



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE UN ESTUDIO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA
PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DE LA CAPTACIÓN DE GAS
METANO EN RELLENOS SANITARIOS**

Hugo Renato Franco Rosales

Asesorado por el Msc. Ing. José Luis Duque Franco

Guatemala, febrero de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE UN ESTUDIO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA
PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DE LA CAPTACIÓN DE GAS
METANO EN RELLENOS SANITARIOS**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

HUGO RENATO FRANCO ROSALES
ASESORADO POR EL MSC. ING. JOSÉ LUIS DUQUE FRANCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADORA	Inga. Alba Maritza Guerrero Spinola de López
EXAMINADOR	Ing. Edwin Giovanni Tobar Guzmán
SECRETARIO	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE UN ESTUDIO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA
PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DE LA CAPTACIÓN DE GAS
METANO EN RELLENOS SANITARIOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha 22 de enero de 2013.



Hugo Renato Franco Rosales

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142

AGS-MGIPP-0003-2013

Guatemala, 22 de enero de 2013.

Director:
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela de Ingeniería Industrial
Presente.

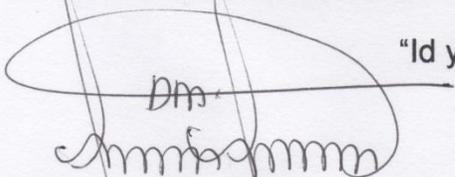
Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Hugo Renato Franco Rosales** con carné número **2002-12091**, quien opto la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO".

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

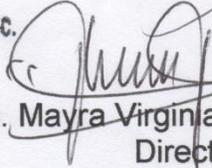
"Id y enseñad a todos"

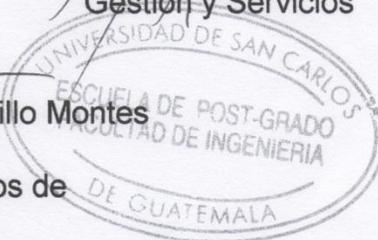

Msc. Ing. José Luis Duque Franco
Asesor (a)

Ing. JOSE LUIS DUQUE FRANCO; M.Sc.
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 5459


Msc. Ing. César Augusto Akú Castillo
Coordinador de Área
Gestión y Servicios

César Akú Castillo MSc.
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 4,073


Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
Directora
Escuela de Estudios de
Postgrado



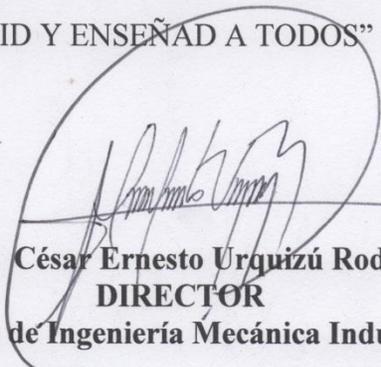
Cc: archivo
/la



REF.DIR.EMI.017.013

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN ESTUDIO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DE LA CAPTACIÓN DE GAS METANO EN RELLENOS SANITARIOS**, presentado por el estudiante universitario **Hugo Renato Franco Rosales**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2013.

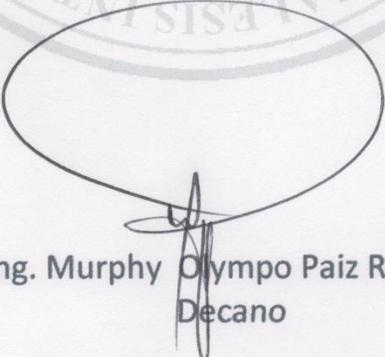
/mgp



DTG. 055 .2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE UN ESTUDIO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DE LA CAPTACIÓN DE GAS METANO EN RELLENOS SANITARIOS**, presentado por el estudiante universitario: **Hugo Renato Franco Rosales**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 7 de febrero de 2013

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por haberme permitido llegar a este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.
- Mis padres** Por haberme apoyado incondicionalmente en todo momento, por sus consejos, sus valores y por darme una carrera para mi futuro, todo se los debo a ustedes.
- Mi abuela** Luisa Urzúa (q.e.p.d.), por quererme y apoyarme siempre, esto también lo debo a usted.
- Mis hermanos** José Mauricio, Flor de María y José Salvador Franco Rosales, por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.
- Mis tíos** Por estar siempre ahí.
- Mis amigos** Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora seguimos siendo amigos: Eduardo Coronado, Hugo Gallardo, Félix Secaída, Raúl de la Roca, a Mónica López por su gran ayuda en la realización de este trabajo.

Mis maestros

Por ser una importante influencia en mi vida, todos aquellos que marcaron cada etapa de mi formación académica.

AGRADECIMIENTOS A:

**La Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por su compromiso con el desarrollo científico, social y humanista en la formación de profesionales con principios éticos y excelencia académica.

Facultad de Ingeniería

Por facilitarme el acceso a la formación técnico-científica para poder generar soluciones que se adapten a los retos del contexto global.

Mis catedráticos

Ing. José Luis Duque Franco y a la Dra. Aura Marina Rodríguez, por apoyo en la realización del trabajo de graduación.

**Mis amigos de la
facultad**

Víctor Gallardo, Bernal Hidalgo, Melissa Juárez, Raúl de la Roca, Félix Secaida y César Torres.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
GLOSARIO.....	V
RESUMEN.....	VII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. OBJETIVOS.....	7
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	11
6. ALCANCE	13
7. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	15
8. HIPÓTESIS.....	21
9. CONTENIDO.....	23
10. MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	25

11.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	27
12.	RECURSOS NECESARIOS	29
13.	BIBLIOGRAFÍA.....	31

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Cronograma de Actividades	27
----	---------------------------------	----

TABLAS

I.	Recursos	29
----	----------------	----

GLOSARIO

Dioxinas	Sustancias sumamente tóxicas aún en muy bajas concentraciones, persisten en el medio ambiente por períodos prolongados si degradarse.
FUNDAVAC	Fundación para las Víctimas de Accidentes y Catástrofes.
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change que en español significa Panel Intergubernamental del Cambio Climático.
Lignocelulósicos	Desechos de caña de azúcar o bagazo, rastrojo y olote de maíz, paja de trigo y arroz, restos forestales y algunos desperdicios de la industria de papel.
Lixiviados	Líquido resultante de un proceso de filtración de un fluido a través de un sólido.

Metalogénesis

Se refiere al estudio de la génesis de depósitos minerales (metálicos o no-metálicos), con énfasis en sus relaciones espaciales y temporales (espacio-tiempo) con los rasgos geológicos regionales (tectónicos, petrográficos, etc).

Percolados

Líquido maloliente de color negro, muy parecido a las aguas residuales domésticas, pero mucho más concentrado.

RESUMEN

Producir electricidad mediante la captura y aprovechamiento del gas metano en un relleno sanitario, es una opción viable si se considera que la materia prima para ello es todo lo que la sociedad desecha. Esto tendrá un impacto positivo en el medio ambiente por ser electricidad limpia y en la institución, por la autonomía energética que esta práctica representará.

Guatemala no cuenta con alguna institución que maneje adecuadamente los desechos y por el contrario abundan los basureros clandestinos que degradan al medio ambiente y a la sociedad por los olores fétidos y la proliferación de especies animales que se alimentan de la basura, desperdiciando así una potencial solución energética.

Los componentes orgánicos de los desechos depositados en el basurero son descompuestos por microorganismos en completa ausencia de aire y como resultante se genera metano; un gas que por su volatilidad puede utilizarse como combustible en turbinas generadoras de electricidad.

1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de energía renovable representan una alternativa económica y ambiental muy factible para la generación y provisión de energía eléctrica expandiendo la capacidad eléctrica instalada de quienes la aprovechan. Dichas tecnologías pueden disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero de los sistemas convencionales que utilizan combustibles fósiles y que contribuyen al calentamiento de nuestro planeta. El gas metano es uno de los principales gases del calentamiento global pues éste se produce a partir de la descomposición de la de basura que se genera día a día.

La cultura de consumo genera grandes cantidades de basura, mismas que sin un tratamiento adecuado degrada tanto al medio ambiente como a la sociedad por los gases y fauna (especies animales) asociados a su descomposición. El manejo integral de los desechos sólidos se debe de realizar de una manera eficiente y ordenada para proporcionar la solución más adecuada, en concordancia con los mejores principios de salud pública, economía, ingeniería, estética, aceptación social y preservación ambiental. Dicho manejo integral requiere un diagnóstico la situación actual en cuanto al manejo de la basura así como también un análisis de las variables que generan su descomposición.

Uno de los principales resultantes de la descomposición de la materia orgánica es el gas metano; un gas mucho más potente que el dióxido de carbono, razón por la cual es uno de los principales protagonistas de los gases de efecto invernadero. Con este trabajo se pretende demostrar que la captación y utilización de gas metano; producto de la descomposición de la basura, es

una alternativa energética que podría propiciar la autonomía eléctrica de la institución y por consiguiente el mejoramiento del relleno sanitario así como también una considerable disminución de los potenciales peligros de la acumulación descontrolada de este gas natural.

Todo lo anterior representa un valor potencialmente alto tomando como premisa que la materia prima es todo lo que la sociedad desecha. A la fecha no existe un estudio que sienta las bases para predecir el potencial de generación de gas metano en el relleno sanitario ni como su aprovechamiento beneficiaría económica y ambientalmente a la ciudad de Guatemala. La presente investigación está estructurada de la siguiente manera:

Capítulo 1. Rellenos sanitarios. Un relleno sanitario debe cumplir con principios de salud pública, economía, ingeniería, estética, aceptación social y preservación ambiental.

Capítulo 2. Principios teóricos para la generación de gas metano. Al depositarse los residuos en los rellenos, éstos comienzan a descomponerse mediante una serie de procesos químicos complejos. Los productos principales de la descomposición son los líquidos lixiviados y los gases. Tanto los líquidos como los gases pueden afectar la salud de las poblaciones de los alrededores.

Capítulo 3. Situación actual del manejo de la basura. Se explica a detalle cual es la raíz del problema a investigar, el porqué de la investigación y se enuncian las principales características del gas metano. Se hace una reseña histórica para entender de una mejor manera la necesidad de este estudio.

Capítulo 4. Base legal. Se presentan leyes, decretos, códigos en nuestra constitución relacionados con la problemática de la basura y el compromiso jurídico con el medio ambiente.

Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones.

2. ANTECEDENTES

Maslin (2004) hace una descripción histórica de como la utilización de combustibles fósiles fue la principal preocupación de muchos científicos y de cómo Svante Arrhenius en 1896 fue el primero en proclamar que los mismos podrían dar lugar o acelerar el calentamiento del planeta tierra por su efecto invernadero. Sus investigaciones no tuvieron eco pues la revolución industrial, con su insaciable necesidad de crudo exaltaba la importancia de su uso por sus beneficios económicos e industriales.

Muchos años después; el agotamiento del crudo y el comportamiento del precio de sus derivados (que durante los últimos años ha presentado aumentos que provocan crisis económicas), así como la necesidad mundial de reducir las emisiones de gases efecto invernadero, han generado desde 1970 la búsqueda de energías alternas de menor costo, menor impacto ambiental y lo que es más importante su abundancia por ser recursos renovables.

La investigación y búsqueda de alternativas energéticas han demostrado que desde el punto de vista del calentamiento global, el metano es un gas mucho más potente que el dióxido de carbono. Climate Change, The Science of Climate Change (1995), publicado por el sindicato de prensa de la universidad de Cambridge introdujo una estadística llamada Global Warming Potential (GWP), para determinar el nivel de amenaza de los distintos gases y lo hace midiendo cuanto calor acumula una molécula de gas en relación con las moléculas de carbono. Así es como el metano tiene un GWP de 72, es decir que el gas atrapa 72 veces más de calor que el dióxido de carbono; lo cual a su vez significa que es 72 veces más efectivo a la hora de impedir que la radiación

infrarroja escape del planeta. Por esa razón es uno de los principales protagonistas de los gases de efecto invernadero. Las fuentes de gas metano son varias; sin embargo, la descomposición de la basura se ha convertido en uno de sus principales generadores.

Por otra parte; uno de los problemas más urgentes de las sociedades actuales es la gestión de las basuras domésticas, urbanas y sanitarias. Todo lo que deseamos eliminar de nuestro entorno inmediato es basura, que al descomponerse genera metano; el cual en cantidades suficientes se puede captar, quemar y con ello generar electricidad que se puede comercializar. La falta de un manejo adecuado de este gas ha generado contaminación del medio ambiente y grandes incendios que han afectado a comunidades cercanas a los basureros.

Tessitore (1990) indica que una práctica comúnmente utilizada es la incineración de la basura. Con ello se consigue la reducción del volumen y facilita su gestión, pero la incineración tiene otros problemas. Quemar la basura genera cenizas muy perjudiciales para la salud pues contiene dioxinas químicas y metales como arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo y mercurio; elementos que figuran como carcinógenos humanos. Además, la fusión de elementos heterogéneos puede provocar la aparición de sustancias nuevas e incontables, sin restarle importancia al impacto que el humo como producto de desecho de la quema de basura tiene sobre el medio ambiente.

De acuerdo con la Municipalidad de Guatemala, según publicación del 6 de enero de 2011, diariamente ingresan al vertedero de la ciudad capital alrededor de 9 000 toneladas de desechos al día y lamentablemente no existe relleno sanitario en el cual se aproveche los beneficios de esta potencial solución energética.

3. OBJETIVOS

General

Mejoramiento de la producción de energía eléctrica a través de la captación de gas metano en un relleno sanitario.

Específicos

1. Evaluación de la situación actual del manejo de desechos sólidos en el relleno sanitario.
2. Verificación de las variables (temperatura, humedad, mezcla, etc.) que intervienen en la producción de gas metano.
3. Diseñar un sistema para la captación de gas metano para generación de energía eléctrica suficiente para dar autonomía energética a la institución.

4. JUSTIFICACIÓN

Esta investigación es importante porque los residuos domésticos, urbanos y sanitarios representan una pérdida enorme de recursos, tanto materiales como energéticos. La captación y utilización de gas metano, producto de la descomposición de la basura es una alternativa para generar electricidad que podría propiciar la autonomía eléctrica de la institución y por consiguiente el mejoramiento del relleno sanitario.

En Guatemala se genera una gran cantidad de basura, y no existe relleno sanitario que optimice el manejo de la misma para el aprovechamiento del gas metano como materia prima para la generación de electricidad. Es muy poco o inexistente el conocimiento de su potencial energético y de su impacto a las economías de escala. Esta investigación pretende conocer la cantidad de energía eléctrica que el relleno sanitario podría crear y con ello proyectar beneficios económicos a corto, mediano y largo plazo. Todo lo anterior representa un valor potencialmente alto tomando como premisa que la materia prima es todo lo que la sociedad desecha.

5. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

No existe un estudio que mida el potencial de generación de gas metano en rellenos sanitarios para producción de energía eléctrica en la ciudad de Guatemala. Por otro lado, la necesidad de alternativas para generación de energía eléctrica que sean amigables para el medio ambiente y que además representen un beneficio económico para la sociedad motiva las siguientes dudas:

- a. ¿Qué tanto gas metano se produce en el relleno sanitario?
- b. ¿Existe separación de desechos para optimizar la producción de gas?
- c. ¿Qué capacidad de combustión tiene el gas para generar energía eléctrica?
- d. ¿Qué variables participan en la generación de gas metano?

La presente investigación se desarrollara durante los meses de febrero a junio del 2013 en el relleno sanitario de la zona 3 del departamento de Guatemala, Guatemala.

6. ALCANCE

Con este estudio se pretende primordialmente confirmar si la captación de gas metano en un relleno sanitario puede generar suficiente energía eléctrica para dar autonomía eléctrica a la institución que administra el basurero. Países industrializados han logrado una disminución significativa en el consumo de combustibles fósiles sustituyéndolos por gas metano, impactando positivamente el medio ambiente por la reducción cuantiosa de éste protagonista del calentamiento global.

El manejo adecuado de todo lo vertido en el basurero permitirá un óptimo aprovechamiento de gas metano; así como también de los desechos mismos, disminuyendo índices de contaminación y fomentando una cultura de reciclaje favoreciendo a la economía y generando fuentes de trabajo.

7. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

Un relleno sanitario es un área determinada de tierra o una excavación de disposición de los residuos sólidos domiciliarios o municipales y residuos sólidos industriales.

“Según la literatura especializada, cualquier lugar donde los residuos sólidos domiciliarios se depositan en grandes cantidades, es en principio, un bio-reactor que generará gases y líquidos percolados, lo que dependerá de una serie de variables relacionadas a las características de la basura, del lugar de disposición, de la forma de disposición, al clima, etc.”¹.

Todos los componentes de los desechos depositados en basureros se degradan a velocidad decreciente y tardan muchos años en descomponerse, siendo los alimentos los más rápidos en descomponerse totalmente; el papel también es biodegradable, aunque su tasa de degradación es más lenta que la de los alimentos pero mucho más rápida en comparación con el cuero y la goma. Por otra parte, algunos materiales lignocelulósicos, plásticos, textiles y otras materias orgánicas son muy resistentes a la biodegradación.

La cantidad de tiempo necesaria para que los microorganismos digieran los residuos y produzcan gas metano como resultante del proceso depende de variables tales como: el número de organismos presentes en la basura, nutrientes, temperatura, acidez (pH), contenido de humedad, cobertura y

¹ COLMENARES, Wagner. *Generación y Manejo de Gases en Sitios de Disposición Final*. [ref. 15 de agosto de 2012]. Disponible en Web: <http://www.ingenieriaquimica.org/articulos/relleno_sanitario>

densidad de compactación. La degradación de los desechos se puede clasificar en tres etapas:

- a. La primera, aeróbica, con oxígeno presente en distintas porciones de basura, que les permita formar dióxido de carbono, agua, materia parcialmente descompuesta y energía (temperatura entre 35 y 40 grados Celsius).
- b. La segunda, en la que se destaca la acción de organismos formadores de ácidos orgánicos y disminución del pH. (con ellos se disuelven los elementos inorgánicos en el agua).
- c. La tercera, anaerobia, por la acción de organismos formadores de metano, que actúan lenta pero eficientemente en la producción de metano, dióxido de carbono y de agua.

En un relleno sanitario, las tres etapas enumeradas pueden darse simultáneamente. Además la heterogeneidad de los residuos enterrados, varía la duración de las etapas por la mayor o menor facilidad de degradación.

En los basureros en que los residuos no son compactados ni cubiertos ocurre una muy baja descomposición anaeróbica (en ausencia de oxígeno), debido a que los mismos están en contacto directo con el aire propiciando un proceso de oxidación generando mayoritariamente dióxido de carbono y agua y prácticamente nada de metano.

Así mismo, cuando la degradación se genera bajo condiciones que no son controladas, el proceso ocurre en forma indeterminada y es muy difícil predecir el nivel de biodegradación que ocurre en el relleno y el horizonte de tiempo en que esta se desarrolla. Tras años de experiencia práctica y de investigaciones conducidas en el mundo más desarrollado se ha logrado alcanzar algún grado

de entendimiento acerca de los procesos de biodegradación de la basura y de la producción de biogás y su composición.

Carrillo (2003) hace un profundo estudio de la formación de metano por medio de microbios (metalogénesis), desglosando uno a uno los pasos, elementos y reacciones químicas durante el proceso. Describe como los residuos orgánicos tales como desechos agrícolas (estiércol), desperdicios de la industria de alimentos e industrias químicas, así como basura municipal pueden emplearse para producir gas metano como resultante de la digestión anaeróbica. El metano resultante de la descomposición química de estos residuos puede utilizarse para generar energía eléctrica.

Colmenares (2007) brinda información básica acerca de la generación, composición y manejo del gas, producto de la descomposición de los residuos sólidos en un relleno sanitario. Desarrolla un sistema de captación del biogás que permite su aprovechamiento transformándolo en energía eléctrica utilizando generadores de combustión interna o turbinas para ello. Hace también referencia a usos alternos del gas metano y analiza el impacto positivo que tiene el aprovechamiento del mismo al medio ambiente.

J.A.C.T. (2004) publicó la puesta en marcha de una planta generadora de energía eléctrica a partir de metano ubicada en Monterrey, México. Salinas Victoria es el nombre del relleno sanitario de clase mundial en el que los desechos son transportados a una planta donde se separan los reciclables (para venta) de los orgánicos para ser enterrados en trincheras impermeables donde se descomponen naturalmente, generando así 68 metros cúbicos de gas por minuto equivalentes a 7 megavatios al año.

El Proyecto Basural Ecológico: Planta de Tratamiento y Recuperación Integral de Residuos (2010), investigó sobre el tratamiento de la basura sin fines de lucro y como lograr un impacto positivo en la vida y en el entorno de la comunidad. Producto de esto fue la creación del proceso FUNDAVAC que contempla que los residuos que tanto perjuicio acarrear al medio ambiente; generen, después de ser tratados un impacto ambiental favorable. De este proyecto se puede decir que los residuos no se queman, no se entierran y no se arrojan a las aguas, sino se obtiene materia prima útil de cada uno de ellos.

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), en su reporte: Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (1996), presenta dos métodos para calcular la cantidad de gas metano generada en vertederos: el método por defecto (nivel 1) y el método de descomposición de primer orden (nivel 2).

La principal diferencia es que el método del nivel 2 hace la estimación basándose en el tiempo transcurrido, reflejando mejor las pautas del proceso de degradación, mientras que el método por defecto se basa en la suposición que la totalidad del metano potencial se libera durante el año en el que se produce la disposición de los desechos. El método por defecto permitirá obtener una estimación anual razonable de las emisiones reales siempre que la cantidad y la composición de los desechos eliminados se hayan mantenido constantes o hayan variado lentamente en el transcurso de varias décadas. Sin embargo, si la cantidad o la composición de los desechos depositados en los vertederos de residuos sólidos cambian con mayor rapidez a través del tiempo, el método por defecto del IPCC no indicará una tendencia exacta. Por ejemplo, si disminuye la cantidad de carbono depositada en los vertederos, el método por defecto subestimaré las emisiones y sobreestimaré las reducciones.

La elección de cualquiera de los métodos antes mencionados dependerá de la situación actual de la institución. Es una buena práctica utilizar, siempre que sea posible, el método de descomposición de primer orden, ya que refleja la tendencia de las emisiones con mayor exactitud. Para poder aplicar este método es necesario contar con datos, tanto actuales como históricos, sobre las cantidades, la composición y las prácticas de disposición de los desechos a lo largo de varias décadas.

Las directrices del IPCC no proporcionan valores o métodos por defecto para la estimación de algunos parámetros fundamentales que se requieren para la aplicación del método de descomposición de primer orden. Estos datos dependen en gran medida de las condiciones específicas de cada país, y actualmente no se dispone de información suficiente que permita sugerir valores o métodos por defecto fiables para Guatemala.

8. HIPÓTESIS

La proposición provisional que orientará este estudio pretende confirmar si hay una mejora en la producción de energía eléctrica, mediante la captación y combustión de gas metano en un relleno sanitario.

Hipótesis nula:

La captación de gas metano en rellenos sanitarios para generación de energía eléctrica no mejora la actual propuesta energética y no representa un beneficio económico significativo.

Hipótesis alternativa:

La captación adecuada de gas metano puede mejorar la actual propuesta energética, que beneficiaría económicamente al vertedero, causando un impacto positivo en las comunidades cercanas.

- Variable independiente: poco aprovechamiento de gas metano.
- Variable dependiente: energía eléctrica que se sujeta a indicadores de temperatura, humedad, composición de la basura, nutrientes, mezcla, cobertura y compactación.

9. CONTENIDO

El contenido general del presente trabajo, se concentra en el análisis de la situación actual del manejo de desechos sólidos en el relleno sanitario, las variables que intervienen en la producción de gas metano y como la producción de éste se puede aprovechar para mejorar la situación energética y ambiental de la institución.

1. Rellenos Sanitarios
 - 1.1 Definición
 - 1.1.1 Tipos
 - 1.2 Métodos de construcción
 - 1.2.1 Método de Trinchera
 - 1.2.2 Método de área
 - 1.3 Ventajas y limitaciones
 - 1.4 Prácticas básicas en un relleno sanitario

2. Principios teóricos para la generación de gas metano
 - 2.1 Gas Metano: definición
 - 2.1.1 Clasificación
 - 2.1.2 Composición Química
 - 2.1.3 Características Físicas
 - 2.1.4 Características Químicas
 - 2.2 Usos del metano
 - 2.3 Metalogénesis
 - 2.3.1 Variables que participan en el proceso
 - 2.4 Fases de la biodegradación

- 2.5 Digestión anaeróbica
 - 2.5.1 Fases
- 2.6 Propiedades del gas
- 2.7 Rendimientos teóricos
- 2.8 Manejo del gas

- 3. Situación actual del manejo de la basura
 - 3.1 Reseña histórica de la entidad
 - 3.1.1 Misión
 - 3.1.2 Visión
 - 3.1.3 Descripción de actividades
 - 3.1.4 Ubicación geográfica
 - 3.2 Generación y acopio
 - 3.3 Recolección y transporte
 - 3.4 Disposición final (tratamiento)
 - 3.5 Cuantificación de gas metano

- 4. Se presentan leyes, decretos, códigos en nuestra constitución
 - 4.1 Principal legislación existente en Guatemala sobre los desechos sólidos
 - 4.2 Reglamentos municipales

- 5. Conclusiones y recomendaciones

10. MÉTODOS Y TÉCNICAS

La presente investigación cuantitativa tiene una tipología no experimental puesto que no se manipulan las variables deliberadamente; es decir, solo se observan las condiciones en las que se maneja la basura en el vertedero y cómo éstas impactan en la producción de gas metano. El diseño transversal es necesario en este estudio pues se recolectarán datos para describir las variables que inciden en el proceso de descomposición de la basura; tales como, temperatura, humedad, compactación, entre otras. El análisis de la interrelación de esas variables permitirá responder las preguntas de investigación y probar la hipótesis.

Para el estudio se seleccionará una muestra dirigida, pues el área de trabajo para la medición del gas metano será la asignada por la institución. La investigación se desarrollará en un relleno sanitario del departamento de Guatemala, en donde se busca optimizar el manejo de los desechos sólidos para incrementar la generación de gas metano para su combustión y generación de energía eléctrica.

1. El cumplimiento del primer objetivo se logrará mediante la realización de un FODA para determinar la situación actual del manejo de desechos en el vertedero. Las fortalezas y debilidades se enfocaran a los procesos de recolección y separación, y las oportunidades y amenazas del proceso de disposición final. La observación, recolección y análisis de datos será vital durante esta etapa. Se utilizará Microsoft Office para anotar y almacenar datos, automóvil para trasladarse al vertedero municipal.

- 1.1 Resultado esperado: un diagnóstico de la situación actual del vertedero, entender la situación actual y sus necesidades.

2. Para cumplir con el segundo objetivo será necesario hacer un recuento de todas las variables y procesos que propician la descomposición de los desechos orgánicos y cómo las mismas podrían adecuarse para aumentar la cantidad y calidad de gas metano en el vertedero. Se recolectarán datos como temperatura ambiente, porcentaje de humedad, tipo de mezcla, profundidad del pozo y porcentaje de compactación. Se utilizará para ello termómetros, información del INSIVUMEH así como datos facilitados por la administración del vertedero.
 - 2.1 Resultado esperado: un detalle de cómo las variables afectan la descomposición de los desechos orgánicos.
 - 2.2 Compartir los hallazgos con la administración del vertedero buscando con ello posibles mejoras en el proceso de disposición final de la basura.

3. Para poder diseñar un sistema para la captación de gas metano para generación de energía eléctrica, se utilizarán los resultados de los primeros dos objetivos y se proyectará la cantidad de basura generada por habitante y su potencial de generación de gas. Esto permitirá hacer el pronóstico de la capacidad instalada de la planta así como también el cálculo de los costos para la construcción de la misma.

11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En el siguiente diagrama se presenta la propuesta para el desarrollo de este estudio, asignando un tiempo predeterminado para cada actividad. La gráfica del tiempo facilita el entendimiento del desarrollo del mismo.

Figura 1. Cronograma de Actividades



Fuente: elaboración propia

12. RECURSOS NECESARIOS

Para poder alcanzar los objetivos propuestos en estudio es necesaria la utilización suministros, y para una mejor cuantificación de los mismos de hace una diferenciación entre recursos humanos, financieros y físicos.

Tabla I. Recursos Necesarios

RECURSOS HUMANOS	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
ESTUDIANTE			
ASESOR		Q 2 500	Q 2 500
Personal Administrativo del Basurero			
Personal Opertivo del Basurero			
SUB TOTAL			Q 2 500
RECURSOS FINANCIEROS			
RESMA DE PAPEL BOND	2	Q 30	Q 60
CARTUCHO DE TINTA PARA IMPRESORA	1	Q 250	Q 250
GASOLINA AUTOMÓVIL (galones)	20	Q40	Q 800
TELÉFONO	1	Q 500	Q 500
SUB TOTAL			Q 1 610
RECURSOS FÍSICOS			
COMPUTADORA	1	Q 4000	Q 4 000
LA EMPRESA EN ESTUDIO			
IMPRESORA	1	Q 600	Q 600
VEHÍCULO			
FOLDER	1	Q 1	Q 1
ÁREA DE TRABAJO			
SUB TOTAL			Q 4 601
TOTAL			Q 8 811

Fuente: elaboración propia

13. BIBLIOGRAFÍA

1. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *Landfill Gas Primer, An Overview for Environmental Health Professionals*. [en línea]. Atlanta, GA., noviembre 2001 [ref. de 15 de agosto de 2012]. Disponible en Web: <<http://www.atsdr.cdc.gov/hac/landfill/html/toc.html>>
2. Bitrán & Asociados. *Estudio de Políticas de Abatimiento de Gas de Efecto Invernadero y Desarrollo Económico: Sinergias y Desafíos en el Sector de los Rellenos Sanitarios en el Caso de Chile* [en línea]. Santiago, Chile, mayo 2003 [ref. de 20 de agosto de 2012]. Disponible en Web: <<http://www.sofofa.cl/ambiente/bonos%20carbono/Libro%20LFGTE%20BID.pdf>>
3. Cambridge University Press. *Climate Change 1995, The Science of Climate Change* [en línea]. New York, N.Y.: John T. Houghton. Nueva York, EEUU, 1996 [ref. de 20 de agosto de 2012]. Disponible en Web: <http://books.google.com.gt/books?id=k9n8v_7foQkC&printsec=frontcover&dq=Climate+Change+1995,+The+Science+of+Climate+Change&hl=es&sa=X&ei=RFcLUbzULob89gSRn4GwDA&ved=0CCsQ6AEwAA>
4. CARRILLO, Leonor. *Microbiología Agrícola* [en línea]. Salta, Argentina, 2003 [ref. 20 de agosto de 2012]. Disponible en Web: <<http://www.unsa.edu.ar/matbib/micragri/micagricap5.pdf>>

5. COLMENARES, Wagner. *Generación y Manejo de Gases en Sitios de Disposición Final* [en línea]. mayo 2007 [ref. de 15 de agosto de 2012]. Disponible en Web:
<http://www.ingenieriaquimica.org/articulos/relleno_sanitario>
6. FUNDAVAC. *Planta de generación de gas metano* [en línea]. abril de 2010 [ref. de 15 de agosto de 2012]. Disponible en Web
<<http://www.hacercomunidad.org/escribi/articulo/7096>>
7. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (1997). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996: Volumen 3*, Manual de Referencia, J.T. Houghton y otros, IPCC/OCDE/AIE.
8. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero: Volumen 5, Desechos* [en línea]. 2006 [ref. de 17 de agosto de 2012]. Disponible en Web: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol5.html>>
9. Guzzone, B; Muller, D. (2003). Manual de Usuario Modelo Mexicano de Biogás” [en línea]. Disponible en <http://www.epa.gov/lmop/documents/pdfs/manual_del_usuario_modelo_mexicano_de_biogas_v2_2009.pdf>
10. J.A.C.T. (2004). Basura para Generar Electricidad. *Ideas para el cambio*, No. 492, 34-37.

11. Maslin, M. (2004). Global Warming, a very short introduction. [en línea]. Disponible en Web: <<http://www.lenntech.es/efecto-invernadero/historia-calentamiento-global.htm#ixzz26q1JntSo>>
12. Municipalidad de Guatemala. (2011). *Unas 85 mil toneladas de basura dejaron las fiestas de fin de año* [en línea]. Disponible en Web: <<http://www.muniguate.com/index.php/obras/58-limpiaverde/8398-limpieza>>
13. N.J. Themelis. “Anaerobic Digestion of Biodegradable Organics in Municipal Solid Wastes”. Department of Earth & Environmental Engineering. May 2002
14. Röben, Eva. (2002). Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales. [en línea]. Disponible en Web: <http://www.bvsde.paho.org/curso_rsm/e/fulltext/loja.pdf>
15. Sara-Lafosse Rios y Javier Edgardo. “Producción de bio-gas , a partir de la basura procesada en un Relleno Sanitario y su uso como energía mecánica no convencional”. Universidad nacional “San Luis Gonzaga “de Ica - Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.
16. Torresani, M y Peotter, Ben. “A case study in the development of a landfill gas-to-energy project for the Antioch, Illinois, Community School District”. USEPA. Marzo – 2004.
17. USEPA. “Landfill Gas Energy in the U.S. and Iowa”. U.S. Environmental Protection Agency Landfill Methane Outreach Program (LMOP) 2004 BioCycle: Renewable Energy from Organics Recycling Conference.