



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
DECANATO DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA
COORDINACIÓN DE COOPERACIÓN TÉCNICA Y DESARROLLO SOCIAL

**DISEÑO DE UN BIODIGESTOR DENTRO DE LAS INSTALACIONES DE LA
UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR**

Por:

Diana C. González R.

Realizado con la asesoría de:

Tutor Institucional: Ing. Rubén Darío Lugo

INFORME DE SERVICIO COMUNITARIO

Presentado ante la Ilustre Universidad Simón Bolívar
como requisito parcial para optar al Título de
Ingeniero Mecánico

Sartenejas, Julio de 2009

1. INTRODUCCIÓN

Un biodigestor o un digestor de desechos orgánicos es un sistema natural que utiliza la digestión anaeróbica (en ausencia de oxígeno) de las bacterias que habitan en un material orgánico para producir gas metano (biogás) y fertilizantes. Está compuesto por un reactor, el cual es un contenedor cerrado y hermético donde se introduce la materia orgánica tales como desechos vegetales, excrementos de animales y humanos. En el reactor se deben controlar factores como la cantidad de agua que se mezcla con los desechos, la presión y la temperatura para obtener una alta eficiencia. El gas metano es de gran importancia porque puede ser usado como combustible para cocinar, en calefacción e iluminación; hasta para funcionar un motor que genere electricidad en biodigestores de gran escala.

El costo total de la construcción de un biodigestor es bajo, ya que está constituido por materiales económicos o reciclables. Además es un sistema sencillo de elaborar sin mayores complicaciones. Principalmente es instalado en zonas rurales o países subdesarrollados como forma de solucionar la problemática energética. También posee otro beneficio que es de tipo ambiental, ya que se utilizan tanto residuos humanos como de animales.

Dentro de los objetivos de este servicio comunitario se encuentra el diseñar y construir un biodigestor vertical para comprobar la producción de gas metano usando parte de los desechos de alimentos provenientes de los comedores de la Universidad Simón Bolívar, así como también el diseño de un biodigestor de mayor escala capaz de manejar todos los residuos generados diariamente en la USB.

2. JUSTIFICACIÓN DEL SERVICIO COMUNITARIO

Dado que la tendencia mundial debido al fenómeno de calentamiento global es de reutilizar todo recurso cuanto sea posible y desarrollar nuevos usos para los que han sido concebidos en otros tiempos, la Universidad Simón Bolívar como un lugar de encuentro para la investigación y el desarrollo de conocimientos debe acoplarse a esta conducta mundial y avanzar en el reciclaje de los desechos para llevarles a un destino más provechoso; sobre todo los desechos orgánicos provenientes de los comedores y locales de comida, los cuales diariamente se botan sin tomar en cuenta que representa una oportunidad para convertirlo en otros productos.

El servicio comunitario es una herramienta para solucionar problemas que afecten una comunidad o para generar ideas que mejoren la calidad de vida de las personas. En nuestro caso, en el campus de la Universidad Simón Bolívar se generan grandes cantidades de residuos diarios a través de distintas vías como los comedores, laboratorios, jardines, entre otros. Con la puesta en marcha de un biodigestor, se garantiza que parte de estos desechos serán utilizados para producir gas metano y fertilizantes, además de conseguir estos resultados, disminuiría la cantidad de volumen de basura a desplazar.

Durante el desarrollo del proyecto, se llevó a cabo investigaciones acerca de los modelos de biodigestores económicos y simples de construir, de manera que el proyecto no presente problemas del tipo económico y técnico, y así la producción de fertilizantes y gases sólo esté sujeta a la utilización adecuada de los desechos orgánicos disponibles. Finalmente estos productos pueden servir para la comercialización o para el uso interno, el gas para los comedores y el fertilizante para los cultivos en la Universidad.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

3.1 Descripción de la comunidad

La Universidad Simón Bolívar se encuentra ubicada en el Valle de Sartenejas, perteneciente al Municipio Baruta del estado Miranda. Su comunidad está representada por estudiantes de pregrado y postgrado, así como de profesores, obreros y personal administrativo los cuales constituyen un aproximado de 5000 personas, las cuales permanecen en la universidad por lo general entre las 6:30 a.m. y las 7:30 p.m. Las instalaciones de la Universidad Simón Bolívar comprende varios edificios destinados tanto para las actividades académicas como las actividades administrativas; comprende a su vez de unidades de laboratorio, unidades destinadas a los servicios esenciales como electricidad, comedor y transporte del personal que hace vida en el campus, así como de jardines y zonas destinadas al cultivo de vegetales, frutos y plantas destinadas a la investigación.

Sin embargo, con el pasar de los años esta población ha ido aumentando debido al creciente ingreso de nuevos estudiantes, lo que implica nuevas dificultades en relación a la logística y gestión de las diversas entidades académicas y administrativas. Los comedores universitarios se ven a la tarea de satisfacer la demanda alimenticia de gran parte de esta población, con la cual se genera una enorme cantidad de desechos orgánicos de aproximadamente 1,6 toneladas semanales, los cuales deben ser procesados y/o eliminados.

3.2 Antecedentes del proyecto

El proyecto de servicio comunitario referente al reciclaje ha sido desarrollado durante meses. En su primera etapa logró junto a la Dirección de Servicios de la Universidad Simón Bolívar el surgimiento de la campaña “Reduce, reutiliza, recicla” dentro del campus de Sartenejas. El objetivo principal de esta campaña fue el reciclaje de papel, el cual se promovía mediante la disposición de contenedores de recolección de papel en las oficinas y otras zonas del campus. No sólo se ha estimulado el reciclaje de papel en la universidad, también se han realizados esfuerzos para recolectar y reciclar los envases de vidrio en las zonas de consumo de alimentos.

No obstante, la cantidad de desechos orgánicos manejados en la universidad sigue siendo importante, por lo que la necesidad de desarrollar un plan de gestión de los mismos se hace imperante. Una de las vías comúnmente utilizadas es la formación de composta a partir de dichos desechos, esencialmente de origen orgánico. En la Universidad Simón Bolívar, Luisa Villalba desarrolló en 2005 una tesis de maestría basada en la caracte

biológica de un compost elaborado con desechos generados en la USB. Esta tesis estudia la calidad del compost producido a partir de los desechos generados en la cocina de los comedores universitarios y la compara con el tipo de compost que se produce actualmente en los viveros. Este estudio sirvió de base para el desarrollo de una iniciativa de disminución de la cantidad de desechos sólidos en los comedores universitarios, los cuales son los puntos de mayor generación de desperdicios dentro del campus. La meta final es la creación de un sistema de compostaje que beneficie a la comunidad universitaria y al ambiente.

Debido a otra fase del proyecto de servicio comunitario, se cuenta a actualmente con tres reactores de compost a pequeña escala, de diferentes formulaciones, sobre los cuales se pueden aplicar pruebas y análisis de calidad, con el objeto de evaluar las ventajas de los desechos utilizados en vías de la producción futura de compost de alta calidad y a cantidades importantes.

Sin embargo, un reactor de compostaje a gran escala representa un proyecto que requiere de personal técnico capacitado para la construcción y de una cantidad de capital considerable, que por los momentos la Universidad Simón Bolívar no posee, por lo que se cuenta con la experiencia de otros países de Sudamérica en la construcción de biodigestores, un reactor que funciona con un mecanismo biológico diferente y por lo tanto el producto es diferente, su construcción representa gastos menores que el destinado para un reactor de compostaje y la simpleza es otra de sus ventajas. En la Universidad Simón Bolívar la utilización de un biodigestor como alternativa no ha sido probada aún.

4. DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1 Título

Diseño de un biodigestor dentro de las instalaciones de la Universidad Simón Bolívar.

4.2 Objetivo General

Diseño de un biodigestor para el reciclaje de los desechos orgánicos producidos en los comedores y otras instalaciones de trato de alimento en la Universidad Simón Bolívar.

4.3 Objetivos Específicos

1. Diseñar y construir un biodigestor de prueba para estudiar el comportamiento de los desechos orgánicos utilizados y los productos del biodigestor.
2. Estudiar la posibilidad de implementar un biodigestor en las instalaciones de la Universidad Simón Bolívar.
3. Diseñar un biodigestor de dimensiones apreciables para el uso masivo de los desechos orgánicos producidos en los comedores de la Universidad Simón Bolívar.

4.4 Actividades Realizadas

Diseño de biodigestor de Prueba

Un biodigestor consiste en recipiente hermético, dentro del cual, el material orgánico a utilizar se deposita y se mezcla con agua para promover un proceso de fermentación anaeróbica, y del cual se obtienen dos resultados: Metano (llamado biogas) y fertilizante. Ahora bien, la calidad del biogas y del fertilizante depende de los desechos que se vayan a utilizar, por lo que al usar el material orgánico de los comedores de la Universidad Simón Bolívar y otros tipos de materiales es necesaria la construcción de un biodigestor de prueba para determinar las propiedades de los productos del digestor.

Como se trata de un digestor de prueba, se diseña con las siguientes características:

1. Vertical.
2. Cuerpo metálico como base del biodigestor.
3. Sólo servirá para recolectar los gases.
4. Debe disponer de un sistema de recolección de gases.
5. Uso de materiales de reciclaje, de fácil manejo o accesibles.
6. Sistema de fácil montaje y desmontaje.

Delimitando los parámetros anteriormente señalados se procedió a la investigación de modelos de biodigestores que cumplieran con las especificaciones. De esta manera se cuenta con los siguientes modelos.

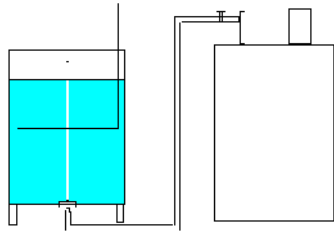


Figura 1.

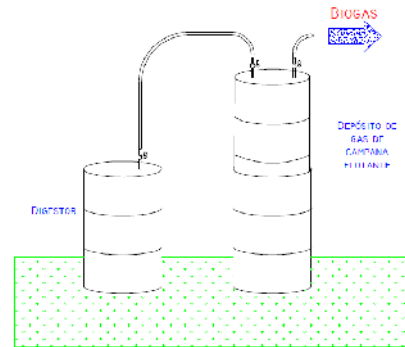


Figura 2.

Fuente: <http://www.yobiogas.com/index3.htm>

De la figura 1 podemos observar que el sistema está comprendido en 3 partes, el reactor, el “almacenador” y la conexión. El reactor es un recinto cerrado que comprende la entrada de la mezcla de desechos orgánicos y agua, y una válvula de salida, que está conectada de forma rígida con un depósito de campana flotante, en su parte inferior. Este sistema tiene la ventaja de que el depósito se adapta al volumen de gas que se está produciendo y que se evita el escape mediante la interface con la zona líquida (agua).

La figura 2 muestra un sistema similar al ilustrado en la figura 1, la diferencia más notable es que la conexión deja de ser rígida al usarse mangueras flexibles, lo que hace al sistema más fácil de construir y más barato. Otra diferencia es que el depósito no tendrá una perforación en la parte inferior para colocar la conexión, lo que también evita las posibilidades de escape del líquido.

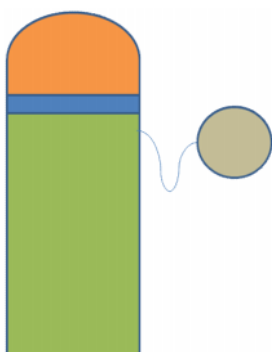


Figura 3.

La Figura 3 es el diseño del biodigestor de prueba que cumple con todos los requerimientos expuestos, tomando en cuenta los diseños de digestores verticales revisados previamente. Este diseño contempla varias zonas:

- **Zona Verde:** Esta zona contempla el recinto donde se colocará la mezcla de desechos orgánicos y agua, debe ser metálica por lo que se piensa en un recipiente metálico como los contenedores de aceites industriales.
- **Zona Naranja:** le da al recipiente la hermeticidad pertinente y no permite el escape de los gases desde la parte superior del digestor. Debido a que solamente se recolectará el gas, se decidió que fuese flexible para permitir a los gases expandirse a presión constante.
- **Zona Azul:** conexión entre zona verde y naranja, mantiene hermético al recipiente.
- **Zona Gris:** sistema de recolección de los gases, se piensa en un sistema flexible.

Y por último la conexión entre la zona Verde y la zona Gris es a través de un sifón, para permitir el cambio de sección de un diámetro mayor a uno menor. Esta conexión induce pérdidas de presión para que la zona Gris no se expanda tan rápido como la zona Naranja.

Construcción de biodigestor de Prueba

Sabiendo que el digestor debe estar compuesto de zonas flexibles y rígidas, por lo que se dispondrá de los siguientes materiales:

1. **Tambor metálico:** para la zona verde.
2. **Bolsas Negras:** Zona naranja, permite la flexibilidad para la expansión del gas.
3. **Cinta de Plomo:** zona azul, permite que la conexión sea fuerte y se mantenga impermeable.
4. **Globo:** zona gris, permite la flexibilidad para la expansión del gas y para recogerlo para futuros análisis.
5. **Tubo de aluminio:** para el sistema sifón
6. **Otros:** Pintura azul, pabilo, cinta negra, levadura, papelón, agua, desechos orgánicos, tierra.

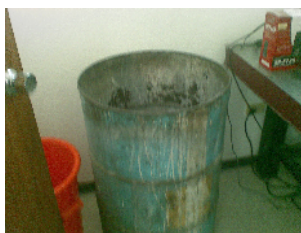


Figura 4.

Se procedió de la siguiente manera:

1. Se realizó una perforación en la parte superior del tambor para la colocación del sifón.
2. Se dobla un tubo de aluminio y a continuación se introduce en el orificio, uniéndolo al tambor mediante el uso de silicón como elemento de fijado.
3. Se procedió a pintar el tambor metálico, sólo en su cara externa, para darle mejor aspecto y proteger al tambor de la oxidación.



Figura 5.



Figura 6.

4. Luego se procedió a colocar en el recinto una mezcla de 6 ½ kg de desechos orgánicos, 6 kg de tierra, ½ kg de levadura, ½ kg de papelón y 19,7 litros de agua.



Figura 7.

5. Se procede a extender las bolsas negras colocadas una sobre otra.
6. Se colocan las bolsas extendidas sobre el tambor pintado y se procede a sellarlo mediante cinta de plomo.



Figura 8.



Figura 9.

7. Finalmente en el extremo del sifón se colocó un globo amarrado a pabilo y cinta negra.



Figura 10.

Como resultado de estos procedimientos, al cabo de un tiempo se pudo observar cómo la bolsa que cubre al digestor y el globo comenzaron a expandirse progresivamente, esto es debido a que producto de la mezcla con levadura y papelón, se aceleró el proceso de descomposición y por ende en la mezcla han comenzado a escaparse los gases característicos del proceso anaerobio, por lo que el biodigestor de prueba está bien construido; es hermético y funciona como lo predicho en los experimentos realizados en otras partes del mundo.



Figura 11.



Figura 12.

Diseño de Biodigestor

Se tiene como referencia documentos acerca de diseños de Biodigestores en países como china (Primer productor de biogás), Brasil y Bolivia, donde existen grandes variedades de diseños de biodigestores debido a que las comunidades rurales se han apropiado de esta tecnología para subsistir.

Condiciones:

- **Temperatura y tiempo:** En biodigestores se depende de la temperatura ambiente que en muchas zonas es inferior al nivel de temperaturas óptimas. A menores temperaturas se sigue produciendo biogás, pero de manera más lenta, en la Universidad Simón Bolívar se estima que la temperatura promedio sea de 20°C y como el tiempo de retención depende de la temperatura, este sea de 30 días.
- **Mezcla diaria de entrada al digestor:** recomiendan para digestores tubulares como el caso del nuestro que la proporción entre material orgánico y agua sea de 1:4.
- **Producción de Biogas y fertilizante:** La producción no es constante, y es un proceso que dura, más o menos, el tiempo de retención estimado según la temperatura de trabajo, no obstante los estudios anteriores se han hecho en base a estiércol, por lo que la puesta a prueba del Biodigestor de prueba nos dará un estimado de la producción de Biogas y fertilizante.

Especificaciones del diseño

El biodigestor debe ser capaz de procesar la totalidad de los desperdicios de los comedores y los jardines. Semanalmente los comedores universitarios generan cerca de 1500kg de comida, sumándose a estos unos 200kg en desperdicios de los jardines, para un total de 1700kg de basura semanal. El biodigestor debería tener un tamaño lo suficientemente grande como para almacenar toda la basura universitaria el tiempo necesario para su descomposición. Todo el diseño consiste en un sistema de recolección y tratamiento de la basura orgánica de la universidad.

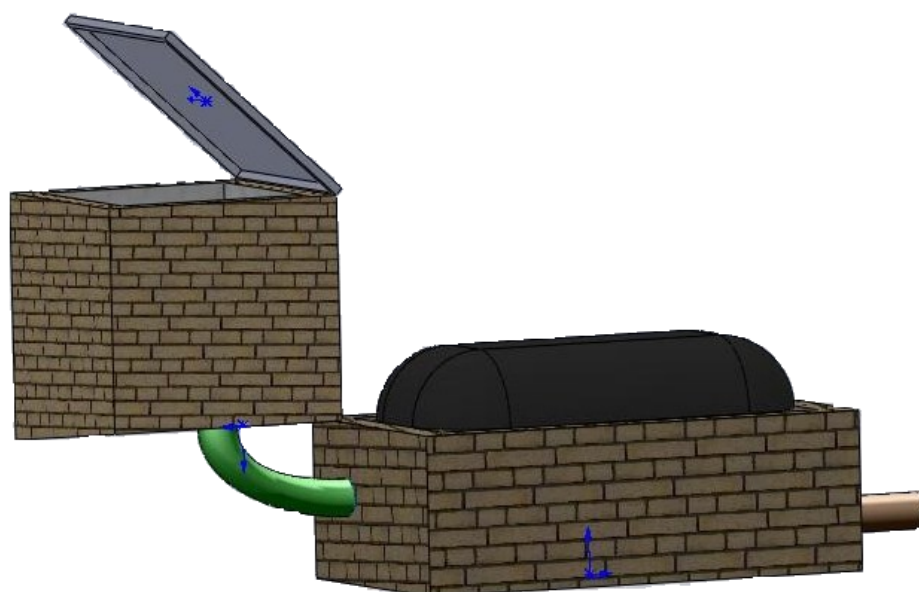


Figura 13.

El proceso comienza desde los comedores universitarios. El material orgánico es separado del plástico y de las servilletas. Esta basura es recogida por un camión y es transportada hasta el tanque 1. Aquí también se depositan los desperdicios de los jardines, los cuales no tienen ninguna preparación previa debido a que son desperdicios netamente orgánicos.

El tanque 1 es un tanque abierto a la atmósfera en él se mezclan los desperdicios para luego pasarlos al siguiente tanque donde ocurrirá el proceso de descomposición, la mezcla se realiza gracias a unas espas removedoras que funcionan con la ayuda de un motor eléctrico. Éste tanque consiste principalmente en una fosa en el suelo cubierta con paredes de ladrillos, a la vez cubiertos por láminas de aluminio 0,8mm de espesor sujetas con remaches; esto se hace para evitar fugas de material desde el suelo y paredes, y para evitar que la mezcla de desechos oxide las superficies del tanque, también permite la fácil l

evitar que el sol y la lluvia afecten a la mezcla del, el tanque tiene una tapa sujeta con bisagras que se abren fácilmente al momento de depositar los desechos, la tapa abierta se sostiene con una palanca manual y se diseñó con láminas de aluminio 0.8mm y un chasis de perfiles rectangulares de carpintería 3"x1".

El tanque 1 está diseñado con un desnivel de 5° y su desagüe se encuentra en el punto más bajo del mismo. Esto se hace para que, por gravedad, los desperdicios se desplacen desde el tanque 1 hasta el tanque 2 a través del ducto número 1.

La imagen 5 muestra un corte del montaje, entre el tanque 1 y 2 hay una diferencia de altura, esto se hace para asegurar siempre una diferencia de presiones que empuje los desperdicios del primer tanque al segundo y no al revés.

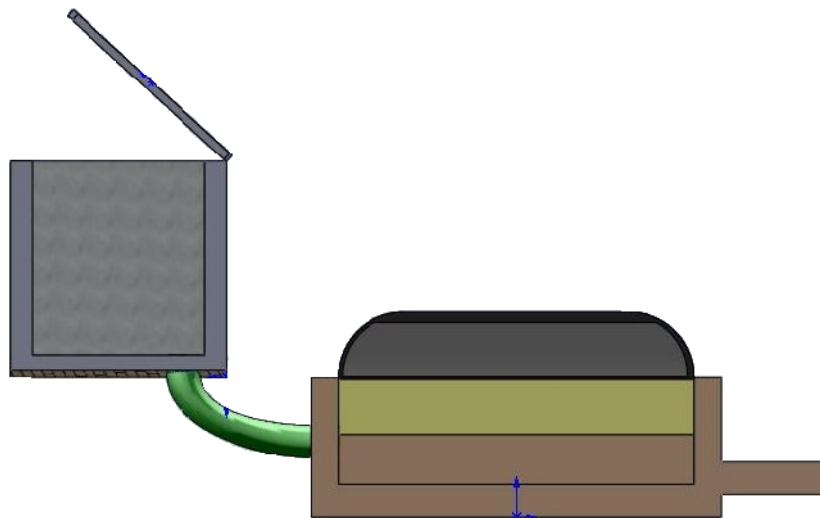


Figura 14.

El segundo tanque está hecho de la misma forma que el primero pero con dimensiones diferentes, como se observa en la figura 13, las dimensiones se calcularon para almacenar los desperdicios de un mes, tiempo suficiente para que ocurra el proceso de descomposición anteriormente explicado. Todo el tanque se encuentra cubierto por una capa de polietileno en la cual ocurre todo el proceso de descomposición. En el fondo del tanque hay unas aspas que mueven el material orgánico para que se descomponga uniformemente. Las aspas son accionadas por dos motores eléctricos de aproximadamente 2HP. En la parte superior del tanque, haciendo la función de tapa, hay otra lona de polietileno que se infla con los gases que se generan (figura 13), los cuales son liberados al alcanzar cierta presión, lo suficientemente pequeña para no romper el polietileno, a través del ducto dos y son llevados hasta el tercer tanque. A partir de aquí el biogás puede ser utilizado para producir energía, cocinar, generar calor, entre otras cosas.

El proceso termina en el ducto 3. Cada treinta días, aproximadamente, se realiza el proceso de descomposición, este compost debe retirarse para ser utilizado como fertilizante y para dar lugar a los nuevos desechos.

El segundo tanque un inclinación de 10° que permite que los desechos se desplacen hasta el ducto de extracción 3. Como no todo el material orgánico se agrego en un mismo momento, solo el material más viejo está descompuesto. Gracias a la pendiente del tanque, este material se encuentra junto al ducto de extracción. Al retirar el compost solo se debe retirar un cuarto del material dentro del tanque, con el fin de extraer únicamente los desechos descompuestos.

5. RELACIÓN DEL PROYECTO TRABAJADO CON LA FORMACIÓN ACADÉMICA DEL ESTUDIANTE

En la formación de un ingeniero está siempre presente el factor de la conservación del medio ambiente, y una de las formas de manifestarlo es mediante el reciclaje de los desechos. En este proyecto, se decidió utilizar los conocimientos adquiridos en Ingeniería Mecánica para diseñar un biodigestor que contribuirá con la Universidad Simón Bolívar en el reciclaje de gran parte de sus desechos orgánicos.

Durante la ejecución de este proyecto se aplicaron conocimientos en torno al diseño mecánico y a distintos procesos de fabricación con la finalidad de optimizar la obtención de gas metano y de compost en el biodigestor. En ese sentido, se incluyeron también nociones de resistencia de materiales. Del mismo modo, se tomaron en cuenta también factores económicos en relación con el desempeño de este diseño, como la relación entre el costo de fabricación, de mantenimiento y de funcionamiento del equipo y su beneficio para la universidad.

De igual forma, el proyecto generó gran interés en el equipo de trabajo con respecto al futuro desarrollo de técnicas de reciclaje considerando que con el avance de la tecnología y con la creación de nuevos productos, debe existir siempre la consciencia de conservación del medio ambiente que nos rodea para no deteriorar (y si es posible mejorar) la calidad de vida del ser humano. Este campo de trabajo, no sólo se encuentra actualmente en pleno auge sino que a medida que transcurre el tiempo se tornará indispensable para la sociedad.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El biodigestor de prueba hecho con materiales de reciclaje y otros funcionó correctamente, debido al uso de la cinta de plomo y otros implementos se logró la hermeticidad adecuada para este tipo de proyectos.
- El uso de la levadura y el papelón aceleró el proceso de descomposición de los desechos orgánicos permitiendo la pronta aparición de los gases producto del proceso anaerobio.
- El diseño de un biodigestor para el consumo de los desechos orgánicos de la Universidad Simón Bolívar requiere tomar en cuenta varios factores económicos, ambientales y técnicos para que sea el más óptimo posible.
- Se recomienda hacer ajustes al biodigestor de prueba para los análisis de temperatura y PH semanalmente a la muestra para observar cómo evoluciona la descomposición de los desechos y el fertilizante obtenido.
- Se recomienda el uso de otros estimuladores de la actividad anaeróbica, como la cal y la urea para optimizar el tiempo de retención de los desechos orgánicos.
- Se recomienda adaptar el sifón aun sistema de campana flotante para optimizar el uso del gas producido y evitar posibles fugas por defecto de los globos.
- Se recomienda verificar en la bibliografía un plan de mantenimiento que permita al biodigestor funcionar eficientemente por tiempo prolongado.

7. BIBLIOGRAFÍA

- <http://www.yobiogas.com/index3.htm>
- <http://anajesusa.spaces.live.com/>
- Fundación Hábitat. **Biodigestores: Una alternativa a la autosuficiencia energética y de biofertilizantes.** 2005.
- <http://helviobh.googlepages.com/digestorarmado.doc>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Biodigestor>
- http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/10bib_arch.pdf
- http://www.engormix.com/images/s_ARTICLES/Botero_biogasenergia.jpg
- <http://es.msnusers.com/EnergiasAlternativas/queesunforo.msnw>