

CAPÍTULO 4

REACTORES ANAERÓBICOS

4.1. TIPOS

A continuación se clasifica a los biodigestores anaeróbicos más empleados:

a) De lote: son los que se cargan de una sola vez en forma total y la descarga se efectúa una vez que ha dejado de producir gas combustible.

b) De régimen semi-continuo: este es el tipo de sistema más utilizado en el medio rural, cuando se trata de sistemas pequeños para uso doméstico.

c) Horizontales o de Desplazamiento: generalmente se construyen enterrados, son poco profundos y alargados, semejando un canal. Utilizan el sistema de operación semi-continuo, entrando la carga por un lado y saliendo los lodos por el otro extremo.

d) De régimen continuo: se desarrollan principalmente para tratamientos de aguas negras, su uso se ha extendido al manejo de otros sustratos. En general son plantas muy grandes en las cuales se emplean equipos comerciales para alimentarlos, proporcionarles calefacción y agitación, así como para su control. Por lo tanto, este tipo de plantas son mas bien instalaciones tipo industrial, donde se genera gran cantidad de Biogás, el que a su vez se aprovecha en aplicaciones industriales.

4.1.1. TIPO HINDÚ²⁸

Este sistema fue desarrollado en la India en la década de los 50, después de la Segunda Guerra Mundial, basado en las experiencias de franceses y alemanes durante la guerra, pues en este periodo, campesinos de esos países recurrieron a los digestores para obtener combustible para los tractores y calefacción doméstica en el invierno. Pasada la guerra, cuando los combustibles fósiles fueron fáciles de conseguir y bajaron de precio, se regresó a la comodidad de los hidrocarburos.

Dado que la India es pobre en combustibles convencionales, el Gobierno organizó la KVICK (Kaddi Village Industri Commision), en la estación experimental de Ajithmal en Ethawa, de donde salió el típico digestor conocido como Hindú y cuya principal característica es la de operar a presión constante. También de allí surgió el nombre de biogás para designar a este combustible obtenido a partir del estiércol animal.

Este tipo de digestor está compuesto por un tanque o pozo generalmente de mampostería, enterrado en el suelo utilizando la tierra como aislante para evitar pérdidas de calor y como soporte de las paredes que ayude a contrarrestar la presión hidrostática interna de la biomasa en fermentación.

Recibe carga orgánica mezclada con agua en una proporción de 1:1 y máximo de 1:5, por un tubo que conecta con la parte inferior del tanque. Ésta carga fresca desplaza por simple rebose de la parte superior a la que allí se encuentra y que se recolecta en un tanque externo para tal fin. Este efluente hidrolizado se utilizará posteriormente como abono orgánico digerido o como suplemento alimenticio, rico en proteínas, para la cría de peces o de animales domésticos en general.

En la parte superior está cerrado por una campana metálica o de otro material como madera, plástico o fibra de vidrio, que acumula los gases

²⁸ http://www.eco-gel.com/digestión_anaerobia.htm. Digestión anaerobia. Digestores convencionales. Español.

producidos por la fermentación y que se encuentra flotando sobre la biomasa en descomposición, con lo que se logra el estancamiento y la hermeticidad necesarias. El peso de la campana hace las veces de compresor, pues comprime el gas dentro de ella y la mantiene flotando hasta que fluya, por la tubería de conducción, al lugar de consumo.

Una de estas plantas tipo Hindú, trabaja normalmente con una presión constante de operación en el gas, del orden de 10 a 12 centímetros de columna de agua (CA), equivalente a 1/4 o 1/5 de libra por pulgada cuadrada. Ver Figura 4.1.

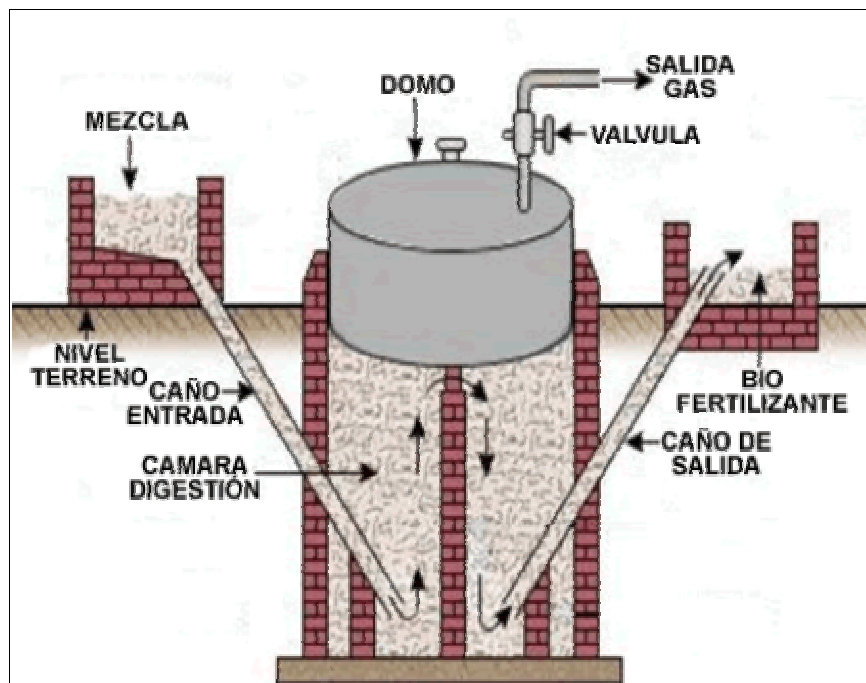


Figura 4.1. Biodigestor tipo Hindú²⁹.

Este digestor es el prototipo de la sencillez en su concepción y su operación, pues fue ideado para ser manejado por campesinos de muy escasa preparación.

²⁹ BUX SINGH, R. Bio-Gas Plant. India. Gobar Gas Research Station Ajitmal, Etawah (U.P.) India. 1974. p 14.

4.1.1.1. Ventajas

- Trabaja a presión constante.
- Se puede determinar con facilidad la cantidad de gas observando el nivel de la campana.
- La producción de gas es diaria, cuando se carga de la misma manera.
- El reactor no es susceptible a fugas.
- El reactor puede ser construido por el usuario sin dificultades.
- El reactor no necesita de mantenimiento especial, si está bien construido.
- El crecimiento bacteriano se da sin ningún requerimiento adicional.
- La campana deslizante, produce el rompimiento de la nata que a veces impide el escape de gas.

4.1.1.2. Desventajas

- Cuando la campana es de acero, se expone a la corrosión.
- Los costos de construcción y mantenimiento de la campana son altos, si ésta es metálica.
- El gasómetro suele presentar fugas, generadas por la falta de hermeticidad de la campana.
- La campana debe ser recubierta con pintura anticorrosiva una vez al año y se recomienda su reemplazo cada 10 años.

4.1.2. TIPO CHINO³⁰

Dado el éxito del sistema Hindú y su amplia difusión en los años 50 y 60, el gobierno Chino hizo un esfuerzo grande de divulgación y adaptación de ésta tecnología a sus propias necesidades. El gran problema de la China en ese momento no era energético, sino sanitario y alimenticio; para resolver estos dos graves problemas se desarrolló específicamente el digestor tipo Chino.

³⁰ http://www.eco-gel.com/digestión_anaerobia.htm. Digestión anaerobia. Digestores convencionales. Español.

Tradicionalmente, la China ha utilizado las excretas humanas como fuente insustituible de abono orgánico para toda clase de cultivos. Aunque esta práctica se ha utilizado durante milenios, los problemas de contaminación ambiental y sanitarios del sector rural, no se habían resuelto. Con la utilización del biodigestor se eliminan los malos olores, se recupera el abono orgánico de uso inmediato para los cultivos y además, se genera gas combustible para las cocinas y el alumbrado en las viviendas campesinas.

Por motivos diferentes de los hindúes, los chinos desarrollaron, por economía de construcción, el digestor unifamiliar que opera básicamente con presión variable. Es un tanque construido totalmente en mampostería, sin campana móvil y totalmente enterrado. Igual que el modelo hindú, recibe la carga fresca por un conducto que la lleva a la parte baja y entrega el efluente, por rebose, a un depósito externo en la parte superior. La diferencia principal entre los dos está en la utilización de la campana; en el sistema Chino, el gas queda atrapado con aumentos considerables de presión, pero a medida que se va gastando, ésta disminuye. Ver Figura 4.2.

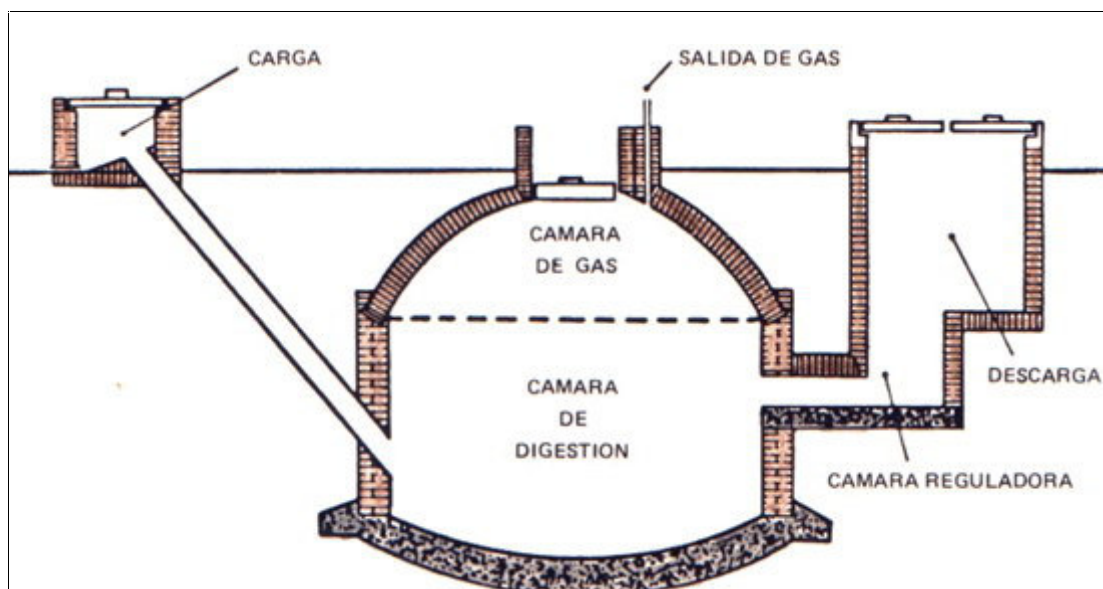


Figura 4.2. Biodigestor tipo Chino³¹.

³¹ OLADE. Estrategias y tecnologías disponibles para implementar programas rurales de biogás en América Latina. 2da. Ed. 1981. pp 25-35.

Un digestor de este tipo puede llegar a trabajar con un metro de columna de agua de presión o más, equivalente a 2 libras por pulgada cuadrada en algunos casos. Estos aumentos de presión plantean diversos problemas de carácter estructural, en especial si la construcción es de cierto tamaño.

El mayor problema de este diseño es la permeabilidad del gas metano a través de las paredes de mampostería del digestor, debido a su mayor presión de operación. Es por esta variación permanente de presión, a veces aumentando y otras disminuyendo, que el digestor tipo Chino tiene grandes limitaciones prácticas para el uso racional del gas combustible producido; por ejemplo, es imposible hacer funcionar una nevera, un motor de explosión interna o una lámpara para el alumbrado.

Sin embargo hay que recordar que su objetivo no fue el gas, sino el abono orgánico procesado y recuperado, gracias al cual la China logró superar la crisis alimenticia y viene aumentando desde hace unos 10 años su producción agrícola, a un ritmo sostenido del 10 % anual.

4.1.2.1. Ventajas

- Emplea en su construcción, materiales convencionales como ladrillo, bloque, cemento, etc.
- La producción de gas es diaria, cuando se carga de la misma manera.
- No comprende de partes metálicas sujetas a corrosión.
- Con el mantenimiento correcto, tienen una vida útil de hasta 20 años.

4.1.2.2. Desventajas

- La presión de gas no es constante, esto afecta a la eficiencia de los equipos y en ciertas ocasiones puede ser la causa de fugas en el biodigestor debido a los esfuerzos cíclicos que se presentan en las paredes del biodigestor.
- Una vez cargado de materia prima, necesita de sustrato con células que permitan el inicio de la fermentación.

- Debido a su principio de funcionamiento, el gasómetro debe ser hermético, lo que requiere de habilidad y precisión en la construcción.
- Los costos de impermeabilización son altos.

4.1.3. TIPO BOLSA³²

Este modelo fue desarrollado en la isla de Taiwán, pero el Gobierno de la antigua Alemania Federal, a través de una dependencia de ayuda externa, la GTZ, fue quien lo promovió, dentro de campañas de cooperación técnica en los países africanos.

Se trata de aplicar las mejores características técnicas de los modelos Hindú y Chino. Consiste de una bolsa de plástico o caucho, en forma de salchicha, que se acomoda sobre el piso a lo largo de una zanja en el terreno para que esté parcialmente sujeto por la tierra en los bordes. La carga fresca entra por un extremo y la descarga se hace por el opuesto.

El gas se acumula en la parte superior de la bolsa, parcialmente llena con biomasa en fermentación; la bolsa se va inflando lentamente con una presión de operación baja, pues no se puede exceder la presión de trabajo de la misma.

Este tipo de digestor es muy económico y fácil de transportar por su bajo peso, en especial en aquellos sitios de difícil acceso. Al ser hermético se reducen las pérdidas, pero por su fragilidad requiere disciplina social de las personas que lo manejan o que están a su alrededor, para evitar que lo dañen con algún objeto corto punzante; también es un inconveniente su corta vida, pues al estar a la intemperie, los rigores del clima lo deterioran en pocos años. Ver Figura 4.3.

³² http://www.eco-gel.com/digestión_anaerobia.htm. Digestión anaerobia, Digestores Tipo Bolsa. Español.

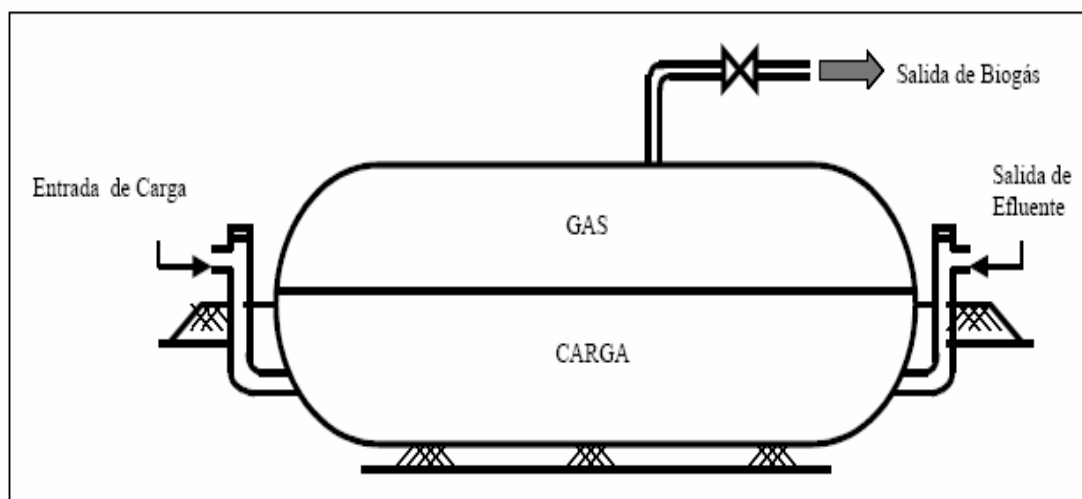


Figura 4.3. Biodigestor tipo Bolsa³³.

La operación de este digestor es muy eficiente al ser del tipo Tapón (Plug Flow Reactor) y puede ser construido en mampostería con un aumento de precio. Según estos principios se desarrolló el modelo Xochilco – México, pero presenta los mismos problemas de hermeticidad del modelo chino al aumentar la presión en las horas de no utilización del gas.

4.1.3.1. Ventajas

- Funciona como una planta de cúpula fija, cuando la cámara de gas está llena.
- Debido a la estructura de membrana sintética, garantiza una excelente hermeticidad e impermeabilidad.
- Los tubos de entrada y salida, así como el resto de accesorios están directamente sujetos a la pared de la bolsa.
- El costo en relación con uno de cúpula fija se puede reducir en un 50% o más.
- Su instalación es rápida y sencilla.
- La utilización de materiales sintéticos (polietileno, caucho, acrílico, polivinilo o PVC) en todos los conductos que entran en contacto con el biogás, evita la alta corrosión que el fluido provoca sobre metales.

³³ KORMI, I. Biogas. United Nations Development Programme. Energy Office. 1985, p 16.

4.1.3.2. Desventajas

- Debido a su baja presión, es necesario colocarle sobrepesos al balón para aumentarla.
- Es susceptible a daños, o rupturas. Además los rayos ultravioleta, pueden quemar el polietileno y disminuir su vida útil.
- Tiene una vida útil corta, de aproximadamente 5 años. Sin embargo el reemplazo de la bolsa de polietileno es rápido, sencillo y poco costoso.

4.2. SELECCIÓN DEL BIORREACTOR

La Tabla 4.1. muestra algunas de las características de los biodigestores, tipo Chino, tipo Hindú, y tipo Bolsa, tratados en este capítulo.

Tabla 4.1. Resumen de características de algunos tipos de biodigestores.

TIPO	CHINO	HINDÚ	BOLSA
características	De estructura sólida fija	De estructura sólida móvil	De balón de plástico
Cámara de digestión	Esférica/bajo tierra	Esférica/Semiesférica	Semiesférica
Presión del gas	No constante	Constante	Muy baja presión de gas, es necesario aumentar la presión con sobre peso
Localización óptima		Todos los climas	Todos los climas
Vida útil	20 años	20 años	5 años
Ventajas	Bajos costos de construcción. No posee partes móviles. No poseen partes metálicas que puedan oxidarse. No tiene partes expuestas, por eso está protegido contra las bajas temperaturas.	Manejo fácil. El gas almacenado es visible a través del nivel de la campana.	Bajos costos de construcción. Fácil transporte e instalación. Construcción horizontal y plana que favorece en los lugares con alto nivel freático.
Desventajas	La presión puede ser muy alta por eso la cúpula tiene que ser cuidadosamente sellada, porosidades y grietas pueden afectar la planta.	Alto costo de construcción de la campana. En la mayoría de los casos la campana es metálica y está sujeta a corrosión, Más costos de mantenimiento causado por trabajo de pintura.	El material plástico está sujeto a daños y tiene que ser protegido.

Para la ejecución de este proyecto, los biodigestores anteriormente descritos, no reúnen las características suficientes debido a que se requiere un prototipo fácil de transportar y debe adaptarse un sistema de calentamiento. Por lo que se escoge un biorreactor de tipo Bolsa con ciertos cambios para que se adapte a las necesidades del proyecto.