

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LOS RELLENOS SANITARIOS

José Luis Arvizu Fernández, Jorge M. Huacuz Villamar
Instituto de Investigaciones Eléctricas
Av. Reforma No 113, Col Palmira
62490 Cuernavaca, Morelos.
www.ije.org.mx

Jaime Luis Saldaña Méndez
Sistemas de Energía Internacional S.A. de C.V.
Av. E No 101 Parque Industrial Almacentro
66600 Apodaca Nuevo León
www.seisa.com.mx

Resumen

En este artículo se reseñan los esfuerzos realizados en México por el IIE para el aprovechamiento energético del biogás producido en los rellenos sanitarios y sitios de disposición final de residuos sólidos municipales. Se resalta la importancia de factores que intervienen en el desarrollo de estos proyectos, tales como disponibilidad y potencial del recurso, implicaciones ambientales, y el marco institucional y legal vigente en la materia. Se hace referencia al desarrollo de esta tecnología en México y a la ausencia de planes y programas nacionales para incentivar el uso de la tecnología.. Se apunta la necesidad de poner en vigor leyes y normas que prohíban y sancionen las emisiones al medio ambiente provenientes de los rellenos sanitarios, como medio coercitivo para estimular el aprovechamiento del biogás para generación eléctrica. Se discuten otros factores críticos para el desarrollo de estos proyectos, tales como el financiamiento y el marco regulatorio e institucional vigente. Se describe la primera Central de Biogás en Nuestro país construida en Monterrey Nuevo León por la empresa Bionergía de Nuevo León que tiene una capacidad de 7.4 MW.

Abstract

In this article are presented the efforts made in Mexico by the Electrical Research Institute for the power generation projects with biogas produced in the sanitary landfills, and sites of final disposition of municipal solid waste. It is emphasized the importance of factors that

take part in the development of these projects, such as availability and potential use of the resource, environmental implications, and the institutional and legal frame in the matter. It makes reference to the development of this technology in Mexico and to the absence of plans and programs to stimulate the use of the technology. It remarks the necessity to put into effect laws and norms that prohibit and sanction the landfill emissions to the atmosphere, like obligation to stimulate the advantage of biogas for electrical generation. Other critical factors for the development of these projects are discussed, such as the financing and the regulatory and institutional frame. Is presented and described the first Power Station of Biogas in our country, constructed in Monterrey Nuevo León by the company Bionergía de Nuevo León it has a capacity of 7,4 MW.

Palabras Clave: Biogás, Rellenos, Bonos de Carbono, Central, Bioenergía.

Introducción

Existen muchas maneras de eliminar los residuos sólidos municipales, pero sólo unas pocas ayudan a tratarlos y disponerlos adecuadamente. Algunas formas de evitar los problemas que ocasiona la basura son no produciéndola, reciclándola en un 100%, o 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.

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 irán describiendo a lo largo de este trabajo.

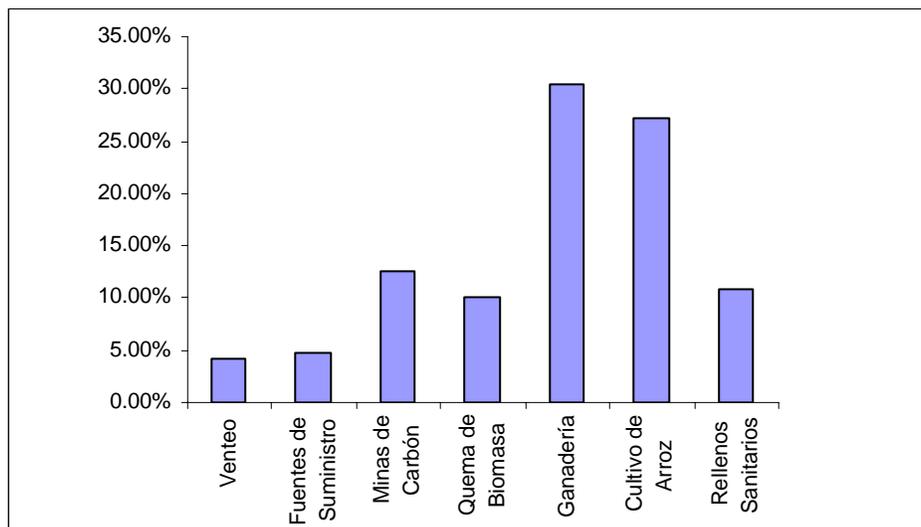
¿Basura o Energía?

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 depositan en 51 rellenos sanitarios ubicados en ciudades medias y 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 ideal de que toda la basura que actualmente se produce fuera confinada en rellenos sanitarios, la capacidad de generación eléctrica por medio del biogás resultante en todo el país podría llegar a los 400 MW. 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, considerando que 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 proveniente principalmente de la quema de combustibles fósiles, el cual 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 sanitarios, 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 siguiente.



Emisiones Mundiales de Metano por Fuente (1994). (*Marlan et.al, CDIAC 2003*)

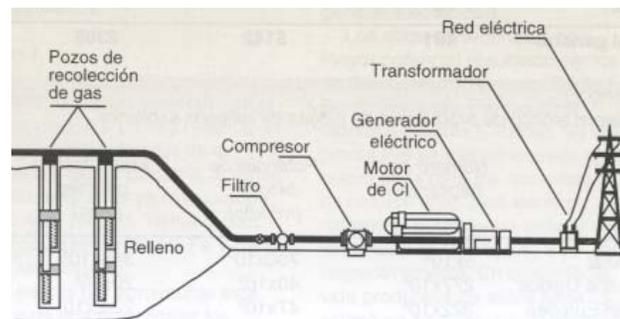
En seguimiento a los acuerdos derivados del Protocolo de Kyoto, las naciones comprometidas a reducir sus emisiones de GEI establecieron el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y han creado instrumentos como el Mercado de Bonos de Carbono. A través de ellos, las naciones industrializadas buscan desarrollar proyectos en países terceros, donde se eviten emisiones en favor de ellas, previendo así no comprometer su propio desarrollo futuro. 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 puede ser superior a 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. Así mismo 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 comienza con la extracción del biogás a través de pozos verticales perforados con tal fin en toda la profundidad del relleno sanitario. Mediante una red superficial de tuberías, el biogás es conducido hasta una estación en donde se le quita la humedad y otras substancias indeseables, a fin de tener una combustión limpia y eficiente. Este proceso se muestra esquemáticamente en la siguiente figura.

Esquema de Generación de Electricidad en un Relleno Sanitario



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 contemplan 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 3 y 6 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, estableciendo la obligatoriedad de presentar un estudio de impacto ambiental, y definiendo los esquemas 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 de ellas 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 que serán discutidos más adelante. 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

Las actividades en torno a la generación de electricidad con biogás de rellenos sanitarios en el IIE, 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 (DF). En ese año existían en el DF seis sitios clausurados y tres en operación. Como parte del proyecto se instaló una planta piloto de 20 kW de capacidad de generación eléctrica, que a la vez sirvió para demostrar el concepto, en colaboración con Comisión Federal de Electricidad, Compañía de Luz y Fuerza, 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 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.



Planta Piloto en Santa Cruz Meyehualco DF (1991)

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 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, identificando a la vez las barreras que típicamente impiden este desarrollo y proponiendo 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), y muy adecuadas para el autoabastecimiento eléctrico municipal o la pequeña generación.

El Plan Piloto IIE-SENER

Las acciones concertadas con 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 para identificar 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 autoabastecimiento de acuerdo al marco legal vigente. Para ello, se contactaron inversionistas y empresarios interesados en formar dicha sociedad. Se efectuaron además los estudios de prefactibilidad para cada uno de los cinco casos, habiéndose encontrado buenos márgenes de rentabilidad. Sin embargo, hasta el momento en que se escribía este artículo, ninguno de los proyectos había materializado.

Lecciones Aprendidas

Aun así, 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 permitió identificar 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 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*”. Este evento fue realizado en octubre del año 2002 en la Ciudad de Aguascalientes, en colaboración con las autoridades del H. Ayuntamiento de esa ciudad, y con el apoyo de la Secretaría de Energía y de las autoridades del IIE. Al evento asistieron más de 150 delegados, procedentes de Estados Unidos, Canadá, España, el Reino Unido y Colombia; funcionarios de municipios de gran parte del país, así como de organismos nacionales e internacionales, como la Secretaría de Energía, 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, la Agencia para la Protección Ambiental (EPA) y la Agencia para el Desarrollo Internacional (USAID), ambas de los Estados Unidos. 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 SA de CV., 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 describe más adelante.

El IIE organizó en coordinación con el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Monterrey, las empresas Sistemas de Energía Internacional,

Bioeléctrica de Monterrey, el Fondo para la Infraestructura de BANOBRAS, la Secretaría de Energía, la Secretaría de Desarrollo Social, el Sistema Metropolitano de Procesamiento de Residuos Sólidos, el Banco Mundial, la empresa Ecosecurity, y la Embajada Británica, el Segundo Coloquio Internacional “*Energía de los Residuos Sólidos*” los días 16, 17 y 18 de febrero del año en curso en el ITESM Campus Monterrey.

Los objetivos fundamentales de este segundo coloquio, fueron: dar a conocer las experiencias de la primera planta de generación eléctrica construida en Salinas Victoria Nuevo León; explorar y presentar otras tecnologías de conversión de los residuos sólidos municipales a energía; y continuar con la ponderación de las barreras afines para el desarrollo de estos proyectos en nuestro país.

Las perspectivas para el despliegue de la tecnología a nivel nacional se ven complicadas 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 adecuado a las características de este recurso.

Por otro lado, existen 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, y el 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

La Central Eléctrica de Biogás de Bioenergía de Nuevo León representa la primera experiencia a nivel nacional, sobre el aprovechamiento del biogás emitido por la basura dispuesta en rellenos sanitarios, para la generación de energía eléctrica. Uno de los objetivos específicos de este proyecto es la de demostrar esta tecnología, y reproducir el proyecto en otras ciudades de México y Latinoamérica.

La Planta está ubicada en el km 10.5 de la carretera a Colombia en el municipio de Salinas Victoria, N.L., dentro de los terrenos del relleno sanitario de SIMEPRODESO. Esta planta fue diseñada con tecnología de punta en forma modular para facilitar su instalación, operación, mantenimiento y flexibilidad para futuros incrementos de capacidad.

La planta comprende dos sistemas principales, el primero es una red de captación de biogás sobre un área clausurada de 44 ha en la que se depositaron residuos sólidos municipales no peligrosos de 1991 a 1999, y que se ha estimado proveerá de biogás para operar la planta al menos 20 años. Este sistema consta de: 160 Pozos, 15.8 km de tubería de polietileno de media densidad de 63 mm y 315 mm de diámetro, 3 bombas de extracción con capacidad de 3,000 m³/h cada una, filtros y tanques separadores de condensados y sistema de control de flujos, y 2 quemadores de excedentes de biogás de 1,250 m³/h. El segundo sistema corresponde a la central de producción de energía eléctrica compuesta por 7 motogeneradores de 1.06 MW cada uno y 7 transformadores de 1,250 kVA.

Entre los beneficios ambientales derivados del proyecto de Salinas Victoria se puede citar la contribución a la disminución del calentamiento global de nuestro planeta por evitar la emisión de 68 m³/min de biogás, que equivalen a dejar de consumir el equivalente a 1 millón de toneladas métricas de carbón, o a retirar 90,000 automóviles de circulación, aunado a que se refuerza una correcta disposición de la basura, evitando riesgos de migración del biogás, incendios, explosiones y malos olores.

Los beneficios energéticos radican en la generación de 52 millones de kWh anuales de energía eléctrica que equivalen a la requerida por 15,000 casas de interés social, y que es capaz de abastecer al 80% del alumbrado público de Monterrey beneficiando a una población de 50,000 mil familias promedio. Que contribuye a un uso racional de los

hidrocarburos, soportan voltaje en alimentadores de distribución, difieren inversiones de CFE en redes de media tensión, representan ingresos adicionales para la CFE en tarifas de respaldo, porteo y servicios conexos, y los municipios obtienen una mejor tarifa de alumbrado público.

Comentarios Finales

Los continuos esfuerzos iniciados en 1991 por el IIE para la difusión y aplicación de la tecnología, y la visión empresarial en Monterrey de SEISA y SIMEPRODESO, apoyados e impulsados por el Banco Mundial, BANOBRAS y SEDESOL, así como la participación de empresas extranjeras de inversión y tecnología como CLP Envirogas y Grupo SARET, han dado por resultado que la tecnología de aprovechamiento del biogás generado en los rellenos sanitarios para la generación de electricidad, sea conocido en el ámbito nacional como una realidad, que trae beneficios ambientales, energéticos y económicos a partir de la basura.

La primera Central Eléctrica de Biogás ha surgido en Salinas Victoria sin existir planes y programas nacionales en la materia, por lo que su realización ha requerido de la remoción de barreras de diferente connotación, y el surgimiento de buenas prácticas para la ejecución de nuevos proyectos.

Los primeros meses de operación de la Central de Bioenergía de Nuevo León, han evidenciado la necesidad de mejorar las condiciones de los contratos de porteo, interconexión y respaldo que se deben firmar con CFE.

Existe un gran potencial en nuestro país para el desarrollo de estos proyectos. Y ahora existe el conocimiento y las instituciones públicas y privadas con la experiencia demostrada, para que estos proyectos puedan realizarse en menos tiempo dentro de los periodos de las administraciones municipales.

El costo por MW instalado se estima en 1 MDD, por lo que estos proyectos pueden estar al alcance de muchas ciudades de nuestro país si se destinan recursos para estos fines, o si se permite la asociación municipio inversionista bajo esquemas similares al aplicado en Salinas Victoria, lo que redundaría en mayores beneficios para los municipios.

Glosario de Términos

IIE- Instituto de Investigaciones Eléctricas

MW- Mega-watts

GEI -Gases de Efecto Invernadero

MDL -Mecanismo de Desarrollo Limpio

kWh- Kilowatts-hora

SENER- Secretaría de Energía

EPA- Environmental Protection Agency

USAID- United States Agency for International Development

ITESM- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

SIMEPRODESO- Sistema Metropolitano de Procesamiento de Desechos

SEISA- Sistemas Energéticos Internacionales

BANOBRAS- Banco Nacional de Obras y Servicios

CFE- Comisión Federal de Electricidad

Bibliografía

- Arvizu Fernández José Luis, Huacuz Villamar Jorge M.; “Biogás de Rellenos Sanitarios para Producción de Electricidad”; Boletín IIE, Año 26, Octubre-Diciembre del 2003, Vol. 27. Núm 4, ISSN 0185-0059.
- Arvizu Fernández José Luis; “Energía a partir de la basura”; Boletín IIE, Nov-Dic, 1997, Vol. 21, Núm 6, SIN 0185-0059, págs. 273-280.
- Arvizu Fernández José Luis; Saldaña Méndez Jaime Luis; “La Energía de los residuos Sólidos Municipales”; Revista de Cabecera Municipal, Año 1, No 01 Ago./Sep 2004.
- Arvizu Fernández José Luis; “Los Principales Países Emisores, Emisiones Históricas”; Libro sobre Cambio Climático, SEMARNAT, INE, 2005.

- SEMARNAT/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”; Octubre 2002, ITSEM Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- Arvizu Fernández José Luis; Romero T. Hipólito; Huacuz Villamar Jorge M. “Evaluación Energética del Relleno Sanitario de Metepec, México”; IIE/01/14/12447/I006/F/DC, Julio 2003.