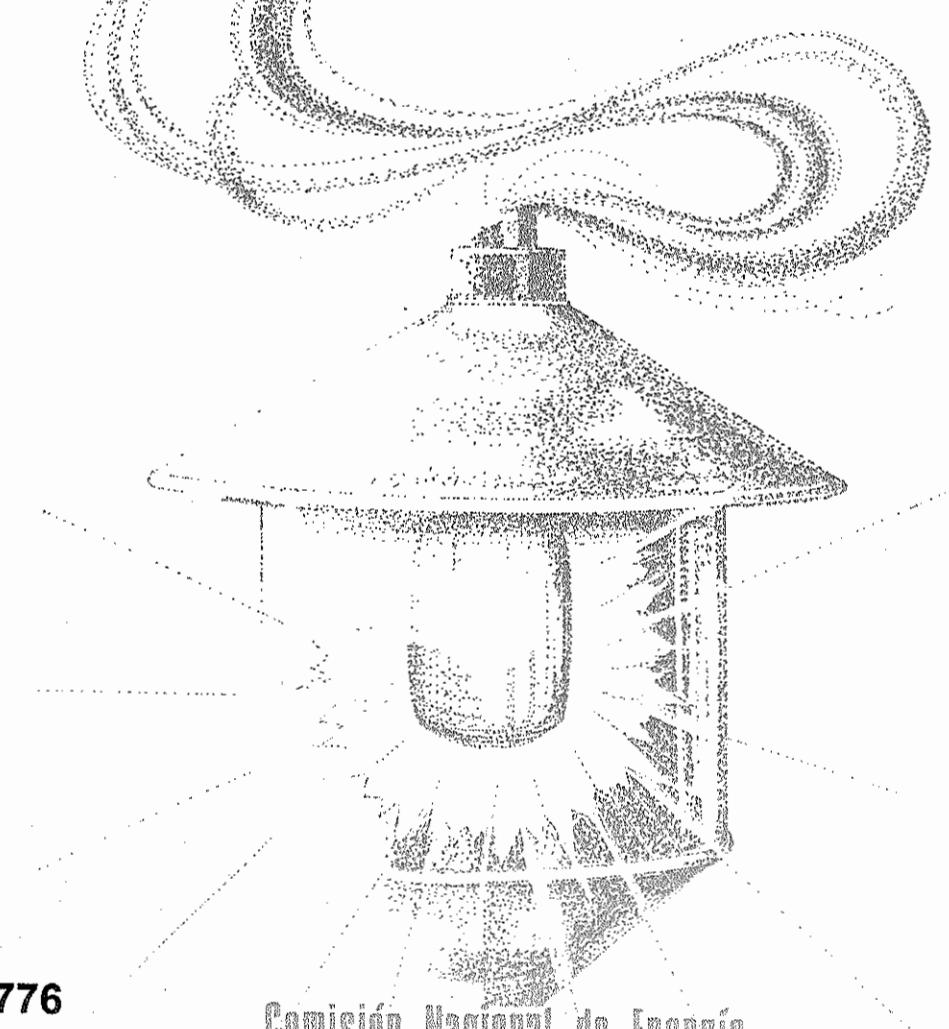


# **BIOGAS**

## **CONSTRUCCION**

## **PRODUCCION Y**

## **UTILIZACION**



**665.776**  
**C7333**

**Comisión Nacional de Energía**

## INDICE

### INTRODUCCION

1. ¿A qué se le llama biogás?
2. La composición del biogás
3. ¿Qué es una planta de biogás?
4. ¿Cómo se produce el biogás y el abono?
5. Tipos de digestores
6. Beneficios de las instalaciones de biogás
7. ¿Cómo trabaja una planta de biogás?
8. Principales factores que inciden en la producción de biogás
9. Utilización del biogás
10. Utilización de los residuos digeridos (abono)
11. Mantenimiento y cuidado en general de una planta de biogás
12. Posibles dificultades de operación
13. Lo que se debe hacer para construir y explotar una planta de biogás.
14. Purificación del biogás
15. Capacidades de digestores del tipo. indio

### INTRODUCCION

La Comisión Nacional de Energía tiene la tarea de estudiar y propugnar el desarrollo de instalaciones de aprovechamiento de los desechos animales, vegetales e industriales para la obtención del biogás.

Este folleto tiene el propósito de dar a conocer algunos aspectos relacionados con el proceso de producción y utilización del biogás, a través de una recopilación de informaciones, fundamentalmente internacionales, resultado de la experiencia con instalaciones comerciales o de plantas de demostración en diversos países.

El biogás está comprendido dentro de las fuentes de energía nuevas y renovables utilizando como materia prima para su producción diferentes materiales residuales, tales como: excretas de animales, residuos de la industria azucarera, residuos agrícolas, efluentes de la industria del papel, destilerías, residuales urbanos, etc.

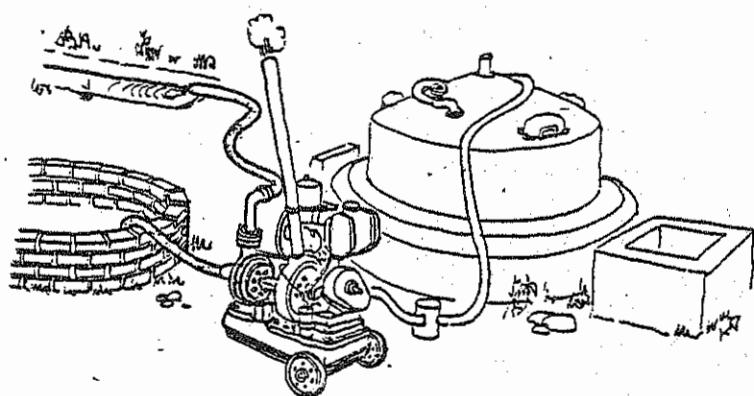
En el Programa Integral de Biogás elaborado, algunos de los proyectos concretan desarrollos ya en operación, otros apoyan la fase de demostración de diferentes tecnologías de producción y algunos se refieren a investigaciones al nivel de planta piloto.

Aún resta un intenso trabajo a realizar que permita el establecimiento de un programa de desarrollo de esta nueva fuente y este folleto tiene el propósito de dar a conocer de forma sencilla un conjunto de elementos sobre el biogás que permita evaluar su potencial y posibles aplicaciones.

## 1. ¿A QUE SE LE LLAMA BIOGÁS ?

Se le llama biogás al gas que se produce mediante un proceso metabólico de descomposición de la materia orgánica sin la presencia del oxígeno del aire.

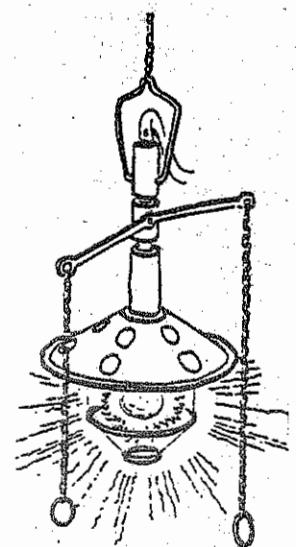
Este biogás es combustible, tiene un valor calórico de 4 700 a 5 500 kcal/m<sup>3</sup> y puede ser utilizado para la cocción de alimentos, para la iluminación de naves y viviendas, así como para la alimentación de motores de combustión interna.



## 2. LA COMPOSICIÓN DEL BIOGÁS

Esta composición oscila entre los siguientes valores:

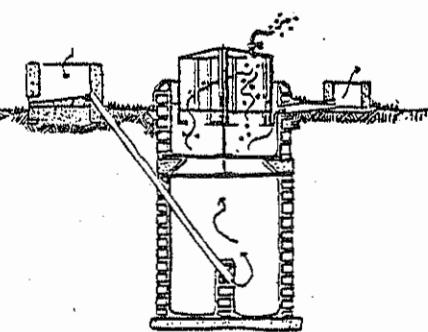
	%
- Metano (CH <sub>4</sub> )	40 - 70
- Anhídrido carbónico (CO <sub>2</sub> )	60 - 30
Trazas de:	
Nitrógeno (N <sub>2</sub> )	0,5 - 3
Sulfuro de hidrógeno (SH <sub>2</sub> )	0,1
Hidrógeno (H <sub>2</sub> )	0,1
Vapor de agua	



## 3. ¿QUE ES UNA PLANTA DE BIOGÁS?

Una planta de biogás consiste en un digestor y una campana almacenadora de gas que cubre el digestor.

El digestor no es más que un depósito hecho con diferentes materiales de construcción, enterrado o no, donde se introducen materiales de desperdicios.



La campana de gas o domo, - encargada de recoger el gas en la medida que es produci- do, puede ser metálica, de madera recubierta de plástico, de materiales de construcción como ferrocemento o fija de mampostería. En otros casos la campana puede estar separada del digestor llamándose entonces gasóme- tro.

Este gasómetro es una campana invertida sumergida en un tanque de agua que además de almacenar, ejer- ce presión al gas para el con- sumo.



## 4. ¿COMO SE PRODUCE EL BIO GAS Y EL ABONO?

Los materiales de desperdi- cio bien mezclados con agua se introducen periódicamente en el digestor de la planta. Estos materiales - pueden ser:

- Estiércol animal proce- dente del ganado vacuno, de caballos, puerco, - aves de corral, carneros y excretas humanas.

Desperdicios de cosechas, paja, hierba, bagazo, madera, meollo, desechos orgánicos industriales y desechos de cocinas.

En el digestor de una planta de biogás las sustancias orgánicas que posee el material de desperdicios sufren un proceso de descomposición por las bacterias y microorganismos en ausencia del oxígeno del aire (fermentación anaerobia). Este proceso se resume en tres etapas:

#### Primera etapa

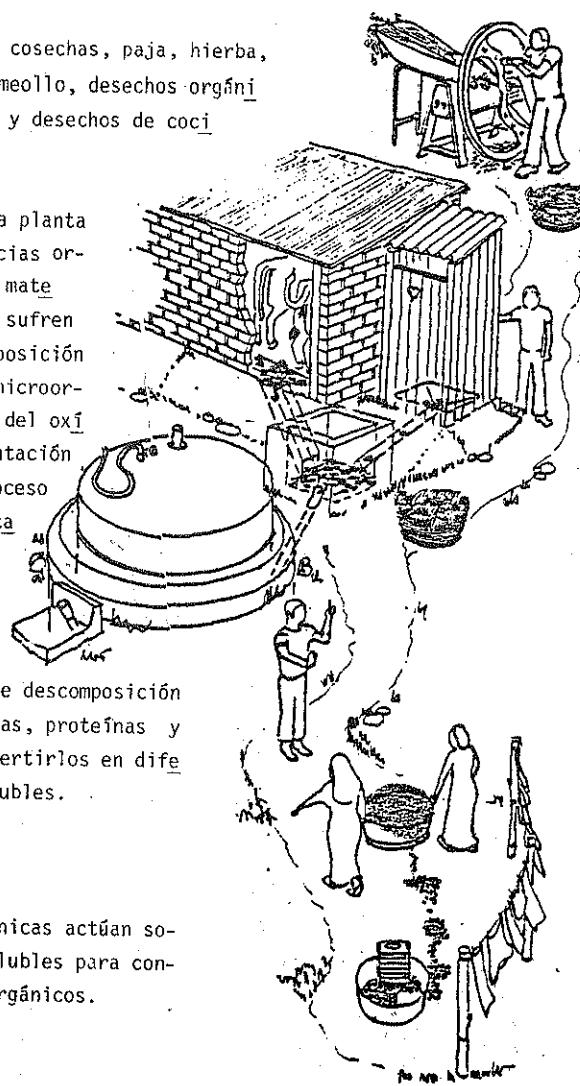
Los microorganismos de descomposición actúan sobre las grasas, proteínas y la celulosa para convertirlos en diferentes compuestos solubles.

#### Segunda etapa

Las bacterias acidogénicas actúan sobre los compuestos solubles para convertirlos en ácidos orgánicos.

#### Tercera etapa

Las bacterias metanogénicas actúan sobre los ácidos orgánicos para producir biogás y dejar un residuo digerido rico en nitrógeno utilizable como abono de alta calidad.



#### 5. TIPOS DE DIGESTORES

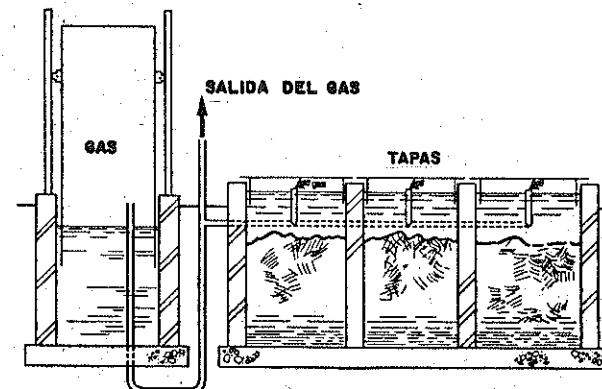
Los digestores varían ampliamente con relación a su complejidad y utilización. Existen algunas diferencias esenciales entre los principios del digestor y por conveniencia se clasifican de la siguiente forma:

- Discontínuos
- Contínuos
- Alta producción
- Otros tipos

Los diseños más sencillos caen dentro de la clasificación de digestores - discontinuos y los más complejos se caracterizan por poseer revolvedores y calentadores de mezcla.

#### - Digestor discontinuo

Esta planta consiste en una batería de digestores y un gasómetro separado. El objetivo de disponer de más de un digestor consiste en tener siempre uno de ellos en carga o descarga, mientras el resto se encuentra en producción. La alimentación con material orgánico, só-

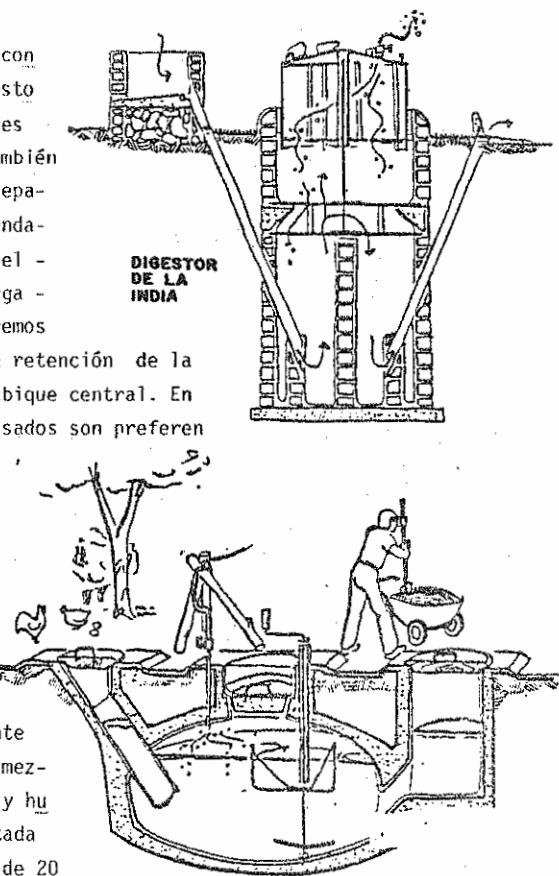


lido, seco, se realiza por lotes (discontinuamente) y la descarga se realiza finalizada la digestión. Puede utilizar materiales difíciles de digerir metanogéticamente (desechos vegetales).

Está destinado a pequeñas y grandes explotaciones agropecuarias, su uso a escala doméstica es poco práctico. Existen proyectos de digestores de este tipo como por ejemplo el OLADE, Guatemala.

Este sistema de digestión consiste en uno o varios digestores con sus correspondientes campanas. En ocasiones también se proyecta un gasómetro separado. La característica fundamental es que diariamente el digestor se carga y descarga en igual cantidad por extremos opuestos. Para aumentar la retención de la materia prima, posee un tabique central. En este caso los materiales usados son preferentemente excretas, deben ser bien diluidos y la mezcla ser homogénea.

Se conoce también la experiencia desarrollada por los chinos con una planta de biogás semi-continua. Este sistema muy utilizado domésticamente emplea residuos vegetales mezclados con excreta animal y humana, preferiblemente tratada al aire durante alrededor de 20 días antes de introducirla en el digestor.

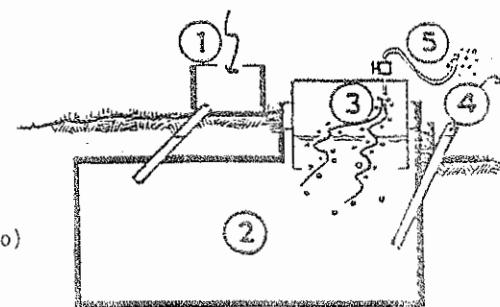


A continuación con carácter informativo, se muestran varios tipos de plantas de biogás, señalándose mediante la numeración las partes fundamentales que la integran y cuyo significado es el siguiente:

- 1- Poceta de carga de la planta
- 2- digestor
- 3- gas producido y encerrado
- 4- salida del abono de la planta
- 5- tubería de gas

#### PLANTA DE BIOGÁS HORIZONTAL CON CAMPANA MÓVIL.

Se utiliza cuando el nivel de agua del terreno (manto freático) es alto o cuando la tierra contiene muchas rocas.



Se construyen directamente o en ocasiones cuando hay dificultades en construir la campana de gas hermética como en el sistema chino.

#### PLANTA DE BIOGÁS CON GASÓMETRO SEPARADO DEL DIGESTOR

Se adecúa a instalaciones mayores. El aislamiento puede ser mejorado aumentando los costos.

#### PLANTA DE BIOGÁS DE DOS FASES CON CAMPANA INTEGRAL Y TRAMPA DE AGUA

La campana de gas se mantiene limpia.

Se deposita aceite en la trampa de agua para evitar corrosión.

#### PLANTA DE BIOGÁS DE GRAN ESCALA CON VARIOS AGITADORES Y CAMPANA INTEGRAL

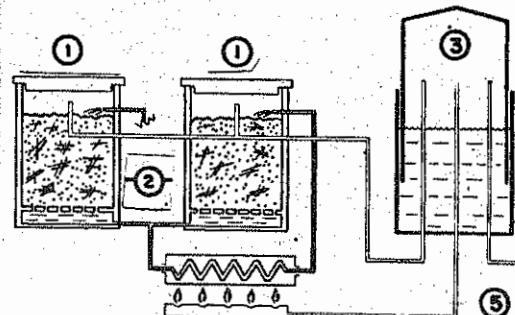
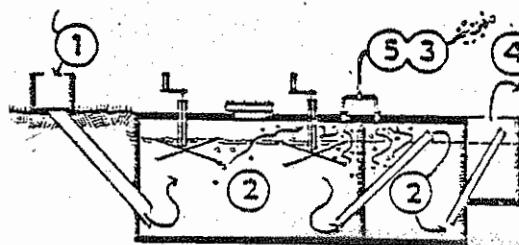
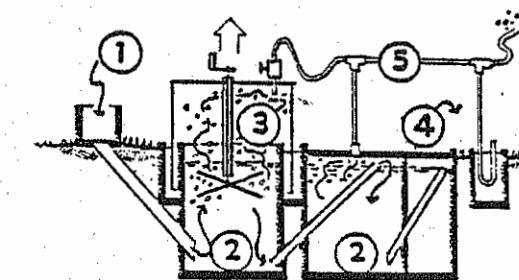
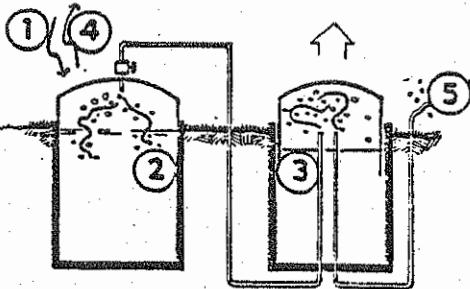
Mejora la fermentación.

Aumenta la producción de gas.

Aumenta los costos.

#### PLANTA DISCONTINUA CON CALENTAMIENTO Y ALTOS RENDIMIENTOS

Nota: La salida del abono no es visible en el esquema.



## 6. BENEFICIOS DE LAS INSTALACIONES DE BIOGAS

- Mejora y conserva nutricionalmente el suelo lo que le permite obtener mejores cosechas.
- Sustituye la pérdida de árboles que serían quemados para cocinar alimentos.
- Ayuda a solucionar la contaminación ambiental y mejora las condiciones sanitarias.
- Esta tecnología es aplicable en cualquier lugar, independiente del nivel cultural y técnico.
- Se obtienen elevados volúmenes de abono de mejor calidad que si se emplea directamente las excretas sobre el terreno.
- Mejora las condiciones de trabajo y de la vida en áreas rurales.
- Los estratos sólidos digeridos no atraen a moscas ni roedores.
- Se conservan los elementos fertilizantes de la biomasa.
- Produce gas combustible.
- En vaquerías evita las pérdidas de leche por contaminación con el kerosene, por la falta de higiene en los paños de ordeño.

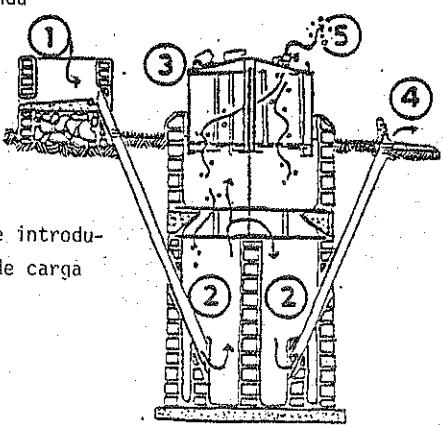


## 7. ¿COMO TRABAJA UNA PLANTA DE BIOGAS?

Observe qué ocurre en un digestor hindú o indio del tipo continuo con campana flotante.

El digestor se carga de una mezcla homogénea y bien diluida en agua.

Esta mezcla fresca se prepara diariamente en un recipiente mezclador y se introduce en el digestor (2) por la poceta de carga (1).



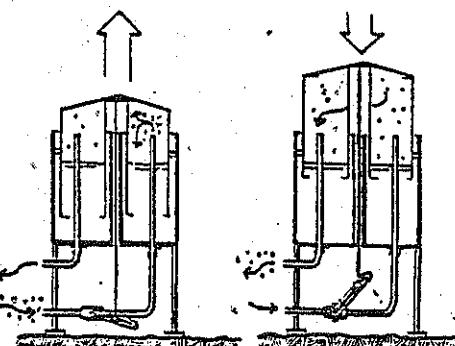
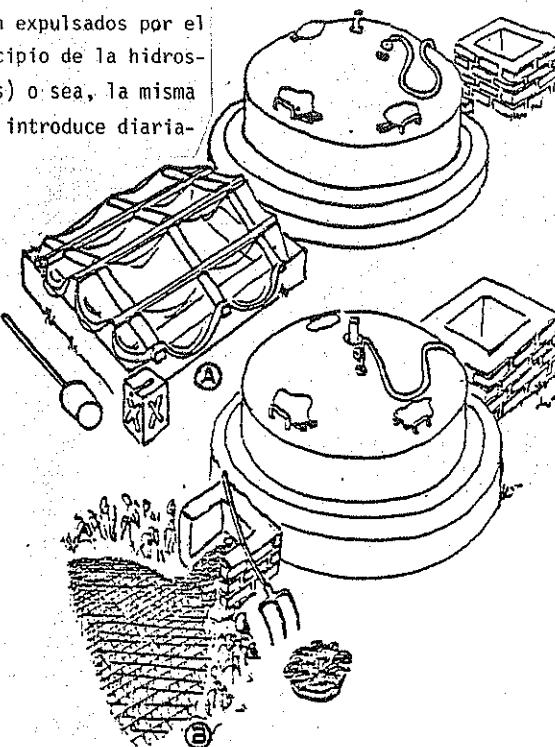
Los residuos digeridos son expulsados por el digestor mediante el principio de la hidrostática (vasos comunicantes) o sea, la misma cantidad de mezcla que se introduce diariamente en el digestor, sale "digerida" por la poceta de descarga (4).

Estos residuos se pueden almacenar en un depósito hasta que se necesiten aplicarse inmediatamente al terreno.

Como es conocido, dentro del digestor se encuentran millones de bacterias, las cuales se alimentan de las materias orgánicas (en este caso de las excretas) dejando un residuo digerido y además produciendo biogás (5).

Las burbujas de gas producidas tienden a flotar y escapar de la mezcla y son atrapadas por la campana de gas (3) que poco a poco irá subiendo por el empuje del gas acumulado.

Según el esquema mostrado de un gasómetro, se observa que a medida que se utilice el biogás la campana irá bajando nuevamente.



## 8. PRINCIPALES FACTORES QUE INCIDEN EN LA PRODUCCION DE BIOGAS

- a) Temperatura
- b) Tiempo de retención
- c) Tipo de materia orgánica. Mezcla adecuada
- d) Presencia del oxígeno
- e) El pH (alcalinidad)
- f) Relación carbono-nitrógeno
- g) Concentración de sólidos volátiles

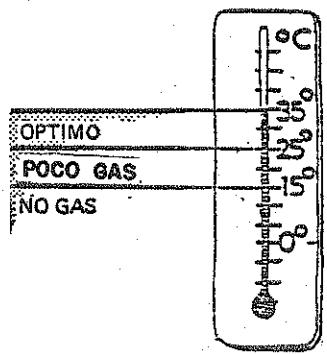
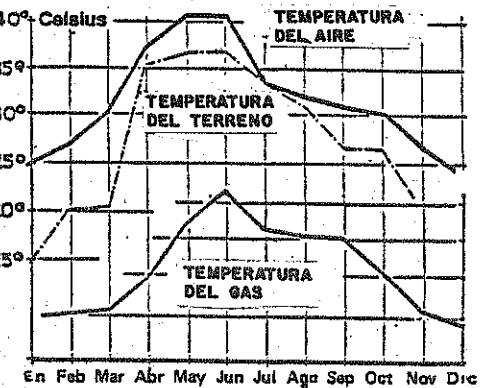
De forma general se comentarán algunos de los factores que inciden en la producción de biogás por la importancia que poseen.

## a) Temperatura

Las bacterias como microorganismos vivientes son más activas cuando las condiciones ambientales le son favorables. Por eso la temperatura debe ser uniforme entre los 25 ° y 35 ° C. Realmente la temperatura más adecuada sería la que coincide con la temperatura corporal de los intestinos de los animales.

Fluctuaciones considerables en la temperatura o tendencia a bajar por debajo de los 15° C provocaría que la producción de biogás se detenga prácticamente.

En la gráfica se observa como varían la temperatura del aire, la temperatura del terreno y la temperatura del biogás a la salida de una planta en diferentes épocas del año, en países situados en zonas tropicales. Cuba posee magníficas condiciones para la utilización de plantas de biogás sin necesidad de enterrarlas, debido a que nuestras brisas no son frías. El calentamiento de los digestores de las plantas de biogás debe ser económico, pudiendo utilizarse



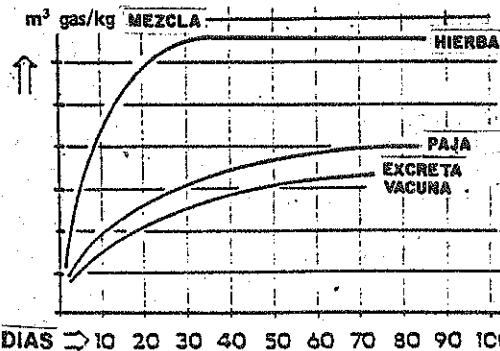
pinturas de color negro, la circulación del agua caliente de una máquina de combustión interna estacionaria por dentro de las paredes del digestor, el uso de la energía solar o hasta la quema de una parte del biogás producido.

Es importante tener presente que no enterrar las plantas obliga a buscar soluciones económicas, prácticas y factibles que garanticen el llenado y el vaciado del digestor, ya que para estos casos se va haciendo complejo el uso del principio de vasos comunicantes para sistemas continuos.

## b) Tiempo de retención, fermentación o digestión

Las bacterias necesitan tiempo para descomponer los residuos orgánicos presentes en el material de desecho, pero esto también depende de la temperatura. Mientras mayor sea la temperatura más corto podría ser el período de fermentación, retención o digestión. Lógicamente si el tiempo de retención se acorta, el tamaño del digestor se reduce y también se reducirán los costos de la planta.

Aunque la gráfica plantea que el tiempo de retención oscila entre 30 y 60 días para nuestras condiciones, este período puede mejorarse aumentando la eficiencia del digestor, revolviendo y calentando la mezcla.



## c) Tipo de materia orgánica

Uno de los principales factores que se tienen presente para la selección de una planta de biogás es el tipo de material a digerir. Podrán usarse excretas de todo tipo, aguas negras de ciudades, desechos de cosechas, hierba, paja, residuales de las industrias o combinación de algunas de estas materias. Cuando se usen materiales fibrosos (hierba, paja, tallos, cáscaras, etc.) deberán ser cortados de forma muy fina (entre 1 y 3 cm) para evitar bloqueo en la producción de biogás, ya que se produciría una nata o espuma flotante.

Seguidamente se expone una tabla de valores promedio de producción de biogás para diferentes mezclas. El objetivo fundamental de ella es mostrar la necesidad de diluir correctamente la mezcla con agua, siendo esto en algunas zonas rurales una limitante, debido a las cantidades de agua que se requieren.

#### PRODUCCION DE BIOGAS PARA DIFERENTES MEZCLAS

MATERIALES	PROPORCIONES	m <sup>3</sup> /TONELADA CON TENIDO SOLIDO	% METANO
- Excreta pollo/agua	1 : 8	655 - 1 150	50 - 60
- Excreta cerdo/agua	1 : 2,9	400 - 600	50 - 60
- Jacinto agua		400 - 500	50 - 60
- Restos cosechasverdes/agua	1 : 0,5 - 2	340 - 400	60
- Excreta vacuna fresca superficie seca	1 : 1 1 : 2	220 - 400	50 - 60
- Excreta caballar o carne- ro/agua	1 : 1 - 3	100 - 300	50 - 60
- Excreta humana/agua	1 : 1	220 - 280	50
- Hierba fresca/agua	1 : 0,5 - 2	630	70
- Paja de trigo		432	59
- Cáscara de arroz		615	58
- Residuos urbanos		640	50

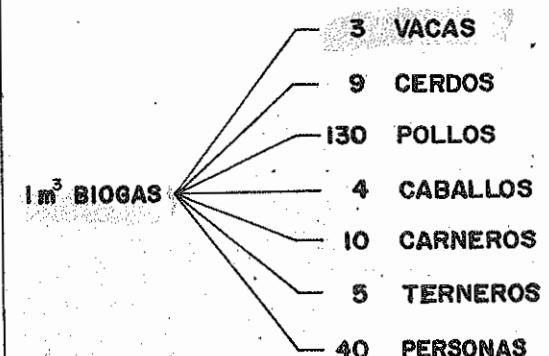
El mejor material para comenzar el proceso de digestión de una planta de biogás es "excretas de vacas" ya que están enriquecidas con muchas bacterias que provienen del animal. Las excretas humanas producen biogás, aunque en menor cantidad que las excretas de los animales.

La actividad del digestor no debe recargarse con la adición excesiva de materiales a digerir. Esto tiende a reducir las actividades de las bacterias y a disminuir su labor. También las bacterias pueden ser fácilmente envenenadas con demasiada concentración de jabón, ácidos y otras sustancias químicas. En ambos casos la producción del gas se reduce y tomará un olor desagradable. Existen otros factores determinantes en los procesos de biogás tales como: presencia del oxígeno, proporción carbono-nitrógeno de las mezclas, el pH, ácidos volátiles y contenido sólido entre otros que no detallaremos.

Seguidamente se muestra una tabla de valores promedio, con algunas posibles fuentes de biogás, considerando que es recogida toda la excreta aportada por el animal.

#### ALGUNAS POSIBLES FUENTES DE BIOGAS

	ESCRETA HUMEDA DIARIA (Kg)	m <sup>3</sup> DE BIOGAS POR DIA
VACA	10	0,360
CERDO (50 Kg)	2,25	0,101
POLLO (2 Kg)	0,18	0,008
CABALLO	10	0,300
CARNERO	2	0,100
TERNERO	5	0,200
PERSONA ADULTA	0,40	0,025



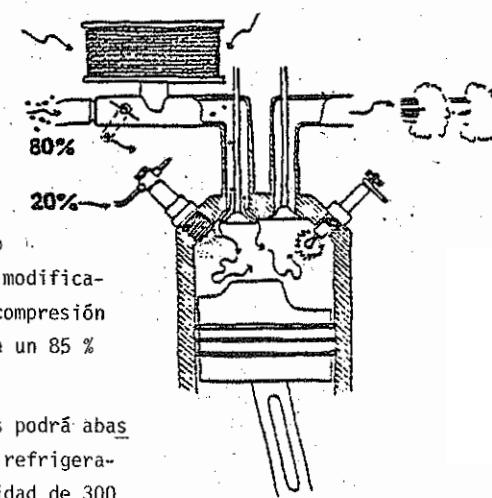
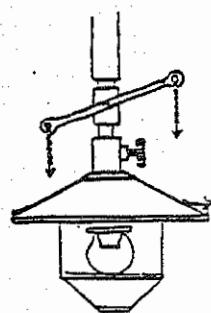
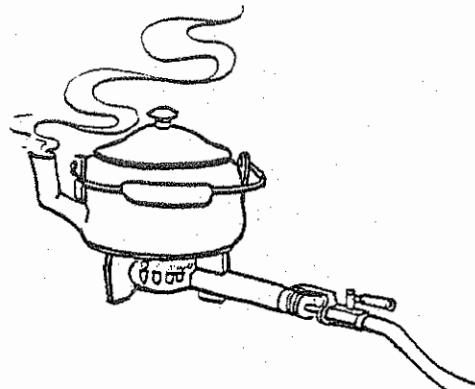
## 9. UTILIZACION DEL BIOGÁS

El biogás es un combustible que quema con una llama azul libre de hollín. Posee un límite de inflamabilidad en el aire entre 6 - 12 % por volumen. Tiene una densidad menor en un 20 % que la densidad del aire.

De acuerdo a su importancia la utilización del biogás debe realizarse atendiendo al siguiente orden:

- Para la cocción de los alimentos. Los requerimientos para la cocción de alimentos son de 0,23 - 0,3 m<sup>3</sup> diarios por persona, dependiendo del tiempo de cocción del alimento y del número de personas.
- Los requerimientos para iluminación son de 0,12 - 0,15 m<sup>3</sup> por hora y por lámpara de 100 candelas equivalente a 60 watts.
- En motores de combustión interna los requerimientos necesarios para alimentar un motor de combustión interna son 0,42 m<sup>3</sup> por caballo de fuerza durante una hora. Utilizando motores diesel se ha podido observar que con el uso del biogás se logra disminuir el consumo de petróleo en alrededor de un 60 %. Con modificaciones en el encendido y la compresión se ha llegado a ahorrar hasta un 85 % de petróleo.

En refrigeradores. El biogás podrá abastecer durante tres horas, un refrigerador de kerosene de una capacidad de 300 litros con sólo 1 m<sup>3</sup> de este combustible. Para ello deberán modificarse los orificios del quemador, con el propósito de brindar la cantidad de calor necesario para este trabajo.

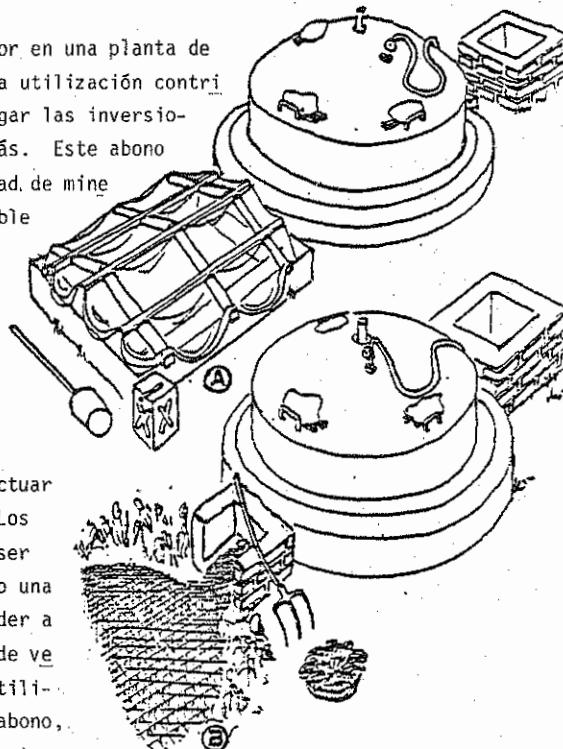


A continuación una tabla de valores promedio de cantidades de combustible equivalente a 1 m<sup>3</sup> de biogás con un valor calórico de 5 000 kcal.

- Generar entre 1,25 - 1,6 kW/h de electricidad.
- Cocer tres platos diferentes para cuatro personas.
- Alimentar un motor de combustión de 2 HP durante una hora.
- Alimentar una lámpara (equivalente a 60 watts) durante siete horas.
- Equivalente a tener 0,5 kg de fuel oil.
- Equivalente a tener 0,4 kg de diesel.
- Equivalente a tener 0,8 litros de gasolina.
- Equivalente a tener 1,0 litros de alcohol.
- Equivalente a tener 0,5 kg de butano.
- Equivalente a tener 3,6 kg de carbón de leña.
- Equivalente a tener 0,6 litros de kerosene.
- Equivalente a tener 1,4 kg de carbón vegetal.
- Equivalente a tener 1,5 m<sup>3</sup> de gas de ciudad.
- Equivalente a tener 1,6 kg de carburo de calcio.

10. UTILIZACION DE LOS RESIDUOS DIGERIDOS (ABONO)

El abono tiene un gran valor en una planta de biogás. Su total y correcta utilización contribuyen notablemente a sufragar las inversiones de las plantas de biogás. Este abono contiene una amplia variedad de minerales, incluyendo una notable cantidad de nitrógeno que es fundamental en el crecimiento de las plantas. A los efectos de aprovechar correctamente el abono, se recomienda incorporarlo al suelo alrededor de una semana antes de efectuar el roturado de la tierra. Los cultivos de granos pueden ser fertilizados con este abono una o dos veces antes de proceder a la cosecha. Los cultivos de vegetales no deberán ser fertilizados nuevamente con este abono, durante la fase de crecimiento.



El abono producto de la digestión es capaz de producir mejoras en las cosechas entre el 10 y 20 % por encima del beneficio que reportaría la excreta sin digerir; además de eliminar sensiblemente las plagas.

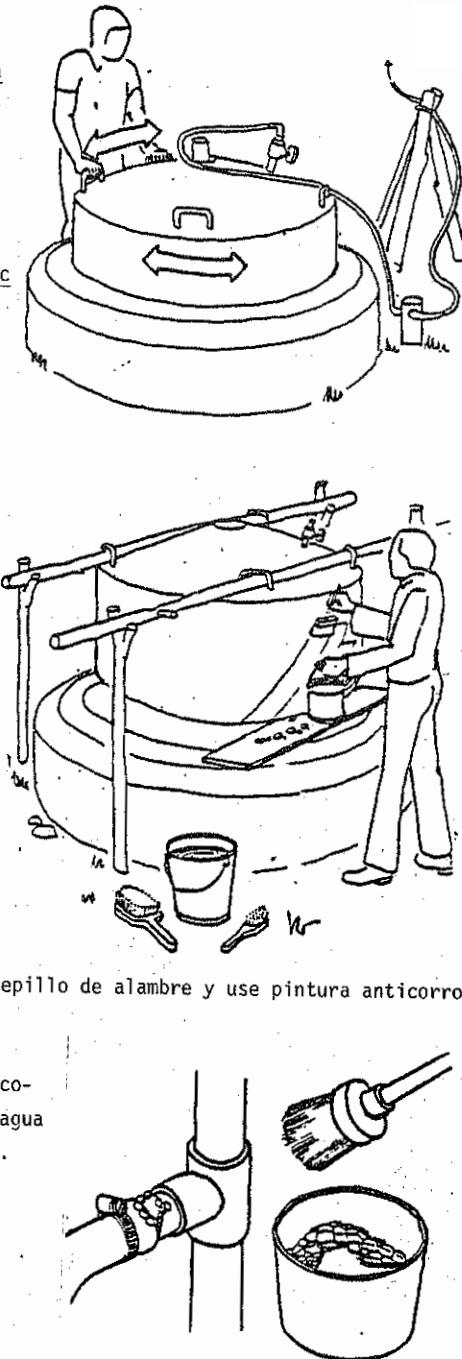
El abono podrá almacenarse hasta que llegue el momento de ser aplicado. Existen dos formas de almacenamiento de este abono:

- Como fertilizante líquido en un foso cubierto o tapado, de manera de minimizar las pérdidas de nitrógeno.
- Como abono sólido en un lecho de secado. En este caso se pierde parte del nitrógeno pero se le pueden añadir otros residuos vegetales (compostado) para incrementar el volumen del fertilizante.

El abono obtenido en este proceso puede emplearse también en la alimentación de peces, así como ser enriquecido con otros productos alimenticios para incorporarlo nuevamente en la alimentación de animales.

11. MANTENIMIENTO Y CUIDADO GENERAL DE UNA PLANTA DE BIOGÁS

- Llene el digestor con regularidad, preferiblemente alrededor del medio día que es cuando la nueva carga está más caliente.
- Controle la proporción correcta de la mezcla y rote o mueva la campana para romper la nata superficial dentro del digestor.
- Limpie los laterales de la campana semanalmente con agua y chequee el nivel de agua en la trampa o sifón de la campana. Drene la humedad condensada en los conductos al nivel necesario.
- Anualmente pinte la campana, para esto espere que la misma alcance su mayor altura, o sea, cuando la presión del gas la eleve al máximo. Lávela y elimine los lugares de óxido con un cepillo de alambre y use pintura anticorrosiva.
- Periódicamente compruebe las conexiones de las tuberías con agua y jabón para evitar salideros.



## Problemas en la puesta en marcha del digestor

Si la campana de gas no sube o no hay generación de gas:

- El registro principal de gas está abierto
- No hay agua en la trampa o sifón de la campana
- Hay salidero en la campana o las tuberías
- La actividad de las bacterias no es correcta. Agregue mezcla activa de otro digestor que esté funcionando y revuelva.

## Problemas que surgen después de largos períodos de operación

## I. POCO GAS

- Chequee la preparación de la mezcla y el volumen de la carga en el digestor
- Las sustancias tóxicas han penetrado en el digestor. Opere la planta por espacio de dos semanas y si no mejora deberá vaciar el digestor y cargarlo nuevamente.
- La planta está demasiado ácida y tendrá olor desagradable, agregue agua de cal
- La planta tiene nata espesa, la cual interfiere la salida de las burbujas de gas. Para esto deberá mover la campana o revolver la mezcla.

## II. PARPADEO EN LA LLAMA DE GAS

- Limpie los agujeros de salida del gas
- La tubería de gas puede tener agua, recoger el agua en la trampa correspondiente
- Compruebe la alimentación por gravedad del sifón
- El viento puede estar batiendo la llama. Adicione una pantalla.
- El consumo de gas es muy alto. Ajuste correctamente la mezcla de aire.

## 13. LO QUE SE DEBE HACER PARA CONSTRUIR Y EXPLOTAR UNA PLANTA DE BIOGAS

- Seleccione la planta de biogás, dependiendo del número y tipo de animales que tenga la instalación.
- Asegúrese de que la planta de biogás se instale en un lugar abierto y que reciba amplia luz solar durante todo el día y todo el año.
- Despues de construida la planta, el digestor debe ser curado por 10 o 12 días.
- El lado exterior de la pared del digestor debe ser compactado firmemente con tierra.
- Alimente la planta de biogás con excreta de ganado y agua en las proporciones correctas. Se recomienda cuatro partes de excreta y cuatro de agua para garantizar una mezcla homogénea (para ganado vacuno). Se recomienda agua de pozo.
- Cuando esté llenando plantas de biogás (sistema indio), asegúrese que sean llenados uniformemente ambos lados del tabique central hasta la línea correcta.
- Asegúrese de que la mezcla esté libre de tierra o arena.
- Cuando el digestor esté lleno con la mezcla homogénea de agua de desecho, coloque la campana en el tubo o guía central, manteniendo la válvula de compuerta cerrada.
- Tan pronto como el gas se acumule en la campana conecte la tubería de gas a la cocina o lámparas de alumbrado. El gas producido debe ser consumido regularmente.
- Rote la campana de la planta de biogás (tipo indio) una o dos veces por día para romper la espuma.
- Para una utilización eficiente en la cocción, utilice el quemador apropiado para este caso.
- Abra la llave del regulador de gas en el momento de su utilización.

- Ajuste la llama rotando el regulador de aire hasta que la llama sea azul. Esto dará el máximo de calor.
- Con intervalos de 4 ó 5 días, drene el agua que se haya acumulado por condensación en la tubería de gas.
- Períódicamente límpie el exterior de la campana con agua fresca para evitar crostas e incrustaciones.
- Almacene el abono en un pozo o lugar apropiado de manera que no se derrame el contenido líquido de la mezcla.
- Chequee el tubo de salida periódicamente durante la estación de verano - para evitar tupiciones.
- Pinte la campana (si es de acero) anualmente, para prolongar su vida.

#### El digestor

- Debe estar cerca de la materia prima a utilizar (cerca del establo del ganado) y cerca del lugar destinado para el almacenamiento del abono y a la distancia correcta de la cocina, según el tamaño del digestor.
- Debe estar a más de 20 metros del pozo de agua potable.
- Debe estar seguro a las inundaciones y fuertes vientos.
- Debe tener condiciones de solidez en su construcción.
- Debe estar libre de obstáculos que sean arrastrados al interior del digestor.

#### 14. PURIFICACION DEL BIOGÁS

El uso del biogás en motores hace necesario eliminarle el sulfuro de hidrógeno antes de ser utilizado. Además es recomendable separarle el dióxido de carbono si se desea embotellar.

##### - Eliminación del sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ )

Limallas de hierro pueden ser usadas para absorber el sulfuro de hidrógeno que contiene el biogás. Se ha comprobado que alrededor de 2,5 kg de limallas pueden absorber 1  $m^3$  de sulfuro de hidrógeno, o sea, podrá limpiar 100  $m^3$  de biogás asumiendo que contiene no más de 1 % de ( $H_2S$ ).

##### - Eliminación del $CO_2$

El  $CO_2$  usualmente es eliminado haciendo burbujejar el gas a través de agua de cal. Esta solución se prepara mezclando 1 000 litros de agua con 1,8 kg de cal quemada. Para purificar 1  $m^3$  de biogás se necesitan 625 litros de solución, suponiendo que el  $CO_2$  se encuentre al 35 % en el biogás.

##### - Almacenamiento de biogás

Para licuar el metano se necesita una presión de 350 kgf/cm<sup>2</sup> a diferencia del butano o del propano que lo hacen a 18 kgf/cm<sup>2</sup>.

La experiencia indica que el biogás debe ser limpiado de  $H_2S$  (sulfuro de hidrógeno) para ser almacenado en botellones debido al gran poder oxidante y más aún cuando este embotellamiento se hace a diferentes presiones.

Considerando el costo de limpieza y compresión del biogás, la compra de botellas, balones especiales individuales de alta presión y su transportación, hacen poco atractiva esta proposición. Cualquier otra variante de almacenamiento en gran escala y bajas presiones, para su uso local sin transportaciones por botellas deberán ser analizadas casuísticamente y respaldadas por un estudio técnico-económico de consideración.

## CAPACIDADES DIGESTORES TIPO INDIO

No. aproximado de animales estabulados con piso de hormigón	Estiércol vacuno requerido/día	Tamaño de la planta.		Diámetro interior digestor (m)	Altura total
		Volumen de gas producido diariamente m <sup>3</sup> /día	pie <sup>3</sup> /día		
5	50 kg	2	70	1,60	4,15
8	80	3	105	1,80	4,65
11	112	4	140	2,20	4,65
15	150	6	210	2,40	4,85
20	200	8	280	3,20	5,23
25	250	10	350	3,60	5,73
40	400	15	525	3,80	5,73
55	550	20	700	4,55	6,23
69	690	25	875	5,15	6,23
97	970	35	1 237	5,95	6,23
125	1 250	45	1 590	7,00	6,23
165	1 650	60	2 120	9,05	6,23
235	2 350	85	3 004	9,05	6,23
380	3 800	140	4 948	9,05	6,23

NOTA: El número de animales se estimó recolectando 10 kg de estiércol por vaca como promedio diariamente. (Toda su excreta)