PROYECTOS GEOTERMIOELÉCTRICOS

**¿Qué es la geotermia?**

La geotermia (calor de la tierra) es la energía calorífica acumulada bajo la superficie de la tierra en zonas de agua de alta presión y temperatura, asociadas regularmente a zonas volcánicas o a fallas tectónicas.

Existen dos tipos de yacimientos: cercano a la superficie y de gran profundidad.

- ▣ La geotermia cercana de la superficie se ubica a profundidades de 100 -150 m y se utiliza para suministrar calor a casas, escuelas, edificios o invernaderos.
- ▣ La explotación de gran profundidad (superior a los 1 000 m) ofrece la posibilidad de proyectos de suministro de energía más grandes, incluyendo la generación de energía eléctrica.



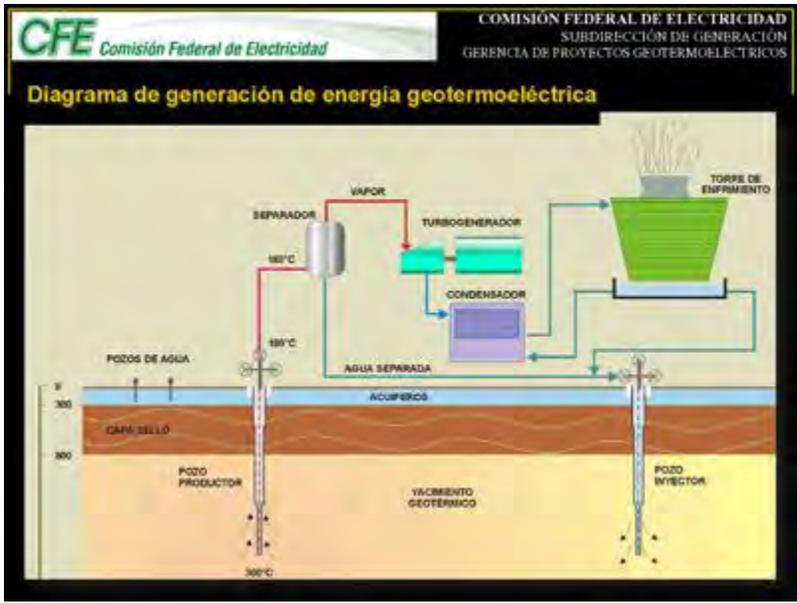
CG Cerro Prieto, BC

**CFE** Comisión Federal de Electricidad

**Modelo conceptual de un yacimiento geotérmico**



Diagram illustrating the conceptual model of a geothermal reservoir. It shows a well labeled "Pozo inyector" (Injection Well) on the left, a "CAPA SELLO" (Sealing Layer) in the middle, a "YACIMIENTO" (Reservoir) containing a "FUENTE DE CALOR" (Heat Source) at the bottom, and a "Pozo productivo" (Production Well) on the right.



- CFE** Comisión Federal de Electricidad
- Beneficios de la geotermia**
- El aprovechamiento de un recurso natural renovable, implica la sustitución de energía generada a base de combustibles fósiles, lo que se traduce en una **reducción de las tasas de emisiones** de gases de efecto invernadero a la atmósfera.
  - Los proyectos geotérmicos reúnen los requisitos para registrarse en el **Mecanismo de Desarrollo Limpio** del Protocolo de Kyoto (e.g. Proyecto Los Humeros II);
  - Se pueden comercializar los beneficios ambientales que aportan al reducir emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera; representando para México, ingresos importantes por la **venta de bonos de carbono**;
  - **Diversificación de la base energética** en el territorio nacional, coadyuvando al desarrollo de las fuentes alternas de energía renovable.



The Geysers Power Plant, CA.

**Capacidad geotermoeléctrica instalada a nivel mundial**

País	Capacidad Instalada (MW)
Estados Unidos	2 544
Filipinas	1 980
Indonesia	1 169
<b>México</b>	<b>958</b>
Italia	790
Japón	535
Nueva Zelanda	435
Islandia	202
Costa Rica	163
El Salvador	151
Kenya	127
Nicaragua	87
Rusia	79
Guatemala	33
China	28
Turquía	20
Portugal (Isla Azores)	17
Francia (Isla Guadalupe)	15
Otros	20
<b>Total:</b>	<b>9 353</b>

**Campos geotérmicos en operación en México**



Capacidad instalada y proyectada de centrales geotermoeléctricas en México

Campo geotérmico	Capacidad instalada (MW)	Proceso de construcción (MW)	En proyecto (MW)
Cerro Prieto, BC.	720		
Los Azules, Mich.	188		75
Los Hornos, Pue.	40	50	
Las Tres Virgenes, BCS.	10		
Cerritos Colorados, Jal. "			25

● CAMPOS GEOTÉRMICOS EN OPERACIÓN





**CFE** Comisión Federal de Electricidad

COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD  
SUBDIRECCIÓN DE GENERACIÓN  
GERENCIA DE PROYECTOS GEOTERMIELECTRICOS

**Marco legal**

**LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE**

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Carrera de Independencia 501-A, Coyoacán de la Ciudad de México, México, C.P. 06702  
Teléfono: 56 23 45 0000  
Página: 23 de 24

**LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE**

Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de enero de 1988

**TEXTO VIGENTE**  
*Última reforma publicada DOF 23/05/2006*

**ARTÍCULO 31.** La realización de las obras y actividades a que se refieren las fracciones I a XII del artículo 28, requieren la presentación de un informe preventivo y no una manifestación de impacto ambiental, cuando:

- I.- Existen normas oficiales mexicanas u otras disposiciones que registren las emisiones, las descargas, el aprovechamiento de recursos naturales y, en general, todos los impactos ambientales relevantes que puedan producir las obras o actividades.
- II.- Las obras o actividades de que se trate estén expresamente previstas por un plan parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que haya sido evaluado por la Secretaría en los términos del artículo siguiente, o
- III.- Se trate de instalaciones ubicadas en parques industriales autorizados en los términos de la presente sección.

En los casos anteriores, la Secretaría, una vez analizado el informe preventivo, determinará en un plazo no mayor de veinte días, si se requiere la presentación de una manifestación de impacto ambiental en alguna de las modalidades previstas en el reglamento de la presente Ley, o si se está en alguno de los supuestos señalados.

**CFE** Comisión Federal de Electricidad

Martes 6 de marzo de 2007      DIARIO OFICIAL      (Párrafo Séptimo) 35

**SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES**

**NORMA Oficial Mexicana NOM-150-SEMARNAT-2006. Que establece las especificaciones técnicas de prevención ambiental que deben observarse en las actividades de construcción y evaluación preliminar de poco geométrico para exploración, explotación de cenizas volcánicas y extracción de ácidos sulfúricos y bórico y derivados.**

**3. Definiciones**

Para los efectos de la presente Norma Oficial Mexicana, se considerarán las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental y la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, y las siguientes:

**3.26 zona agrícola**  
Área con uso de suelo definida como agrícola o bien que se utiliza para el cultivo de especies vegetales para consumo humano o de animales domésticos, aunque no se encuentre cultivada en el momento en que se inicia los trabajos de perforación del pozo. Se incluyen superficies de riego y de temporal.

**3.28 zona ganadera**  
Área de pastizales naturales e inducidos, dedicadas a las actividades de producción pecuaria.

**3.29 zona erial**  
Área desprovista de flora y fauna original, que ha perdido la mayor parte del suelo fértil y ha dejado de cumplir su función reguladora del régimen hídrico.

**CFE** Comisión Federal de Electricidad

### Campo geotérmico Cerro Prieto



**Infraestructura instalada:**

- 280 pozos geotérmicos
  - 167 pozos productores
  - 13 pozos inyectores
- Laguna de evaporación 14 km<sup>2</sup>
- Capacidad total instalada: 188 MW
  - Cerro Prieto I 180 MW
  - Cerro Prieto II 220 MW
  - Cerro Prieto III 220 MW
  - Cerro Prieto IV 100 MW

1973



**CFE** Comisión Federal de Electricidad

### Campo geotérmico Los Azufres



**Infraestructura instalada:**

- 82 pozos geotérmicos
  - 43 pozos productores (integrados)
  - 6 pozos inyectores
  - 15 pozos exploratorios (estudio)
  - 18 pozos abandonados y fallidos
- Capacidad total instalada: 188 MW
  - 1 Unidad 50 MW
  - 4 Unidades (25 MW) 100 MW
  - 7 Unidades (5 MW) 35 MW
  - 2 Unidades (1,5 MW) 3 MW

1982



**CFE** Comisión Federal de Electricidad

### Campo geotérmico Los Humeros



**Infraestructura instalada:**

- 45 pozos geotérmicos
  - 25 pozos productores
  - 4 pozos inyectores
  - 15 pozos abandonados
  - 1 pozos exploratorio
- Capacidad total instalada: 40 MW
  - 8 Unidades (5 MW)      40 MW



Unidades de 5 MW  
Dos unidades de 25 MW

**CFE** Comisión Federal de Electricidad

### Campo geotérmico Las Tres Vírgenes



**Infraestructura instalada:**

- 11 pozos geotérmicos
  - 4 pozos productores
  - 2 pozos inyectores
  - 4 pozos productores (observación)
  - 1 Pozo abandonado
- Capacidad total instalada: 10 MW
  - 2 Unidades (5 MW)      10 MW

**Reserva de la biosfera El Vizcaíno**  
2001



Unidades de 5 MW

**CFE** Comisión Federal de Electricidad

**Campo geotérmico Cerritos Colorados**

Infraestructura instalada:

- 12 pozos geotérmicos
- Capacidad total instalada: 0 MW

Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera

1980




**CFE** Comisión Federal de Electricidad

**Equipo de perforación**

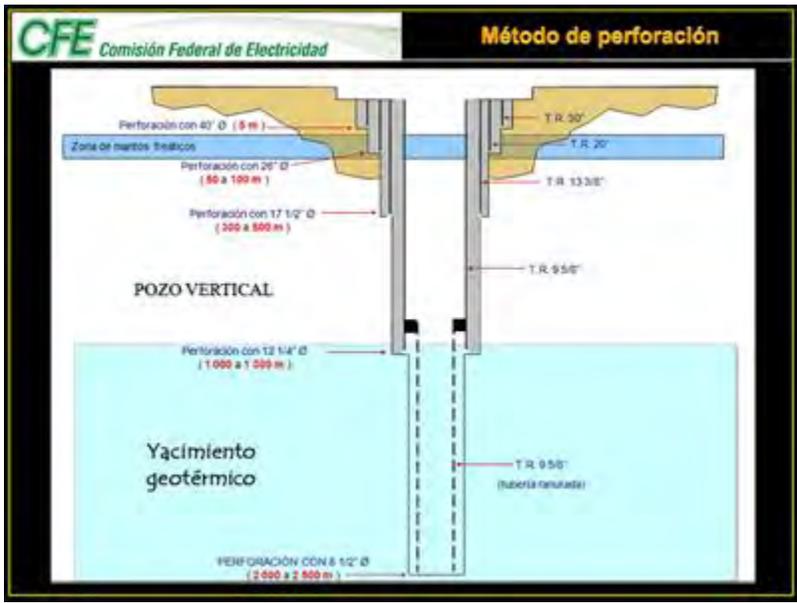


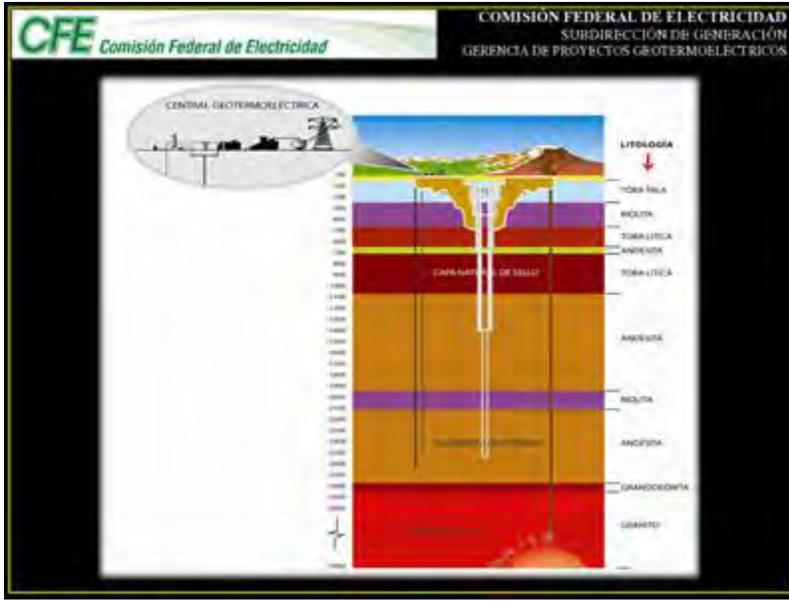
**COMPONENTES DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN**

- SISTEMA DE LEVANTE
- SISTEMA ROTATORIO
- SISTEMA DE CIRCULACIÓN
- SISTEMA DE POTENCIA
- SISTEMA DE PREVENCIÓN











**CFE** Comisión Federal de Electricidad

### Ubicación del proyecto

**Antecedentes**

- En febrero de 2010 la CFE presentó a la DGIRA el IP del proyecto de perforación exploratoria en la zona geotérmica Tulechek.
- En marzo de 2010 se autorizó la DGIRA autorizó dicho proyecto.
- De los pozos exploratorios autorizados (4), se han perforado el ETCK-2 y ETCK-3.
- No se obtuvieron los resultados esperados (presión y temperatura) y los pozos se encuentran en observación.
- En junio de 2011 la DGIRA autorizó la reubicación del pozo ETCK-1, hacia el poniente de la zona geotérmica Tulechek.

**CFE** Comisión Federal de Electricidad **Cumplimiento del resolutivo ambiental y de la NOM-150**

← **Resolutivo ambiental** (SGPA/DGIRA.DG.1801.10, marzo 19, 2010)

- Resuelve Quinto.  
Presentar a la DGIRA un Informe Técnico Anual (ITA), que incluya el dictamen por una Unidad Verificadora de conformidad con la NOM-150.
- Resuelve Sexto.  
Se deberá cumplir con las medidas de control, prevención, mitigación y recomendaciones propuestas en el Informe Preventivo (IP).

Mediante el oficio K5000/VAB/11/0436, del 16 de junio de 2011, cuando la CFE solicitó la modificación del proyecto, presentó a la DGIRA el **Informe Técnico Anual**, en el cual se describe el cumplimiento de cada especificación de la NOM-150 y las medidas propuestas en el **Informe Preventivo**.

**CFE** Comisión Federal de Electricidad **Cumplimiento del resolutivo ambiental y de la NOM-150**

**4. Especificaciones de la NOM-150-SEMARNAT-2006**

4.1 Disposiciones generales	(2)
4.2 Preparación del sitio y construcción	(12)
4.3 Perforación de pozos	(8)
4.4 Evaluación de pozos geotérmicos	(4)
4.5 Terminación de actividades y abandono del sitio	(7)
<b>Total: 33 especificaciones</b>	

**4.1 Disposiciones generales**

4.1.1. Respetar los planes de desarrollo urbano y las regulaciones sobre el uso del suelo y protección ambiental

4.1.2. Las disposiciones de esta NOM no exime del cumplimiento en materia de aguas nacionales y demás ordenamientos legales en la materia.

Con respecto a las especificaciones señaladas:

Especificación 4.1.1.

- ❖ Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California
- ❖ Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Mexicali
- ❖ Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP)

Especificación 4.1.2:

- ❖ Se hicieron los trámites correspondientes ante la CONAGUA:
  - Permisos de perforación de los pozos geotérmicos ETCK-2 y ETCK-3

#### 4.2 Preparación del sitio y construcción

- 4.2.1. Sólo pueden perforarse un máximo de 5 pozos exploratorios por área de interés geotérmico. →
- 4.2.2. Colocar señalamientos restrictivos y preventivos, en lugares visibles. →
- 4.2.3. Tomar las medidas preventivas a fin de no afectar el manto freático y las condiciones hidrológicas de la región. →
- 4.2.4. Las dimensiones de la plataforma no debe exceder de 80 m x 100 m, y la presa de lodos de 625 m<sup>2</sup>. →
- 4.2.5. En la preparación del terreno considerar las obras de drenaje pluvial para evitar la acumulación de agua. →
- 4.2.6. Evitar la creación de barreras físicas que impidan el libre desplazamiento de la fauna y/o bordos que modifiquen la hidrodinámica de terrenos inundables. →
- 4.2.7. Compactar e impermeabilizar las áreas donde se instalarán los equipos de perforación para evitar contaminación sobre el suelo. →
- 4.2.8. Instalación de sanitarios portátiles, o bien, la construcción de letrinas. →
- 4.2.9. No se debe quemar la vegetación ni usar agroquímicos. →
- 4.2.10. Construir caminos de acceso con 4 m de ancho, en trayectoria recta y 6 m en zona de curvas y escapes. →
- 4.2.11. Instruir al personal para proteger el ambiente. →
- 4.2.12. Delimitar el área con malla ciclónica o alambrado de púas. →

### 4.3 Perforación de pozos

- 4.3.1. La presa de lodos impermeabilizada con una lona plastificada para evitar la infiltración de lixiviados al subsuelo como la contaminación de los mantos acuíferos. →
- 4.3.2. El almacenamiento y resguardo de maquinaria, equipo y materiales, dentro de la plataforma. →
- 4.3.3. Almacenar los combustibles en depósitos metálicos, con tapa que minimice las fugas y con capacidad hasta de 30 m<sup>3</sup>. →
- 4.3.4. Almacenar temporalmente los residuos sólidos urbanos generados y disponerlos conforme a la autoridad local competente. →
- 4.3.5. En la perforación no usar fluidos base aceite. →
- 4.3.6. Disponer los recortes y fluidos de perforación almacenados en la presa de lodos de acuerdo con los resultados del análisis CRETI. →
- 4.3.7. Dar mantenimiento preventivo al equipo de perforación para controlar la emisión de gases contaminantes. →
- 4.3.8. Aplicar plan de contingencia en caso de descontrol de pozos. →

### 4.4 Evaluación de pozos geotérmicos

- 4.4.1. La evaluación del pozo geotérmico exploratorio debe tener una duración máxima de 30 días.
- 4.4.2. La evaluación de los pozos se debe realizar con el equipo de control de las descargas de vapor o gases a la atmósfera y que reduzcan al mínimo los niveles de ruido emitido y olores.
- 4.4.3. En caso de que el pozo geotérmico sea productor, el agua separada producida por el mismo se debe dejar en la presa de lodos (que debe estar libre de lodos de perforación) y se le debe instalar un serpentín con tubería de acero para su evaporación. En caso de que éste no sea productor, se debe proceder a la reinyección del agua producida en el mismo.
- 4.4.4. En la apertura de un pozo para limpieza y evaluación preliminar, se debe:
  - Evitar las descargas de vapor o mezclas de vapor y agua en forma vertical.
  - Dirigir la descarga lateral hacia el silenciador para reducir la emisión de ruido y vapor proveniente del mismo.

Derivado de los resultados obtenidos (presión y temperatura) en los pozos exploratorios, no se realizó esta etapa del proyecto, ya que los pozos no contaron con las condiciones óptimas su evaluación.

#### 4.5 Terminación de actividades y abandono del sitio

- 4.5.1. En caso de que el área geotérmica resulte improductiva, proceder al **desmantelamiento y retiro** total del equipo de perforación e infraestructura.
- 4.5.2. **Limpeza del sitio**, disponiendo los residuos peligrosos y no peligrosos generados por tal acción de acuerdo con la normatividad vigente.
- 4.5.3. En caso de que el pozo geotérmico resulte improductivo, taponarlo conforme a la **NOM-004-CNA-1996**.
- 4.5.4. Las zonas donde se haya alterado la vegetación **deben restaurarse** una vez terminadas dichas actividades, conforme a lo establecido en el punto 3.21.
- 4.5.5. En el caso de que el pozo resulte improductivo, el área del **proyecto deben ser restauradas** a condiciones similares a las áreas adyacentes.
- 4.5.6. Las especies utilizadas en la restauración del suelo deben estar determinadas en función de la vegetación prevaleciente en el lugar, susceptibles a desarrollarse en el sitio y sus condiciones edafológicas.
- 4.5.7. En caso de que el pozo resulte productivo **delimitar el área** del contrapozo y de la presa de lodos con una malla ciclónica.

4.5.1 y 4.5.2. Actualmente las plataformas de los pozos perforados se encuentran libres de maquinaria y/o equipo de perforación, se realizó la limpieza del sitio y se dispusieron los residuos de acuerdo con la normatividad vigente, a fin de evitar la contaminación en áreas aledañas.

4.5.3 La CFE propuso monitorear estos pozos durante unos años y posteriormente se taponaron de acuerdo con la NOM-004-CNA-1996.

4.5.4 a 4.5.7. Ya se tiene elaborado el programa de abandono del sitio en donde se incluye la rehabilitación de las áreas con el fin de que estas queden en condiciones similares a las áreas aledañas.

#### 5. Procedimiento de evaluación de la conformidad

- 5.3. Podrá ser realizada por la PROFEPA o por Unidades de Verificación
- 5.4. La evaluación de la conformidad se realizará en las etapas:
  - Inicio de la construcción de pozos geotérmicos
  - Construcción de pozos geotérmicos
  - Evaluación preliminar de pozos
  - Término de las actividades y abandono del sitio

### CONCLUSIONES

- La **NOM-150-SEMARNAT-2006** es de mucha utilidad para la exploración de nuevos campos geotérmicos (reducción de tiempos de estudio y gestión; y reducción de recursos económicos y humanos);
- Existen algunas especificaciones que deben modificarse o adecuarse, específicamente las correspondientes a los numerales: **4.2.10** (dimensiones de los caminos de acceso); **4.2.12** y **4.5.7** (malla ciclónica o alambrado de púas); **4.5.3** (taponamiento del pozo); y **4.5.6** (especies a utilizar en la restauración), entre otras;
- Existen muchas zonas geotérmicas en el país con interés geotérmico aún por explorar, varias de las cuales están en proyecto de exploración para los próximos tres años; con lo cual, la vigencia de esta NOM resultará fundamental.



Felipe Rodrigo Cervantes  
Jefe del Depto. Prevención de Impactos Ambientales  
Gerencia de Proyectos Geotermoelectricos  
felipe.rodrigo@cfe.gob.mx

Muchas gracias  
por su atención...







4.2.2.

CFE **los grupos de electricidad** DIRECCIÓN DE OPERACIÓN **SIL**

REGISTRO DIARIO DE LA PERFORACIÓN DE UN POZO GEOTÉRMICO

Nº	FECHA	HORA	OPERARIO	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	TIPO DE TUBERÍA	DIÁMETRO	LONGITUD	PROFUNDIDAD	TEMPERATURA	OTROS DATOS
1	2010/08/10	08:00	J. GARCÍA	Instalación de tubería de 1.5 pulgadas	1.5"	100m	100m	150°C		
2	2010/08/11	09:00	J. GARCÍA	Continuación de perforación	1.5"	200m	200m	160°C		
3	2010/08/12	08:30	J. GARCÍA	Perforación finalizada	1.5"	300m	300m	170°C		

4.2.3. Reporte diario de la perforación, así como el croquis de terminación de los pozos geotérmicos, en ellos se especifica las características de la tubería que se instaló; a fin de no afectar el nivel freático ni las condiciones hidrológicas de la región.













4.3.1. Para el control y disposición de los lodos se utilizaron presas metálicas y posteriormente éstos fueron depositados en una presa existente dentro del campo geotérmico de Cerro Prieto, recubierta con una lona plástica, para su secado y posterior disposición final.



4.3.2. Todos los materiales utilizados para llevar a cabo la perforación de los pozos, así como la maquinaria y el equipo utilizado, se almacenaron y resguardaron dentro del área de operación de los trabajos.



**4.3.3.** El sistema de potencia del equipo de perforación está integrado por cuando menos tres motores principales de combustión interna diesel, para lo cual se requieren dos tanques de almacenamiento de combustible de 30 000 litros c/u.



**4.3.4.** El art. 18 de la LGPGIR los residuos sólidos urbanos "...podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con el objeto de facilitar su separación primaria y secundaria..."; la CP Latina instaló en cada plataforma contenedores para su separación y almacenamiento hasta su recolección y disposición final.





**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
(EQUIPO CP-1 INSTALADO EN EL  
CONCRETO BARRISAR)**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	FECHA DE EJECUCIÓN	ESTADO
1	Mano de obra	Horas	100	1.000	100.000	15/01/2023	Completado
2	Materiales	kg	500	200	100.000	15/01/2023	Completado
3	Repuestos	Unidades	10	10.000	100.000	15/01/2023	Completado
4	Transporte	km	200	500	100.000	15/01/2023	Completado
5	Alquiler de maquinaria	Días	10	10.000	100.000	15/01/2023	Completado
6	Seguros	Polizas	1	100.000	100.000	15/01/2023	Completado
7	Impuestos	Porcentaje	10	100.000	100.000	15/01/2023	Completado
8	Administración	Porcentaje	10	100.000	100.000	15/01/2023	Completado
9	Imprevistos	Porcentaje	10	100.000	100.000	15/01/2023	Completado
10	Subtotal				1.000.000		
11	IVA				100.000		
12	Total				1.100.000		




4.3.7. Programa de mantenimiento de los motores de equipo de perforación, a fin de disminuir las emisiones a la atmósfera, las fugas de aceites y el ruido de la maquinaria y el equipo.



**CP Leticia**

Plan de contingencias

**3.2 Programa de Contingencias en el Caso de Descontrol de Pozos.**

**3.1 Causas de un Descontrol.**

El descontrol de un pozo puede ser causado por una serie de factores, entre los que se encuentran:

- 1. Falta de control de la presión.
- 2. Exceso de fluido en el pozo.
- 3. Falta de control de la temperatura.
- 4. Falta de control de la viscosidad.
- 5. Falta de control de la densidad.
- 6. Falta de control de la velocidad.
- 7. Falta de control de la profundidad.
- 8. Falta de control de la inclinación.
- 9. Falta de control de la dirección.
- 10. Falta de control de la calidad del fluido.
- 11. Falta de control de la cantidad de fluido.
- 12. Falta de control de la velocidad de flujo.
- 13. Falta de control de la presión de fondo.
- 14. Falta de control de la presión superficial.
- 15. Falta de control de la presión de vapor.
- 16. Falta de control de la presión de saturación.
- 17. Falta de control de la presión de equilibrio.
- 18. Falta de control de la presión de confinamiento.
- 19. Falta de control de la presión de litostática.
- 20. Falta de control de la presión de litostática efectiva.

Por lo tanto, es necesario implementar un sistema de control de la presión de fondo para evitar un descontrol de un pozo.

El sistema de control de la presión de fondo debe ser diseñado y construido de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El sistema de control de la presión de fondo debe ser operado y mantenido de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El sistema de control de la presión de fondo debe ser inspeccionado y auditado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El sistema de control de la presión de fondo debe ser documentado y reportado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El sistema de control de la presión de fondo debe ser mejorado y actualizado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El sistema de control de la presión de fondo debe ser evaluado y certificado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El sistema de control de la presión de fondo debe ser monitoreado y controlado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El sistema de control de la presión de fondo debe ser optimizado y mejorado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El sistema de control de la presión de fondo debe ser validado y verificado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El sistema de control de la presión de fondo debe ser aprobado y autorizado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El sistema de control de la presión de fondo debe ser ejecutado y completado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El sistema de control de la presión de fondo debe ser evaluado y certificado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El sistema de control de la presión de fondo debe ser monitoreado y controlado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El sistema de control de la presión de fondo debe ser optimizado y mejorado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El sistema de control de la presión de fondo debe ser validado y verificado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El sistema de control de la presión de fondo debe ser aprobado y autorizado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El sistema de control de la presión de fondo debe ser ejecutado y completado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

**CP Leticia**

Plan de contingencias

**3.2 Procedimiento para una emergencia en caso de un descontrol de Pozos.**

El objetivo de este procedimiento es establecer un plan de contingencias para una emergencia en caso de un descontrol de un pozo.

El plan de contingencias debe ser diseñado y construido de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El plan de contingencias debe ser operado y mantenido de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El plan de contingencias debe ser inspeccionado y auditado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El plan de contingencias debe ser documentado y reportado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El plan de contingencias debe ser mejorado y actualizado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El plan de contingencias debe ser evaluado y certificado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El plan de contingencias debe ser monitoreado y controlado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El plan de contingencias debe ser optimizado y mejorado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El plan de contingencias debe ser validado y verificado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El plan de contingencias debe ser aprobado y autorizado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El plan de contingencias debe ser ejecutado y completado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El plan de contingencias debe ser evaluado y certificado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El plan de contingencias debe ser monitoreado y controlado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El plan de contingencias debe ser optimizado y mejorado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El plan de contingencias debe ser validado y verificado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El plan de contingencias debe ser aprobado y autorizado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

El plan de contingencias debe ser ejecutado y completado de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

4.3.8. Plan de Contingencias para el descontrol de pozos geotérmicos





## ANEXO 6. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-150-SEMARNAT-2006.

Martes 6 de marzo de 2007

DIARIO OFICIAL

(Segunda Sección) 1

**NORMA Oficial Mexicana NOM-150-SEMARNAT-2006, Que establece las especificaciones técnicas de protección ambiental que deben observarse en las actividades de construcción y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales protegidas y terrenos forestales.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

JOSE RAMON ARDAVIN ITUARTE, Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales con fundamento en los artículos 32 bis fracciones I y IV de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 5 fracciones I, II, V, XI y XIII, 6, 15 fracciones II y IV, 29, 36, 37 y 37 Bis de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; y 38 fracción II, 40 fracción X, 68, 73 y 74 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 1 y 8 fracciones V y VI del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; y

### CONSIDERANDO

Que el desarrollo del país requiere la ampliación de la planta productora de energía eléctrica y que la instalación de sistemas geotermoeléctricos son una opción, por ser su producción constante en el tiempo y con una inversión menor que los sistemas convencionales.

Que actualmente existe un potencial en México de 1 500 MW en campos geotérmicos por desarrollar.

Que la energía geotérmica es una alternativa para disminuir el consumo de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica y un aporte importante para solucionar los problemas de energía eléctrica.

Que la selección del sitio para su exploración está determinada por la presencia de yacimientos geotérmicos, así como por las características geotécnicas del sitio y por la demanda de energía eléctrica.

Que aun cuando la construcción de pozos geotérmicos puede ocasionar impactos sobre el medio ambiente, es posible prevenirlos y controlarlos debido a las características similares que estas actividades presentan, siempre que éstas se realicen en estricto apego a las especificaciones técnicas de protección al ambiente y medidas preventivas y de mitigación que incorpora la presente Norma Oficial Mexicana.

Que para realizar la adecuada selección, exploración y preparación de los sitios destinados para la perforación se deberán realizar previamente los estudios de exploración superficial (geológicos, geofísicos, geoquímicos, entre otros) para definir el modelo de campo geotérmico; actividades que no tienen impactos en el medio ambiente, por lo que no se integran en la presente Norma Oficial Mexicana.

Que el presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana fue aprobado por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en sesión celebrada el 22 de junio de 2006, y se publicó el 14 de agosto de 2006 para consulta pública de conformidad con el artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, a efecto de que los interesados dentro de los 60 días naturales, contados a partir de la fecha de su publicación en el Diario Oficial de la Federación, presentaran sus comentarios ante el citado Comité, sito en boulevard Adolfo Ruiz Cortines número 4209, quinto piso, colonia Jardines en la Montaña, Delegación Tlalpan, código postal 14210, Distrito Federal, o en el correo electrónico: cmartinez@semarnat.gob.mx

Que durante el plazo mencionado la Manifestación de Impacto Regulatorio a que se refiere el artículo 45 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, estuvo a disposición del público para su consulta en el domicilio del Comité antes señalado.

Que de acuerdo con lo establecido en el artículo 47 fracciones II, III y IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, los interesados presentaron sus comentarios al Proyecto de Norma en cuestión, los cuales fueron analizados por el citado Comité, realizándose las modificaciones procedentes

al Proyecto. Las respuestas a los comentarios y modificaciones antes citados fueron publicados en el Diario Oficial de la Federación el dieciséis de febrero de 2007.

Que una vez cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de normas oficiales mexicanas, el Comité Consultivo Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales en sesión de fecha 9 de noviembre de 2006, aprobó para publicación definitiva la presente Norma Oficial Mexicana NOM-150-SEMARNAT-2006.

Por lo expuesto y fundado, he tenido a bien expedir la siguiente:

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-150-SEMARNAT-2006, QUE ESTABLECE LAS  
ESPECIFICACIONES TECNICAS DE PROTECCION AMBIENTAL QUE DEBEN OBSERVARSE EN  
LAS ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION Y EVALUACION PRELIMINAR DE POZOS  
GEOTERMICOS PARA EXPLORACION, UBICADOS EN ZONAS AGRICOLAS, GANADERAS Y  
ERIALES, FUERA DE AREAS NATURALES PROTEGIDAS Y TERRENOS FORESTALES**

**PREFACIO**

En la elaboración de esta Norma Oficial Mexicana participaron:

SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

- Dirección General de Energía y Actividades Extractivas
- Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental
- Dirección General del Sector Primario y Recursos Naturales Renovables
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
- Comisión Nacional del Agua
- Comisión Nacional de Areas Naturales Protegidas
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACION

- Coordinación General Jurídica
- SECRETARIA DE ENERGIA
- Dirección General de Investigación y Desarrollo Tecnológico y Medio Ambiente
- Dirección General de Generación, Conducción y Transformación de Energía Eléctrica
- COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
- Gerencia de Protección Ambiental
- Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos
- ASOCIACION MEXICANA DE INGENIEROS MECANICOS Y ELECTRICOS
- COLEGIO DE INGENIEROS MECANICOS Y ELECTRICISTAS
- INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
- Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS
- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
- Instituto de Ingeniería

**INDICE**

0. Introducción
1. Objetivo y campo de aplicación
2. Referencias
3. Definiciones

4. Especificaciones
5. Evaluación de la conformidad
6. Grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales
7. Bibliografía
8. Observancia de esta norma

#### 0. Introducción

La geotermia es el calor o energía térmica que proviene del interior de la Tierra, que al ser transportada a la superficie por la roca o fluidos da origen a los sistemas geotérmicos. Es una fuente de energía renovable relacionada con volcanes, géisers, aguas termales y zonas tectónicas geológicas.

El proceso de exploración de pozos geotérmicos se inicia con la selección del área de interés, una vez que se han hecho los estudios de riesgo volcánico y de posibles deslizamientos de tierra para realizar la obra de ingeniería.

El propósito de la exploración geotérmica es definir tamaño, forma y estructura del yacimiento, y determinar características como son: tipo de fluido, temperatura, composición química y su capacidad para producir energía. Estas características pueden ser determinadas por exploración superficial y con perforaciones exploratorias posteriores.

Una vez que se tiene el modelo preliminar del campo con los datos superficiales, se sitúa un número reducido de pozos exploratorios, con los cuales se pretende corroborar los modelos y justificar los gastos de exploración, de acuerdo a lo establecido en el punto 4.2.1.

La energía geotérmica se considera una energía limpia si se toman algunas medidas para su explotación. Durante el proceso de construcción de pozos exploratorios y evaluación preliminar de éstos, se pueden ocasionar diversas afectaciones al ambiente. En este sentido, resulta necesario establecer medidas adecuadas para estas actividades a fin de prevenir, controlar y mitigar los impactos ambientales que éstas puedan producir, principalmente en lo que se refiere al manejo de residuos así como para la protección de los mantos freáticos, cuerpos superficiales de agua, la flora y fauna silvestres, suelo y subsuelo y calidad del aire.

#### 1. Objetivo y campo de aplicación

La presente Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones técnicas de protección al ambiente que deben observar los responsables de realizar actividades de construcción de pozos geotérmicos para exploración hasta su evaluación preliminar, que se ubiquen en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de Areas Naturales Protegidas y terrenos forestales y es de observancia obligatoria.

#### 2. Referencias

Norma Oficial Mexicana NOM-004-CNA-1996, Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general.

Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

Norma Oficial Mexicana NOM-053-SEMARNAT-1993, Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.

#### 3. Definiciones

Para los efectos de la presente Norma Oficial Mexicana, se considerarán las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental y la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, y las siguientes:

##### 3.1 acrónimos

Secretaría:	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Profepa:	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
CNA:	Comisión Nacional del Agua

##### 3.2 barita

Mineral cristalino e incoloro de sulfato de bario. Entre otros usos, es un aditivo pesado para lodos de perforación que incrementa la densidad de los mismos.

### 3.3 bentonita sódica

Arcilla plástica que contiene principalmente sílice coloidal, caracterizada por la propiedad de aumentar varias veces su volumen al ponerse en contacto con el agua.

### 3.4 campo geotérmico

Area delimitada por los pozos geotérmicos exploratorios y que corresponde a la extensión del yacimiento por explotar.

### 3.5 construcción

Todas aquellas actividades asociadas a la perforación de un pozo geotérmico exploratorio, que incluyen: acondicionamiento del sitio, obras civiles, montaje de maquinaria y equipo y la propia perforación y terminación del pozo.

### 3.6 equipos de perforación

Maquinaria para perforar o dar mantenimiento a pozos geotérmicos.

### 3.7 evaluación preliminar del pozo geotérmico

Actividad que se desarrolla posterior a la perforación del pozo geotérmico, y tiene como objetivo conocer la producción y características de los fluidos obtenidos para determinar la factibilidad de producción del yacimiento.

### 3.8 fluido geotérmico

Mezcla extraída de los pozos geotérmicos compuesta por agua y vapor, así como por sales y gases incondensables como el bióxido de carbono y ácido sulfhídrico.

### 3.9 fluido de perforación

Líquido de propiedades fisicoquímicas controladas, compuesto por agua, agua con bentonita sódica o barita, aire, aire con espumantes o lodos orgánicos, que entre otras funciones, tiene la de acarrear los recortes de perforación, lubricar la barrena de perforación, limpiar y acondicionar el agujero del pozo y contrarrestar la presión del yacimiento.

### 3.10 geotermia

Fuente de energía renovable relacionada con volcanes, géiseres, aguas termales y zonas tectónicas. La energía geotérmica es el calor interno que se genera a partir de la actividad geológica de la Tierra, que se manifiesta al ascender a la superficie en forma de agua caliente o vapor.

### 3.11 impermeabilización

Actividad que se realiza para evitar la infiltración en el subsuelo de materiales o residuos que pudieran contaminarlo.

### 3.12 lona plastificada

Cubierta empleada para impermeabilizar el terreno susceptible de ser contaminado con motivo de las actividades de perforación de pozos.

### 3.13 nivel freático

Nivel superior de la zona saturada de la formación, en el cual el agua contenida en los poros se encuentra sometida a la presión atmosférica.

### 3.14 perforación de pozos

Conjunto de actividades necesarias a desarrollar en un lugar específico para la obtención de información geológica y extracción de vapor geotérmico, a través de la construcción de pozos.

### 3.15 plataforma de perforación

Area para la instalación y operación de un equipo de perforación de pozos con los accesorios y maniobras correspondientes, así como las casas móviles.

### 3.16 pozo geotérmico

Instalación que mediante la perforación que se hace en el subsuelo, tiene como propósito obtener información geológica y extracción de vapor.

### 3.17 presa de lodos

Fosa que se hace cerca de la plataforma, con objeto de almacenar temporalmente los lodos y recortes obtenidos durante la perforación.

### **3.18 recortes de perforación**

Fragmentos de roca que se obtienen en el proceso de perforación.

### **3.19 rehabilitación de pozos**

Conjunto de actividades que se ejecutan en un pozo, encaminadas a corregir deficiencias en el funcionamiento del mismo y cuya finalidad es mejorar el caudal de explotación respecto a la condición inicial que se registraba antes de los trabajos y prolongar su vida útil.

### **3.20 restauración del suelo**

Conjunto de actividades tendientes al restablecimiento de las condiciones que conlleven a recuperar las características fisicoquímicas del suelo del área afectada, para igualarlas a las de áreas adyacentes al momento de iniciar las actividades de restauración, por medio del establecimiento de una cobertura vegetal del sitio, y si es necesario por medio de la realización de obras de ingeniería ambiental.

### **3.21 responsable**

El Organismo Público que en sus actividades perfore pozos geotérmicos para exploración, que se ubiquen en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de Áreas Naturales Protegidas y terrenos forestales, y realice la evaluación preliminar de los mismos.

### **3.22 silenciador centrífugo**

Cilindro metálico usado para mitigar el ruido generado por la velocidad de la mezcla (agua-vapor) y separar centrífugamente el agua del vapor.

### **3.23 taponar**

Trabajos necesarios para aislar las formaciones atravesadas durante la perforación, de tal manera que se eviten invasiones de fluidos indeseables o manifestaciones de vapor en la superficie que puedan provocar un incidente. Asimismo, es la operación de sellado de un pozo antes de su abandono formal.

### **3.24 tubería de descarga**

Tubería metálica por donde fluye la mezcla (agua-vapor) hasta el silenciador centrífugo, permitiendo la medición de vapor.

### **3.25 vertedor**

Dispositivo metálico donde el silenciador descarga el agua separada y permite cuantificar el caudal de la misma.

### **3.26 zona agrícola**

Área con uso de suelo definida como agrícola o bien que se utiliza para el cultivo de especies vegetales para consumo humano o de animales domésticos, aunque no se encuentre cultivada en el momento en que se inicien los trabajos de perforación del pozo. Se incluyen superficies de riego y de temporal.

### **3.27 zona de protección**

Área que delimita el desarrollo de las actividades productivas de la geotermia y que se establece para la protección de las comunidades y el ambiente.

### **3.28 zona ganadera**

Área de pastizales naturales e inducidos, dedicada a las actividades de producción pecuaria.

### **3.29 zona erial**

Área despoblada de flora y fauna original, que ha perdido la mayor parte del suelo fértil y ha dejado de cumplir su función reguladora del régimen hídrico.

## **4. Especificaciones**

### **4.1 Disposiciones generales**

**4.1.1** En la selección del campo geotérmico a desarrollar, se deben respetar los planes de desarrollo urbano y las regulaciones sobre el uso del suelo y protección ambiental establecidos por las autoridades estatales y municipales.

**4.1.2** La observación de las disposiciones de esta Norma Oficial Mexicana no exime a los responsables del cumplimiento de las obligaciones en materia de aguas nacionales y los demás ordenamientos legales en la materia.

#### **4.2 Preparación del sitio y construcción**

**4.2.1** Para efectos de la presente Norma Oficial Mexicana sólo pueden perforarse un máximo de 5 pozos exploratorios por área de interés geotérmico.

**4.2.2** Se deben colocar señalamientos restrictivos y preventivos, en los que debe anunciarse como mínimo lo siguiente:

- Nombre del campo geotérmico
- Número o clave del pozo geotérmico exploratorio
- Localización (coordenadas geográficas o UTM)
- Zonas de riesgo volcánico
- Zonas de posibles deslaves en torno a las instalaciones
- Zonas de protección

Los señalamientos deben tener un tamaño de 1m x 1m y colocarse en lugares visibles.

**4.2.3** Se deben tomar las medidas preventivas a fin de no afectar el nivel del manto freático y las condiciones hidrológicas de la región. Para ello se debe instalar la tubería de conducción a 5 m y la superficial, la de anclaje y la de producción, a las profundidades que se determine de acuerdo con el análisis de la información geológica que se vaya obteniendo.

**4.2.4** Las dimensiones mínimas para la construcción de la plataforma de perforación, deben estar determinadas por el tamaño del equipo de perforación a utilizar y por la topografía de la zona seleccionada a perforar. Cuando por las características del terreno sea necesario efectuar rellenos, éstos se deben compactar para evitar arrastres de material. El área de la plataforma no debe exceder de 80 m de ancho x 100 m de largo, más el área de la presa de lodos que no debe exceder de 625 m<sup>2</sup>.

**4.2.5** En la preparación del terreno y con apego al proyecto de ingeniería se deben realizar las excavaciones, nivelaciones y rellenos que consideren las obras de drenaje pluvial para evitar la acumulación de agua, dándoles mantenimiento para evitar su deterioro.

**4.2.6** El material generado por los trabajos de nivelación del terreno y excavación se debe utilizar en la construcción de la plataforma, para evitar la creación de barreras físicas que impidan el libre desplazamiento de la fauna a los sitios aledaños a éste, y/o bordos que modifiquen la topografía e hidrodinámica de terrenos inundables, así como el arrastre de sedimentos a los cuerpos de agua cercanos a la zona del proyecto.

**4.2.7** Se deben compactar e impermeabilizar las áreas donde se instalarán los equipos de perforación, presas de lodos y tanques de almacenamiento, para evitar que se infiltren contaminantes que pudieran verse sobre el suelo. La impermeabilización debe realizarse por medio de una lona plástica impermeable, con resistencia de la trama a la ruptura de 30 kgf/cm y al rasgado de trama de 41 kgf, confeccionada con bastilla doble y ojillos a cada metro; así como resistente al ataque químico, a la temperatura del fluido y a las sustancias para las cuales se impermeabiliza; o por medio de otra tecnología con resultados equivalentes o superiores, en cuyo caso debe contarse con los resultados de las pruebas que así lo demuestren.

**4.2.8** Para cubrir las necesidades fisiológicas de los trabajadores y dependiendo de las condiciones del suelo y el nivel del manto freático, se debe optar por la instalación de sanitarios portátiles uno por cada quince personas, o bien, la construcción de letrinas. En el caso de utilizar estas últimas, su diseño debe garantizar evitar la contaminación del subsuelo por infiltración. Asimismo, al término de las actividades deben ser cubiertas e inactivadas conforme a las disposiciones que señale la autoridad local.

**4.2.9** Para las actividades de desmonte o deshierbe durante la apertura de caminos y preparación del sitio no se debe quemar la vegetación ni usar agroquímicos. El producto de estas actividades, debe ser dispuesto en el sitio que indique la autoridad local competente o ser triturado para su reincorporación al suelo.

**4.2.10** Sólo pueden construirse nuevos caminos de acceso en aquellos casos en donde no existan caminos previos que lleguen a la localización del pozo y que se realicen exclusivamente en zonas

agrícolas, ganaderas y eriales. Los caminos de acceso deben tener como máximo el ancho de 4 m en trayectoria recta y en zona de curvas y escapes hasta de 6 m para el tránsito del equipo de perforación.

**4.2.11** Durante los trabajos de perforación y mantenimiento de pozos, y durante todas las etapas del proyecto, el responsable debe instruir al personal que interviene en estas actividades a proteger el ambiente, así como a evitar que se capture, persiga, cace, colecte, trafique o perjudique a las especies de flora y fauna silvestres que habitan en la zona.

**4.2.12** Se debe delimitar el área de operación del pozo con protecciones perimetrales a base de malla ciclónica o alambrado de púas con una altura mínima de 1,2 m que impidan el libre acceso a personas ajenas y a la fauna.

### **4.3 Perforación de pozos**

**4.3.1** La presa de lodos debe ubicarse en terreno estable y debe estar compactada, impermeabilizada y recubierta con una lona plástica (conforme al 4.2.8) en el fondo y las paredes, y debe contar con una profundidad máxima de 3 m que permita almacenar temporalmente los residuos de la perforación, que evite tanto la infiltración de lixiviados al subsuelo como la contaminación de los mantos acuíferos.

**4.3.2** Se debe realizar el almacenamiento y resguardo de maquinaria, equipo y materiales, dentro de la plataforma con el fin de garantizar la aplicación de medidas preventivas de protección al ambiente y evitar daños al entorno.

**4.3.3** Los combustibles que se utilicen durante las actividades de perforación se deben almacenar en depósitos metálicos, con tapa que minimice las fugas y con capacidad hasta de 30 m<sup>3</sup>.

**4.3.4** Se deben almacenar de manera temporal los residuos sólidos urbanos generados durante las diferentes etapas del proyecto, conforme a lo que disponga la autoridad local competente.

**4.3.5** En la perforación de pozos geotérmicos no se deben usar fluidos base aceite.

**4.3.6** Al término de la perforación del pozo, la disposición final de los recortes y fluidos de perforación almacenados en la presa de lodos se debe realizar de acuerdo con los resultados del análisis CRET1. Los residuos que por sus características se consideren como peligrosos, deben manejarse y disponerse conforme a la legislación y normatividad vigentes.

**4.3.7** Se debe dar mantenimiento preventivo al equipo de perforación para controlar la emisión de gases contaminantes.

**4.3.8** En caso de descontrol de pozos geotérmicos se debe aplicar el plan de contingencias, previamente aprobado por el responsable.

### **4.4 Evaluación de pozos geotérmicos**

**4.4.1** La evaluación preliminar del pozo geotérmico exploratorio debe tener una duración máxima de 30 días.

**4.4.2** La evaluación preliminar de los pozos se debe realizar con el equipo de control de las descargas de vapor o gases a la atmósfera y que reduzcan al mínimo los niveles de ruido emitido y olores, utilizando el equipo de inducción, preventores y válvulas para alta temperatura, silenciadores centrífugos, tuberías de descarga y vertedores.

**4.4.3** En caso de que el pozo geotérmico sea productor, el agua separada producida por el mismo se debe dejar en la presa de lodos (que debe estar libre de lodos de perforación) y se le debe instalar un serpentín con tubería de acero para su evaporación. En caso de que éste no sea productor, se debe proceder a la reinyección del agua producida en el mismo.

**4.4.4** En la apertura de un pozo para limpieza y evaluación preliminar, se debe:

- a) Evitar las descargas de vapor o mezclas de vapor y agua en forma vertical, y
- b) Dirigir la descarga lateral hacia el silenciador para reducir la emisión de ruido y vapor proveniente del mismo.

### **4.5 Terminación de actividades y abandono del sitio.**

**4.5.1** Al término de las actividades de perforación de pozos, y en caso de que el área de interés geotérmico resulte improductiva se debe proceder al desmantelamiento y al retiro total del equipo de perforación, de los sanitarios portátiles y/o clausura de letrinas.

4.5.2 Al término de las actividades se debe realizar la limpieza del sitio, a fin de evitar la contaminación de áreas aledañas; disponiendo los residuos peligrosos y no peligrosos generados por tal acción de acuerdo a la normatividad vigente.

4.5.3 En caso de que el pozo geotérmico resulte improductivo se debe taponar. Asimismo, se debe proceder al cierre definitivo del mismo conforme a las disposiciones técnicas de la NOM-004-CNA-1996.

4.5.4 Las zonas en donde a consecuencia de las actividades de perforación se haya alterado la vegetación y que no se requieran durante el ciclo de vida del pozo geotérmico o no las soliciten en esas condiciones los propietarios en la etapa de abandono del pozo, deben restaurarse una vez terminadas dichas actividades, conforme a lo establecido en el punto 3.21.

4.5.5 En el caso de que el pozo resulte improductivo, el área del proyecto y zonas aledañas que hayan resultado afectadas, deben ser restauradas a condiciones similares a las prevalecientes en las áreas adyacentes al momento del inicio de los trabajos de perforación.

4.5.6 Las especies utilizadas en la restauración del suelo deben estar determinadas en función de la vegetación prevaleciente en el lugar, susceptibles a desarrollarse en el sitio y sus condiciones edafológicas.

4.5.7 En caso de que el pozo resulte productivo se debe delimitar el área del contrapozo y de la presa de lodos con una malla ciclónica de una altura mínima de 1,80 m.

## 5. Procedimiento de evaluación de la conformidad

5.1 Este procedimiento es aplicable a la evaluación de la conformidad de la presente Norma Oficial Mexicana.

5.2 Para efectos de este procedimiento, se deben considerar las definiciones contenidas en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento.

5.3 La evaluación de la conformidad podrá ser realizada por la PROFEPA o por las Unidades de Verificación, a solicitud del responsable.

5.3.1 Para que la evaluación la realice la PROFEPA el responsable lo deberá solicitar a través del trámite registrado para tal efecto en el Registro Federal de Trámites y Servicios.

5.3.2 Para que la evaluación la realice la Unidad de Verificación el responsable deberá consultar el listado de Unidades de Verificación acreditadas y aprobadas para la presente Norma Oficial Mexicana.

5.4 La evaluación de la conformidad se realizará para las siguientes etapas:

- Inicio de la construcción de pozos geotérmicos.- En esta etapa se determinará si el sitio se encuentra dentro del campo de aplicación de la norma, asimismo se analizará la descripción de la situación inicial del proyecto.

- Construcción de pozos geotérmicos.- En esta etapa se determina si el número de pozos exploratorios, se ajusta a lo previsto en esta norma y si se observan todas las disposiciones referentes al acondicionamiento del sitio, obras civiles, montaje de maquinaria y equipo y perforación de pozos.

- Evaluación preliminar de pozos.- En esta etapa se determinará si se cumple con las especificaciones que llevan a conocer la factibilidad de producción del yacimiento, establecidas en esta Norma Oficial Mexicana.

- Término de las actividades y abandono del sitio.- En esta etapa se determina si cumple con las especificaciones que permiten dejar el sitio con el menor impacto ambiental posible.

Cada una de estas etapas se verificará atendiendo las siguientes acciones:

5.4.1 Al inicio de la construcción de pozos geotérmicos:

- Uso de suelo de conformidad con los planes de desarrollo urbano y programas de ordenamiento ecológico y que sean acordes al campo de aplicación de la presente Norma, conforme lo establece la especificación 4.1.1.
- Descripción de la situación del área del proyecto y zonas aledañas para que, en caso de que el pozo resulte improductivo, el área del proyecto y zonas aledañas sean restauradas como lo establece la especificación 4.5.

5.4.2 Durante la construcción de pozos geotérmicos:

- Verificación ocular en campo del número de pozos exploratorios a construir por área de interés geotérmico, así como de las especificaciones de los señalamientos

- Medición de la profundidad en la que se instalan las tuberías mediante la bitácora de obras
- Medición de la superficie del área de la plataforma de perforación y del área de la presa de lodos para verificar el cumplimiento de la especificación 4.2.4
- Verificación ocular de que la preparación del terreno se realizó conforme al proyecto de ingeniería y la bitácora de obras
- Verificación ocular en campo de la ausencia de barreras físicas, así como de la utilización del material generado por los trabajos de nivelación y excavación, según el reporte de la bitácora de obras, de acuerdo con el 4.2.6
- Verificación ocular en campo de la compactación e impermeabilización, así como de las características de la lona plastificada conforme de las especificaciones del punto 4.2.7, así como de las especificaciones del proveedor
- Verificación ocular de la instalación de sanitarios portátiles o construcción de letrinas para verificar el cumplimiento de la especificación 4.2.8
- Verificación ocular de que no se utilizaron agroquímicos ni se quemó vegetación durante las actividades de desmonte o deshierbe
- Medición del ancho de los caminos para verificar el cumplimiento de la especificación 4.2.10
- Verificación con el personal de que esté instruido para no afectar las especies de flora y fauna silvestre
- Verificación ocular de la delimitación del área de operación con malla ciclónica o alambrado de púas para verificar el cumplimiento de la especificación 4.2.12
- Verificación ocular de la ubicación, compactación e impermeabilización de la presa de lodos, así como sus dimensiones para verificar el cumplimiento de la especificación 4.3.1
- Verificación ocular del almacenamiento y resguardo de la maquinaria, equipo y materiales dentro de la plataforma
- Verificación ocular del almacenamiento de combustibles y características para verificar el cumplimiento de la especificación 4.3.3
- Verificación ocular en campo del uso de lodos base agua
- Constatación ocular de la existencia de los oficios de notificación de la autoridad local competente sobre el manejo de los residuos sólidos urbanos
- Constatación ocular de la existencia de resultados CRETl de los recortes de perforación y la disposición de los residuos correspondiente a la especificación 4.3.6.
- Constatación ocular de la existencia del programa de mantenimiento preventivo y de la bitácora de operación y mantenimiento
- Constatación ocular de la existencia del Plan de contingencias

#### 5.4.3 Durante la etapa de evaluación preliminar del pozo geotérmico:

- Verificación ocular del registro del inicio y término de la etapa de evaluación preliminar en la bitácora de operación para verificar el cumplimiento de la especificación 4.4.1.
- Verificación ocular de la existencia de equipo de control de descargas de vapor o gases, equipo de inducción, preventores y válvulas de alta temperatura, silenciadores centrífugos, tuberías de descarga y vertedores de conformidad con la especificación 4.4.2
- Verificación ocular del manejo del agua obtenida del pozo para verificar el cumplimiento de la especificación 4.4.3
- Verificación ocular en campo de que la descarga lateral se dirija al silenciador de conformidad con la especificación 4.4.4

#### 5.4.4 Al término de actividades:

- Verificación ocular del desmantelamiento y retiro total del equipo de perforación, de los sanitarios portátiles, de las casas móviles y la clausura de letrinas, instalados en la plataforma
- Verificación ocular de la limpieza del sitio y disposición final de los residuos generados
- Verificación ocular de la instalación de malla ciclónica en el área del contrapozo y presa de lodos de conformidad con la especificación 4.5.7

**5.4.5** En caso de que los pozos resulten improductivos:

- Comprobación de que el taponamiento y cierre definitivo de pozos se realizó conforme a la NOM-004-CNA-1996
- Verificación ocular de que la restauración se llevó a cabo conforme al punto 3.21
- Constatar la existencia del registro de las especies utilizadas en la restauración en la bitácora de operación

**5.5** Las Unidades de Verificación y la PROFEPA deberán observar lo dispuesto por los artículos 7, 8, 10, 11 y 12 del "Acuerdo mediante el cual se establece el procedimiento para la evaluación de la conformidad para normas oficiales mexicanas expedidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales", publicado en el Diario Oficial de la Federación el 2 de enero de 2006.

**5.6** El responsable podrá obtener el directorio de Unidades de Verificación en la oficialía de partes de la Profepa, ubicada en Camino al Ajusco número 200, 8o. piso, colonia Jardines en la Montaña, Delegación Tlalpan, código postal 14210, en la Ciudad de México, Distrito Federal o vía Internet en la siguiente dirección [www.profepa.gob.mx](http://www.profepa.gob.mx), o en las Delegaciones Federales de la Secretaría y Profepa en los estados.

#### **6. Grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales**

No hay normas equivalentes y, además, las disposiciones de carácter interno que existen en otros países no reúnen los elementos y preceptos de orden técnico y jurídico que en esta Norma Oficial Mexicana se integran y complementan de manera coherente, con base en los fundamentos técnicos y científicos reconocidos internamente.

#### **7. Bibliografía**

Acuerdo CE-OESE-004/89, que establece los criterios ecológicos para la selección, exploración y preparación de sitios destinados a la instalación de sistemas geotermoeléctricos, así como para la construcción de los mismos, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 7 de junio de 1989.

Metodología OLADE para la Exploración Geotérmica -Olade Methodology for Geothermal Exploration -

Organización Latinoamericana de Energía y Banco Interamericano de Desarrollo, 132 p. Casilla 6413, C.C.I., Telex 2728 OLADE-ED. Quito, Ecuador, 1986

#### **8. Observancia de esta Norma**

La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por conducto de la Profepa y a la CNA, así como a los gobiernos estatales y municipales en el ámbito de sus respectivas atribuciones, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos, de la Ley de Aguas Nacionales y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

#### **TRANSITORIOS**

**PRIMERO.-** La Secretaría conjuntamente con la Entidad Mexicana de Acreditación, dentro de los 60 días hábiles siguientes a la entrada en vigor del presente instrumento, publicará en el Diario Oficial de la Federación una Convocatoria Nacional para la Acreditación de Unidades de Verificación.

**SEGUNDO.-** La presente Norma entrará en vigor a los sesenta días posteriores al de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

México, Distrito Federal, a los diez días del mes de noviembre de dos mil seis.- El Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, José Ramón Ardaín Ituarte.- Rúbrica.

## ANEXO 7. METODOLOGÍA DE CÁLCULO.

### Efecto o Impacto

Pregunta	Respuesta	Calificación
Desde que la NOM esta vigente hasta la fecha: ¿Se han modificado las condiciones ambientales que la NOM pretendía proteger o mejorar? ¿En que sentido?	ND	
Desde que la NOM esta vigente hasta la fecha: ¿Se han modificado las condiciones sociales que la NOM pretendía proteger o mejorar? ¿En que sentido?	ND	
Desde que la NOM esta vigente hasta la fecha: ¿Se han modificado las condiciones económicas que la NOM pretendía proteger o mejorar? ¿En que sentido?	ND	
<b>PROMEDIO</b>		<b>ND</b>

ND: No Determinado

### Efectividad

Pregunta	Respuesta	Calificación
¿Se puede extraer una muestra representativa?	Sí, dado que la NOM150 tiene apenas 5 años de vigencia, existen solo dos sitios en donde se ha aplicado, por lo que la muestra se considera representativa.	4
¿En qué medida se han cumplido los lineamientos de la NOM?	Muy Alto, equivalente al 95%.	4
¿La han hecho cumplir?	No ha sido necesario.	4
¿En qué porcentaje, medida o proporción?	No Aplica	3
<b>PROMEDIO</b>		<b>3.75</b>

### Eficacia

Pregunta	Respuesta	Calificación
¿La NOM Contiene parámetros actuales?	No	2
¿La NOM sigue siendo relevante en el contexto actual de la planeación para el desarrollo y las políticas públicas	Si	4

<b>Pregunta</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Calificación</b>
vigentes?		
¿Existen otros instrumentos regulatorios que dupliquen o contradigan lo especificado en la NOM?	No	4
¿Las leyes y reglamentos que sustentaron la expedición de la NOM siguen siendo vigentes?	Si	4
<b>PROMEDIO</b>		<b>2.8</b>

### **Eficiencia**

<b>Pregunta</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Calificación</b>
¿Cuáles son los costos (en todo tipo de capital) que los sujetos obligados deben erogar para cumplirla?	Son equivalentes a un rango del 2% al 5% de la inversión total de los proyectos de perforación.	2
¿Cuáles son los beneficios que los sujetos obligados, perciben por su cumplimiento?	Una mayor certidumbre jurídica, ambiental y social derivada del seguimiento a las especificaciones de la NOM150.	4
¿Cuáles son los beneficios que la sociedad o la Nación perciben por su cumplimiento?	Prevención y mitigación de impactos ambientales asociados a la perforación de pozos de exploración geotérmica y mayor sustentabilidad en el desarrollo de la industria Geotermoeléctrica.	4
¿Cuáles son los costos para los sujetos obligados por no cumplirla?	Además de posibles sanciones administrativas, pueden existir costos de restauración ambiental y de impacto social que sean mayores que la propia inversión para el desarrollo de los pozos de exploración geotérmica (al respecto el caso de Cerritos Colorados ilustra costos de restauración relativamente elevados por no considerar especificaciones equivalentes a las de la NOM-150)	4
<b>PROMEDIO</b>		<b>3.5</b>

## Créditos y Agradecimientos

Elaboración del Estudio:

M. en C. Luis R. Sánchez Cataño

Ing. Jessica E. Del Ángel Merlo

Tel fijo +52 55 84217806

Tel móvil +52 55 2245 6675

Córdoba 128 - 302

Col. Roma

06700 México DF MEXICO

sanchezcatano@gmail.com

luis.sanchez@cinam.org.mx

Agradecemos a la Biol. Amira Solano Azar, al Ing. José Alberto Manzano, al Ing. Ernesto Bachtold y a la Biol. María Teresa Franco (Subsecretaria de Normatividad y Fomento Ambiental) la orientación, apoyo informativo y coordinación de reuniones y enlaces institucionales. De igual forma destacamos la colaboración brindada por el Biol. Felipe Rodrigo Cervantes e Ing. Efraín Nava (Comisión Federal de Electricidad), Ing. Francisco Nava e Ing. Ángel Tapia (PROFEPA), al Dr. Alfonso Aragón Aguilar (Instituto de Investigaciones Eléctricas), al Ing. Iván Michel Dueñas y al Ing. Héctor Zúñiga Gómez (SENER) y a Genoveva Bernal Colín (DGIRA-SEMARNAT). Asimismo agradecemos al personal de CFE, SENER, IIE, PROFEPA y SEMARNAT que participaron en las reuniones de trabajo y talleres realizados en el transcurso del presente estudio de evaluación.