



PROPUESTA DE BIODIGESTOR ANAEROBIO DE FLUJO CONTINUO PARA EL TRATAMIENTO DE ESTIÉRCOL BOVINO Y AGUAS RESIDUALES

PROPOSAL OF CONTINUOUS FLOW ANAEROBIO BIODIGESTOR FOR THE TREATMENT OF BOVINE STIRECOL AND WASTEWATER

Autor

MSc. Joel A. Cardozo F.

C.I.: 6.682.161

Email: jacf682@gmail.com

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Joel A. Cardozo F. (2019): "Propuesta de biodigestor anaerobio de flujo continuo para el tratamiento de estiércol bovino y aguas residuales", Revista Caribeña de Ciencias Sociales (diciembre 2019). En línea <https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/12/tratamiento-estiercol-bovino.html>

Resumen: El propósito de la investigación, estará dirigido al diseño de un biodigestor en donde se aproveche el estiércol bovino y las aguas residuales para la creación de combustibles a bajo costo. Un biodigestor es un sistema que aprovecha la digestión anaerobia (en ausencia de oxígeno) haciendo uso de las bacterias que habitan en el estiércol, que ayudan a transformar este en biogás que será empleado en las cocinas y como fuente alternativa de energía eléctrica una vez que haya pasado por el generador eléctrico de transformación que opera a base de gas y a su vez obtener el fertilizante llamado biól, que luego de haber cumplido su tiempo en el biodigestor se considera con la misma importancia, que el biogás ya que provee un excelente abono natural que mejora el rendimiento de las cosechas, permitiendo obtener un mejor producto. Los biodigestores de bajo costo han sido desarrollados, estando ampliamente implementados en países del sureste asiático, pero en Sudamérica, solo países como Cuba, Colombia y Brasil tienen desarrollada esta tecnología. Se caracterizan por su bajo costo, fácil instalación y mantenimiento, empleando materiales sencillos para su construcción. Siendo la tecnología apropiada para las zonas agrícolas donde no se dispone de redes de distribución gasíferas y el suministro eléctrico sea escaso. Teniendo como ventajas, los residuos sólidos orgánicos provenientes de las zonas agrícolas, La utilización de biogás puede sustituir a la electricidad, al gas propano y al diésel como fuente energética en la producción de electricidad.

Palabras clave: Biodigestor, biogás, combustibles, transformación, Energía y Diseño.

Abstract The purpose of the research will be aimed at the design of a biodigester where bovine manure and wastewater is used to create low-cost fuels. A biodigester is a system that takes advantage of anaerobic digestion (in the absence of oxygen) using the bacteria that inhabit manure, which help transform this into biogas that will be used in kitchens and as an alternative source of electrical energy once has passed through the electric transformation generator that operates on a gas basis and in turn obtain the fertilizer called biol, which after having spent its time in the biodigester is considered

with the same importance, as biogas since it provides an excellent natural fertilizer that improves the yield of the crops, allowing to obtain a better product. Low-cost biodigesters have been developed, being widely implemented in Southeast Asian countries, but in South America, only countries such as Cuba, Colombia and Brazil have developed this technology. They are characterized by low cost, easy installation and maintenance, using simple materials for their construction. Being the appropriate technology for agricultural areas where gas distribution networks are not available and electricity supply is scarce. With the advantages of solid organic waste from agricultural areas, the use of biogas can replace electricity, propane gas and diesel as an energy source in the production of electricity.

Keywords: Biodigester, biogas, fuels, transformation, Energy and Design.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación, expone una alternativa el uso del gas metano obtenido del proceso de descomposición del estiércol bobino y aguas residuales como fuente alternativa de energía eléctrica sustentable a través de un proceso de transformación que se produce en un BIODIGESTOR, pudiendo estar dentro de las condiciones de operación en donde el uso de esta tecnología cause el menor daño posible al ambiente y que contribuya al desarrollo y el confort de las comunidades agrícolas y rurales de la región, siendo de suma importancia el lograr la garantía de funcionamiento eficiente de este sistema de generación de gas metano en donde se aproveche también en otro proceso de transformación energética.

En lo que se refiere al aspecto metodológico, se le dará repuesta a cada uno de los objetivos planteados en esta investigación, utilizando las diferentes herramientas y técnicas de investigación y metodológicas aplicadas. presenta una base referencial para los docentes y estudiantes relacionados con las investigaciones de esta índole energético, de carácter profesional e interdisciplinario, integradas en el proceso de dar solución a la demanda de las zonas agrícolas de la región, dirigida al desarrollo de conocimientos, habilidades y destrezas científico – tecnológicas, actitudes relacionadas con la problemática energética y gasífera, a través del aprovechamiento de estas alternativas de energías limpias y menos contaminantes llevando beneficio de las comunidades.

Desde el punto de vista teórico, la presente investigación, servirá de referencia bibliográfica a los investigadores que incursionen en este proceso de obtención de gas metano para el uso residencial como una fuente de energía eléctrica alternativa, en cuanto al aspecto científico podemos justificar esta investigación, como contribución hacia el desarrollo energético de la zona y el avance de los trabajos de investigación propuesto por los docentes de ingeniería de esta casa de estudio, en cuanto a productividad y generación de recursos propios, sensibilizando al estudiante a ser socialmente responsable y direccionar sus conocimientos con vocación social en el aprovechamiento de los recursos naturales renovable y no renovables. También se puede justificar a nivel histórico ya que al pasar el tiempo este proyecto se podrá utilizar para recopilar información cuando se necesite.

La industria del Gas Natural en el mundo constituye una de las más versátiles generadoras de energía. Las ventajas ambientales y operacionales de este rubro y su utilización han aumentado año a año. Es así como su participación en la

matriz energética mundial creció considerablemente a partir de finales de siglo XXI, obteniendo una participación del 30% para 1999, tal como lo reseña Guerrero y Camacho (2003).

Los déficits y costos crecientes del abastecimiento de petróleo han impulsado a muchos países a encarar estudios sobre práctica de fuentes de energía que reemplacen los habituales combustibles derivados de sistemas convencionales no renovables cuya extinción está prevista para este siglo. Entre los recursos energéticos renovables, se cuenta con una fuente de energía explotada durante las penurias económicas y energéticas producidas durante y después de la última guerra mundial. Se trata del gas del estiércol, gas de los pantanos o gas de granja, producido por fermentación del estiércol de animales, de la paja y de residuos agrícolas en general. Por su origen biológico se lo conoce mundialmente como biogás, que es una mezcla de gases conteniendo metano (50 a 70%), anhídrido carbónico (30 a 45%), hidrógeno (1 a 3%), oxígeno (0,5 a 1%), gases diversos (1 a 5%) y vestigios de anhídrido sulfuroso (Lockett, 1997).

El proceso de fermentación anaeróbica que produce el biogás, produce también una mezcla residual que es un rico fertilizante orgánico de mayor calidad y contenido de nitrógeno que el estiércol fresco y que puede ser utilizado para formar un composta con residuos vegetales o ser distribuido sobre los campos como fertilizante de considerable valor. El biogás y el abono residual de la operación, se han convertido en una fuente ideal de energía para las naciones con poblaciones rurales numerosas sin medios económicos y prácticos para disponer de energía convencional. Es así como ha tomado un gran impulso sobre todo en Asia, en países como China y la India, donde ya hay cerca de 500.000 plantas del tipo familiar instaladas y funcionando a pleno (Nitsch. y Rettich, 1993). Todos los residuos de origen animal y vegetal que contienen hidratos de carbono y en particular celulosa y azúcares, son al estado natural el origen de lo que se conoce con el término de fermentación, siendo ésta el producto de fenómenos físico-químico-biológicos muy complejos, dando por resultado de la fermentación metanógena el gas de estiércol o biogás

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Energía

El termino energía tiene diversas acepciones y definiciones, relacionadas con la idea de una capacidad para obrar, transformar, poner en movimiento. En física se define como la capacidad para realizar un trabajo. En tecnología y economía, energía se refiere a un recurso natural y la tecnología asociada para explotarle y hacer un uso industrial o económico del mismo.

La energía en si misma nunca es un bien para el consumo final si no un bien intermedio para satisfacer otras necesidades en la producción de bienes y servicios.

Energía eléctrica: Es la proporcionada por la corriente eléctrica. La producen las centrales eléctricas y puede dar lugar a transformaciones térmicas (tostadoras de pan o luminosas (focos de luz). Por ejemplo el calor, la luz y el sonido son formas de energías que se transmiten de unos cuerpos a otros.

Fuente Primaria o Convencional de Energía: Es aquella que se encuentra disponible en la naturaleza y que puede ser transformada en otros tipos de energía.

Eficiencia Energética: es la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos.

Educación Energética: Es el sistema de influencias pedagógicas de carácter profesional e interdisciplinario, integradas en el proceso de solución de tareas energéticas, dirigido al desarrollo de conocimientos, habilidades científico –

pedagógicas, actitudes y comportamientos éticos personales y profesionales relacionados con la problemática energética y trasciende los muros académicos para propagarse e insertarse en la localidad, comunidad y en el ámbito regional, nacional e internacional.

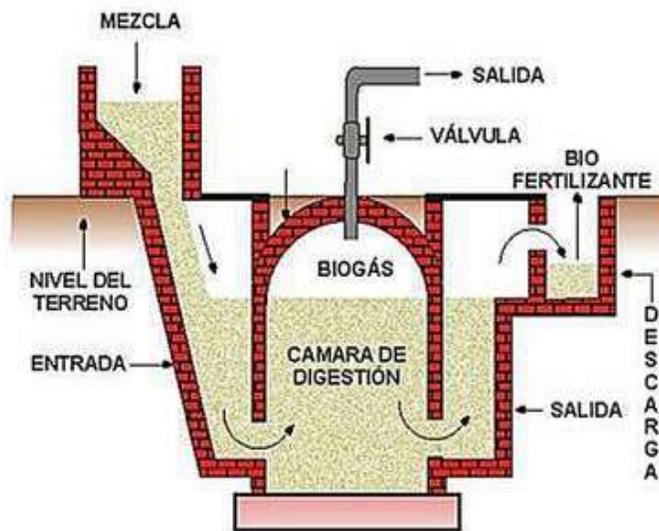
Desarrollo Sustentable: Es el proceso de cambio continuo y equitativo para el fortalecimiento del Buen Vivir, mediante el cual se procura el desarrollo integral, con fundamento en medidas apropiadas para la conservación de los recursos naturales y el equilibrio ecológico, satisfaciendo las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las generaciones futuras.

Uso Racional de la Energía: Es el uso consciente de la energía utilizando sólo la necesaria para la satisfacción de las necesidades de cada usuario o usuaria, lo que contribuye con el mejor aprovechamiento de los recursos energéticos.

Uso Eficiente de la Energía: Es el aprovechamiento máximo en la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos del potencial de la cadena energética. Para los usuarios consiste en sacar el mayor provecho posible a cada unidad de energía utilizada en equipos tecnológicos para la satisfacción de sus necesidades y fortalecimiento del Buen vivir.

Racionalidad y Eficiencia: Se refiere a la adecuación de los medios para maximizar el aprovechamiento de los recursos naturales; así como la reducción del consumo de energía, manteniendo los mismos servicios energéticos, sin afectar el buen vivir, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sustentable en su uso; así como la incorporación de los elementos de carácter tecnológico que se requieran para lograr los objetivos.

Biodigestor: Un biodigestor es un contenedor hermético que permite la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas y facilita la extracción del gas resultante para su uso como energía o para el uso doméstico en la cocina.



Biodigestor de domo fijo (Chino)

Proceso de producción de biogás:

Biodigestor es, un contenedor cerrado, hermético e impermeable (llamado reactor), dentro del cual se deposita el material orgánico a fermentar (excrementos de animales y humanos, desechos vegetales-no se incluyen cítricos ya que acidifican) en determinada dilución de agua para que a través de la fermentación anaerobia se produzca gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio, y además.

Criterios para considerar en el diseño de un biodigestor

Los siguientes son los aspectos a tener en cuenta en el diseño, planificación y construcción de un biodigestor:

Factores humanos

- Idiosincrasia
- Necesidad, la cual puede ser sanitaria, energía y de fertilizantes.
- Recursos disponibles de tipo económicos, materiales de construcción, mano de obra
- , utilización del producto, área disponible.
- Disponibilidad de materia prima, si se cuentan con desechos agrícolas, desechos pecuarios, desechos domésticos, desechos urbanos, desechos industriales.

Factores biológicos

- Enfermedades y plagas tanto humanas como pecuarias y agrícolas

Factores físicos

- Localización, la ubicación si es en zona agrícola, rural y la geografía aspectos relacionados con la latitud, longitud y altitud.
- Climáticos dentro de estos aspectos están las temperaturas máximas y mínimas, la precipitación pluvial, la humedad ambiental, la intensidad solar, los vientos su intensidad y dirección.
- Vías de acceso.
- Topografía, teniendo en cuenta el declive del suelo: si es plano, ondulado, o quebrado.
- Suelos con sus características como la textura, estructura, nivel freático y capacidad agrológica.

Factores de construcción

- Técnicas de construcción si es de tierra compactada, cal y canto o ladrillo (barro cocido, suelo-cemento, silico-calcáreo), planchas prefabricadas, ferrocemento, concreto, módulos prefabricados.

Factores utilitarios

- Función principal, si se construye de manera experimental, demostrativa o productiva.
- Usos, si el uso es de tipo sanitario, energético, fertilizante, integral.
- Organizativo si el biodigestor se va a construir a escala doméstica, para grupo familiar, comunitario o empresas.
- Capacidad, si es pequeño de 3 a 12 m³ / digestor; si es mediano de 12 a 45 m³ digestor y si es grande de 45 a 100 m³ / digestor.
- Operación de la instalación contemplando aspectos como el funcionamiento del pre-tratamiento, la mezcla, la carga, y controles de PH, obstrucciones de líquidos, sólidos y gases: las descargas de efluentes tanto líquidas como gaseosas y de lodos; el almacenamiento de los líquidos, sólidos y gases; la aplicación de líquidos por bombeo, por tanques regadores o arrastre por riego; los sólidos que están disueltos en el agua y los sólidos en masa y por último los gases utilizados para la cocción, iluminación e indirectamente en los motores.

Con el objetivo de disminuir el tamaño de los digestores se han utilizado los productos orgánicos que brindan mayor cantidad de biogás por unidad de volumen; algunos de ellos son: la excreta animal, la cachaza de la caña de azúcar, los residuales de mataderos, destilerías y fábricas de levadura, la pulpa y la cáscara del café, así como la materia seca vegetal.

Producción de Biogás

Digestores, ¿QUÉ son?

Los digestores toman su término de digestivo o digestión, son máquinas simples que convierten las materias primas en subproductos aprovechables, en este caso gas metano y abono, comúnmente se los denomina Biodigestores. El principio básico de funcionamiento es el mismo que tienen todos los animales, descomponer los alimentos en compuestos más simples para su absorción mediante bacterias alojadas en el intestino con condiciones controladas de humedad, temperatura y niveles de acidez.

Tipos de Biodigestores

Podemos hacer trabajar a las bacterias en determinados rangos de para maximizar el rendimiento entre las que podemos destacar.

1. **Optimizados para generar Gas.** (es el ejemplo desarrollado aquí)
2. **Optimizados para Purificar Agua**
3. **Optimizados para descomponer Líquidos Cloacales** (Lechos Nitrificantes)

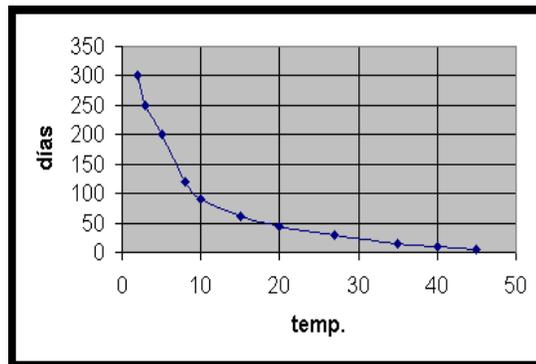
Condiciones para la digestión

Las condiciones para la obtención de Metano en el digestor son las siguientes:

- 1°- Temperatura entre los 20°C y los 60°C.
- 2°- pH (nivel de acidez / alcalinidad) alrededor de 7.
- 3°- Ausencia de Oxígeno.
- 4°- Gran nivel de Humedad.
- 5°- Materia Orgánica.
- 6°- Que la materia prima se encuentre lo en trozos lo más pequeño posible.
- 7°- Equilibrio de Carbono / nitrógeno.

Temperatura

Este es un factor importante en la producción de Gas, dado que se debes simular las condiciones óptimas para minimizar los tiempos de producción, por ello se ha confeccionado la siguiente tabla para un mejor entendimiento.



La temperatura es muy importante para la producción de biogás, ya que los microorganismos que realizan la biodigestión disminuyen su actividad fuera de estas temperaturas. La temperatura en la cámara digestiva debe ser entre los 20° C y 60° C; para optimizar el tiempo de producción es deseable mantener una temperatura entre los 30° C y 35° C.



El nivel de acidez determina como se desenvuelve la fermentación del material orgánico. El pH del material debe tener un valor entre 6.5 y 7.5. Al estar fuera de este rango neutro la materia orgánica corre el riesgo de pudrirse, ya que se aumenta la actividad relativa de los microorganismos equivocados.

Valor de pH	Característica
7 - 7,2	Optimo
menor de 6,2	Retardo por acidos
Mayor 7,5	Retardo por amonios

Destrucción de la materia orgánica en el proceso

Durante la fermentación metánica, una parte importante de La materia orgánica contenida, es destruida, lo que produce una reducción importan en la cantidad de barro. Los sólidos destruidos son los que generan el biogás y a su vez, el grado de destrucción indica el éxito o el fracaso del proceso, desde el punto de vista sanitario.

Generación de gas en función de la temperatura

Ahí se muestra la evolución de la generación gaseosa a diversas temperaturas, desde su iniciación hasta que se completa el proceso cuando no hay más materia orgánica para transformar, lo que se expresa en e gráfico por la horizontalización de las curvas. Otra conclusión interesante, que se extrae del gráfico, es que a partir de los 23°C, el 80% del gas se genera en los primeros 15 días, (con el digestor en régimen), factor importante a tener en cuenta en el diseño de plantas.



Alcance de la terminología: A efectos de precisar el sentido que tienen en la jerga términos muy usuales, de hemos aclarar lo que se entiende por:

Condiciones necesarias para la biodigestión

Contenedor: Debe de estar perfectamente sellado para evitar que entre el oxígeno y de esta manera tener un procedimiento anaeróbico adecuado; también evita fugas del biogás.

Humedad: Debe contener entre el 80% y 90% siendo la cantidad de agua que se evapora del material fresco, cuando se le mantiene a una temperatura de 100%, hasta que el residuo alcanza un peso constante.

Material: El más comúnmente utilizados para producir biogás son el estiércol de vaca, caballo, puerco y humana, sin embargo también se pueden otros materiales orgánicos.

El Tamaño: Para lograr una descomposición eficiente, la materia orgánica debe de ser de un tamaños digeribles pues entre más chica más rápida la producción del biogás.

Sólidos totales (ST): Son el sólido residual es de la operación anterior. A su peso también se le suele llamar en la jerga, peso seco

Sólidos Volátiles (SV): Son los sólidos orgánicos que entran en combustión cuando se calientan los ST a 60°C, hasta que el residuo alcance un peso constante. Esto es lo que se considera como materia fermentable.

Sólidos Fijos (SP): Son los sólidos residuales de la combustión anterior. Desde el punto de vista del proceso de fermentación son inertes.

Tiempo de retención: Se le denomina así al tiempo que permanece la materia orgánica dentro del digestor, recordemos que estos tiempos varían según la temperatura a que se ve sometida la materia prima (desde ahora se la llamará SV "Sólidos Volátiles" como se la conoce en la jerga)

Proceso de conversión de la biomasa en energía.

Desde el punto de vista energético resulta conveniente dividir a la biomasa disponible en dos grandes grupos:

- Aquella que puede obtenerse relativamente "seca" (con un porcentaje de humedad menor al 50%), como la leña, paja, etc.
- Aquella que se obtiene normalmente "húmeda", como los restantes vegetales, vegetación acuática, residuos animales, etc.

TECNOLOGIA DE LA PRODUCCION DE BIOGAS

Trabajo bacteriano en la fermentación metánica

La fermentación, es provocada por microorganismos de las más diversas especies, cuyos roles, en la evolución de la materia son diferentes. Según actúan en presencia o ausencia de aire se tienen dos grandes grupos de fermentaciones, "aeróbicas" y "anaerobias". La fermentación metánica, como hemos visto, es anaeróbica. En el caso de la fermentación metánica, llamada en la jerga, digestión, el medio es: anaerobio, húmedo (mayor del 50%), con un pH comprendido entre 6.5 y 8.5 y un rango de temperaturas entre 0 y 45°C para unos microorganismos y de 45° a 70°C para otros.

Iniciación de la fermentación metánica

Si el material contaminante proviene de los estiércoles mencionados, primero hay que dejarlo fermentar aeróbicamente, una o dos semanas (recomendamos usar estiércoles de varios corrales), tratando que conserve su humedad natural. Luego de algunos días se tendrán los primeros desprendimientos gaseosos los que se dejan escapar a la atmósfera, dado que contiene una mezcla de gases poco o nada combustibles.

Composición del biogás

El gas producido es una mezcla integrada principalmente por metano, anhídrido carbónico y pequeñas cantidades de otros gases. La participación de cada uno en la mezcla, depende fundamentalmente de la composición química de la

materia prima, y en menor grado, de las variables del proceso. Por lo tanto, también en este caso hay que referirse a una expectativa de composición, en la misma forma que se hace con la generación gaseosa.

Propiedades del biogás

Considerando que la potencia calorífica superior del metano, a 20°C y 760 mm.Hg. es 8851 kcal/m³, se tiene:

Para la composición, 50% de metano y 50% de inertes, se tiene una potencia calorífica superior del biogás de 4426 kcal/m³. y para la mezcla 80% de metano con, 20% de inertes, ésta se eleva a 7080 kcal/m³.

Digestores

Existen dos grupos de digestores, ambos tienen características similares de mantenimiento, pero el resultado es el mismo.

Biodigestores : a) Continuos b) Discontinuos

Digestores discontinuos

Campo de Aplicación, Carga Operación: Luego se llena de líquido, en general proveniente de otro digestor en funcionamiento hasta que se cubra toda la masa unos 10 cm. por arriba de ella. Terminada esta operación se cierra el digestor con una tapa, que tiene un sello hidráulico para darle estanqueidad al cerramiento, y no se destapa hasta que el proceso haya terminado.

Generación Gaseosa

Si las condiciones del medio son las prescriptas para la fermentación metánica comienza un desprendimiento gaseoso creciente que, en forma muy general, tienen un andamio como el del gráfico de la Figura 5 que es para estiércol fresco. Los gases desprendidos durante los 10 a 15 primeros días, no son combustibles. Son una mezcla de CO₂, NH₃ y SH₂, por lo que a medida que se van generando se les deja escapar a la atmósfera. Esta operación, además, tiene el efecto positivo de barrer el aire quedó atrapado en el digestor cuando se cerró. Después de este período de maduración, ya se produce gas combustible en cantidades crecientes, alcanzado el máximo entre la segunda y tercer semana, de haber comenzado su generación.

Ventajas de los digestores discontinuos

- Es una energía renovable y sustentable.
- Pueden procesarse una gran variedad de materiales
- La carga puede juntarse en campo abierto porque, aunque tenga tierra u otro inerte mezclado, no entorpece la operación del digestor.
- Admiten cargas secas, que no absorban humedad, así como de materiales que flotan en el agua.
- Su trabajo en ciclos, los hace especialmente aptos para los casos en que la disponibilidad de materia prima no sea continua, sino periódica.
- No requieren prácticamente ninguna atención diaria.
- Aprovecha la producción natural del biogás.



- En La cocina para la elaboración de los alimentos =>



a) Sistema de riego =>

- Para la generación eléctrica



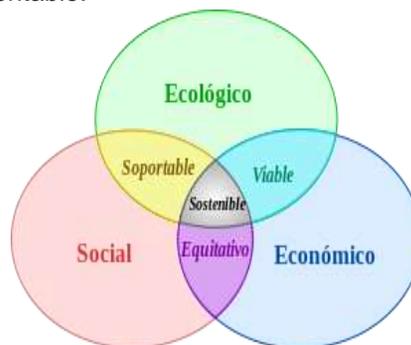
b) Sistema de alumbrado =>



- Es posible utilizar los productos secundarios como abono o fertilizante.



- Fomenta el desarrollo sustentable.



- Evita el uso de leña local, así reduciendo la presión sobre los recursos forestales.



- Redirige y aprovecha los gases efecto invernadero producidos por los vertederos y granjas industriales.



Desventajas de los digestores discontinuos

- La carga requiere un considerable y paciente trabajo
- La descarga, también es una operación trabajosa.
- Idealmente, la ubicación debe de estar cerca de donde se recolecta la biomasa.



- El biogás contiene un subproducto llamado sulfato de hidrógeno, el cual es un gas corrosivo y toxico para los seres humanos.

Sulfuro de hidrógeno (H₂S)



Gas incoloro e inflamable
Posee un olor fétido
Es altamente tóxico



- Al igual a cualquier otro gas combustible, existe el riesgo de explosión o incendios por un mal funcionamiento, mantenimiento o seguridad.



Mantenimiento:

- Los digestores deben cercarse para evitar averías en el sistema.
- Debe proporcionarse un tejado para prevenir el daño al plástico por la radiación ultravioleta. Cualquier tipo de cobertura en material tradicionalmente usado en la granja es conveniente.
- Para aumentar la presión de gas al cocinar, se puede atar un objeto pesado (ladrillo o piedra) al fondo del depósito o apretar un cordón alrededor del medio.
- La lluvia no debe entrar en el digestor, porque puede causar dilución excesiva.
- El nivel de agua en la válvula de seguridad debe verificarse semanalmente.
- Se debe cubrir el digestor diariamente y asegurarse que el tubo de la salida no este bloqueado.

Cálculo de un Biodigestor Horizontal

Valiéndose de esta fórmula muy simple, obtenemos la cantidad de gas que hay en el gasómetro a lo largo del tiempo, pensando que no hay interrupciones ni alteraciones del consumo. La fórmula para calcular el gasómetro será:

GI: es la Máxima Capacidad del Gasómetro

F2: Es el consumo medido en litros por minuto ($f2 = \text{consumo1} + \text{consumo2} + \text{consumo3} + \dots$)

M1: Son los minutos.

Mz: Cantidad de Biomasa en litros

F1: Rendimiento del residuo por día (Gas generado [litros]/ Biomasa [litros]), este puede variar según el guano que suele ser desde 0.3 en adelante (0.3 en condiciones normales, es decir en un digestor puesto a la intemperie y que la unidad se someta a 50°C en un día de 20°C por lo menos, y una noche cuya temperatura sea superior a 15°C)

[si la unidad digestora se encuentra pintada de negro, es fácil llegar a los 50°C en las condiciones descriptas anteriormente]

- Fórmula para el cálculo del gasómetro (litros) $\Rightarrow \mathbf{GI = F2 * M1}$
- Fórmula para el cálculo del tamaño del digestor (litros) $\Rightarrow \mathbf{Mz = (F2 / F1) * M1}$

A continuación se facilita un ejemplos de consumos de biogas para otros tipos de artefactos.

- Cocina (depende la llama) desde 100 a 200 litros/hora [l/h]
- Heladera de Absorción desde 100 a 200 l/h
- Estufa de 1500 kcal/h desde 300 a 400 l/h
- Termotanque de 110 litros desde 250 a 300 l/h
- Lampara a Gas desde 50 a 100 l/h

- Consumo de familia tipo desde 3000 litros de biogas por día en adelante.

Utilización del biogás para generación de electricidad

En este trabajo se presentan los resultados de la utilización del biogas para generación de electricidad, llevados a cabo en la granja Pozo Verde, municipio de Jamundí (Valle del Cauca, Colombia). Dos motores diesel con sus respectivos generadores fueron adaptados para funcionar alimentados con biogas y combustible diesel (acpm). Este trabajo demuestra la factibilidad económica de integrar la producción de alimentos y energía de una manera sostenible.

La utilización de los Biodigestores además de permitir la producción de biogas ofrece enormes ventajas para la transformación de desechos:

- Mejora la capacidad fertilizante del estiércol.
- El efluente es mucho menos oloroso que el afluente.
- Control de patógenos.

Generadores electricos de propano

Generador Eléctrico: es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrica entre dos de sus puntos (llamados polos, terminales o bornes) transformando la energía mecánica en eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura (denominada también estator). Si se produce mecánicamente un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se generará una fuerza electromotriz (F.E.M.). Este sistema está basado en la ley de Faraday.

Generador eléctrico de metano

Está formado por un motor de gas licuado a presión (GLP) y un generador eléctrico fijo en una pieza simple.

Generadores eléctrico a gas 2500w



Motores – generadores

A partir del reservorio, el biogas es conducido por tubería hacia los motores. Se realizaron los ajustes necesarios para que el biogas ingrese al interior del filtro de aire, de tal manera que el motor al aspirar el aire que requiere para la combustión, aspira una mezcla de biogas-aire.

Filtro para la captación del sulfuro de hidrógeno en el biogas

En el biogas se encuentran cantidades variables de sulfuro de hidrógeno (H_2S), también denominado ácido sulfídrico. El H_2S al reaccionar con agua se convierte en ácido sulfúrico (H_2SO_4) el cual es altamente corrosivo y puede ocasionar graves daños en el motor. Con el fin de eliminar o disminuir el porcentaje de H_2S en el biogas se emplean sistemas de filtro con sustancias como cal viva o pagada, limadura de hierro o ciertos tipos de tierras conocidas como hematites parda o limonita, las cuales son ricas en sustancias ferrosas.

Ambiente

Por todo ello, desde el punto de vista medioambiental, la tecnología más efectiva es la que emplean los vehículos dedicados con un catalizador específico. Esto permite optimizar tanto el consumo de combustible como las emisiones. En Venezuela a los efectos de garantizar una nueva alternativa de combustible, atractivo, menos contaminante y apegado a los estándares de protección medioambiental vigentes en el mundo, PDVSA activa el Programa de GLP Vehicular (GNV) AUTOGAS. El programa sistema alternativo de combustible está enmarcado en las políticas públicas energéticas del estado venezolano.

Impacto Ambiental

En todo diseño de un proyecto técnico es obligatorio efectuar una evaluación del impacto ambiental, es decir, un estudio de los cambios que se producirían en el medio natural como consecuencia de su realización. Este estudio se valora, junto con otro sobre las repercusiones económicas y sociales del proyecto sobre la zona, y se decide si se va ejecutar el plan.

El GLP es uno de los combustibles convencionales más limpios que existen. No es tóxico y no afecta negativamente al suelo, las masas de agua y los acuíferos. También ayuda a mejorar la calidad del aire en entornos interiores y exteriores, puesto que produce una cantidad sustancialmente menor de partículas y NO_x que el gasóleo, el fueloil, la madera o el carbón.

El GLP es más eficiente que la generación de energía a partir de gas natural canalizado, lo que lo hace ideal para viviendas y negocios en zonas rurales. Se trata de una fuente de energía rentable y económica, que puede resultar hasta cinco veces más eficiente que otros combustibles tradicionales y utilizarse con menos desperdicio y haciendo un mejor uso de los recursos de nuestro planeta.

Fuente de energía alternativa

Es aquella que puede suplir a las energías o fuentes energéticas actuales, ya sea por su menor efecto contaminante ó fundamentalmente por su posibilidad de renovación.

El consumo o de energía es uno de los grandes medidores del progreso y bienestar de una sociedad. El concepto "crisis energética" aparece cuando las fuentes de energía de las que se abastece la sociedad se agotan. Un modelo económico como el actual, cuyo funcionamiento depende de un continuo crecimiento, exige también una demanda igualmente creciente de energía, puesto que en un determinado momento de la demanda no pueda ser abastecida y todo el sistema colapse, salvo que se descubran y desarrollen otros nuevos métodos para obtener energía: éstas serían las energías alternativas.

En conjunto con lo anterior, se tiene también que el abuso de las energías convencionales actuales hoy día tales como petróleo, la combustión del carbón o, la quema de gases, entre otras, acarrea consigo problemas que agravan de forma progresiva como la contaminación, el aumento de los gases invernadero y la perforación de la capa de ozono.

La discusión energía alternativa / convencional no es una mera clasificación de las fuentes de energía, sino que representan un cambio que necesariamente tendrá que producirse durante este siglo. Es importante señalar que las energías alternativas, aun siendo renovables, también son finitas y, como cualquier otro recurso natural, tendrán un límite máximo de explotación. Por lo tanto, aunque se pueda realizar la transición a estas nuevas tecnologías de forma suave y gradual, tampoco permitirá continuar con el modelo económico actual basado en el crecimiento perpetuo.

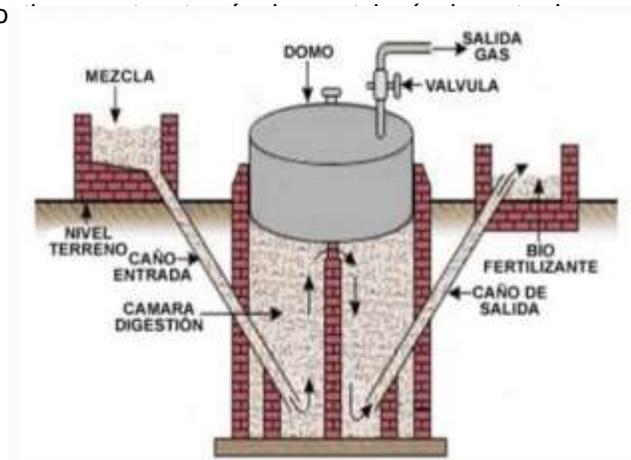
Es por ello que surge el concepto de **desarrollo sostenible**.

- El uso de fuentes de energías renovables, ya que las fuentes fósiles actualmente exportadas terminarán agotándose, según los pronósticos actuales, en el transcurso del siglo XXI.
- El uso de fuentes limpias, abandonando los procesos de combustión convencionales y la fisión nuclear.
- La explotación intensiva de fuentes de energía, proponiéndose como alternativa al fenómeno del autoconsumo, que evite en la medida de lo posible la construcción de grandes infraestructuras de generación y distribución de energía eléctrica.
- La disminución de la demanda energética, mediante la mejora del rendimiento de los dispositivos eléctricos.
- Reducir o eliminar el consumo energético innecesario. No se trata sólo de consumir más eficientemente, sino de consumir menos, es decir, desarrollar una conciencia y una cultura del ahorro energético y condena del despilfarro.
- La producción de energías limpias, alternativas y renovables no es, por lo tanto, una cultura o un intento de mejorar el ambiente, sino una necesidad a la que el ser humano se va a ver abocado, independientemente de nuestra opinión, gusto o creencias.

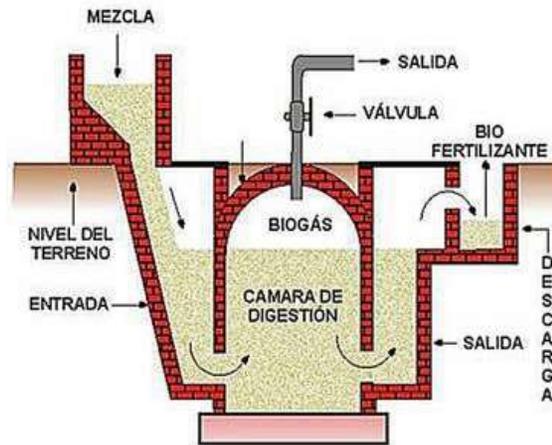
Tipos de biodigestores

Hay muchos tipos de plantas del biogas pero los más comunes son el dosel flotante (indio) y el domo fijo (chino) . La aceptabilidad pobre de muchos de estos biodigestores ha sido principalmente debida a los costos altos, la dificultad de instalación y problemas en la consecución de las partes y repuestos.

Biodigestor del domo flotante (Indio): Este biodigestor consiste en un tambor, originalmente hecho de acero pero después reemplazado por fibra de vidrio reforzado en plástico (FRP) para superar el problema de corrosión. Normalmente se construye la pared del reactor y fondo de ladrillo, aunque a veces se usa refuerzo en hormigón. Se entrapa el gas producido bajo una tapa flotante que sube y se cae en una guía central. La presión del gas disponible depende del peso del poseedor de gas por el área de la unidad y normalmente varía entre 4 a 8 cm de presión de agua. El reactor se alimenta semi-co



Biodigestor de domo fijo (Chino): Este reactor consiste en una cámara de gas-firme construida de ladrillos, piedra u hormigón. La cima y " fondos son hemisféricos y son unidos por lados rectos. La superficie interior es sellada por muchas capas delgadas de mortero para hacerlo firme. La tubería de la entrada es recta y extremos nivelados. Hay un tapón de la inspección a la cima del digestor que facilita el limpiado. Se guarda el gas producido durante la digestión bajo el domo y cambia de sitio algunos de los volúmenes del digestor en la cámara del efluente, con presiones en el domo entre 1 y 1.5 m de agua. Esto crea fuerzas estructurales bastante altas y es la razón para la cima hemisférica y el fondo. Se necesitan materiales de alta calidad y recursos humanos costosos para construir este tipo de biodigestor. Más de cinco millones de biodigestores se ha construido en China y ha estado funcionando correctamente (FAO, 1992) pero, desgraciadamente, la tecnología no ha sido tan popular fuera de China. Esta instalación tienen como ventaja su elevada vida útil (pueden llegar como promedio a 20 años), siempre que se realice un mantenimiento sistemático.



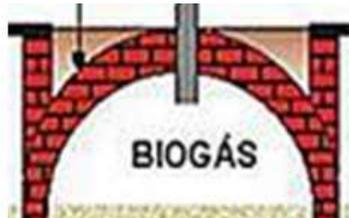
Estructura de un biodigestor

Existen muchas variaciones en el diseño del biodigestor. Algunos elementos que comúnmente se incorporan son:

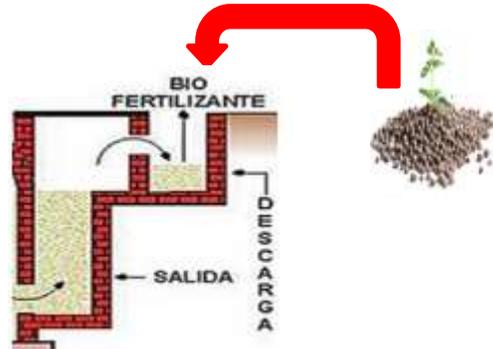
- **Cámara de fermentación:** El espacio donde se almacena la [biomasa](#) durante el proceso de descomposición.



- **Cámara de almacén de gas:** El espacio donde se acumula el biogás antes de ser extraído.



- **Pila de carga:** La entrada donde se coloca la biomasa.



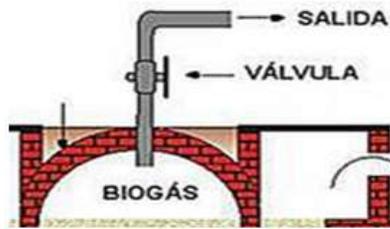
- **Pila de descarga:** La salida, sirve para retirar los residuos que están gastados y ya no son útiles para el biogás, pero que se pueden utilizar como abono (bioabono).



- **Agitador:** Desplaza los residuos que están en el fondo hacia arriba del biodigestor para aprovechar toda la biomasa.



- **Tubería de gas:** La salida del biogás. Se puede conectar directamente a una estufa o se puede transportar por medio de la misma tubería a su lugar de aprovechamiento.



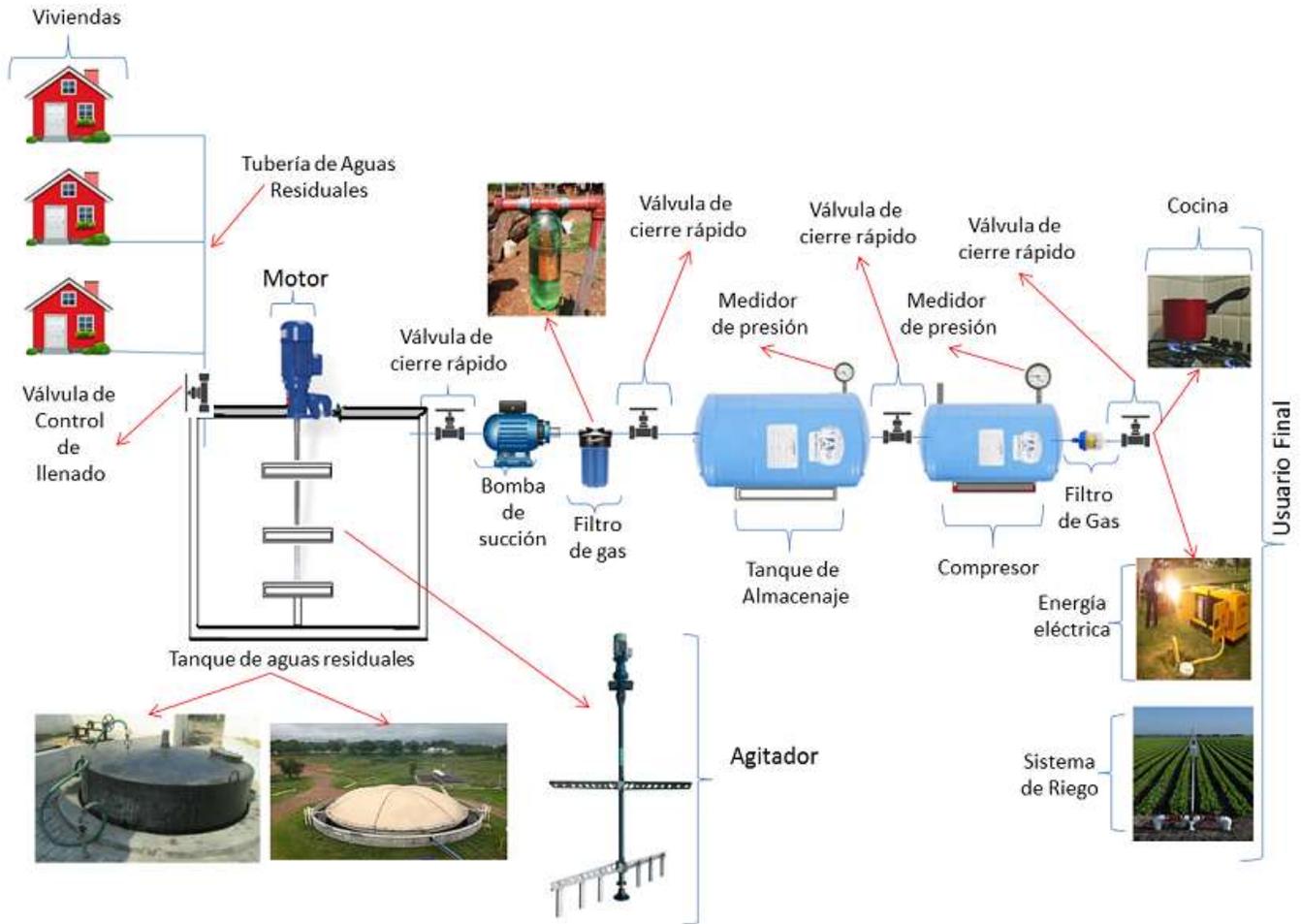
Funcionamiento de Digestor:

Es posible usar cualquier tipo de excreta, pero la producción de gas es más alta con estiércol de cerdo y mezclas de excrementos de pollos y ganado. La cantidad requerida depende de la longitud del digestor, pero generalmente es aproximadamente 5 kg de estiércol fresco (1 kg la materia sólida) para cada 1 m. A esto deben agregarse 15 litros de agua para que el volumen de los sólidos represente 5 por ciento aproximadamente. No es aconsejable usar menos agua, esto puede llevar a la formación de escoria sólida en la superficie del material. Cuatro a cinco cerdos (peso vivo supuesto de 70 kg) proporcionará bastante estiércol para producir el gas requerido para una familia de cuatro a cinco personas.

Descripción del proceso

La Mezcla de estiércol bovino y aguas residuales son introducidas en el biodigestor, la cual será removida por un agitador cada cierto tiempo para evitar el asentamiento en el fondo del tanque, lo cual impediría la formación de las bacterias que ayudaran al proceso de descomposición de la biomasa con la intención de obtener el biogás. Una vez obtenido el gas, es dirigido por una red de tubería de ¾" Pulgadas hacia un tanque de almacenamiento con una determinada capacidad que depende del número de viviendas que requieran el uso del gas y de la utilidad que se le dará al mismo, una vez en el tanque será llevado a un compresor para garantizar la presión constante que garantice un flujo continuo del gas en las viviendas. Durante el proceso se encontrara con un conjunto de válvulas de cierre rápido como sistema de seguida en momento en los cuales se presente una falla de operación o simplemente para realizar el control y el mantenimientos a los dispositivos que integran el sistema de generación gasífera.

MODELO DE BIODIGESTOR PROPUESTO



Metodología

El presente estudio se apoya en el modelo centrado en el análisis de casos. Este modelo pretende el conocimiento y la comprensión de los procesos de diagnóstico e intervención llevados a cabo, así como de los recursos utilizados, las técnicas empleadas y los resultados obtenidos a través de los programas de intervención propuestos. Por medio de este modelo, básicamente se pretende que los profesionales en formación, conozcan, analicen y valoren los procesos de intervención elaborados por expertos en la resolución de casos concretos. Complementariamente, se pueden estudiar soluciones alternativas a la tomada en la situación objeto de estudio. Correspondiendo a la epistemología positivista. En referencia al enfoque epistemológico, la investigación sobre la Plataforma tecnológica, consiste en un estudio sistemático de un problema práctico que se produzca dentro del proceso de generación gasífera para el uso residencial, el cual es enmarcado, en el área de Ciencias Tecnológica, donde la fuente del conocimiento es basada en una relación realista entre el sujeto y objeto de estudio. El estudio de esta manera es tipificado como una investigación descriptiva, que recurre a la investigación documental de datos o información para obtener conocimientos que lo sustenten y se fundamente en la estrategia de diseño de campo, experimental, descriptiva y transeccional.

Tipo de Investigación

Hernández y Col (2010, p.101), expresan, que “las investigaciones descriptivas pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a los que se refieren para decir como es y cómo se manifiesta el fenómeno”. Este tipo de estudio, consiste en un estado de la realidad o del evento a modificar, dirigido a identificar cuáles son las necesidades que debe llenar la propuesta, indagando hasta qué punto es requerido el objeto, programa o diseño que se intenta proponer:

De acuerdo a lo planteado por estos autores, la presente investigación es considerada como investigación descriptiva, puesto que mediante la recolección de datos de manera real, se identificarán los tipos de estrategias de aprendizaje utilizadas por los estudiantes, se clasificarán las estrategias de aprendizaje usadas y se determinarán los factores que inciden en disminuir la deserción académica.

Discusión de los resultados

- Activar los Grupos de Gestión de la Energía y establecer un Plan para el uso eficiente del biogás producto del proceso de descomposición de la Biomasa.
- Llevar a los hogares el biogás obtenido del proceso de transformación de la biomasa para el beneficio de las familias de las zonas rurales y agrícolas
- Incorporan conocimientos y valores éticos relacionados con el uso eficiente de la energía producto del proceso de transformación de la Biomasa en gas metano en el sistema educativo y involucrando a las comunidades para sembrar conciencia conservacionista y ajena al derroche de energía
- Incentivar la creación de sistemas que empleen recursos naturales renovables en donde se cause el menor daño posible al ambiente.
- Diversificar las formas de generación de biogás de forma eficiente y sustentable.

Referencias bibliográficas

1. Altomonte, Hugo; Coviello, Manilo; Lutz Wolfgang. 2003. **Energías Renovables y Eficiencia Energética en América Latina y el Caribe. Restricciones y Perspectivas.** División de Recursos Naturales e Infraestructura. Santiago de Chile, 2003.
2. Anthony W B Feeding value of cattle manure for cattle. Journal Animal Science. 30:274, 1971
3. AltomontE, Hugo; **Energías renovables y eficiencia energética en américa latina y el caribe. restricciones y perspectivas.** división de recursos naturales e infraestructura. Santiago de Chile, 2003.
4. Botero R and Preston T R 1986 Low-cost biodigester for production of fuel and fertilizer from manure (spanish). Mimeograph. CIPAV, Cali, Colombia, pp1-20.
5. Bui Xuan An, Ngo an Man, Duong Nguyen Khang, Nguyen Duc Anh and Preston T R 1994 Installation and performance of low-cost polyethylene tube biodigesters on small-scale farms in Vietnam. In: Proceedings of National Seminar- workshop "Sustainable Livestock Production On Local Feed Resources" (Editors: T R Preston, Le Viet Ly, Luu Trong Hieu and Brian Ogle) Ho Chi Minh City, November 22 - 27, 1993 pp: 81-90

6. Bui Xuan An and Preston T R Low-cost polyethylene tube biodigesters on small scale farms in Vietnam. Electronic Proceedings 2nd Intl. Conference on Increasing Animal Production with Local Resources, Zhanjiang, China, p. 11. 1995
7. Bui Xuan An, Preston T R and Dolberg F 1997 The introduction of low-cost polyethylene tube biodigesters on small scale farms in Vietnam. Livestock Research for Rural Development (9) 2: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd9/2/an92>
8. Chater S 1986 New biogas digester for African small holders. ILCA Newsletter 1986, 5:4.
9. Combustible Domestico en el Municipio Autónomo de Maturín, estado Monagas”, Tesis de Grado, Universidad de Oriente, Núcleo Monagas. Maturín, Venezuela.
10. Calzadilla T. “Diseño de un Sistema de Distribución de Gas Metano en la Ciudad de Anaco, Estado Anzoátegui”, Tesis de Grado, Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”, Caracas, Venezuela. ,2005.
11. Comisión Venezolana de Normas Industriales. 1989. Redes de Distribución de Gas Metano. Instalación de Tuberías de Polietileno de Alta Densidad, (No. 2580-89). FONDONORMA, Caracas, Venezuela.
12. Ente Nacional del Gas. “**EntreGas: Pleno Impulso a la Siembra Petrolera**”. Ministerio del Poder Popular para la Energía y Petróleo. Caracas, Venezuela. 2011.
13. Enriquez Harper, **Guía práctica para el cálculo de instalaciones eléctricas**, Basada en las normas técnicas para instalaciones eléctricas NOM-001.SE-1994 / INCLUYE NEC-1996
14. Finol y Camacho, **El proceso de investigación científica**. Ediluz, Maracaibo, Venezuela. (2001).
15. Guillen, Estado Actual y perspectivas de Investigación y desarrollo para fuentes alternas de energía en la UNEFA. I. Congreso Internacional de Investigación y Postgrado del Siglo XII, UNEFA Caracas, Venezuela 8-12 Mayo 2006.
16. Hernández, **Metodología de la investigación**. Sexta Edición. Editorial Mc Graw Hill. México. (2006).
17. Isea P., Martínez A. “Proyecto de la Red de Gas del Municipio Ezequiel Zamora”, Alcaldía del municipio Ezequiel Zamora, Punta de Mata, Venezuela. 2003.
18. Khan S R. **Low cost biodigesters. Programme for Research on Poverty Alleviation**, Grameen Trust Report, Feb-1996.
19. Marchaim U **Biogas processes for sustainable development. FAO Agricultural Services Bulletin** 95 pp: 232, 1992
20. Martínez M. “**Calculo de Tuberías y Redes de Gas**”, EDILUZ, Maracaibo, Venezuela. 1993.
21. Rodríguez Lylian, Preston T R and Dolberg F 1996 Participatory Rural Development: "Experiences in Binh Dien and Xuan Loc villages in Central Vietnam". Livestock Research for Rural Development Volume 8, Number 2: 1-39
22. Taberero D. “**Propuesta para el Proyecto de las Redes de Distribución de Gas Seco por Tubería como Combustible Domestico en el Municipio Autónomo de Maturín, estado Monagas**”, Tesis de Grado, Universidad de Oriente, Núcleo Monagas. Maturín, Venezuela. 2005
23. Tamayo, El proceso de la investigación científica. Cuarta Edición. Editorial Limusa. Noriega Editores. (2007)