

PROTOTIPO DE DIGESTOR ANAEROBIO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

González Nava Juan Martín (1), Violante Gavira Amanda Enriqueta (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [jm.gonzaleznav@ugto.mx]

2 [Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [amagavira@gmail.com]

Resumen

El estudio de los biodigestores para la producción de biogás, mezcla de gases en la que destaca la presencia del metano como combustible, es sin duda uno de las alternativas más viables y baratas para combatir la demanda energética y contribuir a la reducción de la contaminación ambiental que ha alcanzado el planeta por las actividades humanas. En este trabajo se realizó el diseño de un prototipo de digestor horizontal plástico, que operó como un sistema discontinuo con una mezcla orgánica de estiércol bovino y agua. Se midieron las temperaturas ambiental e interna del reactor y la producción de biogás por un tiempo de retención de 20 días; los datos empíricos obtenidos mostraron que el reactor funcionó de manera normal en el rango de temperatura Mesofílica (20°C a 40°C) y que el almacenamiento máximo de biogás en el reactor sin dispositivos externos de almacenaje fue de 2 litros.

Abstract

The study of biodigesters for the production of biogas, a mixture of gases in which the presence of methane stands out as fuel, is undoubtedly one of the most viable and cheap alternatives to combat energy demand and contribute to the reduction of environmental pollution that has reached the planet by human activities. In this work the design of a prototype of horizontal plastic digester was carried out, which operated as a batch system with an organic mixture of bovine manure and water. The reactor's ambient and internal temperatures and biogas production were measured for a retention time of 20 days; the empirical data obtained show that the reactor operated normally in the Mesophilic temperature range (20 ° C to 40 ° C) and that the maximum storage of biogas in the reactor without external storage devices was 2 liters.

Palabras Clave

Diseño; Prototipo; Biogás

INTRODUCCIÓN

El desarrollo y estudio de fuentes alternativas de energía es un tema que ha cobrado gran interés entre la comunidad científica, aunado a la reducción del impacto al medio ambiente ocasionado por las actividades humanas.

En el siglo pasado las acciones humanas y el uso de combustibles fósiles alteraron de forma notable los ciclos biogeoquímicos de la Tierra. Lo que ha provocado un aumento en la producción de gases de efecto invernadero, hasta un 30% en el caso del dióxido de carbono y 100% en el metano. [1] Lo anterior nos mueve al desarrollo de nueva tecnología para la producción de energía de tal manera que se puedan aprovechar y reutilizar recursos sin ocasionar daños de gran impacto en el planeta.

Uno de esos recursos es el material orgánico, donde los procesos de descomposición generan gas (biogás), en el cual está presente el metano elemento que es posible utilizar como combustible. Históricamente la producción de combustibles fósiles ha sido un proceso donde se invierte cantidades importantes de dinero, a diferencia de la implementación de biodigestores para la producción del biogás que tiene un costo relativamente bajo en comparación a los primeros, por lo que el obtener mediciones de los parámetros involucrados en el proceso de generación del metano [2] sería de gran utilidad para realizar desarrollos tecnológicos en la producción de biogás y así elevar la viabilidad de su uso como combustible.

Biogás

Es un combustible que se genera por las reacciones de biodegradación de materia orgánica y su composición depende del tipo de material orgánico utilizado para su producción. [3] Generalmente se produce un gas incoloro, inflamable, con un poder calorífico mayor de 4400 Kcal/m³. Dicho gas contiene entre sus componentes principales metano en concentraciones aproximadas de 55-70%, dióxido de carbono 30-45%, pero también contiene diversas impurezas como el Monóxido de carbono y el sulfuro de hidrogeno que afectan el

funcionamiento de los dispositivos de aprovechamiento de forma considerable. [3] [4]

Proceso anaerobio

Una forma de aprovechar el recurso biomásico, es a partir de la fermentación anaeróbica, que es proceso microbiológico en ausencia de oxígeno, en el cual se convierte la compleja materia orgánica en biogás y ocurre en cuatro etapas:

Hidrólisis: Los substratos complejos son hidrolizados en compuestos solubles por la acción de enzimas extracelulares de las bacterias.

Acidogénesis: Los compuestos solubles son fermentados a ácidos grasos volátiles, alcoholes hidrógeno y CO₂.

Acetanogénesis: Se producen ataques a los ácidos orgánicos y compuestos nitrosos, las bacterias acetogénicas oxidan el ácido propiónico y el butírico hasta acético e hidrógeno.

Metanogénesis: Los últimos compuestos son tomados dentro de las células bacteriales metanogénicas convirtiéndolos en metano y excretándolo fuera de la célula. [3]

Co-digestión orgánica

Consiste en el tratamiento conjunto de residuos orgánicos diferentes con el objetivo de aprovechar la complementariedad de las composiciones para permitir perfiles de proceso más eficaces, además de compartir instalaciones de tratamiento, amortiguar las variaciones temporales en composición y producción de cada residuo por separado, y reducir costes de inversión y explotación. [5]

Digestor

Un digestor está formado por un tanque hermético donde ocurre la fermentación y un depósito de almacenaje de gas. Las dos partes pueden estar juntas o separadas y el tanque de gas puede ser de campana fija o flotante.

De acuerdo a la frecuencia de cargado, los sistemas de biodigestión se pueden clasificar en discontinuo, Semi-continuos y Continuos.

Componentes de un digestor anaerobio

Los principales componentes de un digestor anaeróbico lo constituyen un reactor o contenedor de las materias a digerir; un contenedor de gas,

con los accesorios para salida de biogás, entrada o carga de materias orgánicas y salida o descarga de materias orgánicas estabilizadas. [2]

El propósito de esta investigación es la creación de un Digestor para material orgánico, operando como sistema discontinuo, donde se carga una sola vez en forma total y la descarga se efectúa una vez que se ha dejado de producir biogás.[6]

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología para el desarrollo de la investigación se muestra en el diagrama de la Imagen 1.

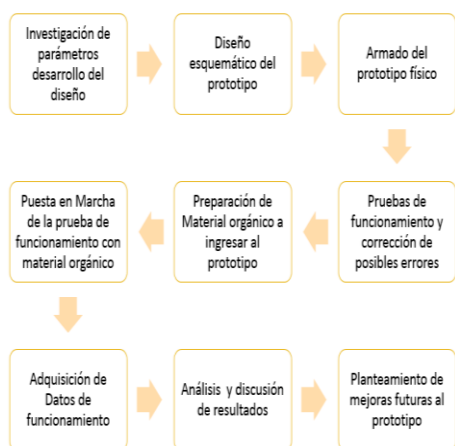


IMAGEN 1: Esquema de la Metodología implementada para el desarrollo del proyecto

Donde se toman a consideración los siguientes aspectos:

- Investigación de parámetros de desarrollo: se investigan los elementos y características principales de funcionamiento con los que se puede definir el diseño.
- Diseño esquemático del prototipo: con los elementos seleccionados en la investigación, se realiza un diseño que sea factible para su implementación física.
- Armado del prototipo: se realiza el prototipo físico.
- Pruebas de funcionamiento: Con la finalidad de encontrar errores de funcionamiento como fugas de material, se realizan pruebas de llenado con agua y aire.

- Preparación de material orgánico: se realiza la mezcla del material en proporciones de agua necesaria para poder ser ingresado al biodigestor.
- Puesta en marcha de prueba: Se ingresa la mezcla de materia al biodigestor para comenzar el proceso de producción de biogás.
- Adquisición de datos: se registran datos de interés para comprobar el funcionamiento por medio de sensores.
- Análisis y discusión de resultados.

Los parámetros principales de consideración para el diseño del reactor [3][7][8], se presentan a continuación:

- PH: Determina la inhibición o toxicidad de las bacterias metanogénicas, los valores ideales son de 6.5 - 7.5.
- Temperatura: Las bacterias anaerobias requieren de ciertos niveles de temperatura para poder realizar su crecimiento y reproducción, principalmente se trabaja en dos rangos, Mesofílico (20 a 40°C) y Termofílico (40 a 60°C)
- Tiempo de retención: Periodo de tiempo que permanece la materia orgánica del sistema para alcanzar la degradación, para el rango Mesofílico es de 20 a 40 días, y el Termofílico debe ser mayor a 8 días.
- Relación C/N: Los materiales de fermentación están compuestos en su mayor parte por carbono (C) y también contienen nitrógeno (N), entonces se establece la relación entre ellos (C/N), la cual influye sobre la producción de gas. La relación adecuada esta entre 20:1 Y 30:1.
- Amoniaco: Inhibe el funcionamiento del biodigestor, el valor debe estar por debajo de los 2000 mg/l.
- Contenido de agua de la mezcla: Las bacterias y otros microorganismos no pueden funcionar efectivamente cuando el contenido de agua de la mezcla es demasiado bajo.

Por las características y propiedades físicas el material utilizado para el diseño del biodigestor es principalmente plástico PVC. El cual soporta las condiciones necesarias para la producción de biogás.

Para la prueba se utilizó estiércol bovino mezclado con agua para tener una relación de materia agua (940 gramos de estiércol y 2.81 litros de agua) que cumpla con el volumen de trabajo necesario del tanque. La preparación de la mezcla se observa en la Imagen 2.



IMAGEN 2: Preparación de Mezcla orgánica con estiércol vacuno y agua

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diseño propuesto para el prototipo se basó en un digestor de tipo horizontal, con la finalidad de poder realizar procesos de carga de material y de limpieza de forma sencilla, la representación del diseño se realizó por medio de un software de modelado y se muestra en la Imagen 3.

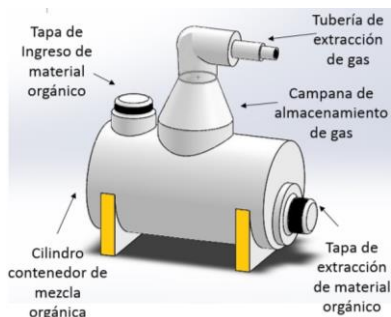


IMAGEN 3: Diseño de Digestor realizado y sus elementos principales

Con la puesta en marcha del reactor se registraron las temperaturas promedio diarias durante un periodo de retención de 20 días, obteniendo la gráfica mostrada en la Imagen 4.

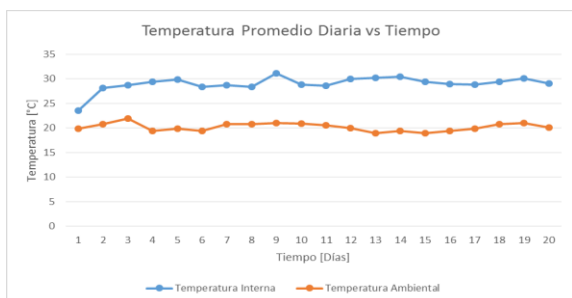


IMAGEN 4: Gráfica de Registro de Temperatura promedio diaria (°C) contra el tiempo de retención de la materia orgánica (días)

Por las condiciones climáticas (lluvias y vientos) se optó por utilizar un dispositivo de calefacción para mantener las temperaturas en valores constantes. Cabe mencionar que el día 9 fue el que presentó la temperatura interna más alta (31.17°C), además fue el día donde se comenzó a detectar presencia de gas dentro del reactor.

En la Imagen 5 se presenta la gráfica según la teoría en la bibliografía referida de la producción de biogás en función de la temperatura del proceso, en el caso particular la temperatura promedio de la prueba fue de 29°C, esta temperatura entra en la zona óptima de producción en un periodo de 10 a 20 días.

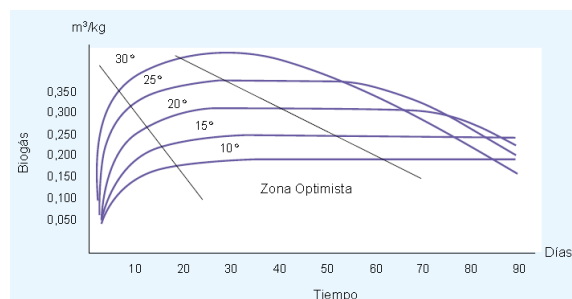


IMAGEN 5: Gráfica de producción de biogás en función de la temperatura [2]

Dicho lo anterior podemos verificar que el reactor puede operar sin problemas en el rango Mesofílico de temperaturas con periodos de retención de 10 a 30 días.

El reactor contiene una campana fija de almacenamiento de biogás, si este no es extraído con algún otro medio de almacenamiento, el biogás contenido dentro del reactor es de 2 litros, calculados por las dimensiones del espacio libre de la campana, el tanque contenedor y la tubería de salida, si el biogás no es extraído del digestor a otro medio de almacenaje llegara a alcanzar su volumen máximo cuando el proceso alcance el tiempo de la zona optima de producción de biogás.

Las características principales del reactor se pueden presentar en la Tabla 1.

Tabla 1: Características principales del digestor.

Concepto	Descripción
Volumen Total	5 litros <ul style="list-style-type: none"> Volumen de trabajo (75%Volumen Total) Espacio libre para almacenamiento de gas (25%Volumen Total)
Temperatura de Funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> Rango Mesofílica 20 a 40°C Probado para temperatura promedio de 29°C Rango Mesofílica mayor a 40°C PVC tiene un límite de temperatura de 80°C antes de sufrir deformaciones
Agitación	No contiene
Modelos de Digestor	Horizontal discontinuo (Adaptable a sistema semi-continuo)
Producción de biogás	Para mezcla de estiércol bovino <ul style="list-style-type: none"> 51.84 Litros de biogás/kg de desecho con dispositivos auxiliares de almacenamiento. 2 Litros de biogás almacenados dentro del reactor sin dispositivos auxiliares de almacenamiento.

CONCLUSIONES

La generación de biogás por medio de biodigestores es una alternativa muy barata y sencilla para obtener un recurso combustible, el desarrollo de este prototipo contribuirá para realizar estudios posteriores sobre mejoras en dispositivos de purificación, y caracterización de biogás en diferentes mezclas orgánicas.

El funcionamiento del Reactor cumple con los requerimientos principales para realizar la degradación y fermentación de material orgánico y producir biogás como elemento de pruebas. El diseño tiene una forma adaptable para implementar algunos otros elementos necesarios para realizar mediciones o colocar dispositivos de purificación, además de que se realizó tomando consideraciones para lograr su operación como sistema discontinuo o semi-continuo y aumentar la producción de biogás.

Con el prototipo se puede obtener muestras de biogás de 2 Litros para cada mezcla organiza ingresada al reactor, lo cual es suficiente para realizar caracterizaciones del biogás con métodos especializados como la espectroscopia o cromatografía.

La producción de biogás a nivel laboratorio, puede incluir procesos de codigestión para cambiar las características del gas para futuros desarrollos tecnológicos en cuestión de generación y

purificación de biogás, aumentando con ello la viabilidad de su uso.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente agradezco a la Mtra. Amanda Enriqueta Violante Gavira por brindarme el apoyo para llevar a cabo el verano de investigación y darme la oportunidad de formar parte del mismo aportándome sus conocimientos y confianza para el desarrollo del proyecto. De la misma forma agradezco a la Universidad de Guanajuato y al Comité de Veranos de Investigación por la aceptación otorgada hacia mi persona para realizar la investigación, que sin duda fue de enorme aprendizaje.

REFERENCIAS

- [1] García, J. (2003). Análisis del Potencial de emisión de dióxido de carbono y lineamientos para su conservación en el contexto del mecanismo de desarrollo limpio. Colombia. Pontificia Universidad Javeriana.
- [2] De la Merced D. (2012). Evaluación de los parámetros de un biodigestor anaerobio tipo continuo. México. Universidad Veracruzana.
- [3] FAO (2011) Manual de biogás. Santiago de Chile
- [4] Olaya Arboleda, Y., González Salcedo, L. O. (2009) Fundamentos para el diseño de biodigestores. Colombia. Universidad Nacional de Colombia
- [5] Biomasa: Digestores anaerobios. Consultado el 14 de Junio de 2017. Recuperado de http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10737_Biomasa_a_digestores_07_a996b846.pdf
- [6] Garzon Cuji, M. F. (2011). Estudio de un biodigestor generador de gas metano mediante abono organico para prácticas de energías alternativas en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil y mecánica de la Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.
- [7] Biodigestor: alternativa energética. Consultado el 14 de Junio de 2017. Recuperado de http://www.feriadelasciencias.unam.mx/antiores/feria20/feria254_01_biodigestor_alternativa_energetica.pdf
- [8] Especificaciones técnicas para el diseño en México. Consultado el 15 de Junio de 2017. Recuperado de <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/CD001057.pdf>