

Biogás de rellenos sanitarios para producción de electricidad

José L. Arvizu F. y Jorge M. Huacuz V.

Introducción

Existen muchas maneras de eliminar los residuos sólidos municipales, pero sólo unas pocas ayudan a tratarlos y disponerlos adecuadamente. Algunas de las formas para evitar los problemas que ocasiona la basura son: no produciéndola, reciclándola en un 100% ó creando un mercado ficticio donde su valor sea igual o mayor al del producto que le dio origen; en cualquier caso, estas alternativas no son del todo prácticas. La basura también se puede incinerar, segregar, reciclar parcialmente o disponer en rellenos sanitarios. De cualquier manera, la basura siempre ha existido y seguramente seguirá existiendo.

En el IIE las actividades en torno a la generación de electricidad con biogás de rellenos sanitarios iniciaron en 1991.

Los rellenos sanitarios son en la actualidad la forma más utilizada para disponer la basura en nuestro país. Cuando esto no se hace, la basura termina tirada en las calles, los bosques, o a la orilla de las carreteras, con los consecuentes impactos ambientales. Actualmente existen millones de toneladas de basura confinadas bajo el subsuelo nacional que, en menor o mayor grado, están emitiendo gases a la atmósfera y líquidos al subsuelo, y en algunos casos representan un riesgo potencial de incendio o explosión.

La posibilidad técnica de convertir estos gases (conocidos genéricamente como biogás) en electricidad está plenamente probada; la tecnología para ello existe comercialmente, pero la práctica de aplicarla en un determinado entorno socio-político-económico, no está difundida en nuestro país. Existen muchas razones para ello, que se describirán a lo largo de este trabajo.

¿Basura o energía?

La producción diaria nacional de basura en el año 2000 se estimó en 84,200 toneladas, de las cuales, sólo el 53% (44,600 toneladas) se depositaron en 51 rellenos sanitarios ubicados en ciudades medias, zonas metropolitanas y muy poco en localidades pequeñas. Esto representa un confinamiento anual en rellenos sanitarios de 16'279,000 toneladas.

Con el biogás que ya produce la basura confinada en los últimos cinco años, sería posible soportar una capacidad de generación eléctrica cercana a los 80 MW, e incorporar 16 MW adicionales con la nueva basura que, año con año, se estará acumulando en los rellenos existentes. De esta forma, a lo largo de diez años la capacidad total de generación eléctrica podría ascender a 240 MW.

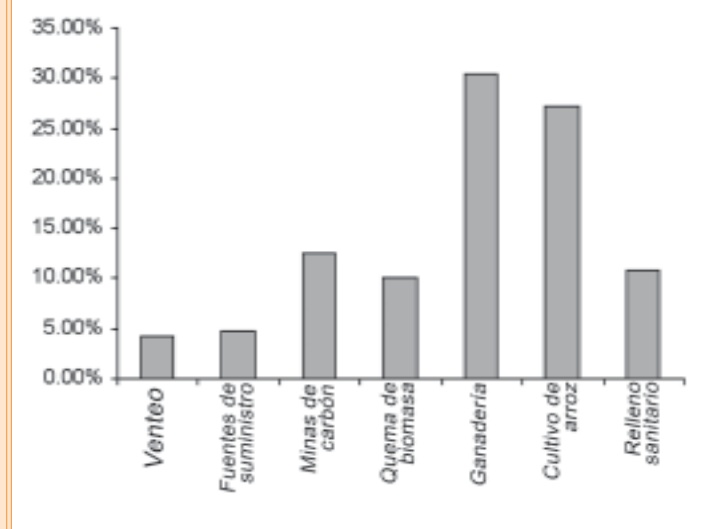
En el caso de que toda la basura actualmente producida fuera confinada en rellenos sanitarios, la capacidad de generación eléctrica por medio del biogás resultante podría llegar a los 400 MW para todo el país. Conforme la población y la economía del país vayan creciendo, esta capacidad podrá también ir en aumento. Lamentablemente, excepto por un proyecto reciente de 8 MW en la ciudad de Monterrey, el biogás producido en el país no se aprovecha, por lo que más de 40 millones de toneladas equivalentes de CO₂ terminan incorporándose anualmente a la atmósfera con las implicaciones ambientales que conllevan: el metano tiene un impacto equivalente a 21 veces el efecto invernadero producido por el bióxido de carbono.

La dimensión ambiental

El metano es uno de los constituyentes principales al inventario mundial de gases con efecto invernadero (GEI) a los cuales se atribuye en gran medida el cambio de clima observado en nuestro planeta. En México, la aportación de este gas al inventario nacional de emisiones es la segunda en importancia con un 23%; detrás del bióxido de carbono que proviene, principalmente, de la quema de combustibles fósiles y que contribuye con el 75%. Las principales fuentes de metano a nivel mundial son: la ganadería, el cultivo del arroz, las minas de carbón, los rellenos sanita-

rios, la quema de biomasa, las fuentes de suministro de combustibles fósiles y el venteo en las plantas procesadoras de hidrocarburos. Su distribución global en 1994 se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Emisiones mundiales de metano por fuente en 1994 (Marlan et.al, CDIAC, 2003).



Para dar seguimiento a los acuerdos derivados del Protocolo de Kyoto, las naciones comprometidas a reducir sus emisiones de GEI establecieron el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y han creado instrumentos como el Mercado de Bonos de Carbono. Los proyectos de captura de metano y su conversión a electricidad, son idóneos para tales mecanismos. Las emisiones actuales en México pueden ser negociadas con un valor que en el mercado internacional supera los cincuenta millones de dólares anuales, con lo que podría financiarse la capacidad de generación correspondiente. Sin embargo, para que esto sea posible deben establecerse las reglas que den seguridad a las inversiones. De igual modo, se debe validar la información que sustenta las cifras anteriores y establecer los programas correspondientes para la ejecución de los proyectos.

El proceso de generación

El metano representa un poco más del 50% de los gases que constituyen el biogás, lo que hace a éste un combustible con buenas características para ser usado en turbinas o máquinas de combustión interna que accionen generadores eléctricos.

El proceso de generación comienza con la extracción del biogás a través de pozos verticales perforados en toda la profundidad del relleno sani-

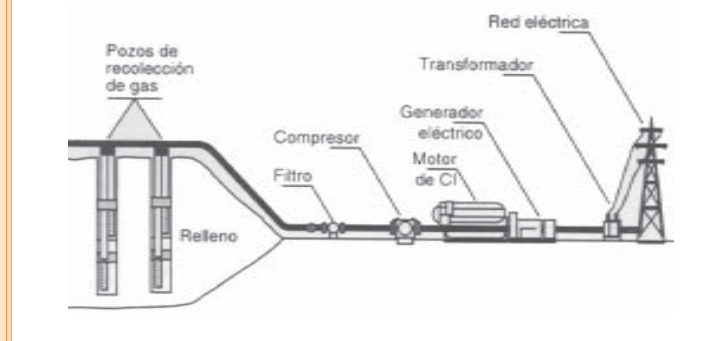
tario. Mediante una red superficial de tuberías, el biogás es conducido hasta una estación en donde se le quita la humedad y otras sustancias indeseables, a fin de tener una combustión limpia y eficiente. Este proceso se muestra esquemáticamente en la Figura 2.

La economía de generación con el biogás de rellenos sanitarios depende fuertemente de las inversiones que para ello deban hacerse. Si el relleno ya existe, las inversiones consideran la perforación de los pozos de extracción, la construcción de la red de recolección, de la planta de tratamiento del gas y del bloque de potencia. En tales casos, los costos de generación se estiman entre tres y seis centavos de dólar por kWh. Si el relleno no existe, la economía del proyecto debe analizarse tanto desde el punto de vista eléctrico como desde el punto de vista ambiental.

Marco normativo

La Ley de Protección al Medio Ambiente y la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica constituyen el marco legal actual para este tipo de proyectos, pues establecen la obligatoriedad de presentar un estudio de impacto ambiental y definen los esquemas

Figura 2. Esquema de generación de electricidad en un relleno sanitario



de negocio bajo los cuales es posible realizar estos proyectos, respectivamente. Existe ya una norma y un proyecto de norma en materia de construcción y ubicación de rellenos sanitarios, pero ninguna establece la obligación de evitar las emisiones a la atmósfera.

De acuerdo con este marco normativo, los gobiernos municipales son la autoridad responsable de la gestión de la basura. Pero esta autoridad, por lo general, se encuentra lejos del negocio eléctrico y enfrenta un conjunto de problemas muy distintos. Sin embargo, la autogeneración eléctrica municipal se presenta como una alternativa interesante para que los municipios resuelvan varios de estos problemas con un solo movimiento.

Biogás y electricidad en el IIE

En el IIE las actividades en torno a la generación de electricidad con biogás de rellenos sanitarios iniciaron en 1991, con un proyecto para evaluar la factibilidad técnico-económica de generación con el biogás producido en los rellenos sanitarios del Distrito Federal (ver Figura 3). En ese año existían en el D.F. seis sitios clausurados y tres en operación. Como parte del proyecto, se instaló una planta piloto de 20 kW de capacidad de generación eléctrica, en colaboración con Comisión Federal de Electricidad, Compañía de Luz y Fuerza del Centro y el Departamento del Distrito Federal. Paralelamente, se desarrollaron metodologías de laboratorio para la evaluación metanogénica de la basura, modelos matemáticos para predecir la producción de gas y energía de acuerdo con las características de los sitios, y técnicas para adaptar motores diesel para operar con

Figura 3. Planta piloto en Santa Cruz Meyehualco, D.F., 1991.



biogás. En cinco de los sitios estudiados se identificó un potencial de 26 MW, con costos de generación entre 2 y 3 centavos de dólar por kWh.

En 1995, se hicieron los estudios para estimar el potencial energético del relleno sanitario de Prados de la Montaña, ubicado en Santa Fe en el Distrito Federal; y posteriormente, se hizo lo mismo con el del relleno sanitario de Chiltepeque, en Puebla.

A partir del año 2000 se inició una acción concertada con la Secretaría de Energía (Sener) para impulsar el desarrollo de esta tecnología y difundir su aplicación en todo el país, al tiempo que se identifican las barreras que típicamente impiden este desarrollo y se proponen estrategias para removerlas. La información recabada indica que en general podría tratarse de plantas de generación relativamente pequeñas (de 20 MW o menos cada una), muy adecuadas para el autoabastecimiento eléctrico municipal o la pequeña generación.

El plan piloto IIE-Sener

Las acciones concertadas con la Sener persiguen los siguientes objetivos:

- Promover la instalación y operación de una planta demostrativa con capacidad para generar al menos 1 MW de electricidad con el biogás de un relleno sanitario municipal.
- Identificar las barreras que han impedido el uso de esta tecnología en nuestro país y proponer acciones para removerlas.
- Difundir los resultados del proyecto, a fin de que la experiencia pueda multiplicarse.

Para alcanzar estos objetivos, primero se realizó un estudio que identificara aquellos municipios con potencial para la ejecución del proyecto. Entre los criterios utilizados con este propósito se incluyó el número de habitantes, la cantidad de basura producida, los esquemas existentes para el manejo de la basura, las dimensiones y la edad de los rellenos, y las características constructivas del relleno. Se encuestaron 17 municipios con ciudades de tamaño medio (población cercana a un millón de habitantes), de los cuales cinco fueron seleccionados para la siguiente etapa: Aguascalientes, Acapulco, Puebla, Tlalnepantla y Zapopan.

Paralelamente, se estudiaron los esquemas prácticos para que los municipios y los inversionistas pudieran formar una sociedad de autoabaste-



cimiento de acuerdo al marco legal vigente. Para ello, se contactaron inversionistas y empresarios interesados en formar dicha sociedad. Además, se efectuaron los estudios de prefactibilidad para cada uno de los cinco casos y se encontraron buenos márgenes de rentabilidad. Sin embargo, hasta el momento en que se escribía este artículo, ninguno de los proyectos se había materializado.

Lecciones aprendidas

El ejercicio arrojó importantes lecciones. Solamente en el caso de Aguascalientes fue posible efectuar las pruebas de extracción de gas, necesarias para validar los estudios de prefactibilidad; en el resto de los casos la falta de financiamiento impidió esta actividad. En algunos casos, esta limitación se conjugó con la resistencia de las empresas concesionarias de los rellenos a modificar su esquema de concesión para permitir la generación de electricidad; en otros, el cambio de autoridades municipales fue motivo para que el proyecto se detuviera.

El ejercicio también identificó las principales barreras que han impedido la aplicación de esta tecnología en nuestro país, las cuales se resumen de la siguiente manera:

- Limitados tiempos políticos y de gestión de los gobiernos municipales.
- Falta de leyes de protección al medio ambiente en materia de emisiones de rellenos sanitarios.
- Desconocimiento de las oportunidades y beneficios de la generación eléctrica con el biogás de los rellenos sanitarios.
- Poca claridad en los esquemas de asociación entre los municipios y los inversionistas privados para formar sociedades de autogeneración, y falta de incentivos para propiciar su asociación.
- Poco financiamiento para efectuar los estudios de preinversión.
- Información limitada sobre la cantidad y características de los rellenos sanitarios y sitios de disposición final en nuestro país.
- Resistencia de empresas concesionarias que operan los rellenos sanitarios.
- Complicada tramitología para formalización de los proyectos.
- Incertidumbre de los inversionistas para recuperar su capital.
- Falta de un programa oficial que facilite la implantación de los proyectos.

Difusión

Para difundir los resultados del proyecto se realizó el Primer Coloquio Internacional sobre la conversión a electricidad del gas producido en los rellenos sanitarios en México. Éste se efectuó en octubre del año 2002, en Aguascalientes, en colaboración con las autoridades del H. Ayuntamiento de esa ciudad, con el apoyo de la Secretaría de Energía y de las autoridades del IIE.

Al coloquio asistieron más de 150 delegados, procedentes de Estados Unidos, Canadá, España, Reino Unido y Colombia; funcionarios de municipios de gran parte del país; así como de organismos nacionales e internacionales, como la Sener, Banobras, la Comisión Reguladora de Energía, la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol), el Gobierno del Distrito Federal, el Banco Mundial, las agencias norteamericanas para la Protección Ambiental y

para el Desarrollo Internacional. También asistieron representantes de la Embajada de Canadá en México y de empresas del ramo, como Grupo Guascor de España, Organics y Envirogas del Reino Unido, Conestooga y Americompass de Canadá, Ingeniería y Desarrollo Sustentable S.A. de C.V., el Sistema Metropolitano de Procesamiento de Desechos Sólidos de Monterrey, y Bioeléctrica de Monterrey, empresa constituida para realizar el primer proyecto en México de generación con biogás de un relleno sanitario, el cual se describirá más adelante.

Entre las conclusiones más importantes de este evento destacan las siguientes:

- El uso energético de los residuos sólidos municipales puede ayudar a mitigar problemas ambientales, contribuye al suministro eléctrico, y abre nuevas oportunidades de participación del sector privado en la generación de electricidad.
- Este nicho presenta a su vez barreras de orden institucional, político y económico que deben ser removidas para facilitar el desarrollo de los proyectos.
- Durante los últimos diez años en México se ha intentado, con poco éxito, desarrollar proyectos de generación con residuos sólidos municipales, debido a las distintas barreras existentes.
- La remoción de barreras requiere de estrategias y esquemas innovadores, como lo muestran proyectos actualmente en desarrollo que se perfilan como los primeros ejemplos de éxito.

Las perspectivas para el despliegue de la tecnología en mag-



Existe ya una norma y un proyecto de norma en materia de construcción y ubicación de rellenos sanitarios, pero ninguna establece la obligación de evitar las emisiones a la atmósfera.

nitud nacional se complican por los siguientes factores:

- La poca información sobre las características de los rellenos existentes.
- La falta de valorización de los rellenos como fuente de energía.
- La carencia de un esquema de incentivos que aliente nuevos proyectos.
- Un marco programático apropiado que promueva y facilite su desarrollo.
- Marcos, legislativo y regulatorio, adecuados a las características de este recurso.

Por otro lado, hay factores que alientan el desarrollo de este tipo de proyectos; por ejemplo, la existencia de instituciones públicas y privadas comprometidas con la implantación de la tecnología. Además del interés manifiesto de autoridades municipales por resolver, mediante la autogeneración eléctrica, la problemática dual representada por los residuos sólidos urbanos y los cargos por electricidad para servicios públicos.

El proyecto Monterrey

Nació como un proyecto demostrativo promovido por la Sedesol para la captura y destrucción de las emisiones de metano del relleno sanitario de Salinas Victoria, Nuevo León, donde se deposita la basura de los municipios conurbados con la ciudad de

Monterrey. Es el primer proyecto de generación de electricidad con biogás de un relleno sanitario en México y Latinoamérica, tiene una capacidad nominal de ocho MW y fue inaugurado el 22 de septiembre de 2003.

El proyecto se hizo acreedor a un financiamiento de cinco millones de dólares por parte del fondo mundial para el medio ambiente (GEF, por sus siglas en Inglés) gestionado a través del Banco Mundial. El objetivo de esta subvención es cubrir los costos incrementales que representa la introducción de una nueva tecnología y ayudar a remover algunas de las barreras mencionadas anteriormente.

Se trata de un proyecto de autoabastecimiento eléctrico, donde el organismo operador del relleno sanitario (SIMEPRODE) y la empresa Bioeléctrica de Monterrey (conformada por un consorcio mexicano-inglés-costarricense) constituyen la sociedad de autogeneración junto con las empresas consumidoras de la energía, entre ellas la empresa de agua y drenaje de la ciudad de Monterrey.

Este proyecto es un buen ejemplo de lo que puede lograrse en el país; y se espera que sea un escaparate de los beneficios energéticos, ecológicos, económicos y sociales de la tecnología (Segovia, 2002).

Comentarios finales

Las experiencias en la generación eléctrica con biogás de rellenos sanitarios en México son apenas incipientes; pero los resultados, alentadores. Es poco probable que las condiciones financieras favorables del primer proyecto se repitan en proyectos subsecuentes. Pero es de esperarse que otras barreras, tales como la falta de información sobre la viabilidad técnica del proceso y sus características operativas, sean removidas con la primera experiencia descrita en la sección anterior.

Sin embargo, aún queda mucho por hacer: la Gerencia de Energías No Convencionales del IIE ha sido un elemento catalizador de los esfuerzos de muchos actores, incluyendo instituciones públicas y privadas, organismos nacionales e internacionales y empresas e inversionistas del sector privado; pues logró incorporar la tecnología a la cartera de oferta energética de este país. Se espera que esta labor continúe.

Por lo pronto, ya se organiza el Segundo Coloquio para el aprovechamiento de la basura como fuente de energía en México, que abarcará otros procesos distintos del uso de biogás. La oportunidad es propicia para atraer capitales frescos al sector eléctrico, desarrollar nuevas formas del negocio eléctrico, fomentar la creación de nuevas empresas y mitigar uno de los problemas ambientales más serios que ensucian el rostro del país: la basura.

Bibliografía

Arvizu Fernández, José Luis. "Energía a partir de la basura" en: *Boletín IIE*, Vol. 21, Núm. 6, 1997, p. 273-280.

Arvizu Fernández, José Luis. *Los Principales Países Emisores, Emisiones Históricas*, libro sobre cambio climático, por publicar.

Arvizu Fernández, José Luis; Romero T., Hipólito y Jorge M. Huacuz V. *Evaluación Energética del Relleno Sanitario de Metepec, México*, reporte IIE/01/14/12447/I006/F/DC, julio 2003.

Semamat/INE. "Segundo Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero 1994-1998", Tercera Comunicación, México, octubre 2000.

Huacuz Villamar, Jorge M. "Comentarios y conclusiones del Primer Coloquio



Internacional sobre la conversión a electricidad del gas producido en los rellenos sanitarios en México", ITESM, Aguascalientes, octubre 2002.

Segovia García, Carlos G. "Proyecto GEF-Banco Mundial en Monterrey" en: Memorias Primer Coloquio Internacional sobre la conversión a electricidad del gas producido en rellenos sanitarios en México, ITESM, Aguascalientes, octubre 2002.

Jorge M. Huacuz Villamar

Ver currículum en la pág. 117.

José Luis Arvizu Fernández

Ingeniero químico por la Universidad Nacional Autónoma de México (1979). Desde 1983 colabora con el IIE donde se ha desempeñado como investigador y jefe de proyecto en los desarrollos de su especialidad: Biogás, biomasa y bioenergía.

Ha participado en conferencias en diversos congresos nacionales y extranjeros; es autor de múltiples artículos y dirigió varias tesis de licenciatura. Fue Investigador Nacional por Sistema Nacional de Investigadores en el periodo de 1992 a 1995.

jlavizu@iie.org.mx

