



**USAID** | **MÉXICO**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA

# PLAN DE NEGOCIOS PARA APROVECHAMIENTO DE BIOGAS DEL RELLENO SANITARIO REGIONAL EN LOS MUNICIPIOS DE NOPALA, CHAPANTONGO, TEPETITLÁN Y ALFAJAYUCAN, HIDALGO

**Julio de 2012**

Este reporte fue producido por Abt Associates, Inc para la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.

# PLAN DE NEGOCIOS PARA EL APROVECHAMIENTO DE BIOGAS DEL RELLENO SANITARIO REGIONAL EN LOS MUNICIPIOS DE NOPALA, CHAPANTONGO, TEPETITLÁN Y ALFAJAYUCAN, HIDALGO

Autores:

**Sergio Segura**

**Pablo Cuevas**

**Odón de Buen**

Abt Associates, Inc.

<http://www.abtassociates.com>

<http://www.procomex.org>

## **EXENCIÓN DE RESPONSABILIDAD**

El punto de vista expresado en esta publicación por los autores, no necesariamente refleja el punto de vista de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional o del Gobierno de los Estados Unidos.

## Tabla de Contenido

|  |    |
|--|----|
| Resumen Ejecutivo .....  | 1  |
| 1 Presentación.....  | 2  |
| 2 Mercado del proyecto .....   | 4  |
| 2.1 Mercado objetivo .....   | 4  |
| 2.2 Situación actual.....  | 4  |
| 2.3 Tendencias de comportamiento del mercado objetivo.....   | 5  |
| 2.4 Barreras .....   | 6  |
| 2.5 Otros proyectos de referencia en el mundo.....   | 7  |
| 3 Propuesta técnica y costos del proyecto .....  | 10 |
| 3.1 Costos y beneficios del proyecto .....   | 12 |
| 4 Análisis financiero del proyecto .....   | 14 |
| 4.1 Variables consideradas.....  | 14 |
| 4.2 Evaluación financiera.....   | 14 |
| 5 Esquema para el financiamiento del proyecto .....  | 16 |
| 5.1 Las alternativas .....   | 16 |
| 5.2 Ventajas y desventajas de las alternativas .....   | 17 |
| 6 Esquemas legales, de gestión y operación para el proyecto .....  | 19 |
| 6.1 Sociedad de autoabastecimiento .....   | 19 |
| 6.2 Matriz de riesgos y mitigantes .....   | 23 |
| Anexo 1. Sistema de aprovechamiento de residuos sólidos (biogás) para generación eléctrica con interconexión a la red..... | 26 |
| Anexo 2. Lista de trámites necesarios para la instalación de una planta de autoabastecimiento de energía eléctrica .....   | 29 |
| Anexo 3. Entrevistas y reuniones de trabajo realizadas con autoridades locales .....                                       | 31 |

## Resumen Ejecutivo

El presente plan de negocios analiza la viabilidad técnica, financiera y de gestión del proyecto de aprovechamiento de biogás del relleno sanitario regional de Chapantongo (“el proyecto”) con el propósito de servir para la búsqueda del apoyo necesario de instancias y entidades públicas y privadas para su realización.

El proyecto plantea la instalación de un sistema de generación eléctrica que aproveche un energético que, en los planes actuales, sería quemado. Este sistema será alimentado con los 1.45 millones de m<sup>3</sup> anuales de biogás que se producirán en promedio durante la vida útil del proyecto. El sistema de aprovechamiento de biogás para generación de electricidad tendrá una capacidad instalada de 100 kW y estará compuesto por tres generadores que serán instalados en diferentes etapas. La producción máxima anual de electricidad del proyecto llegará a 1.8 millones de kWh al año la cual será suministrada, a través de la red eléctrica, a los cuatro municipios participantes del proyecto (Nopala, Chapantongo, Tepetitlán y Alfajayucan).

El proyecto representa una inversión total, considerando las cuatro etapas, de casi 3 millones de pesos. Durante el periodo de evaluación considerado (20 años), la generación esperada de energía eléctrica sumará un valor total de 48 millones de pesos y costos para los municipios por 22 millones de pesos, con una recuperación de la inversión en poco más de 11 años y con un valor presente neto de 2.2 millones de pesos.

El esquema legal y de gestión que se propone considera que la generación de electricidad aprovechando el biogás del relleno sanitario se llevará a cabo en una segunda etapa a la construcción del relleno sanitario. Es decir, éste se considera como un complemento al esquema planeado actualmente.

Se propone que el esquema de gestión incluya, en su momento, el sistema de manejo de residuos urbanos de los municipios, la captura de metano y la operación del relleno sanitario mismo. Esto permitirá por un lado reducir los costos de operación y mantenimiento asociados al relleno y la generación de electricidad, así como facilitar la gestión y operación del proyecto en su conjunto.

Se recomienda, principalmente por el tipo de esquema del proyecto que supone la participación de varios municipios, que el proyecto de generación de electricidad se lleve a cabo bajo el esquema de sociedad de autoabastecimiento y mediante un proyecto público-privado. La operación del proyecto se llevará a cabo considerando la estructura operativa para la sociedad de autoabastecimiento, integrada por los 4 municipios y la empresa generadora.

# 1 Presentación

En el año de 2010, los municipios de Nopala, Chapantongo, Tepetitlán y Alfajayucan en el estado de Hidalgo iniciaron las gestiones para la construcción y operación futuras de un relleno sanitario regional que servirá a los cuatro municipios para la disposición de sus desechos urbanos. El relleno sanitario forma parte de una iniciativa del gobierno federal, a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), de poner en funcionamiento 14 rellenos sanitarios en el estado de Hidalgo. De estos rellenos sanitarios, ocho serán de carácter regional y seis municipales, para lo cual se invertirán poco más de 79 millones de pesos de recursos federales autorizados por el Congreso de la Unión <sup>1</sup>.

El presente plan de negocio para se enmarca en el contexto del *Taller sobre la elaboración de planes de negocios para proyectos de generación de electricidad a partir de energías renovables*, llevado a cabo en la ciudad de Pachuca el día 31 de mayo de 2011, teniendo como aliado local a la Comisión Estatal de Fomento y Ahorro de Energía (CEFAEN) de la Secretaría de Desarrollo Económico del Gobierno del estado, la cual tiene a su cargo el impulsar el desarrollo de proyectos y la utilización práctica de fuentes alternas de energía eléctrica que fortalezcan el desarrollo económico sostenible y sustentable, a partir del abatimiento de costos y la preservación del entorno ecológico sustituyendo el uso de los hidrocarburos.

El objetivo del taller fue el de presentar y explicar los diferentes aspectos que cubre un Plan de Negocios para el Desarrollo de Proyectos de Generación de Electricidad en Municipios a funcionarios municipales y/o estatales y estuvo dirigido a funcionarios de las administraciones municipales y/o estatales, de las áreas de medio ambiente, fortalecimiento y/o servicios municipales, relacionadas con la toma de decisiones en materia de promoción e implementación de proyectos que aprovechan fuentes de energía renovables.

En este sentido, los municipios antes mencionados mostraron, en ocasión del citado taller, su interés por contar con un proyecto de generación de electricidad a partir del biogás generado por el relleno sanitario regional. De tal forma, la CEFAEN Hidalgo solicitó el apoyo del Programa de Competitividad de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) en México para la elaboración del presente documento.

Este documento incluye el análisis técnico, financiero y de gestión sobre alternativas de aprovechamiento de biogás para la generación de electricidad a partir del relleno sanitario regional que estará ubicado en Chapantongo y que comprende cuatro municipios del estado de Hidalgo.

Es importante resaltar que la elaboración del presente documento parte de la información contenida en el estudio técnico encargado por los cuatro municipios a la empresa TAAF Consultoría Integral, el cual contiene la descripción detallada del proyecto para el relleno sanitario tipo regional presentando las características que lo conforman, fases constructivas,

---

<sup>1</sup> Jonathan Collazo,, “Semarnat va por 14 rellenos sanitarios”, *Milenio Diario*, 2011,..

método de operación, cálculo de la capacidad volumétrica, obras de protección y complementarias por construirse, con base en los resultados de topografía y geotecnia realizados para este fin <sup>2</sup>.

Como resultado, el equipo de consultores realizó las siguientes actividades:

- Reuniones de trabajo con la CEFAEN, posteriores al taller.
- Visitas técnicas a los municipios involucrados en el estado de Hidalgo.
- Revisión de información existente, incluyendo el documento denominado “Elaboración de Estudios Técnicos Previos a la Construcción del Relleno Sanitario Regional Tipo “B” Municipios de Nopala, Chapantongo, Tepetitlán y Alfajayucan”, elaborado por encargo de los cuatro municipios a la empresa TAAF Consultoría Integral, S.C.

Derivado de este proceso, se identificaron las siguientes áreas de oportunidad:

- La construcción del relleno sanitario contempla la integración de un sistema de captación y extracción de biogás que puede ser utilizado para la generación de electricidad <sup>3</sup>.
- Con base en las diferentes reuniones de trabajo y visitas técnicas a los representantes de los ayuntamientos, se hace manifiesta la voluntad y acuerdo de las administraciones municipales locales, junto con el gobierno del estado de Hidalgo, para llevar adelante un proyecto de este tipo.
- El desarrollo del proyecto de generación de electricidad a partir del biogás del relleno sanitario representa la posibilidad de disminuir de manera sensible la factura eléctrica por concepto de los servicios municipales (principalmente del alumbrado público) de cada municipio.
- Es un proyecto donde se encuentran trabajando juntos cuatro municipios y que cuenta con el apoyo de los gobiernos estatal y federal, por lo que las gestiones y decisiones para su implementación enfrentan menores resistencias y un ambiente favorable.

---

<sup>2</sup> TAAF Consultoría Integral, S.C., *Elaboración de Estudios Técnicos Previos a la Construcción del Relleno Sanitario Regional Tipo “B” Municipios de Nopala, Chapantongo, Tepetitlán y Alfajayucan*. Mimeo.

<sup>3</sup> *Ibid.*

## 2 Mercado del proyecto

### 2.1 Mercado objetivo

El mercado objetivo del proyecto es el servicio de energía eléctrica para alumbrado público en los municipios de Chapantongo, Tepetitlán, Alfajayucan y Nopala, Hidalgo. Este mercado representa un consumo de energía anual estimado de 2.8 millones de kWh,<sup>4</sup> con un costo de 6.5 millones de pesos al año.<sup>5</sup>

### 2.2 Situación actual

Los municipios de Chapantongo, Tepetitlán, Alfajayucan y Nopala ocupan una superficie de alrededor de 800 km<sup>2</sup> en la región oeste del estado de Hidalgo y cuentan con una población de poco más de 56 mil habitantes.<sup>6</sup> En general, la población se desenvuelve en un ambiente semi-rural. La industria es escasa, sólo existen algunos pequeños talleres de joyería, maquila de ropa y artesanías locales. La mayoría de la población se dedica a actividades agrícolas (lluvia de temporal) y ganaderas. La tenencia de la tierra para estos usos es ejidal en su mayoría.<sup>7</sup>

Actualmente los cuatro municipios generan un promedio de 5.4 mil toneladas de residuos al año, de acuerdo con los datos derivados del estudio realizado para la construcción del relleno por encargo de los ayuntamientos participantes. Estos residuos son dispuestos actualmente en tiraderos a cielo abierto ubicados en los municipios de Alfajayucan y Chapantongo.

El estudio realizado clasifica su tipo en tres principales categorías: orgánico (desechos agrícolas y residuos alimenticios), productos orgánicos (residuo alimenticio y residuos de jardinería), recuperables (cartón, tetrapack, lata, papel, plástico, vidrio, PET, PEAD entre otros) y sepultables (pañal desechable, papel sanitario, uncel, trapo, etc.). De acuerdo con esta clasificación y con base en la generación diaria de residuos (casi 15 toneladas) de los cuatro municipios, es importante resaltar que se cuenta con un porcentaje de alrededor del 32% de residuos orgánicos, mismo que varía en función de cada municipio (Tabla 1).

---

<sup>4</sup> Datos obtenidos con base en la facturación eléctrica enviada por la CEFAEN y estimados de consumo de energía eléctrica para servicios municipales de los cuatro municipios.

<sup>5</sup> Se toma como referencia la tarifa eléctrica 5A para servicios municipales al mes de febrero de 2012 (2.34 pesos por kWh)

<sup>6</sup> INEGI. *Información nacional, por entidad federativa y municipios*. México en Cifras 2010 [consulta: julio 2011]; disponible en: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/MexicoCifras.aspx?e=0&m=0&sec=M>.

<sup>7</sup> INAFED. *Enciclopedia de los Municipios de México: ESTADO DE HIDALGO*. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México [consulta: julio 2011]; disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/templates/enciclo/hidalgo/municipios/13006a.htm>

**Tabla 1. Porcentaje de residuos por tipo que se generan en los cuatro municipios**

|  |             | Municipios |        |             |             |
|--|-------------|------------|--------|-------------|-------------|
|  |             | Tepetitlán | Nopala | Chapantongo | Alfajayucan |
| Tipo de residuos                           | Orgánico    | 12.6%      | 28.7%  | 33.6%       | 46.9%       |
|  | Valorizable | 32.7%      | 20.2%  | 30.5%       | 15.5%       |
|  | Sepultable  | 54.7%      | 51%    | 35.9%       | 37.6%       |
| Generación Total (ton/día)                 |             | 2.6        | 4.4    | 3.4         | 4.5         |
| Generación de residuos orgánicos (ton/día) |             | 0.3        | 1.2    | 1.1         | 2.1         |

Fuente: Elaboración propia con datos de TAAF Consultoría Integral, S.C.

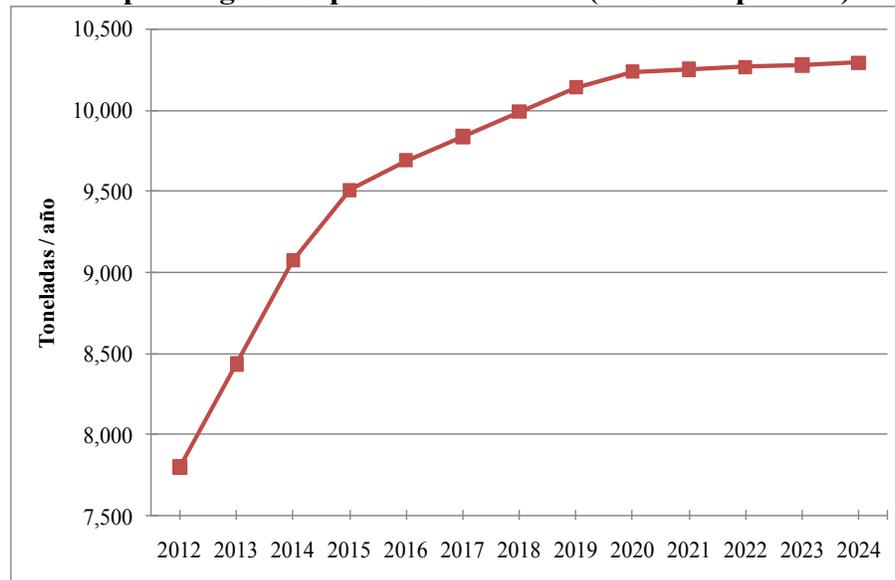
### 2.3 Tendencias de comportamiento del mercado objetivo

Los municipios del estado de Hidalgo, y en el país en general, enfrentan un escenario de montos de facturación creciente por el servicio de energía eléctrica. Como referencia de esa tendencia, al año 2012 la Tarifa 5A (que es la aplicable para servicios municipales) se incrementó en 5.6 % anual.<sup>8</sup>

De acuerdo con el estudio técnico realizado para la construcción del relleno sanitario, el volumen de residuos del relleno crecerá a una tasa de 5.8% anual, considerando que la disposición de los mismos se da en un periodo de evaluación entre 2012 y 2024 (Figura 1).

<sup>8</sup> CFE. *Estadísticas de ventas por tarifas*. 2012 [consulta: 28 de enero 2012]; disponible en: <http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/QCFE/EstVtas/PorTarifa.aspx>.

**Figura 1. Índice de disposición anual de residuos para el relleno sanitario regional de Chapantongo en el periodo 2012-2024 (toneladas por año)**



Fuente: TAAF Consultoría Integral, S.C.

## 2.4 Barreras

A partir de las opiniones vertidas por diversos funcionarios municipales del estado de Hidalgo, en ocasión de las visitas técnicas realizadas por el equipo de consultores, se presentan las siguientes barreras al desarrollo del proyecto en sus diversas alternativas de financiamiento. El Anexo 3 del presente documento da cuenta de los detalles de dichas entrevistas:

- Institucionales

Los plazos de gestión municipal son cortos en relación al proceso de desarrollo de este tipo de proyectos lo cual complica el obtener la participación y el apoyo de las autoridades municipales para objetivos y metas a largo plazo.

Para el caso del presente proyecto en particular, su implantación depende de la voluntad de cuatro conjuntos de autoridades municipales (Chapantongo, Tepetitlán, Alfajayucan y Nopala), además de la aprobación del Congreso del Estado de Hidalgo.

- De información

Dentro de las administraciones municipales no se cuenta con información suficiente que permitan orientar la toma de decisiones sobre proyectos de este tipo, particularmente en lo que se refiere a las oportunidades, tecnología y beneficios de la generación eléctrica con biogás de rellenos sanitarios.

- Restricciones presupuestales

De acuerdo a lo mencionado por los funcionarios municipales, aun cuando el proyecto de construcción del relleno sanitario regional cuenta con apoyo especial del gobierno federal para

su realización, los municipios del estado de Hidalgo enfrentan de manera cotidiana restricciones presupuestales para la operación y gestión de proyectos de inversión de este tipo, así como con escaso financiamiento para efectuar estudios de prefactibilidad.

- De gestión y organización

Se tiene muy poca experiencia en la gestión (y por lo tanto en la administración) de proyectos de aprovechamiento de energía renovable para generación de electricidad en la gran mayoría de los municipios del país.

Del mismo modo, existe poca experiencia respecto de las gestiones, número y características de los trámites para el desarrollo y formalización de este tipo de proyectos.

Asimismo, existe poca claridad y experiencia en los esquemas de asociación entre los municipios y los inversionistas privados para formar sociedades de autoabastecimiento y/o esquemas que pueden ser aprovechados para hacer factible el proyecto (como lo puede ser acuerdos entre diversos municipios).

## **2.5 Otros proyectos de referencia en el mundo**

Proyectos de aprovechamiento de biogás se han desarrollado de manera exitosa desde hace más de una década en diversas partes del mundo y de manera reciente en México. No obstante, estos generalmente son considerablemente mayores al proyecto en cuestión con plantas de cogeneración con potencia mayor a 600 kW.<sup>9</sup>

### 2.5.1 Sao Paulo, Brasil<sup>10</sup>

Las centrales termoeléctricas de los rellenos sanitarios de Bandeirantes y São João en el municipio de Sao Paulo producen energía a partir de biogás desde el año de 2004 (20 MW producidos por el relleno sanitario de Bandeirantes y 24 MW del relleno sanitario de São João). Estas centrales abastecen de electricidad a aproximadamente 800 mil habitantes de la zona metropolitana de Sao Paulo (cerca del 20% de la electricidad del sector residencial) y fueron financiadas parcialmente con fondos del Mecanismo de Desarrollo Limpio de la CMNUCC y el financiamiento de una empresa privada, encargada de operar los rellenos sanitarios y la planta de generación de electricidad.

---

<sup>9</sup> Ferran Relea et al., "MICROPHILOX Energy recovery from Landfill's Biogas by the use of MICROturbines and biological removal of hydrogen sulfide and siloxanes", 2009 [consulta: junio 2012]; disponible en: [http://www.microphilox.com/pdf/layman\\_report\\_microphilox.pdf](http://www.microphilox.com/pdf/layman_report_microphilox.pdf)

<sup>10</sup> ICLEI, "Turning pollution into profit: the Bandeirantes Landfill Gas to Energy Project", *ICLEI Case Studies*. 2009, ICLEI: Washington, D.C.

### 2.5.2 Municipalidad de eThekweni, Durban, Sudáfrica<sup>11</sup>

Esta localidad perteneciente a la zona metropolitana de la ciudad de Durban en Sudáfrica se encuentra en la etapa de construcción de una planta de generación de electricidad que aprovechará el metano de tres diferentes rellenos sanitarios ubicados en la misma zona metropolitana (La Mercy, Bisasar Road y Mariannhill) para una capacidad instalada de 10 MW. Este proyecto está proyectado para suministrar electricidad a los servicios públicos de la municipalidad de Durban, así como abastecer a la red de energía eléctrica excedente. Este proyecto empezará su operación en 2013 y entre las fuentes de financiamiento con que se cuenta están la venta anticipada de certificados de reducción de emisiones al Banco Mundial por un monto de 700 mil dólares anuales.

### 2.5.3 Municipalidad de Ammán, Jordania<sup>12</sup>

La administración de la capital jordana se encuentra implementado, desde 2009 un proyecto que incluye la generación de electricidad del relleno sanitario de Ghabawi, ubicado a 40 km de Ammán. La electricidad generada en tres diferentes etapas (con una capacidad total de 18 MW) servirá para abastecer de energía eléctrica a la región del “Gran Ammán” que incluye una zona conurbada de cerca de 2 millones de personas. Este proyecto, que incluyó también la recuperación de metano de una planta de tratamiento de agua fue financiado por el Banco Mundial como parte de su iniciativa “Carbon Finance”, contempla un valor de cerca de 8 millones de euros en términos de certificados de reducción de emisiones bajo los esquemas del mercado europeo de carbono.

### 2.5.4 SIMEPRODE y Bioenergía de Nuevo León<sup>13</sup>

Bioenergía de Nuevo León, S. A. de C. V. es el primer proyecto de energía en México y Latinoamérica utilizando como combustible el biogás que se forma en el relleno sanitario del Municipio de Salinas Victoria, Nuevo León. El Sistema Integral para el Manejo Ecológico y Procesamiento de Desechos (SIMEPRODE), a través de Bioenergía de Nuevo León, opera desde el 19 de septiembre del 2003 la planta BENLESA para generar energía eléctrica a través de los desechos. Las instalaciones consisten en una central de generación de energía eléctrica integrada por 12 motores de combustión interna con capacidad cada uno de 1.06 MW y una capacidad actual de generación de electricidad de BENLESA es de 12.72 MW. A la fecha, con la operación de este sistema se han generado más de 310,000 MWh de electricidad, los cuales se han aprovechado para el alumbrado público de la ciudad de Monterrey y otros municipios de la zona conurbada, así como en otras aplicaciones.

---

<sup>11</sup> *The Durban Landfill Gas to Energy project*. 2011 [consulta: julio de 2011]; disponible en: <http://www.durban.gov.za/durban/services/cleansing/gastoelec/landfill>.

<sup>12</sup> *Landfill Gas Recovery and Power Generation in Ghabawi Landfill* [consulta: julio de 2011]; disponible en: [http://www.medemip.eu/Calc/FM/MED-EMIP/OtherDownloads/Docs\\_Related\\_to\\_Climate\\_Changes/200905-MENA\\_Carbon\\_Forum\\_2009/Day2/PANEL\\_Solid\\_Waste\\_Management/AhmadGAlhyasat.pdf](http://www.medemip.eu/Calc/FM/MED-EMIP/OtherDownloads/Docs_Related_to_Climate_Changes/200905-MENA_Carbon_Forum_2009/Day2/PANEL_Solid_Waste_Management/AhmadGAlhyasat.pdf)

<sup>13</sup> SIMEPRODE. *Bioenergía de Nuevo León* [consulta: julio 2011]; disponible en: [http://www.nl.gob.mx/?P=simeprode\\_bioenergia](http://www.nl.gob.mx/?P=simeprode_bioenergia).

### 2.5.5 Sociedad Autoabastecedora de Energía Verde de Aguascalientes<sup>14</sup>

El Municipio de Aguascalientes, la empresa Biogas Technology, S.A. de C.V. y Nissan de México forman parte de la sociedad de autoabastecimiento de este proyecto que generará energía eléctrica a partir del biogás de los rellenos sanitarios de “Cumbres” y “San Nicolás” en el año 2012. Esta energía será aprovechada en su mayor parte por la empresa Nissan, en su planta de fabricación de automóviles ubicada en Aguascalientes. El proyecto, que cuenta con el permiso correspondiente desde el año de 2010,<sup>15</sup> utiliza una central eléctrica integrada por dos motogeneradores de combustión interna con capacidad de 1.60 MW cada uno, para una capacidad total de generación de 3.20 MW, una producción estimada anual de 21.52 GWh y un consumo estimado anual de 10 millones de m<sup>3</sup> de biogás, y ubicada en el km. 9.3 de la Carretera José María Morelos y Pavón, Aguascalientes, Aguascalientes. Se tiene previsto incrementar dicha capacidad con el futuro crecimiento del Relleno Sanitario de San Nicolás. Con Biogas Technology se firmó además en el 2005 un convenio para la compra de certificados de reducción de emisiones por la quema, en principio de biogás. A partir del 2012 este convenio comercializará las reducciones de emisiones resultantes de la generación de electricidad.

### 2.5.6 Municipio de Orís (Barcelona), España<sup>16</sup>

El relleno sanitario da servicio a los municipios de la comarca de Osona y Ripollès a un total de 172 mil habitantes. El sistema de aprovechamiento energético diseñado está constituido por dos microturbinas de 30 kWe cada una. Este proyecto piloto tuvo como propósito demostrar los beneficios del aprovechamiento del biogás a pequeña escala.

---

<sup>14</sup> “Abastecerán electricidad de biogás” 2011 [consulta: 16 de agosto 2011]; disponible en: <http://www.hidrocalidigital.com/local/articulo.php?id=25100>.

<sup>15</sup> CRE, *Título de permiso No. E/847/AUT/2010 otorgado a SOCIEDAD AUTOABASTECEDORA DE ENERGÍA VERDE DE AGUASCALIENTES, S. DE R. L. DE C. V., E/847/AUT/2010*, p. 9.

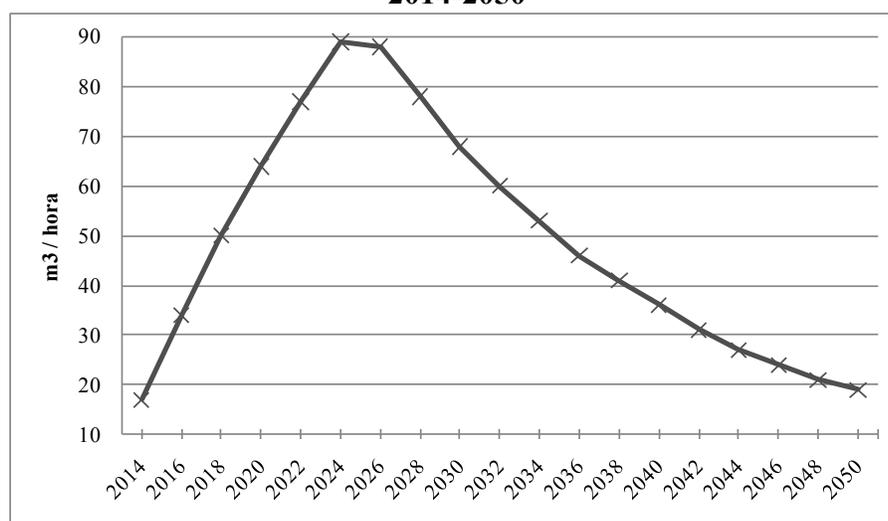
<sup>16</sup> “Vertedero controlado de residuos de la comarca de Osona con tratamiento de lixiviados y biogás”, *Infoenviro*, mayo de 2007, p. 75-79 [consulta: junio 2011]; disponible en: [http://www.microphilox.com/pdf/infoenviro\\_mayo\\_07.pdf](http://www.microphilox.com/pdf/infoenviro_mayo_07.pdf)

### 3 Propuesta técnica y costos del proyecto

El proyecto de aprovechamiento de biogás del relleno sanitario regional de Chapantongo plantea la instalación de un sistema de generación eléctrica que aproveche un energético que, en los planes actuales, solo sería quemado. La energía eléctrica obtenida podrá ser utilizada para las instalaciones del relleno sanitario y suministrada, a través de la red eléctrica, a los cuatro municipios participantes del proyecto (Chapantongo, Tepetitlán, Alfajayucan y Nopala).

Este sistema será alimentado con los 1.45 millones de m<sup>3</sup> anuales de biogás que se producirán en promedio durante la vida útil del proyecto. La figura 2 muestra la evolución esperada de producción de biogás (en metros cúbicos por hora) entre 2013 y el año 2050, a partir de los datos obtenidos en el estudio realizado para la construcción del relleno sanitario.

**Figura 2. Producción esperada de biogás (en metros cúbicos por hora) en el periodo 2014-2050**



Fuente: TAAF Consultoría Integral, S.C.

Dada la producción antes referida, el sistema de aprovechamiento de biogás para generación de electricidad tendrá una capacidad instalada de 100 kW, compuesta por tres generadores (microturbinas) que a instalarse en diferentes etapas del proyecto.

La propuesta considera los siguientes elementos:

- Se toma como referencia los datos del estudio realizado por TAAF Consultoría Integral para la construcción del relleno sanitario.
- Considerando que la generación de biogás que servirá como combustibles para generar electricidad variará dependiendo del año (un año o dos después de la instalación y operación del relleno) y el volumen de residuos que sean confinados en el relleno.

- La producción de biogás (Figura 2) tendrá una producción máxima en el año 2026 y dejará de producirse hacia el año 2062 y por cada metro cúbico de biogás se estima que se producen 5 kWh de energía eléctrica de acuerdo con los datos sobre vida útil que fueron considerados en el estudio de TAAF Consultoría Integral.

De tal forma, las 4 etapas consideran la instalación de tres motogeneradores durante la vida útil del proyecto (Tabla 2).

**Tabla 2. Potencia instalada y tiempo de operación estimado**

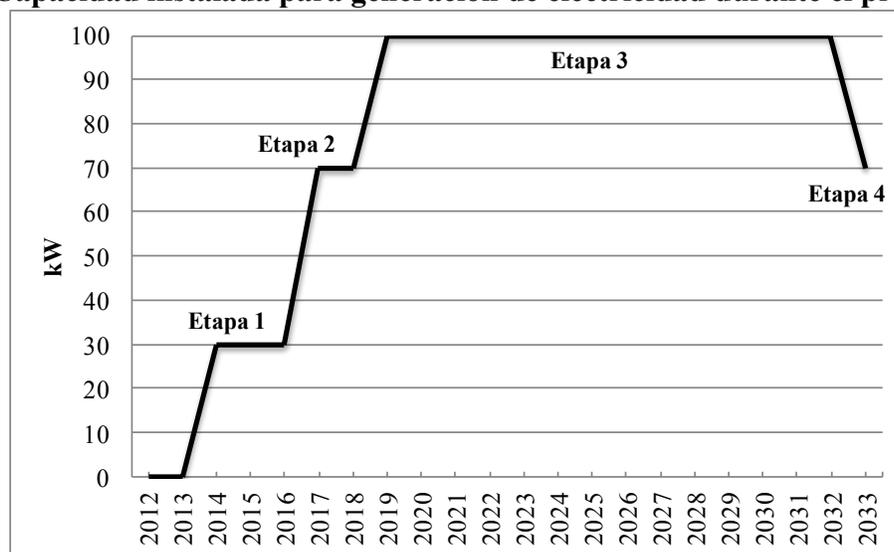
|                    | <b>Capacidad instalada (kW)</b> | <b>Rango de operación</b> |
|--------------------|---------------------------------|---------------------------|
| <b>Generador 1</b> | 30                              | 2014-2034                 |
| <b>Generador 2</b> | 40                              | 2017-2034                 |
| <b>Generador 3</b> | 30                              | 2019-2033                 |

Las etapas consideradas son las siguientes:

- Etapa 1: A partir de 2014 se instala el primer generador de 30 kW.
- Etapa 2. Entra en operación, en 2017, el segundo generador de 40 kW, para incrementar la capacidad instalada a 70 kW.
- Etapa 3. Entra en operación, en 2019, el tercer generador de 30 kW, para completar la capacidad instalada de 100 kW del sistema.
- Etapa 4. Se retira de operación, en el año 2033, el tercer generador de 30 kW. La capacidad instalada hasta ese momento será de 70 kW.

La figura 3 ilustra la capacidad instalada durante las etapas del proyecto.

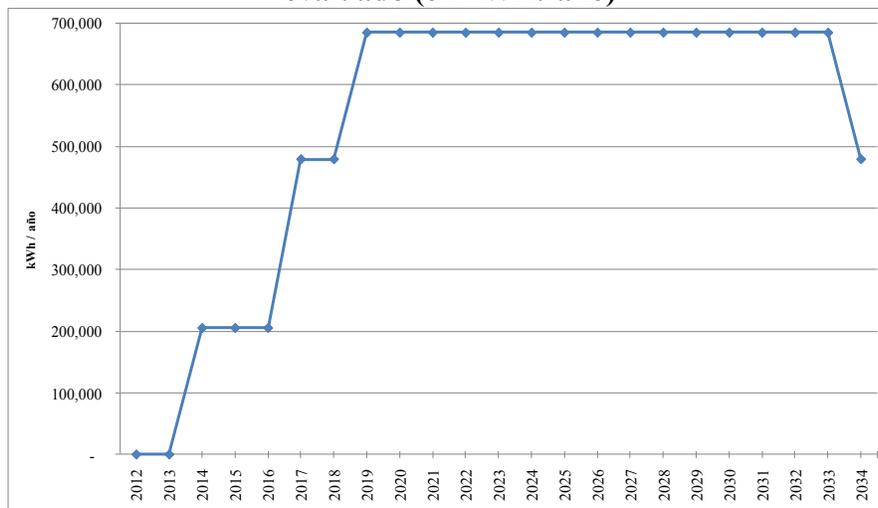
**Figura 3. Capacidad instalada para generación de electricidad durante el proyecto (kW)**



Fuente: Elaboración propia

Por su parte, la producción máxima anual de electricidad del proyecto llegará a 1.8 millones de kWh al año (Anexo). La figura 4 ilustra la evolución esperada de la generación de electricidad en la vida del proyecto propuesto.

**Figura 4. Evolución esperada de la generación de electricidad durante el periodo evaluado (en kWh / año)**



Fuente: Elaboración propia

### 3.1 Costos y beneficios del proyecto

En total, el proyecto representa una inversión total, considerando las cuatro etapas, de 3.3 millones de pesos, con una generación de energía eléctrica con un valor total de 28 millones de pesos y costos para los municipios por 21 millones de pesos, durante el periodo de evaluación considerado (20 años).

La tabla 3 muestra un resumen de los costos y beneficios anuales por cada una de las etapas, estimados para el proyecto del relleno sanitario de Chapantongo.

**Tabla 3. Costos y beneficios anuales del sistema de generación de electricidad por cada una de las etapas**

| <b>CONCEPTO</b>   | <b>Etapa 1<br/>(2014-2016)</b> | <b>Etapa 2<br/>(2017-2018)</b> | <b>Etapa 3<br/>(2019-2033)</b> | <b>Etapa 4<br/>(2034-2038)</b> |
|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>Monto de inversión (en miles de pesos a valor presente)</b>                                  | \$990                          | \$1,317                        | \$990                          | 0                              |
| <b>Energía generada (en MWh/año)</b>  | 205 MWh                        | 480 MWh                        | 685 MWh                        | 480 MWh                        |
| <b>Factura eléctrica evitada (en miles de pesos, promedio anual por periodo) <sup>(1)</sup></b> | \$542                          | \$1,444                        | \$2,935                        | \$2,772                        |
| <b>Costo de operación (en miles de pesos, promedio anual por periodo) <sup>(2)</sup></b>        | \$727                          | \$843                          | \$1,145                        | \$1,349                        |
| <b>Ahorro neto (en miles de pesos, promedio anual por periodo)</b>                              | \$(185)                        | \$601                          | \$1,789                        | \$1,423                        |

(1) Se considera un costo unitario de 2.34 \$/kWh para la generación eléctrica. (pago a CFE)

(2) Este rubro se refiere a la aportación que harán los municipios a la empresa generadora como parte de su participación en la sociedad de autoabastecimiento. Esta aportación considera todos los costos asociados a la generación de electricidad, incluyendo el porteo, los costos de operación y mantenimiento, la inversión y la utilidad de la empresa generadora. Basado en estimaciones contenidas en el Anexo 1.

Es pertinente aclarar que los montos antes descritos son evaluados considerando el costo de la tecnología y la electricidad a junio de 2011.

## 4 Análisis financiero del proyecto

### 4.1 Variables consideradas

Las variables consideradas para las evaluaciones técnica y financiera de las propuestas presentadas en el presente documento se presentan en la tabla 4.

**Tabla 4. Variables consideradas en la evaluación financiera**

| Concepto  | Cantidad | Unidad        |
|---|----------|---------------|
| Tipo de cambio <sup>(1)</sup>                       | 12.95    | Pesos / Dólar |
| Inflación <sup>(2)</sup>                            | 3.87     | % anual       |
| Incremento de las tarifas eléctricas <sup>(3)</sup> | 6.40     | % anual       |
| Tarifa de referencia <sup>(4)</sup>                 | \$2.34   | Pesos / kWh   |
| Tasa de descuento                                   | 12.00    | % anual       |

(1) Tipo de cambio 1 de febrero de 2012. Fuente: Banco de México <sup>17</sup>.

(2) Inflación reportada al mes de febrero de 2012. Fuente: Banco de México <sup>18</sup>

(3) Se considera el incremento promedio (del año 1999 al 2010) de la tarifa que aplica a servicios de alumbrado público. Fuente: Comisión Federal de Electricidad <sup>19</sup>

(4) Se considera como referencia la Tarifa 5A aplicable a servicios municipales a febrero de 2012.

### 4.2 Evaluación financiera

La inversión de 3.3 millones de pesos en el sistema de biogás se recupera en poco más de 11 años y tiene un valor presente neto de poco menos de 3 millones de pesos.

La tabla 5 muestra el detalle de los flujos de efectivo para el proyecto propuesto. El Anexo del presente documento muestra detalles relativos a los rubros considerados en la siguiente Tabla.

---

<sup>17</sup> Banco de México, *Portal de mercado cambiario*. 2012 [consulta: febrero 2012]; disponible en: <http://www.banxico.org.mx/portal-mercado-cambiario/index.html>.

<sup>18</sup> Banco de México *Indice de Inflación oficial al 2012*. 2012 [consulta: febrero de 2012 ]; disponible en: <http://www.banxico.org.mx/portal-inflacion/index.html>.

<sup>19</sup> CFE. *Conoce tu tarifa*. 2012 [consulta: 23 de febrero de 2012]; disponible en: <http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/QCFE/EstVtas/PorTarifa.aspx>.

**Tabla 5. Flujos de efectivo para el sistema de aprovechamiento de biogás durante la vida útil del proyecto**

| Año | Saldo al año<br>cero | Generación de<br>Energía | Costo de<br>Operación | Ahorro       | Valor<br>Presente | Saldo anual<br>descontado |
|-----|----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------|-------------------|---------------------------|
| -   | \$ (3,293,846)       |                          |                       |              | \$ (3,293,846)    | \$ (3,293,846)            |
| 1   |                      |                          |                       |              |                   | \$ (3,293,846)            |
| 2   |                      | \$ 511,451               | -\$ 702,481           | \$ (191,030) | \$ (152,288)      | \$ (3,446,134)            |
| 3   |                      | \$ 542,215               | -\$ 727,938           | \$ (185,723) | \$ (132,194)      | \$ (3,578,328)            |
| 4   |                      | \$ 572,979               | -\$ 753,395           | \$ (180,416) | \$ (114,658)      | \$ (3,692,986)            |
| 5   |                      | \$ 1,408,733             | -\$ 829,498           | \$ 579,235   | \$ 328,673        | \$ (3,364,312)            |
| 6   |                      | \$ 1,480,516             | -\$ 856,868           | \$ 623,648   | \$ 315,960        | \$ (3,048,353)            |
| 7   |                      | \$ 2,217,569             | -\$ 940,788           | \$ 1,276,781 | \$ 577,551        | \$ (2,470,802)            |
| 8   |                      | \$ 2,320,116             | -\$ 970,069           | \$ 1,350,047 | \$ 545,261        | \$ (1,925,541)            |
| 9   |                      | \$ 2,422,662             | -\$ 999,350           | \$ 1,423,312 | \$ 513,260        | \$ (1,412,280)            |
| 10  |                      | \$ 2,525,209             | -\$ 1,028,632         | \$ 1,496,577 | \$ 481,858        | \$ (930,422)              |
| 11  |                      | \$ 2,627,755             | -\$ 1,057,913         | \$ 1,569,842 | \$ 451,292        | \$ (479,130)              |
| 12  |                      | \$ 2,730,302             | -\$ 1,087,194         | \$ 1,643,107 | \$ 421,745        | \$ (57,385)               |
| 13  |                      | \$ 2,832,848             | -\$ 1,116,476         | \$ 1,716,373 | \$ 393,348        | \$ 335,963                |
| 14  |                      | \$ 2,935,395             | -\$ 1,145,757         | \$ 1,789,638 | \$ 366,195        | \$ 702,158                |
| 15  |                      | \$ 3,037,942             | -\$ 1,175,038         | \$ 1,862,903 | \$ 340,345        | \$ 1,042,504              |
| 16  |                      | \$ 3,140,488             | -\$ 1,204,320         | \$ 1,936,168 | \$ 315,831        | \$ 1,358,335              |
| 17  |                      | \$ 3,243,035             | -\$ 1,233,601         | \$ 2,009,434 | \$ 292,663        | \$ 1,650,997              |
| 18  |                      | \$ 3,345,581             | -\$ 1,262,882         | \$ 2,082,699 | \$ 270,833        | \$ 1,921,831              |
| 19  |                      | \$ 3,448,128             | -\$ 1,292,164         | \$ 2,155,964 | \$ 250,322        | \$ 2,172,153              |
| 20  |                      | \$ 3,550,674             | -\$ 1,321,445         | \$ 2,229,229 | \$ 231,097        | \$ 2,403,250              |
| 21  |                      | \$ 3,653,221             | -\$ 1,350,726         | \$ 2,302,495 | \$ 213,118        | \$ 2,616,368              |
| 22  |                      | \$ 2,629,037             | -\$ 1,294,775         | \$ 1,334,262 | \$ 110,267        | \$ 2,726,635              |

## 5 Esquema para el financiamiento del proyecto

En México se requiere constituir una sociedad de autoabastecimiento para que una entidad diferente a la Comisión Federal de Electricidad genere electricidad y sea despachada a los puntos de consumo a través de la red eléctrica nacional.<sup>20</sup> Bajo este esquema la electricidad generada en el proyecto debe ser provista única y exclusivamente a los socios que formen parte la sociedad de autoabastecimiento.

En el caso de un proyecto de generación de energía eléctrica que aproveche energías renovables, en esta asociación (que cuenta con los mismos elementos que determinan la sociedad de autoabastecimiento prevista en la Ley del Servicio Público de la Energía Eléctrica y su Reglamento, salvo el requerimiento de un permiso por parte de la Comisión Reguladora de Energía<sup>21</sup>)

### 5.1 Las alternativas

Se ubican dos alternativas para el financiamiento del proyecto de aprovechamiento de biogás en los cuatro municipios que participan en el relleno regional citado en el presente plan de negocios. Estas alternativas están planteadas de manera general a continuación:

#### 5.1.1 Inversión directa con operación por parte de los municipios

Bajo esta modalidad, el proyecto de inversión sería llevado a cabo considerando las aportaciones federales a municipios bajo el ramo 33 o una ampliación al monto autorizado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales para la construcción de los rellenos sanitarios regionales, lo que conlleva a la autorización de los congresos federal y estatal.<sup>22</sup>

Asimismo, para financiar el proyecto por esta vía cada administración municipal tendrá que hacer la solicitud correspondiente y someterla a la consideración de sus respectivos cabildos, así como realizar los trámites y gestiones conducentes para la construcción y operación del proyecto por parte de los propios ayuntamientos. En su caso y por tratarse de un monto sujeto a licitaciones públicas, los ayuntamientos se sujetarán a los criterios y disposiciones de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público del Estado de Hidalgo y las instituciones estatales en la materia<sup>23</sup>.

---

<sup>20</sup> Odón de Buen, *Guía para el desarrollo de proyectos de generación de electricidad con energía renovable en y para municipios*, 2010, USAID: México, D.F.

<sup>21</sup> El artículo 39 de la Ley del Servicio Público de la Energía Eléctrica establece que aquellos proyectos de generación de energía bajo la modalidad de autoabastecimiento menores a 0.5 MW no requerirán el permiso correspondiente de la CRE para generar energía.

<sup>22</sup> *Ramo 33: Subsidios y reglas de operación*, Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública, 2009, Cámara de Diputados: México, D.F.

<sup>23</sup> “Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público del Estado de Hidalgo”, *Periódico Oficial del Estado de Hidalgo*, 31 de diciembre de 2003..

### 5.1.2 Proyecto público-privado

De manera general y como lo define la Ley de Deuda Pública para el Estado de Hidalgo,<sup>24</sup> los proyectos público-privados (por sus siglas PPP) son “todos aquellos programas que se desarrollen con financiamiento público y capital privado cuyo objeto es generar proyectos de inversión pública productiva” y su diseño e instrumentación le competen al Instituto de Financiamiento del Estado de Hidalgo,<sup>25</sup> que tiene además atribuciones para contratar deuda destinada para proyectos de inversión pública productiva, para asistir a las entidades en el acceso a financiamiento, los proyectos que caben dentro de esta modalidad incluyen cualquier esquema en el que sector público y sector privado establecen una relación contractual de largo plazo para la prestación de uno o varios servicios al sector público o al usuario final y en la que, para la prestación de los mismos, se requiere de infraestructura ya sea desarrollada total o parcialmente por el sector privado, o provista por el sector público.

Este esquema permite establecer claramente derechos y obligaciones tanto para la entidad privada como para quienes sean responsables del proyecto y un elemento esencial de sus componentes es que se da certidumbre en una asociación en el largo plazo.

### 5.1.3 Concesión

La concesión es una figura comúnmente adoptada para la recolección, separación y disposición de residuos sólidos urbanos, y puede ser ampliado para incluir el aprovechamiento del biogás en lugar de su quema. En Hidalgo, la concesión de servicios públicos municipales requiere de la aprobación de los ciudadanos residentes en el municipio (plebiscito) mediante convocatoria autorizada por dos terceras partes de los integrantes del Ayuntamiento.<sup>26</sup>

## 5.2 **Ventajas y desventajas de las alternativas**

A partir de la descripción general de las alternativas mencionadas, y en relación directa con los elementos del planteamiento técnico y la evaluación financiera presentados en apartados anteriores, la tabla 6 muestra un análisis con las ventajas y desventajas de cada una de ellas.

**Tabla 6. Ventajas y desventajas de las alternativas para la gestión, operación y financiamiento del proyecto**

---

<sup>24</sup> “Ley de Deuda Pública del Estado de Hidalgo”, *Periódico Oficial del Estado de Hidalgo*, 30 de mayo de 2005

<sup>25</sup> “Ley que Crea el Instituto para el Financiamiento del Estado de Hidalgo”, 31 de julio de 2006.

<sup>26</sup> Claudia Rivera Hernández, “Análisis comparativo sobre las concesiones en México a partir de las leyes orgánicas municipales del país”, *Espacios Públicos*, núm. 28, 2010, pp. 29-43

| Alternativa                                 | Ventajas   | Desventajas   |
|---|--|---|
| <b>Obra pública</b>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La inversión pública determina la aplicación efectiva y puntual de recursos públicos para el desarrollo del proyecto.</li> <li>• Las reglas y lineamientos de adquisiciones establecen claramente el proceso por el cual se desarrollará tanto el proyecto de inversión, así como la instalación, operación y mantenimiento del mismo.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los recursos públicos que puedan destinarse a un proyecto de inversión de este tipo son limitados.</li> <li>• La inversión en el proyecto no sólo implica la construcción del mismo, sino posiblemente el desarrollo de capacidades de los gobiernos locales para la gestión y operación del mismo.</li> <li>• El proceso de tramitación de las inversiones implica la realización de gestiones individuales por cada uno de los municipios.</li> <li>• Asimismo, el realizar una inversión conjunta por parte de varios municipios en México supone diversas dificultades (no hay muchos antecedentes exitosos al respecto) no sólo en la aprobación de los recursos, sino en la operación y gestión del proyecto desde la esfera exclusiva de las administraciones municipales.</li> </ul> |
| <b>Proyecto público-privado o concesión</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Posibilidad de multianualidad de los proyectos</li> <li>• Existe la certeza jurídica, operativa y de gestión de este tipo de proyectos, así como por experiencias previas.</li> <li>• Para el diseño e instrumentación se cuenta con el Instituto de Financiamiento del Estado de Hidalgo</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• El tamaño y costo del proyecto pueden no resultar atractivos para una empresa que esté interesada en invertir en un proyecto de aprovechamiento de energías renovables con estas dimensiones y periodos de recuperación.</li> <li>• Los esquemas al interior de los municipios (acuerdos con los cabildos) pueden encontrar dificultades derivadas de una percepción errónea del proyecto y/o los beneficios para cada ayuntamiento.</li> </ul>  |

## **6 Esquemas legales, de gestión y operación para el proyecto**

El esquema legal y de gestión que se propone para el proyecto de aprovechamiento de biogás en el relleno sanitario regional parte del análisis y propuestas presentadas en las secciones anteriores.

Es preciso resaltar que la propuesta de esquema interno considera que la generación de electricidad aprovechando el biogás del relleno sanitario se llevará a cabo en una segunda etapa a la construcción del relleno sanitario, es decir, se considera como un complemento al esquema planeado actualmente.

Por lo tanto, se propone que el esquema de gestión incluya, en su momento, el sistema de manejo de residuos urbanos de los municipios, la captura de metano y la operación del relleno sanitario mismo. Esto permitirá por un lado reducir los costos de operación y mantenimientos asociados al relleno y la generación de electricidad, así como facilitar la gestión y operación del proyecto en su conjunto.

De tal forma, a continuación se muestran los detalles tanto de los esquemas legales como de gestión, partiendo del supuesto que el sistema de manejo de residuos, la captura de metano y la operación del relleno sanitario se llevará a cabo como un elemento integrado al esquema para la generación de electricidad:

### **6.1 Sociedad de autoabastecimiento**

A continuación se enumeran y describen brevemente los elementos y trámites del proceso que debe llevarse a cabo por parte de los cuatro municipios participantes en el proyecto.

#### **6.1.1 Los actores del proyecto y su papel en el mismo**

Un primer elemento a considerar en este tipo de esquema es el papel que cada uno de los actores tendrá en el mismo. En el caso de este proyecto, se identifican claramente dos tipos de actores:

- Municipios participantes y empresa privada encargada de operar el proyecto: Estarán involucrados directamente en la gestión, operación y mantenimiento del proyecto, pero que también serán beneficiarios de la electricidad generada.
- Gobiernos federal y estatal, así como congreso del estado: Tendrán un papel como actores relacionados con el proyecto, particularmente en lo que se refiere al apoyo institucional para las gestiones y trámites, asistencia técnica a los municipios y asignación de recursos, en su caso, para inversiones o presupuesto de operación del mismo.

La tabla 7 muestra elementos generales de la participación de cada uno de estos actores, mismos que serán detallados en los apartados siguientes:

**Tabla 7. Los actores del proyecto y su papel en el mismo**

| <b>Actor</b>   | <b>Elementos de participación</b>  |
|--|--|
| <b>Municipios</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Serán los beneficiarios de la energía eléctrica generada por el relleno</li> <li>• Como socio de la sociedad, su aportación estará compuesta por los costos de generación de la electricidad, operación y mantenimiento del proyecto y la inversión.</li> <li>• Realizarán gestiones ante los gobiernos federal y estatal, así como ante sus respectivos cabildos.</li> <li>• Se encargarán de la difusión, reporte y seguimiento del proyecto y sus beneficios.</li> </ul>   |
| <b>Empresa privada</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tendrá a su cargo las inversiones para la instalación, operación y mantenimiento del proyecto.</li> <li>• Llevará a cabo la administración del proyecto bajo la supervisión y seguimiento de los respectivos ayuntamientos.</li> <li>• Tendrá a su cargo (en su caso) los trámites correspondientes a la formalización de la sociedad de autoabastecimiento (ver Anexo), así como los relacionados con la generación de electricidad.</li> <li>• Llevará a cabo las gestiones (en su caso) para obtener fuentes alternativas de financiamiento, incluyendo venta de certificados de reducción de emisiones</li> </ul> |
| <b>Gobierno del estado (a través de la CEFAEN y la Secretaría de Desarrollo Económico)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tendrá a su cargo el seguimiento de los elementos técnicos y operativos del proyecto.</li> <li>• Proporcionará asistencia técnica a los municipios en materia de tecnología, procesos y/o aspectos relacionados con la promoción de los beneficios del mismo.</li> <li>• Facilitará (en su caso) y promoverá la replicabilidad del proyecto a otros municipios o instancias interesadas en un esquema de este tipo.</li> </ul>  |
| <b>Gobierno federal (a través de la Semarnat)</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dará seguimiento al proyecto como parte de la iniciativa de rellenos sanitarios regionales.</li> <li>• Facilitará, en su caso, las gestiones para la obtención de certificados de reducción de emisiones.</li> </ul>  |
| <b>Instituto para el Financiamiento del Estado de Hidalgo</b>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentar y gestionar, en coordinación con la Secretaría, ante el Congreso del Estado, las solicitudes de autorización de endeudamiento, en términos de lo previsto por las leyes aplicables;</li> </ul>  |
| <b>Congreso estatal</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Autorizará la gestión de recursos públicos (en su caso) para las gestiones asociadas al proyecto por parte de los municipios (administración, seguimiento, informes, difusión)</li> </ul>   |

### 6.1.2 La constitución de la sociedad

La sociedad de autoabastecimiento, la cual tendrá como objeto social la generación de energía eléctrica para la satisfacción del conjunto de necesidades de autoabastecimiento de energía eléctrica de sus socios, quedará integrada a través de un Acta Constitutiva por los municipios que fungirán como consumidores de energía, por un lado, y por la empresa encargada de generar la electricidad y operar el proyecto, por el otro. Los siguientes elementos deben ser considerados:

- Cada municipio, previo acuerdo con su cabildo formará parte junto con la empresa generadora de la asamblea de accionistas de la misma, siendo los operadores de proyectos quienes tienen una participación mayoritaria.
- Esta sociedad tendrá una vigencia establecida preferentemente por la vida útil del proyecto.
- El Acta Constitutiva de la sociedad de autoabastecimiento plantea el otorgamiento de un poder general para actos de administración a un representante de la misma, el cuál puede ser uno de los municipios integrantes o la propia empresa que sea designada para la instalación, operación y mantenimiento del proyecto de generación de electricidad.
- El Acta constitutiva incluirá, en su caso, las modificaciones y adenda al contrato de prestación de servicios de la empresa que sea responsable, de acuerdo a los planes actuales, de la operación del sistema de manejo de residuos, el relleno sanitario y la captura de metano.

### 6.1.3 El contrato de suministro de energía

Un elemento esencial a considerar es el acuerdo mediante el cual se establecen los compromisos para la generación y suministro de energía, así como la porción de energía eléctrica que cada municipio recibirá de la generación total<sup>27</sup>.

En este contrato se establecen los plazos en los que los municipios, por un lado, en su calidad de accionistas de la sociedad de autoabastecimiento, se obligan a obtener energía y pagar los costos de operación y mantenimiento e inversión.

Por su parte, la empresa operadora estará obligada a suministrar la energía convenida en tiempo y forma, así como asegurar los medios de interconexión disponibles y la forma de transmisión.

Como un anexo al Acta Constitutiva de la sociedad, este contrato establece claramente las responsabilidades de cada municipio en la sociedad, así como los costos en los cuales cada uno de ellos incurrirá por su participación en el proyecto y ser beneficiarios de la energía eléctrica generada en el mismo.

---

<sup>27</sup> Información proporcionada por un funcionario de la Dirección de Electricidad y Energías Renovables de la Comisión Reguladora de Energía.

#### 6.1.4 La generación de electricidad, operación y mantenimiento del proyecto

En función del esquema financiero recomendado en el apartado anterior, la sociedad de autoabastecimiento incluirá a la empresa operadora del sistema de manejo de residuos, el relleno sanitario y generadora de la energía eléctrica, la cual podrá actuar como representante legal de la sociedad, pero que será responsable de las inversiones para instalación, operación y mantenimiento del proyecto.

Esta empresa, previamente designada por acuerdo de los cabildos de los municipios o a través de una licitación pública, será responsable de:

- Operación (en su caso) del sistema de manejo de residuos y captura de metano que servirá como combustible para la generación de electricidad (directamente o a través de una empresa concesionaria)
- Trámites de registro público de sociedades tanto federales como locales.
- Trámites ambientales y para aprovechamiento del recurso natural, tanto a nivel federal como estatal, incluyendo la Manifestación de Impacto Ambiental
- Inversiones para la instalación local, operación y mantenimiento del proyecto durante su vida útil.

El anexo del presente documento presenta una lista de trámites adicionales que deben ser considerados tanto para la constitución de la sociedad como para la operación del proyecto.

Es preciso resaltar que, debido a la capacidad total que se plantea para generación de electricidad en el proyecto (menor a 500 kW), no es necesario solicitar un permiso de generación de electricidad a la Comisión Reguladora de Energía, pero si la celebración de un contrato de interconexión (ver siguiente sección).

Asimismo y considerando que el planteamiento para la construcción del relleno sanitario también considera el sistema de manejo de los residuos urbanos (transporte, disposición, confinamiento) y el propio relleno sanitario regional

Por su parte, la asamblea de municipios tendrá las siguientes responsabilidades:

- Gestión y vinculación ante autoridades estatales y federales
- Difusión y promoción del proyecto
- Reporte, rendición de cuentas y seguimiento de los beneficios.

#### 6.1.5 Contrato de interconexión

Se plantea que el sistema de generación de electricidad que estará interconectado a la red de servicio público de energía eléctrica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), para lo cual será necesario tramitar y firmar un Contrato de Interconexión para Centrales de Generación de Energía Eléctrica con Energía Renovables o Cogeneración Eficiente a mediana

escala<sup>28</sup>. Este contrato tendrá el objeto de realizar y mantener, durante la vigencia del mismo, la interconexión entre CFE y el sistema de generación (nota al pie con los aspectos del contrato), así como establecer las condiciones generales para los actos jurídicos que celebre la sociedad de autoabastecimiento de los municipios participantes relacionados con la generación y, en su caso, con la transmisión a los diferentes puntos de carga.

La solicitud de este contrato de interconexión se presenta ante la Comisión Federal de Electricidad, quien junto con la Comisión Reguladora de Energía y con base en las especificaciones y reglas establecidas para este tipo de instrumentos (incluyendo los estudios de factibilidad)<sup>29</sup>, suscribe el contrato con la empresa que resulte el apoderado legal de la sociedad de autoabastecimiento<sup>30</sup>.

## 6.2 Matriz de riesgos y mitigantes

La siguiente matriz (tabla 8) muestra los posibles riesgos de problemas que pueden ocurrir en la vida del proyecto, cuales son las acciones que pudieran considerarse para mitigar el problema y finalmente quién debe absorber el costo o la pérdida generada por estas.

**Tabla 8. Matriz de riesgos y mitigantes**

| Riesgo   | Mitigante   |
|--|---|
| <b>Falta de cobertura y de calidad del servicio comprometido</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>El acuerdo que crea la sociedad de autoabastecimiento establece claramente las responsabilidades que en este caso tendrá la empresa encargada de instalar y operar la planta de generación de electricidad.</li> </ul>               |
| <b>Incremento de costos en construcción y operación</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Los costos incrementales estarán considerados bajo contrato entre los municipios y la empresa generadora, particularmente en el Acta Constitutiva de la sociedad de autoabastecimiento.</li> </ul>                                   |
| <b>Falta de aceptación por los operadores y/o usuarios</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Los ayuntamientos participantes, con la posible participación del gobierno del estado a través de la CEFAEN y la propia Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales federal, establecerán una campaña de difusión y</li> </ul> |

<sup>28</sup> CRE. *Contrato de Interconexión para Centrales de Generación de Energía Eléctrica con Energía Renovable o Cogeneración Eficiente*. Modelos de contratos y convenios para fuentes de energía renovable o cogeneración eficiente 2011 [consulta: 1 de agosto de 2011]; disponible en: <http://www.cre.gob.mx/articulo.aspx?id=184>.

<sup>29</sup> CFE, *Requisitos técnicos para la interconexión de fuentes distribuidas de generación en pequeña escala*. 2010, Comisión Reguladora de Energía: México, D.F.

<sup>30</sup> Esta información fue proporcionada como resultado de una conversación con un funcionario de la Dirección General de Electricidad y Energías Renovables de la Comisión Reguladora de Energía.

|  |   |
|--|---|
|  | sensibilización comunicando de los beneficios del proyecto a la población civil de los municipios y/o aquellos interesados localmente.  |
| <b>Situaciones inesperadas en la etapa de construcción e inicio</b>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estos elementos serán responsabilidad de la empresa desarrolladora que obtendrá el contrato para instalar y desarrollar el proyecto. Estos elementos quedarán establecidos claramente en el Acta constitutiva de la sociedad de autoabastecimiento.</li> </ul> |
| <b>Problemas legales asociados con la construcción, operación y/o mantenimiento del proyecto</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La entidad que fungirá como apoderado legal de la sociedad de autoabastecimiento actuará en nombre de la empresa generadora y los municipios en cualquier acto de este tipo.</li> </ul>  |

# ANEXOS

## **Anexo 1. Sistema de aprovechamiento de residuos sólidos (biogás) para generación eléctrica con interconexión a la red**

Se propone instalar un sistema de generación eléctrica que utilice biogás como combustible.

El sistema propuesto se compone de diferentes equipos e instalaciones, siendo los más importantes la de generación de biogás y el equipo de generación eléctrica.

- **Generación de biogás**

De acuerdo con los datos del estudio realizado para el relleno sanitario regional, la siguiente tabla muestra los elementos del sistema de recolección y recuperación del biogás.

| <b>Relleno Sanitario Regional en el Municipio de Chapantongo, Hidalgo.</b> |                              |                             |                             |                           |                  |  |  |                           |                 |               |
|--|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------|--|--|---------------------------|-----------------|---------------|
| <b>Año</b>   | <b>Índice de Disposición</b> | <b>Toneladas Acumuladas</b> | <b>Generación de Biogás</b> |                           |                  | <b>Eficiencia del sistema de recolección</b> | <b>Recuperación de Biogás del Sistema Existente/Planeado</b> |                           |                 | <b>MWh/yr</b> |
|  | <b>(Ton/año)</b>             | <b>(Ton)</b>                | <b>(m<sup>3</sup>/min)</b>  | <b>(m<sup>3</sup>/hr)</b> | <b>(G J/año)</b> | <b>(%)</b>                                   | <b>(m<sup>3</sup>/min)</b>                                   | <b>(m<sup>3</sup>/hr)</b> | <b>(G J/yr)</b> |               |
| 2012   | 7,797                        | 7,797                       | 0                           | 0                         | 0                | 85%  | 0  | 0                         | 0               | -             |
| 2013   | 8,435                        | 16,232                      | 0.2                         | 10                        | 1,605            | 85%  | 0.1  | 8                         | 1,260           | 350           |
| 2014   | 9,072                        | 25,305                      | 0.3                         | 20                        | 3,239            | 85%  | 0.3  | 17                        | 2,544           | 707           |
| 2015   | 9,507                        | 34,811                      | 0.5                         | 30                        | 4,903            | 85%  | 0.4  | 25                        | 3,860           | 1,072         |
| 2016   | 9,689                        | 44,500                      | 0.7                         | 40                        | 6,550            | 85%  | 0.6  | 34                        | 5,204           | 1,446         |
| 2017   | 9,838                        | 54,338                      | 0.8                         | 49                        | 8,132            | 85%  | 0.7  | 42                        | 6,539           | 1,816         |
| 2018   | 9,989                        | 64,327                      | 1                           | 58                        | 9,645            | 85%  | 0.8  | 50                        | 7,823           | 2,173         |
| 2019   | 10,141                       | 74,468                      | 1.1                         | 67                        | 11,094           | 85%  | 1  | 57                        | 9,051           | 2,514         |
| 2020   | 10,238                       | 84,706                      | 1.3                         | 76                        | 12,482           | 85%  | 1.1  | 64                        | 10,229          | 2,841         |
| 2021   | 10,251                       | 94,957                      | 1.4                         | 84                        | 13,804           | 85%  | 1.2  | 71                        | 11,359          | 3,155         |
| 2022   | 10,265                       | 105,222                     | 1.5                         | 91                        | 15,045           | 85%  | 1.3  | 77                        | 12,435          | 3,454         |
| 2023   | 10,278                       | 115,501                     | 1.6                         | 98                        | 16,210           | 85%  | 1.4  | 83                        | 13,446          | 3,735         |
| 2024   | 10,292                       | 125,792                     | 1.7                         | 105                       | 17,305           | 85%  | 1.5  | 89                        | 14,395          | 3,999         |
| 2025   | 0                            | 125,792                     | 1.9                         | 111                       | 18,334           | 85%  | 1.6  | 94                        | 15,287          | 4,246         |

Fuente: TAAF Consultoría Integral, S.C.

- **Generación de energía**

El sistema captará el biogás del relleno sanitario, el cual se conducirá por medio de tuberías hasta el área destinada a los generadores. Se plantea instalar 3 generadores en diferentes etapas del proyecto. Esta potencia se añadirá de acuerdo al biogás disponible, en función de la siguiente tabla:

|                    | <b>Potencia eléctrica (kW)</b> | <b>Año de puesta en marcha</b> |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>Generador 1</b> | 30                             | 2014                           |
| <b>Generador 2</b> | 40                             | 2017                           |
| <b>Generador 3</b> | 30                             | 2019                           |

La siguiente tabla muestra la generación eléctrica anual por cada uno de los generadores:

|                    | <b>Potencia el (kW)</b> | <b>Generación anual (kWh)</b> |
|--------------------|-------------------------|-------------------------------|
| <b>Generador 1</b> | 30                      | 205,510                       |
| <b>Generador 2</b> | 40                      | 274,013                       |
| <b>Generador 3</b> | 30                      | 205,510                       |

Para la tabla anterior se utiliza un factor de planta de 78.2%,

Fuente: Evaluación propia a partir del análisis del proyecto de aprovechamiento de biogás de Bioenergía de Nuevo León y SIMEPRODE.

- **Costo de la tecnología**

La inversión para cada uno de los equipos de generación se plantea en la siguiente tabla:

| <b>CONCEPTO</b> | <b>Costo</b> |
|-----------------|--------------|
| Generador 1     | \$ 988,154   |
| Generador 2     | \$ 1,317,538 |
| Generador 3     | \$ 988,154   |

**Fuente:** Secretaria de Energía, Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables, Costos de Capital para la Generación de Energía Eléctrica con Fuentes Renovables, Escenario de costo alto para el 2012

### **Operación y mantenimiento**

## Operación

Se requiere personal de tiempo completo que este verificando el correcto funcionamiento de los generadores y un ayudante que se encargue de tareas de limpieza. La siguiente tabla muestra un resumen de estos requerimientos:

| Costo de operación        |   | Sueldo mensual | Costo anual |
|---------------------------|---|----------------|-------------|
| Empleados tiempo completo | 3 | \$ 8,000       | \$ 288,000  |
| Empleados medio tiempo    | 1 | \$ 5,000       | \$ 60,000   |
| Costos de oficina         | 1 | \$ 10,000      | \$ 120,000  |

Fuente: Estimación propia con datos de Capstone Turbine Corporation

Se considera adicionalmente 30% de sobrecosto por la utilidad del productor.

## Mantenimiento

De acuerdo con la revisión de documentos técnicos elaborados para proyectos comparables en México, el costo típico de un sistema de este tipo es del 5% anual<sup>31</sup> del valor de la inversión inicial. En este sentido, para el caso de este proyecto se considera un costo de 50 mil pesos por generador.

## Porteo

El proyecto considera el uso de la infraestructura de la Comisión Federal de Electricidad a nivel de distribución, lo cual es sujeto de un cargo definido por las reglas de interconexión, el cual es de 0.03037 pesos por kWh transmitido a través de las líneas de distribución (en media tensión).<sup>32</sup> Por lo tanto, el costo anual de operación y mantenimiento (incluyendo porteo) es de 655 mil pesos.

---

<sup>31</sup> SAGARPA, *Aprovechamiento de biogás para la generación de energía eléctrica en el sector agropecuario*, 2007, FIRCO SAGARPA: México, D.F. p. 77.

<sup>32</sup> CRE, *Metodología para la determinación de los cargos correspondientes a los servicios de transmisión que preste el suministrador a los permisionarios con centrales de generación de electricidad con fuentes de energía renovable o cogeneración eficiente*. 2010, Diario Oficial de la Federación: México, D.F. p. 35.

## **Anexo 2. Lista de trámites necesarios para la instalación de una planta de autoabastecimiento de energía eléctrica**

A continuación se enumeran los trámites necesarios para la instalación de una planta de autoabastecimiento de energía eléctrica, los cuales corresponden a plantas que utilizan cualquier tipo de energía primaria (sea combustible o energía renovable).

### *Gestiones para establecer la sociedad de autoabastecimiento*

| <b>Trámite</b>  | <b>Instancia</b> |
|---|------------------|
| Expedición del acta constitutiva  | <b>Notario</b>   |
| Solicitud de inscripción en el Registro Nacional de Inversiones Extranjeras                               | <i>SE</i>        |
| Aviso del uso de los permisos para la constitución de sociedades  | <i>SRE</i>       |
| Solicitud de inscripción al Registro Federal de Contribuyentes  | <i>SAT</i>       |
| Permiso para la constitución de sociedades  | <i>SRE</i>       |
| Expedición de permisos de exportación   | <i>SE</i>        |
| Registro de la compañía para el Impuesto Sobre Nómina (ISN)   | <i>SHCP</i>      |
| Registro al Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)                            | <i>INEGI</i>     |
| Inscripción al Sistema de Información Empresarial (SIEM)  |                  |
| Inscripción al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)  |                  |
| Inscripción de la escritura constitutiva en el Registro Público de la Propiedad y del Comercio del Estado |                  |

*Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de CONAE<sup>33</sup>.*

### *Gestiones para generar electricidad*

*Las gestiones para generar electricidad son las que se llevan a cabo para poder instalar y operar la planta eléctrica e involucra trámites ante la CFE y la CRE.*

| <b>Trámite</b>                           | <b>Instancia</b> |
|--|------------------|
| Estudio de factibilidad de interconexión | <i>CFE</i>       |
| Estudio de porteo                        | <i>CFE</i>       |

*Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de [22]; cfr. Índice de Referencias.*

### *Gestiones para obtener el servicio de respaldo*

*El servicio de respaldo es el que provee la empresa eléctrica cuando no funciona la planta de autoabastecimiento. Estas gestiones incluyen dos convenios y dos contratos con la CFE.*

| <b>Trámite</b>                                    | <b>Instancia</b> |
|---|------------------|
| Contrato de interconexión                         | <i>CFE</i>       |
| Convenio de compra-venta de excedentes de energía |                  |

<sup>33</sup> CONAE. *Guía de gestiones para implementar en México plantas de generación eléctrica que utilicen energías renovables*. 2006 [consulta: 3 de septiembre de 2009]; Disponible en:

<http://www.scribd.com/doc/17819732/Guia-de-Gestiones-para-Proyectos-con-Ener-Renov>

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Convenio de transmisión |  |
| Contrato de respaldo    |  |

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de CONAE.

### *Gestiones ambientales y para aprovechamiento del recurso natural*

A su vez, los proyectos deben tener autorizaciones de la SEMARNAT con relación al impacto ambiental, el uso de terrenos forestales y el aprovechamiento de vida silvestre. Para plantas que requieren agua, es necesario llevar a cabo gestiones ante la Comisión Nacional del Agua (CNA).

| Trámite  | Instancia |
|--|-----------|
| Recepción, evaluación y resolución de la manifestación de impacto ambiental, en su modalidad particular. | SEMARNAT  |
| Recepción, evaluación y resolución de la manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional.   |           |
| Informe preventivo.  |           |
| Autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales.   |           |
| Informe de aprovechamiento de vida silvestre.  |           |

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de CONAE.

### *Gestiones para la instalación local*

Finalmente, los proyectos deben tener autorizaciones locales con relación a un variado conjunto de actividades, pero en particular al proceso de la construcción.

| Trámite  | Instancia    |
|--|--------------|
| Licencia de funcionamiento.  | Ayuntamiento |
| Licencia de uso de suelo.  |              |
| Factibilidad del servicio de agua potable, alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales. |              |
| Factibilidad del servicio de energía eléctrica.  |              |
| Visto bueno de la Unidad de Protección Civil.  |              |
| Factibilidad de giro.  |              |
| Licencia de construcción.  |              |
| Registro público de la propiedad y del comercio.   |              |
| Manifestación de terminación de obra.  |              |
| Autorización de ocupación.   |              |

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de CONAE.

### **Anexo 3. Entrevistas y reuniones de trabajo realizadas con autoridades locales**

NOTA INFORMATIVA

LIC. SERGIO SEGURA

FERNANDO SANCHEZ MONTER

INTERLOCUTOR EN EL ESTADO DE HIDALGO: COMISIÓN ESTATAL DE FOMENTO DE AHORRO DE ENERGÍA (CEFAEN). ING. CASILDO DELGADO CONTRERAS Y LCI. FRANCISCO CALLEJAS.

RESULTADOS:

1.- Municipio de Chapantongo: Relleno sanitario regional y aprovechamiento de biogás para la generación de electricidad (4 municipios)

Representantes:

- C. Ricardo Juan Benítez Martínez, Presidente Municipal.
- Ing. Amador Falcón Sandoval, Director de Obras Públicas.
- C. Jacobo Carmelo Pérez Galván, Tesorero Municipal
- C. Demetrio Benítez García, Reglamentos y Espectáculos
- T.S.U. Arely Espinoza Santiago, Dirección de la Unidad Mpal. De Gestión Ambiental

Comentarios:

El Presidente municipal manifestó su aprobación al proceso del Plan de Negocio, autorizando que se proporcionara la información que contienen dos carpetas que presentó, una sobre el estudio técnico del relleno sanitario y la segunda con el estudio de impacto ambiental correspondiente, los cuales se entregarán a más tardar el 8 de julio de manera electrónica a la CEFAEN, para que a su vez lo haga llegar a los consultores.

El proyecto de construcción del relleno sanitario ya está aprobado y se cuenta con un monto de 8 millones de pesos para el mismo, el cual estará ubicado en Chapantongo y que servirá para la disposición de basura de cuatro municipios de la zona (Chapantongo, Alfajayucan, Nopala y Tepetitlán).

El plan de negocios que se propone es para una segunda etapa del relleno donde se aproveche el biogás para generar energía eléctrica bajo el esquema de autoabastecimiento.

El compromiso de los interesados para entregar esta información es el 8 de julio de 2011 en las oficinas de la CEFAEN.