



Estimación con el Modelo Mexicano de Biogás con y sin caracterización de Residuos Sólidos Urbanos en un Relleno Sanitario del Estado de México

Jessica Mayte Cuarto Gonzaga^a, María del Consuelo Hernandez Berriel^b, Laura Verónica Díaz Archundia^b, Elizabeth Galeana Martínez^a,

^a Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, lesly_mayte@hotmail.com

^b Instituto Tecnológico de Toluca

RESUMEN

Los rellenos sanitarios (RESA) constituyen una fuente importante de biogás, resultado del proceso de biodegradación de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (RSU). Este biogás está conformado principalmente por metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y trazas de compuestos orgánicos volátiles (COV), considerados gases de efecto invernadero. Lo anterior hace de interés el conocer la generación de biogás en los RESA, la cual se puede estimar mediante el Modelo Mexicano de Biogás (MMB) v.2. Uno de los factores importantes para el uso del MMB es la composición de los RSU en el RESA en estudio, por lo anterior este trabajo tuvo por objetivo comparar las emisiones de biogás procedentes del RESA de Villa Guerrero, usando el MMB con la caracterización de RSU propia y con la del sitio. Para la estimación de la generación de biogás se hizo la caracterización de los RSU en el sitio en época de estiaje y época de lluvias. Se introdujeron además de la caracterización datos propios del RESA en el MMB como año de apertura y clausura, disposición anual de RSU y porcentaje de cobertura entre otros. Los resultados mostraron una eficiencia de captura de biogás del 46% para ambos casos, la recuperación con la caracterización de RSU propia del MMB fue 54 y 26 % mayor que la calculada con la caracterización de RSU del RESA para lluvia ($417 \text{ m}^3/\text{hr}$) y estiaje ($256 \text{ m}^3/\text{hr}$) respectivamente, esta diferencia en la producción de biogás está en función con el porcentaje de la materia de degradación muy y moderadamente rápida en donde se obtiene un porcentaje de 34.6% y 44.4 % para época de estiaje y lluvias respectivamente estos valores son mayores en comparación con el 14.1% del MMB. Se puede concluir que para el uso del MMB es importante realizar la caracterización de los RSU, ya que se obtendrían datos de producción de biogás más cercanos a la situación real del RESA.

1. INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos urbanos (RSU) comúnmente denominados “basura” son generados de manera intrínseca en todas las acciones humanas. Tchobanoglous *et al.* (1994) menciona que son una consecuencia de la vida y los define como “aquellos residuos que provienen de actividades animales y humanas, que normalmente son sólidos y que son desechados como inútiles o sobrantes”.

El sistema de tratamiento más utilizado en países en vía de desarrollo como México para la disposición final de los RSU es el relleno sanitario (RESA). La disposición final no adecuada de los RSU es hoy en día uno de los problemas ambientales, debido a que como producto de su biodegradación se tienen los lixiviados y al biogás, este último es el resultado de la descomposición anaeróbica de materiales orgánicos en los RSU. Si el biogás no es capturado y/o



aprovechado, puede ser una fuente potente de gases de efecto invernadero y uno de los principales responsables del cambio climático (Santos, 2007).

El biogás está compuesto principalmente de metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y gases que están presentes en pequeñas trazas de compuestos orgánicos volátiles (COV), en cuanto a su contribución al efecto invernadero estos gases debido a su mayor coeficiente de absorción molar de la radiación infrarroja y al prolongado tiempo de residencia en la atmósfera el CH_4 tiene una equivalencia de 21 veces al del CO_2 (Serrano, 2006; Tchobanoglous. *et. al.*1994).

Alternativamente el gas recuperado puede usarse de diferentes maneras, por ejemplo: producción de energía eléctrica a través del uso de generadores de combustión interna, turbinas, o micro turbinas o puede utilizarse como combustible en calentadores de agua u otras instalaciones. Además de los beneficios energéticos en el uso del biogás, la recolección y control del biogás generado ayuda a reducir emisiones atmosféricas contaminantes (Santos, 2007).

Partiendo de lo antes mencionado, el objetivo de este trabajo es determinar la generación de biogás y su composición en un RESA del Estado de México, con caracterización y sin caracterización de RSU estimando la generación por el Modelo mexicano de biogás.

2. TEORÍA

2.1 Residuos Sólidos Urbanos

En la actualidad, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), publicada en 2003, define en su artículo 5 a los RSU que son “los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta ley como residuos de otra índole”.

Chávez (2012) menciona que el sistema de tratamiento más utilizado en países en vía de desarrollo como México para la disposición final de los RSU es el RESA. Al depositarse los residuos en el RESA, estos comienzan a descomponerse mediante una serie de procesos químicos complejos. Los productos principales de la descomposición son el lixiviado y el biogás. El manejo inadecuado de los RSU ha tenido y tiene repercusiones en la calidad del aire, agua y suelo, debido a la proliferación de fauna nociva, generación de lixiviados y emanaciones de gases. (Robles, 2008; Santos, 2007)

2.2 Biogás

El biogás es un gas combustible que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica (MO), mediante la acción de microorganismo y otros factores, en ambiente anaeróbico. Los RSU depositados en los RESA generalmente contiene aproximadamente 50% de MO, que es susceptible a la degradación microbiana. La compactación de los residuos tiene por objeto la reducción del volumen, así como el uso de barreras de aislamiento de la masa de residuos desde el entorno que favorecen la creación de condiciones anaeróbicas. En tales condiciones, microorganismos fermentadores se desarrollan. Estos microorganismos usan compuestos orgánicos, contenidos en los RSU. Este grupo incluye los microorganismos que producen CH_4 , bacterias del azufre, bacterias reductoras de



sulfato y las bacterias que conducen a la transformación del nitrógeno (amonificación y desnitrificación) (Betancourth, 2013).

2.3 Modelo mexicano de Biogás

Muchos métodos y modelos se han sido desarrollados para proyectar el potencial de generación del biogás. La tasa de producción de metano puede ser estimada por diversos modelos de producción de biogás. El modelo Landfill Gas Emission Model (LandGEM) de la Agencia de Protección Ambiental (EPA), es una herramienta utilizada para estimar tasas de emisión de sitios de disposición de residuos sólidos municipales.

El Modelo Mexicano de Biogás Versión 2.0 (MMB), creado por la EPA ha recogido información de campo adicional y ha aplicado técnicas avanzadas de modelación para actualizar y refinar la primera versión del Modelo Mexicano de Biogás. La versión 2.0 del Modelo incorpora la información de caracterización de residuos de la versión 1.0 y la expande para incluir datos adicionales de ciudades y rellenos sanitarios de México. El Modelo proporciona valores precalculados para el índice de generación de metano (k) de $0.235 \text{ m}^3/\text{hr}$ y la generación potencial de metano (L_0) de $165 \text{ m}^3/\text{hr}$, los cuales están en función de la materia muy rápida y moderadamente degradable estas variables fueron desarrolladas usando datos específicos del clima, datos de la caracterización de residuos y datos específicos sobre el biogás de sitios representativos en México. Estos datos permiten que se puedan generar índices de generación y recuperación de biogás para RESA localizados en diversas regiones de México.

2 PARTE EXPERIMENTAL

Para la comparación de la generación de biogás por medio del MMB fue necesario introducir en la hoja de cálculo la zona geográfica, los índices de disposición anual, índices de recuperación de biogás actuales y la línea base de recuperación de biogás, también se ingreso caracterización de los RSU del sitio en época de estiaje y en época de lluvias que se representa en la Tabla 1. Esta información se utilizó para alimentar el MMB, con el fin de obtener los datos preliminares de generación de biogás.

Posteriormente se procedió a hacer un comparativo en las estimaciones de la generación de biogás (Figura 1) en donde se muestra que la generación de biogás es muy cambiante con respecto a la temporada en la que se realice la caracterización de residuos con respecto a los datos que se obtienen por el MMB.

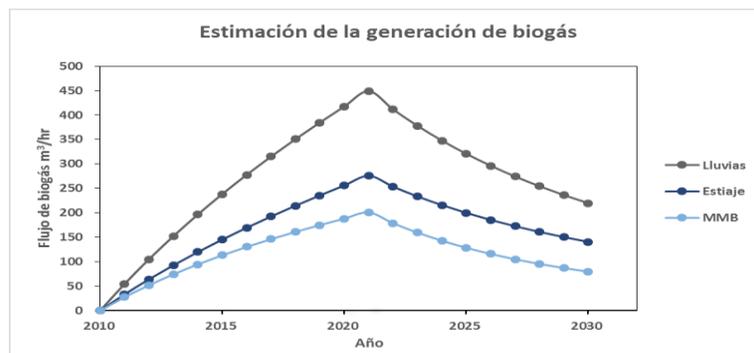


Figura 1. Estimación de la generación de biogás en diferentes temporadas



Es preciso mencionar que los resultados obtenidos por el MMB para el año 2020, año de clausura del sitio la generación de biogás en temporada de es de lluvias 417 m³/hr, en temporada de estiaje de 256 m³/hr y con la base de datos del simulador presenta una generación de 188 m³/hr.

Tabla 1. Caracterización de RSU en diferentes temporadas y del MMB

CLASIFICACIÓN DE RSU	MMB	ESTIAJE	LLUVIAS
Comida	38.50%	15%	8%
Papel y Cartón	15.50%	5.30%	8.80%
Poda (jardines)	7.10%	29.20%	3%
Madera	0%	0.70%	0.90%
Caucho, Piel, Huesos y Paja	0.40%	3.80%	0.60%
Textiles	0.40%	6.30%	4%
Papel Higiénico	3.00%	5%	10.20%
Otros Orgánicos	9.80%	4.90%	4%
Pañales (asume 20% orgánico / 80% inorgánico)	0%	4.90%	10.20%
Metales	28.20%	1.60%	1.70%
Construcción y Demolición	2.0%	5%	0%
Vidrio y Cerámica	4.5%	3%	2.30%
Plásticos	17%	23.10%	31.50%
Otros Inorgánicos	0%	22%	14.40%
Degradación muy rápida	6.6%	20.9%	14.0%
Degradación moderadamente rápida	7.5%	13.7%	30.40%
Total de materia fácilmente degradable	14.1%	34.6%	44.4%
Degradación moderadamente lenta	21.6%	12.8%	11.5%
Degradación muy lenta	0.8%	1.5%	4.5%
Total de materia difícilmente degradable	22.4%	14.3%	15.0%

La diferencia en la producción de biogás está en función con el porcentaje de la materia de degradación muy y moderadamente rápida en donde se obtiene un porcentaje de 34.6% y 44.4 % para época de estiaje y lluvias respectivamente estos valores son mayores en comparación con el 14.1% del MMB.

Con los resultados anteriormente mostrados se determinó el porcentaje de error que presenta el MMB con respecto a la caracterización de los RSU considerando las temporadas en las que se muestrearon dichos residuos. Los porcentajes de error en temporada de lluvias y el MMB presentan un error de 54%, a diferencia de la caracterización de los RSU en temporada de estiaje donde se obtiene un error de 26%. Cabe mencionar que la caracterización de los RSU es factor importante para poder obtener una estimación de la generación de biogás debido a que el porcentaje de materia orgánica que se presentan en las caracterizaciones es superior a la reportada por el MMB.

3 CONCLUSIONES

Para presentar una estimación de biogás en el RESA es fundamental conocer las condiciones de operación del sitio, así como la caracterización de los RSU considerando las temporadas de



muestreo debido a que el porcentaje de humedad presente en los RSU beneficia la aceleración de la degradación de los mismos.

Es importante realizar una caracterización propia del sitio debido a que los datos presentados por el MMB sin caracterización resultan ser diferentes, principalmente en materiales orgánicos que son los principales para la producción de biogás en un RESA, ya que el error presentado por la caracterización y la base de datos del MMB es elevado lo que nos indica que para una mejor aproximación de la generación de biogás es necesario conocer la composición de los RSU considerando la temporada de su muestreo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Benbelkacem H., Bayard R., Abdelhay A., Zhang Y., Gourdon R. (2010). Effect of leachate injection modes on municipal solid waste degradation in anaerobic bioreactor. *Bioresource Technology* 101.
2. Betancourth L., Villada D. (2013) Evaluación del proyecto de quemado de biogás enfocado a los mecanismos de quemado de biogás enfocado a los mecanismos de producción más limpia en el RESA La Esmeralda. Manizales (Caldas), basado en los resultados obtenidos en el RESA de antaras, Pasto (Nariño). Colombia, Universidad de Manizales.
3. Chávez M., (2012) Producción de biogás en rellenos sanitarios. México: ABB.
4. LGPGIR (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos) 2014. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de Octubre de 2003. Última reforma publicada en 6 de Junio de 2014.
5. Manual de biogás (2011). "Chile: Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables". Chile. FAO.
6. Méndez, N., Castillo R., Riancho E., Quintal M., et. al. (2008) Tratamiento fisicoquímico de los lixiviados de un relleno sanitario Ingeniería [Fecha de consulta: 21 de noviembre de 2014] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46780213>> ISSN 1665-529X
7. NOM-052-SEMARNAT-2005. Dirección General de Normas, Normas oficiales mexicanas y normas mexicanas. Características, procedimiento de identificación, clasificación y listados de los residuos peligrosos. Norma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de junio de 2006.
8. Robles M., F., (2008) Generación de biogás y lixiviados en los rellenos sanitarios. 2ª Edición. Instituto Politécnico Nacional.
9. Santos (2007) Potencial de producción eléctrica generado en un relleno sanitario. Ingeniería e Investigación Vol. 31. México.
10. SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2005) Consulta temática. (Documento Web, Último acceso: 3 de Noviembre, 2014) http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/08_residuos/cap8.html
11. Serrano Camacho C. (2006), Alternativas de utilización de biogás de rellenos sanitarios en Colombia. Bogotá, Fundación Universitaria Iberoamericana.
12. Tchobanoglous G., Theisen H. & Vigil S. (1994). Gestión Integral de residuos Sólidos. España: McGrawHill-Interamericana.