



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

**Carrera:
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Tesis previa a la obtención del título de:
INGENIERO INDUSTRIAL**

**Tesis:
Diseño de un Biodigestor para generar biogás y
abono a partir de desechos orgánicos de
animales aplicable en las zonas agrarias del
Litoral.**

Autor: JORGE JIMMY ARCE CABRERA

Director de Tesis: ING. ÁNGEL GONZÁLEZ V.

Agosto 2011

Guayaquil – Ecuador

DECLARACIÓN EXPRESA

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor, y de propiedad intelectual de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 30 de Agosto del 2011

Jorge Jimmy Arce Cabrera

AGRADECIMIENTO

Al Ingeniero Ángel González Vázquez, Director de Tesis, y al Ingeniero Iván Suárez, Asesor, por sus conocimientos impartidos durante el desarrollo de este trabajo que llegué a concluir.

A las autoridades de la Facultad de Ingenierías, en especial al Ing. Raúl Álvarez, Director de la Carrera de Ingeniería Industrial.

De igual manera, agradezco a mis padres ya que con su sacrificio incondicional lograron apoyarme en todo lo que necesité para llegar a donde estoy.

Muchas gracias a todas las personas que pudieron brindar las facilidades para culminar el mismo.

DEDICATORIA

A Dios por guiarme e iluminarme en cada momento.

A mis padres quienes con su dedicación, esfuerzo y apoyo incondicional.

A mis hermanos que forman parte importante en mi vida.

ÍNDICE GENERAL

	Página
CARÁTULA	I
DECLARACIÓN EXPRESA	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE GENERAL	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE IMÁGENES	IX
ÍNDICE DE GRÁFICOS	I
INTRODUCCIÓN	X
CAPÍTULO I	15
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	15
1.1. Historia del Biodigestor	11
1.2. Formación del metano	17
1.3. Origen del biogás	18
1.4. Componentes del biogás	20
1.5. Proceso de biodegradación	21
1.6. Ventajas de utilización del biogás	24
1.7. Desventajas de la utilización de biogás	27
1.7.1. Factibilidad económica	27
1.7.2. Aspectos técnicos	27
1.8 Proceso de producción del biogás	30
1.9 Parámetros operacionales	31
1.10. Acondicionamiento del sustrato previo a la producción de gas	32
1.11. Gestión de aprovechamiento de los subproductos	33
1.12. Gestión de residuos	34
1.12.1. Selección de la biomasa	36
1.12.2. Fuentes para la obtención de la biomasa	37
1.13. Utilización del biogás	45

1.14.	Alimentación y filtrado del biogás	47
1.14.1.	Alimentación	47
1.14.2.	Filtrado	47
1.15.	Compostaje	50
1.16.	Generación de energía	52
1.16.1.	Proceso de fermentación de biogás	53
1.16.2.	Etapas intervinientes dentro de la fermentación	54
1.17.	Campos de aplicación del sistema	55
1.17.1	Aplicación en el área rural	55
1.17.2.	Aplicación en rellenos sanitarios	56
1.17.3.	Diferentes aplicaciones	59
1.18.	Beneficios del uso del biogás	60
1.19.	Tipos de reactores anaerobios	61
1.19.1.	Digestión convencional	62
1.19.2.	Digestión de una fase y alta carga	62
1.19.3.	Digestión en dos fases	63
1.20.	Ventajas y desventajas de los digestores anaerobios	64
1.20.1.	Ventajas de un digestor anaerobio	64
1.20.2	Desventajas del proceso anaerobio	65

CAPITULO II

2.	PROPUESTA DE CONSTRUCCIÓN DEL BIODIGESTOR	66
2.1.	Construcción del Biodigestor	66
2.2.	Proceso de construcción	67
2.3.	Materiales a utilizar en la construcción del Biodigestor	68
2.4.	Partes del equipo	70
2.5.	Proceso de mezclado	76
2.6.	Proceso de fermentación	77
2.7.	Proceso de limpiado del equipo	78
2.8.	Referencia de los ensayos	78
2.8.1.	Pruebas iniciales	78
2.8.2.	Datos iniciales	79
2.8.3.	Grafica de resultados	80

CAPITULO III		
3.	DISEÑO DEL MANUAL DE MANIPULACIÓN DEL EQUIPO	81
3.1	Manejo del estiércol	81
3.2	Ficha de seguridad del metano	82
3.3.	Problemas y soluciones	83
3.4.	Plan de operación y control	84
CAPITULO IV		
4.	CAMPOS DE APLICACIÓN DEL SISTEMA	85
4.1.	Impacto ambiental	85
4.2.	Análisis realizados en la Provincia del Guayas	85
CAPITULO V		
5.	COSTOS DEL BIODIGESTOR	88
5.1.	Referencia de costos	88
CAPÍTULO VI		
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
6.1	Conclusiones	90
6.2	Recomendaciones	92
BIBLIOGRAFÍA		93
ANEXOS		96
ANEXO A		96
ANEXO B		97
ANEXO C		98
ANEXO D		99
ANEXO E		100
ANEXO F		101
ANEXO G		102
ANEXO H		103

ÍNDICE DE FIGURAS

No. 1	Prototipo de Biodigestor	15
No. 2	Origen del metano	
No. 3	Composición del biogás	20
No. 4	Molécula del metano	21
No. 5	Factores que influyen en la degradación de la materia orgánica en los digestores anaerobios	22
No.6	Proporcionalidad de los tipos de energía utilizadas	28
No.7	Efecto invernadero	29
No. 8	Esquema de producción del biogás	31
No. 9	Representación esquemática del ciclo sostenible de la digestión anaerobia	33
No. 10	Residuos orgánicos no comestibles compostaje	34
No. 11	Ciclo de la biomasa	36
No. 12	Residuos forestales	38
No. 13	Residuos agrícolas	39
No. 14	Cultivos transitorios arroz cascarilla	40
No. 15	Cultivos permanentes caña de azúcar bagazo	40
No. 16	Oleaginosas aceite vegetal	41
No. 17	Porcentaje de residuos urbanos	44
No. 18	Generador de ch ₄ / país	45
No. 19	Generador de ch ₄ / habitante	46
No. 20	Recopilación del estiércol	47
No. 21	Filtro para gas	48
No. 22	Compost	50
No. 23	Proceso de producción del biogás	52
No. 24	Ciclo de fermentación anaerobia	53
No. 25	Rellenos sanitarios	56
No. 26	Equivalencias de 1 m ³ de gas	59
No. 27	Usos del biogás	60
No. 28	Beneficios del biogás	61
No. 29	Digestor de tipo discontinuo	66
No. 30	Componentes del Biodigestor	72
No. 31	Diseño final del Biodigestor	73

ÍNDICE DE IMAGENES

No. 1	Residuos orgánicos	35
No. 2	Recolección de estiércol de ganado	42
No. 3	Desechos agrícolas industriales	43
No. 4	Biodigestor diseño final	70
No. 5	Prueba de hermeticidad tanque 1	74
No. 6	Prueba de hermeticidad tanque 2	75
No. 7	Llenado de la biomasa	76
No. 8	Mesclado de la biomasa	77
No. 9	Hacienda Ganadera productora de leche “Casa Blanca”	86
No. 10	Hacienda Ganadera “Casa Blanca”	87

ÍNDICE DE TABLA

No. 1	PRODUCCIÓN GANADERA FUNDACION CENTAURI	49
No. 2	PRODUCTOS DEL BIOGÁS FUNDACION CENTAURI	49

ÍNDICE DE ESQUEMA

No. 1	Fases de producción del biogás	55
--------------	--------------------------------	----

ÍNDICE DE GRÁFICA

No. 1	Curva de generación del gas	80
--------------	-----------------------------	----

INTRODUCCIÓN

Todas las formas de energía tienden a transformarse en calor, que es la forma más degradada de la energía.

La energía proporcionada por los combustibles fósiles y la moderna tecnología ha tenido efectos positivos o negativos de Impacto Ambiental, término que define el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente.

Los conceptos de conservación y gestión del medio ambiente están indefectiblemente ligados, y esta conservación se ha convertido en objetivo prioritario de los países en desarrollo como el nuestro.

En el ámbito científico - técnico y el jurídico – administrativo en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), se han desarrollado metodologías para la identificación y la valoración de los procesos, así como las normas y leyes que garanticen un determinado proyecto.

Como el consumo global de energía crece cada año, el desarrollo de ciertas fuentes alternativas se hace cada vez más importante, en especial en lo que se refiere a la eliminación de residuos y al uso de la energía, con la posibilidad de reducir la dependencia de los combustibles fósiles.

Entre las energías alternativas tenemos la generación del Biogás, término que se aplica a la mezcla de gases que se obtienen a partir de la descomposición en un ambiente anaerobio (sin oxígeno) de los residuos orgánicos, como el estiércol animal o los productos de desecho de los vegetales.

En el desarrollo de la ganadería intensiva, se producen residuos, los purines¹, que pueden ser reutilizados para la producción de abonos agrícolas pero que pueden, también, ocasionar importantes problemas de contaminación si no son adecuadamente tratados.

¹El purín es la parte líquida que rezuma de todo tipo de estiércoles de animales

En este trabajo de tesis se ha plasmado el diseño de un Biodigestor, un sistema que producirá gas metano a partir del estiércol de los animales, se espera que sea una propuesta válida para resolver el problema coyuntural del consumo de energía a través de petróleos, la depredación del medio ambiente, en sus bosques, y el uso efectivo del estiércol del ganado.

i. Presentación del tema.

El presente trabajo de investigación es: “Diseño de un Biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias ubicadas en la Provincia del Guayas”.

ii. Antecedentes.

Se conoce que en la actualidad el alto índice de consumo de recursos no renovables es un tema preocupante en el País, debido a la explotación y consumo de los combustibles fósiles, y el alto nivel de contaminación e impacto ambiental que estos generan.

El hombre se ha visto en la necesidad de buscar nuevas fuentes de energías renovables que permitan la mantención del equilibrio de los ecosistemas. Un claro ejemplo de éstas es la Bioenergética². La base de este tipo de energía es la llamada Biomasa, término que se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas, desechos de animales y humanos.

Además, el aprovechamiento de la Biomasa como fuente de energía ofrece varios beneficios ambientales tales como: contribuir a atenuar el cambio climático y el efecto invernadero, mantener el ciclo cerrado del carbono, reducir la lluvia ácida, prevenir la erosión de los suelos y la contaminación de las fuentes de agua.

El proceso consiste en el tratamiento anaeróbico de estiércol vacuno, a través de la digestión en un sistema de Reactor Anaeróbico, donde se va generar el biogás. En

² La bioenergética es la energía renovable obtenida de materiales biológicos.

Este proceso realizado por bacterias, se libera una mezcla de gases formada por metano (el principal componente del biogás), dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y ácido sulfhídrico.

La producción de biogás generado en el reactor se empleará para la generación de energía calorífica de uso doméstico en la preparación de alimentos o el uso que sea necesario. Además de aprovechar materia considerada como desperdicio, origina como subproducto un fertilizante de calidad excelente. Es un combustible económico y renovable.

Los datos revelan que de los desechos de 5 vacas, o 10 cerdos, se obtiene el biogás necesario para generar 3 kilovatios hora (kWh) de electricidad. La utilización de estas fuentes está vinculada al uso de tecnologías eficientes en el consumo de energía, que permitan que esta producción sea competitiva frente al uso de los combustibles derivados del petróleo.

El ministro de Electricidad y Energía Renovable, Alecksey Mosquera, explica que siendo el Ecuador un país agrícola y ganadero, existe un gran potencial para la explotación de esta fuente de energía. De hecho, existen varios emprendimientos de generación de biogás a partir de la caña de azúcar y la cascarilla de arroz, entre otros, que ya han demostrado la viabilidad de este tipo de proyectos.

iii. Antecedentes Técnicos.

El biogás es un producto del metabolismo de las bacterias metanogénicas que participan en la descomposición de tejidos orgánicos en ambiente húmedo y carente de oxígeno. A su vez, durante el proceso de descomposición, algunos compuestos orgánicos son transformados a minerales, los cuales pueden ser utilizados fácilmente como fertilizantes para los cultivos. La producción de biogás va a depender, principalmente, de los materiales utilizados, de la temperatura y del tiempo de descomposición. Lo anteriormente descrito corresponde a un proceso de descomposición anaeróbica, donde se puede obtener entre otros, etanol, metanol y gas metano, no así en un proceso de descomposición aeróbica, en que el producto

Final es dióxido de carbono y agua (esto ocurre cuando, por ejemplo, se esparce desecho en el campo).

iv. Justificación.

En muchos países en vías de desarrollo hay una escasez grave de combustible y la crisis de la energía es una realidad diaria para la mayoría de las familias. La devastación de bosques en países en vías de desarrollo se menciona hoy con frecuencia en los medios de comunicación. La tala de árboles tiene muchas causas. La gente pobre migra, habita y cultiva nuevas áreas de los bosques, reservas y parques nacionales.

Además de la implementación de un sistema de generación de Biogás y Abono Biológico Mediante el Tratamiento de los Residuos Producidos en la ciudad de Bucay, Provincia del Guayas

En la actualidad en Ecuador el consumo de gas GLP se ha convertido en parte fundamental de la subsistencia de las personas, ya que se usa como medio para poder alimentarse, lo que aumenta la dependencia del consumo de energías no renovables.

Por otra parte en zonas de difícil acceso al no poder depender de este medio se opta por los residuos derivados de la tala de árboles para consumo industrial.

Estos factores que más daño pueden causar al medio ambiente o a la salud, obliga de manera urgente buscar soluciones para poder reemplazar al gas GLP y la leña por un gas más ecológico, que ayude a reducir en parte la deforestación innecesaria existentes en el país preservando así un buen ecosistema.

v. Objetivos.

Objetivo General.

Diseñar un Biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del Litoral.

Objetivos Específicos.

1. Generar biogás por medio del Biodigestor para la sustitución del uso de gas GLP en el consumo doméstico.
2. Aprovechar los desechos orgánicos del ganado a través de la recolección para su uso en el Biodigestor y obtención de abono como producto residual.
3. Promover la importancia de la separación de los desechos orgánicos, mediante la integración y capacitación de la comunidad.
4. Crear otras microempresas vendiendo abono rico en nutrientes hacia otros sectores.
5. Proponer cubrir otras necesidades de energía para la comunidad o empresa adquiriente.

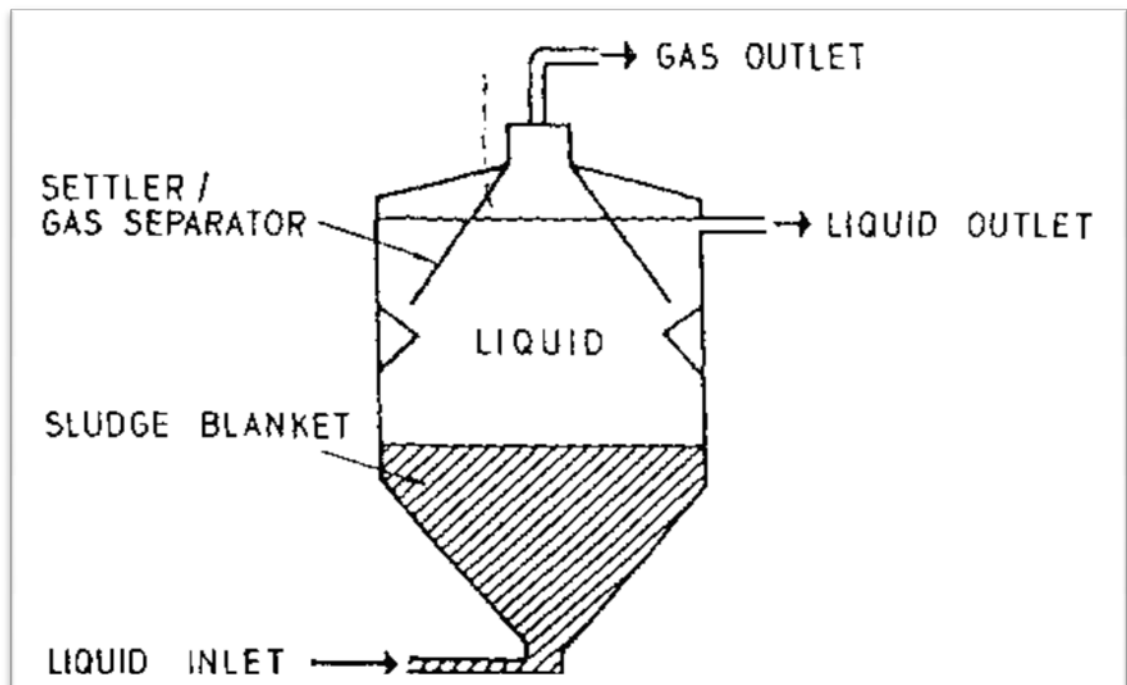
CAPITULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. Historia del Biodigestor

Las primeras menciones sobre biogás se remontan al 1.600, identificados por varios científicos como un gas proveniente de la descomposición de la materia orgánica.

FIGURA 1: Prototipo de Biodigestor.



Fuente: <http://www.crisisenergetica.org>

En el año 1890 se construye el primer Biodigestor a escala real en la India y ya en 1896 en Exeter, Inglaterra, las lámparas de alumbrado público eran alimentadas por el gas recolectado de los digestores que fermentaban los lodos cloacales de la ciudad.

Tras las guerras mundiales comienza a difundirse en Europa las llamadas fábricas productoras de biogás cuyo producto se empleaba en tractores y automóviles de la época.

En todo el mundo se difunden los denominados tanques Imhoff³ para el tratamiento de aguas cloacales colectivas. El gas producido se lo utilizó para el funcionamiento de las propias plantas, en vehículos municipales y en algunas ciudades se lo llegó a inyectar en la red de gas comunal.

Durante los años de la segunda guerra mundial comienza la difusión de los biodigestores a nivel rural tanto en Europa como en China e India que se transforman en líderes en la materia.

Esta difusión se ve interrumpida por el fácil acceso a los combustibles fósiles y recién en la crisis energética de la década de los años 70 se reinicia con gran ímpetu la investigación y extensión en todo el mundo incluyendo la mayoría de los países latinoamericanos.

Los últimos 20 años han sido fructíferos en cuanto a descubrimientos sobre el funcionamiento del proceso microbiológico y bioquímico gracias al nuevo material de laboratorio que permitió el estudio de los microorganismos intervinientes en condiciones anaeróbicas (ausencia de oxígeno).

Estos progresos en la comprensión del proceso microbiológico han estado acompañados por importantes logros de la investigación aplicada, obteniéndose grandes avances en el campo tecnológico.

Los países generadores de tecnología más importantes en la actualidad son: China, India, Holanda, Francia, Gran Bretaña, Suiza, Italia, EE.UU., Filipinas y Alemania, cuyas plantas de tratamiento de desechos industriales, han tenido una importante evolución.

³ Tanque de doble función -recepción y procesamiento.

Habiendo superado una primera etapa a nivel piloto, a lo largo de los años transcurridos, la tecnología de la digestión anaeróbica se fue especializando abarcando actualmente muy diferentes campos de aplicación con objetivos muy diferentes, siendo difundidas para determinados fines en combinación con tratamientos aeróbicos convencionales.

Estos reactores anaeróbicos son de enormes dimensiones (más de 1.000 m³ de capacidad), trabajan a temperaturas hemofílicas (20°C a 40°C), poseen sofisticados sistemas de control y están generalmente conectados a equipos de cogeneración, que brindan como productos finales; calor, electricidad y un efluente sólido de alto contenido proteico, para usarse como fertilizante o alimento de animales.

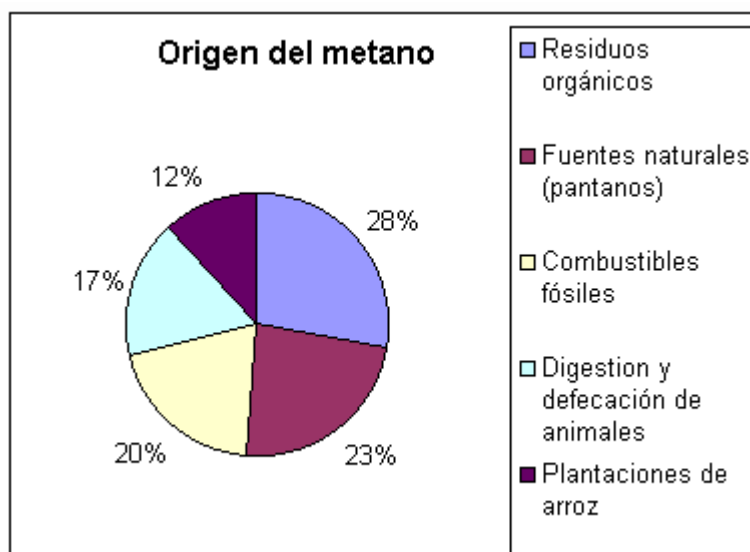
A nivel latinoamericano, se ha desarrollado tecnología propia en la Argentina para el tratamiento de vinazas, residuo de la industrialización de la caña de azúcar. En Brasil y Colombia se encuentran utilizando sistemas europeos bajo licencia.

1.2. Formación del metano

Los orígenes principales de metano son:

- Descomposición de los residuos orgánicos 28%.
- Fuentes naturales (pantanos): 23%
- Extracción de combustibles fósiles: 20% (El metano tradicionalmente se quemaba y emitía directamente. Hoy día se intenta almacenar en lo posible para reaprovecharlo formando el llamado gas natural).
- Los procesos en la digestión y defecación de animales. 17%. (Especialmente del ganado).
- Las bacterias en plantaciones de arroz: 12%

FIGURA 2: origen del metano



Fuente: Microsoft Encarta 2007

1.3. Origen del Biogás.

La creación y utilización del biogás de manera artificial se remonta a la segunda guerra árabe-israelí, a mediados de los años setenta del siglo XX, cuando el precio del petróleo subió ostensiblemente al ser utilizado como arma política, lo que hizo que se investigasen otras posibilidades de producir energía. Es entonces cuando se experimentó con reactores, los llamados de alta carga, capaces de retener los microorganismos anaerobios y de tratar las aguas residuales mediante este proceso. En este último caso, se tienen en cuenta las características de composición del agua y siempre que sea ventajoso frente a otras alternativas de tratamiento también se utiliza, aplicándose a los vertidos de la industria agroalimentaria, bebidas, papeleras, farmacéuticas, textiles, etc.

En un primer momento, el desarrollo del biogás fue más fuerte en la zona rural, donde se cuenta de manera directa y en cantidad con diversos tipos de desechos orgánicos, como el estiércol. De esta manera, el aprovechamiento de los residuos agrícolas se practica desde hace años en instalaciones individuales de tamaño medio que utilizan el biogás para cocinar o como fuente de iluminación. Según los expertos, esta manera de tratar los residuos es más efectiva, controlada y ecológica que las

Soluciones tradicionales de tratamiento, que en algunos casos pasan directamente por el vertido incontrolado. El biogás también tiene sus inconvenientes porque, además del metano y dióxido de carbono, pueden aparecer otros componentes minoritarios como el ácido sulfhídrico que es necesario eliminar. Por otra parte, si el residuo queda almacenado en condiciones de ausencia de aire, como ocurre en los estercoleros, se formaría metano que escaparía a la atmósfera, produciendo efecto invernadero y destrucción de la capa de ozono sin que se aproveche su energía.

En este sentido, un equipo de científicos de la Universidad de Cantabria presentaba recientemente un nuevo proceso de tratamiento y gestión de los residuos del ganado vacuno lechero que reduce la contaminación y aprovecha los nutrientes del estiércol, al tiempo que permite obtener energía renovable a través del biogás generado. Estos investigadores ya han iniciado contactos con el sector ganadero y con las consejerías de Medio Ambiente y de Ganadería, Agricultura y Pesca del Gobierno de Cantabria para estudiar cómo llevar este proyecto a la práctica. Estos expertos aseguran que si se sigue apostando por las energías renovables, la mejora de las tecnologías y el incremento de este tipo de plantas para obtener biogás y su posterior utilización es cuestión de tiempo.

El biogás es un producto del metabolismo de las bacterias metanogénicas⁴ que participan en la descomposición de tejidos orgánicos en ambiente húmedo y carente de oxígeno.

Durante el proceso de descomposición anaeróbica, se puede obtener entre otros, etanol, metanol y gas metano en cantidades apreciables, además de algunos compuestos orgánicos que son transformados a minerales, que pueden ser utilizados fácilmente como fertilizantes para los cultivos.

La producción de biogás va a depender, principalmente, de los materiales utilizados, de la temperatura y del tiempo de descomposición.

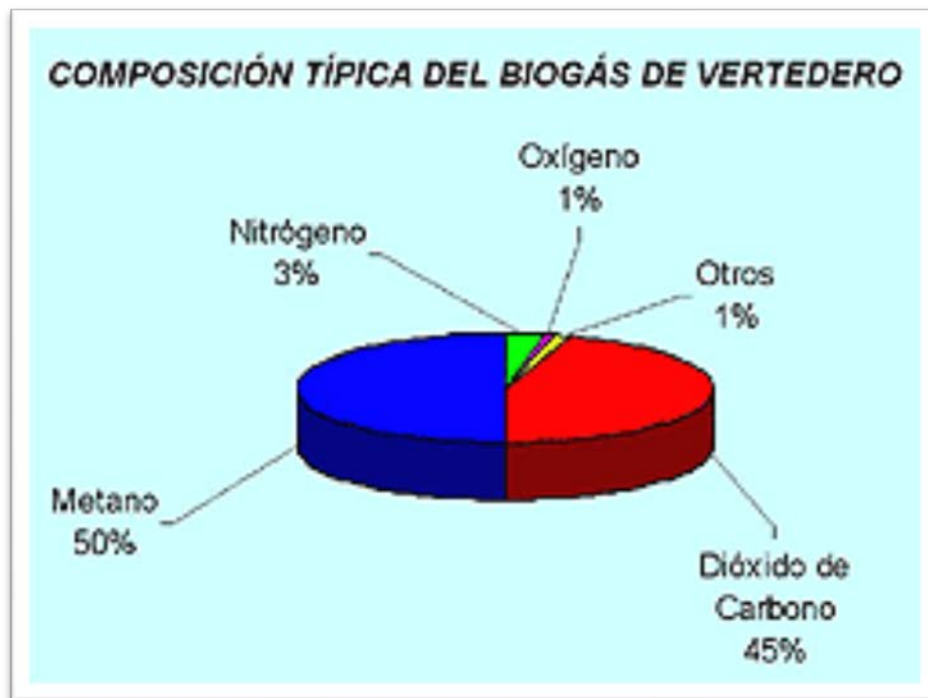
⁴Son microorganismos procariontes que viven en medios estrictamente anaerobios y que obtienen energía mediante la producción de gas natural, el metano (CH₄).

1.4. Componentes del biogás.

Los principales componentes del BIOGAS son el metano (CH_4) y el dióxido de carbono (CO_2). Aunque la composición varía de acuerdo a la biomasa utilizada, su composición aproximada se presenta a continuación:

- METANO (CH_4): 40 – 70% del volumen
- DIÓXIDO DE CARBONO (CO_2): 30 – 60 del volumen
- HIDRÓGENO (H_2): 0 – 1% del volumen
- NITRÓGENO
- SULFURO DE HIDROGENO (H_2S): 0 – 3% del volumen
- ÁCIDO SULFHÍDRICO

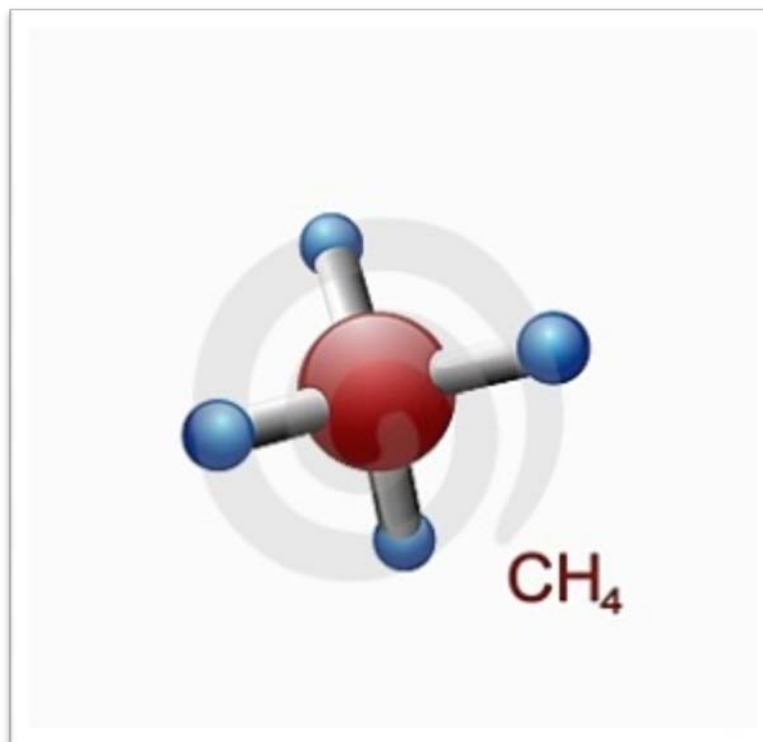
FIGURA 3: composición del biogás



Fuente: <http://www.ambientum.com/revistanueva/2006-04/aprovechamientobiogas.htm>

Como en cualquier otro gas, algunas de las propiedades características del biogás dependen de la presión y la temperatura. También son afectadas por el contenido de humedad.

FIGURA # 4: molécula del metano

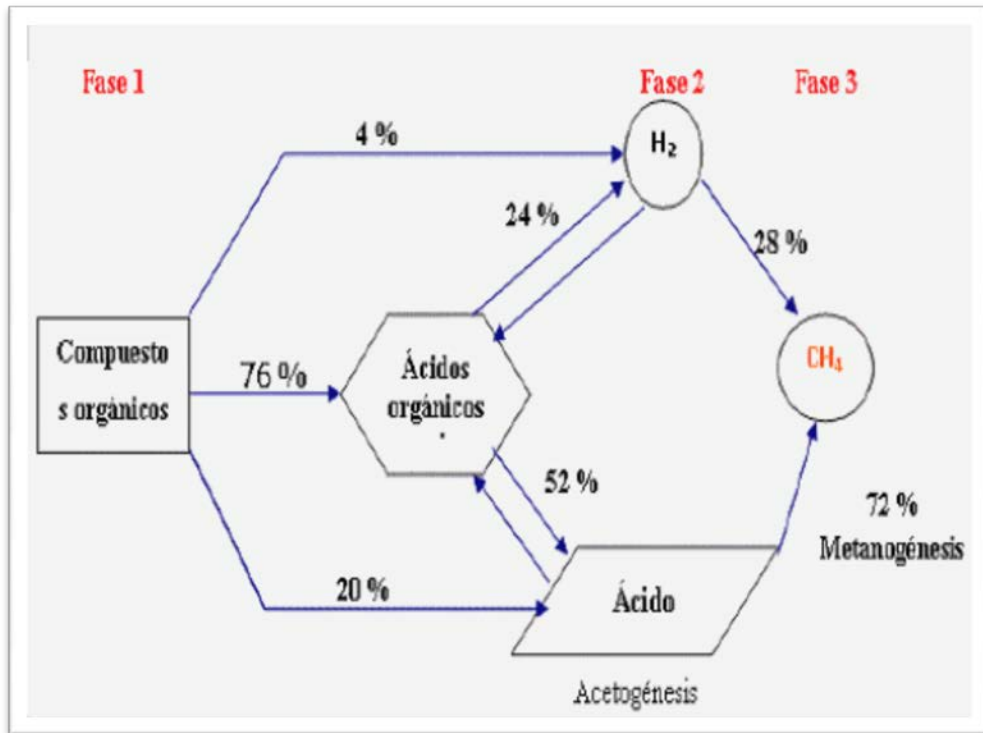


Fuente: http://www.windows2universe.org/physical_science/chemistry/methane.html&lang=sp

1.5. Proceso de Biodegradación.

La materia orgánica del suelo se compone de vegetales, animales, microorganismos, sus restos, y la materia resultante de su degradación. Normalmente representa del 1 al 6% en peso. Es de gran importancia por su influencia en la estructura, en la capacidad de retención de agua y nutrientes, y en los efectos bioquímicos de sus moléculas sobre los vegetales.

FUGURA # 5: Factores que influyen en degradación de materia orgánica en los digestores anaerobios



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos42/efluentes-ganaderos/efluentes-ganaderos2.shtml>

Una parte considerable de la materia orgánica está formada por microorganismos, que a su vez crecen a partir de restos, o de enmiendas orgánicas. Durante el proceso degradativo, la relación C/N disminuye, resultando finalmente en el humus un contenido medio del 5% de nitrógeno. Este proceso de degradación continua hasta que parte de la materia se mineraliza.

De propiedades físicas y químicas diferentes a la de la materia orgánica poco alterada, el humus puede catalogarse como el espectro de materia orgánica comprendido entre la que ha sufrido una primera acción de los microorganismos y la que se mineraliza. Está formado por dos fracciones, la primera continúa el ciclo de incorporaciones a las estructuras microbianas hasta su mineralización, y una segunda formada por moléculas de difícil degradación (algunos polisacáridos, proteínas insolubilizadas, quitina, etc.). Se puede definir el humus como una mezcla de sustancias macromoleculares con grupos ionizables, principalmente ácidos, pero

También alcohólicos y amínicos. Por ello tiene propiedades secuestradoras y complejantes que determinan tanto la formación del complejo arcilloso-húmico como sus propiedades.

Se pueden destacar una serie de efectos de la materia orgánica sobre el suelo y las plantas:

Acción mejorante sobre la estructura del suelo. La materia orgánica favorece una estructuración del suelo, especialmente beneficiosa en terrenos arcillosos con problemas de circulación de agua, muchas de las moléculas orgánicas producidas por los microorganismos favorecen la agregación al formar compuestos con la arcilla (en la arcilla hay gran cantidad de cargas negativas). A su vez, las raicillas y los micelios de los hongos ayudan a conservar los agregados, e igual ocurre con los exudados gelatinosos segregados por muchos organismos (plantas, bacterias...).

Efecto sobre la capacidad de retención de agua y nutrientes. Debido a los grupos ionizables se da un efecto adsorbente de agua e iones disueltos, así como la formación de sales húmicas de estos. La capacidad aprox. de intercambio catiónico del humus es de 200 meq/100 g, a la que se ha de sumar el efecto quelatante⁵.

Una gran CIC del suelo es importante, ya que supone la posibilidad de tener un depósito de iones minerales que pueden ser cedidos a la solución del suelo y asimilados por las plantas. El complejo de cambio actúa como almacén de elementos. En tierras muy empobrecidas debe hacerse primeramente una recuperación del nivel de materia orgánica, para que los abonados sean eficaces.

Como se ha dicho, los suelos con abundante complejo arcilloso-húmico tienen gran capacidad amortiguadora del pH, ya que entre los diversos cationes fijados por el complejo adsorbente está el catión hidrógeno.

Efecto de las moléculas orgánicas sobre las plantas. Al degradarse y transformarse, la materia orgánica libera compuestos alimenticios y hormonales que actúan sobre las

⁵Un quelante, o antagonista de metales pesados, es una sustancia que forma complejos con iones de metales pesados.

Plantas, generalmente induciendo desarrollo. En ocasiones también hay un efecto depresivo, como en el caso de las sustancias aleopáticas⁶.

El reactor anaeróbico en su forma simple es un contenedor, el cual está herméticamente cerrado y dentro del cual se deposita material orgánico como excremento y desechos vegetales (exceptuando los cítricos ya que éstos acidifican).

Los materiales orgánicos se ponen a fermentar con cierta cantidad de agua, produciendo gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en fósforo, potasio y nitrógeno. Este sistema también puede incluir una cámara de carga y nivelación del agua residual antes del reactor, un dispositivo para captar y almacenar el biogás y cámaras de hidropresión⁷ y pos tratamiento (filtro y piedras, de algas, secado, entre otros) a la salida del reactor.

El proceso de biodigestión se origina porque existe un grupo de microorganismos bacterianos anaeróbicos en los excrementos que al actuar en el material orgánico produce una mezcla de gases (con alto contenido de metano) al cuál se le llama biogás.

El biogás es un excelente combustible y el resultado de este proceso genera ciertos residuos con un alto grado de concentración de nutrientes el cuál puede ser utilizado como fertilizante y puede utilizarse fresco, ya que por el tratamiento anaeróbico los malos olores son eliminados.

1.6. Ventajas en la utilización de biogás.

- Su producción es renovable.
- Su proceso de producción primaria y elaboración industrial determina un balance de carbono menos contaminante que los combustibles fósiles.

⁶organismos vegetales están expuestos a factores tanto bióticos como abióticos

⁷ Equipos que emiten fluidos a altas presiones.

- Cumple con los requisitos de la EPA (Environmental Protection Agency) para los combustibles alternativos.
- Puede emplearse puro o combinado con los combustibles fósiles en cualquier proporción. No contiene azufre y por tanto no genera emanación de este elemento, las cuales son responsables de las lluvias ácidas.
- Mejor combustión, que reduce el humo visible del arranque en un 30%. Cualquiera de sus mezclas reduce en proporción equivalente a su contenido, las emanaciones de CO₂ y partículas e hidrocarburos aromáticos. Dichas reducciones están en el orden del 15% para los hidrocarburos, del 18% para las partículas en suspensión, del 10% para el óxido de carbono y del 45% para el dióxido de carbono. Estos indicadores se mejoran notablemente si se adiciona un catalizador.
- Los derrames de este combustible en las aguas de ríos y mares resultan menos contaminantes y letales para la flora y fauna marina que los combustibles fósiles.
- Volcados al medio ambiente se degradan más rápidamente que los petrocombustibles.
- Su combustión genera menos elementos nocivos que los combustibles tradicionales reduciendo así las posibilidades de producir cáncer.
- Es menos irritante para la epidermis humana.
- Actúa como lubricante de los motores prolongando su vida útil.
- Su transporte y almacenamiento resulta más seguro que el de los petroderivados ya que posee un punto de ignición más elevado.

- El biodiesel puro posee un punto de ignición de 148°C contra los escasos 51°C del gasoil.

Por tanto, podemos indicar que sus ventajas son:

- Desde el punto de vista medioambiental, la utilización de biocarburantes contribuye a la reducción de emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero a la atmósfera. Concretamente, el biodiesel no emite dióxido de azufre, lo cual ayuda a prevenir la lluvia ácida, y disminuye la concentración de partículas en suspensión emitidas, de metales pesados, de monóxido de carbono, de hidrocarburos aromáticos policíclicos y de compuestos orgánicos volátiles. El bioetanol, en comparación con la gasolina, reduce las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos.
- Además, al ser fácilmente biodegradables, los biocarburantes no inciden negativamente en la contaminación de suelos. En última instancia, ayudan a la eliminación de residuos en los casos en que los mismos se utilizan como materia prima en la fabricación de biocarburantes (por ejemplo, los aceites usados en la fabricación de biodiesel).
- Desde el punto de vista energético, los biocarburantes constituyen una fuente energética renovable y limpia. Además, su utilización contribuye a reducir la dependencia energética de los combustibles fósiles y otorga una mayor seguridad en cuanto al abastecimiento energético.
- Desde el punto de vista socioeconómico, los biocarburantes constituyen una alternativa para aquellas tierras agrícolas afectas a la Política Agrícola Común (PAC). De esta forma, se fijaría la población en el ámbito rural, manteniendo los niveles de trabajo y renta, y fomentando la creación de diferentes industrias agrarias.
- La captación de gases de vertedero es interesante no solo desde el punto de vista energético sino también desde un punto de vista medioambiental, ya que

El metano es uno de los gases que favorecen el efecto invernadero con una acción 21 veces superior al CO₂.

- La reducción de las emisiones de metano a la atmósfera es uno de los aspectos más considerados en las numerosas cumbres mundiales organizadas para tratar de minimizar el efecto invernadero en el planeta.
- Otra repercusión es la obtención de energía renovable al disponer de un recurso energético alternativo a los hidrocarburos.
- Además, aprovechar el gas evita los malos olores provocados por el ácido sulfhídrico que contiene. Por eso, algunos vertederos simplemente queman biogás en antorchas sin aprovecharlo como fuente de energía, en un intento de minimizar su impacto negativo sobre el medio ambiente.

1.7. Desventajas en la utilización de biogás.

1.7.1 Factibilidad económica:

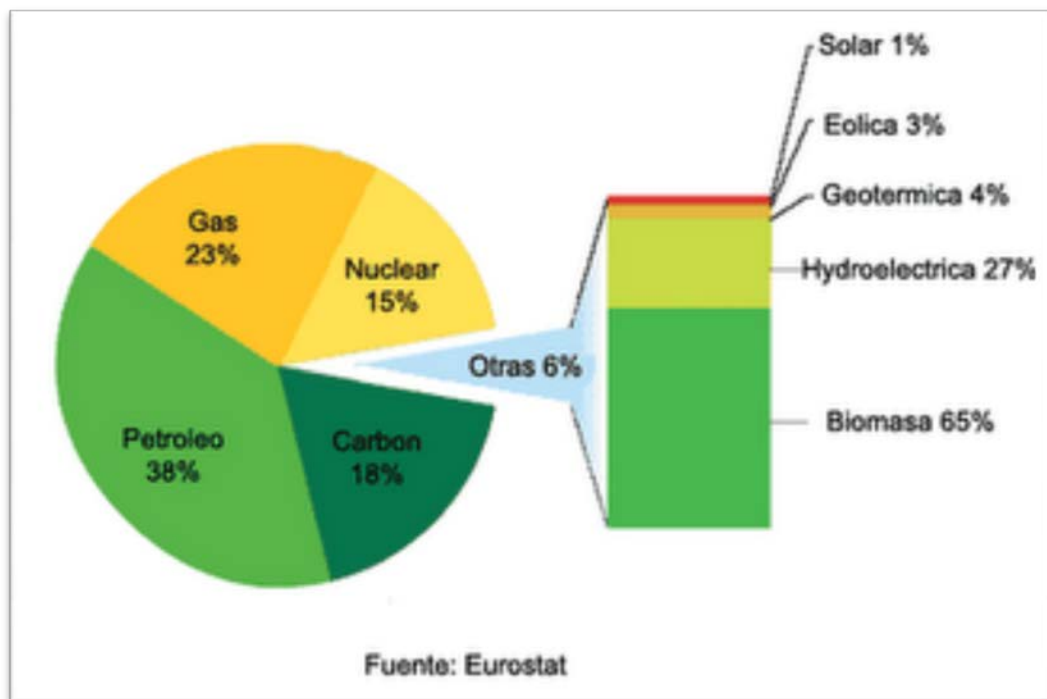
- Alta dependencia del costo de las materias primas.
- Generación de un coproducto (glicerina) cuya purificación a grado técnico solo es viable para grandes producciones

1.7.2. Aspectos técnicos:

- Problemas de fluidez a bajas temperaturas (menores a 0°C).
- Escasa estabilidad oxidativa (vida útil / período máximo de almacenamiento inferior a seis meses).
- Poder solvente.

- Es incompatible con una serie de plásticos y derivados del caucho natural (eventual sustitución de algunos componentes del motor: mangueras, juntas y similares).
- Cuando se lo carga en tanques sucios por depósitos provenientes del gasoil, al “limpiar” dichos depósitos por disolución parcial, puede terminar obstruyendo las líneas de combustible.

FIGURA # 6: proporcionalidad de los tipos de energías utilizadas



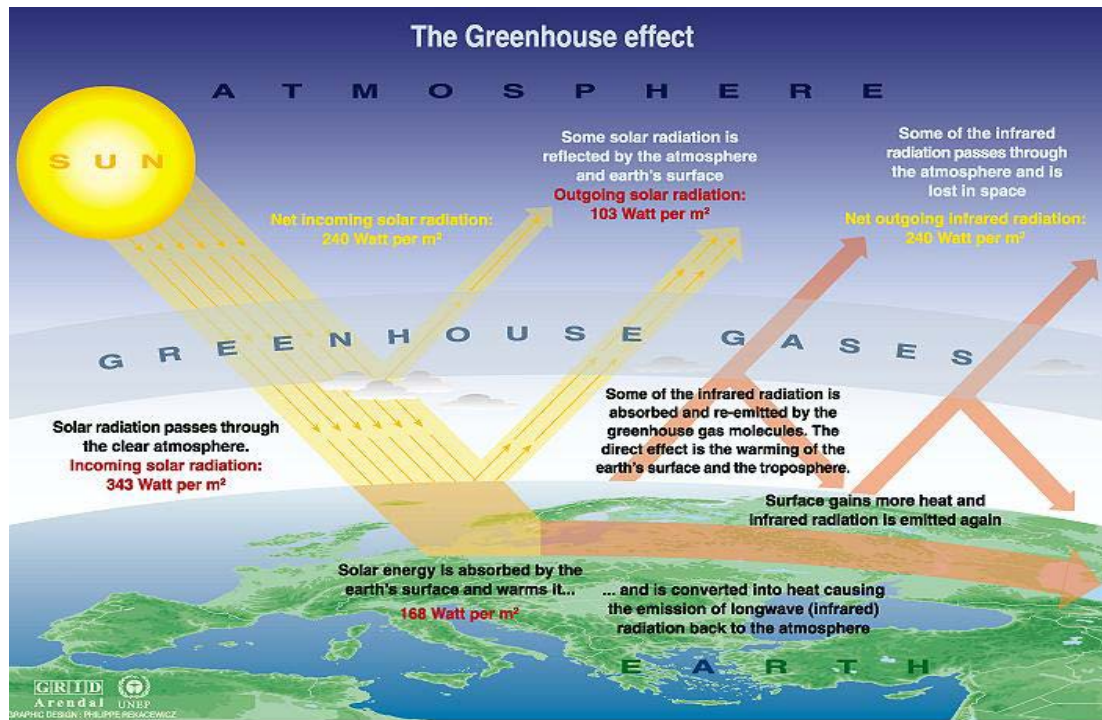
Fuente: <http://fuentedeenergia.blogspot.com/2009/07/ventajas-y-desventajas.html>

En las grandes urbes, los residuos sólidos orgánicos son un gran problema ya que éstos son dispuestos en rellenos sanitarios, los cuáles rompen el ciclo natural de descomposición contaminando las fuentes de agua subterránea debido al lavado del suelo por la filtración de agua (lixiviación⁸) y también porque favorece la generación de patógenos.

⁸ Es un proceso en el que un disolvente líquido se pone en contacto con un sólido pulverizado para que se produzca la disolución de uno de los componentes del sólido.

Los residuos orgánicos al ser introducidos en el Biodigestor son descompuestos de modo que el ciclo natural se completa y las basuras orgánicas se convierten en fertilizante y biogás, el cual evita que el gas metano esté expuesto ya que es considerado uno de los principales componentes del efecto invernadero.

FIGURA # 7: EL EFECTO INVERNADERO



Fuente: United States Environmental protection agency (epa), Washington, climate change 1995

La utilización de biogás puede sustituir a la electricidad, al gas propano y al diesel como fuente energética en la producción de electricidad, calor o refrigeración. En el sector rural el biogás puede ser utilizado como combustible en motores de generación eléctrica para autoconsumo de la finca o para vender a otras. Puede también usarse como combustible para hornos de aire forzado, calentadores y refrigeradores de adsorción. La conversión de aparatos al funcionamiento con gas es sencilla.

Una planta de biogás suministra energía y abono, mejora las condiciones higiénicas y no daña el medio ambiente, es una fuente de energía moderna que en el caso de las áreas rurales, puede ser montada en el lugar donde se consumirá la energía, evitando

Los extensos y caros tendidos eléctricos rurales. Es renovable y con un mínimo mantenimiento. No se necesita un alto grado de capacitación para operarla.

La producción de biogás es permanente, aunque no siempre constante debido a fenómenos climáticos.

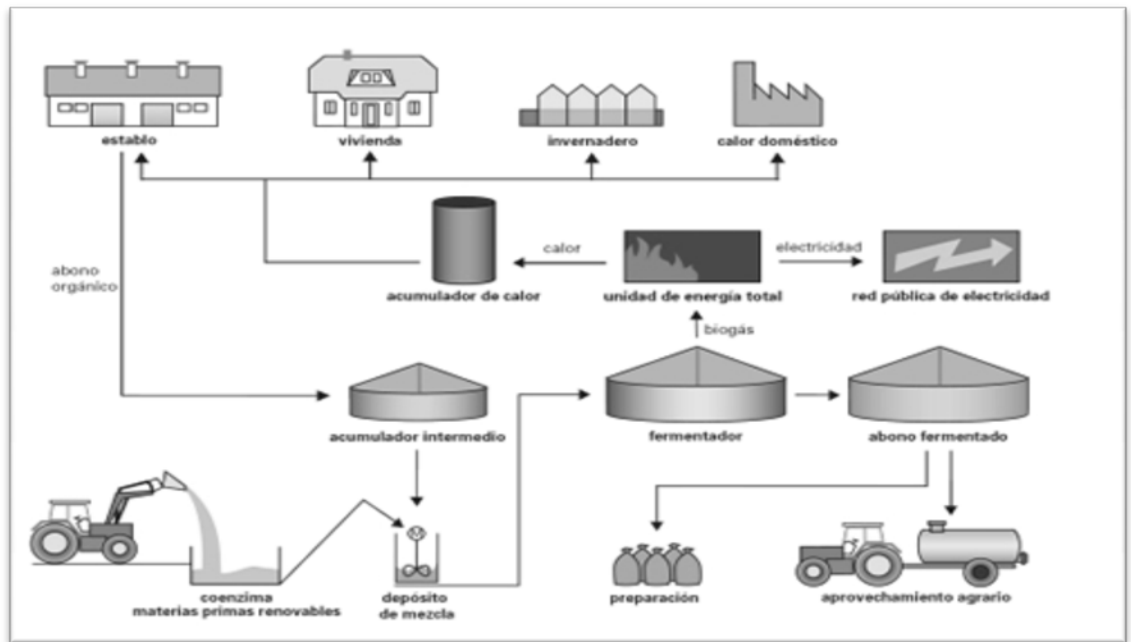
También es importante recordar la cantidad de enfermedades respiratorias que sufren, principalmente las mujeres, por la inhalación de humo al cocinar en espacios cerrados con leña o bosta seca. La combustión del biogás no produce humos visibles y su carga en ceniza es infinitamente menor que el humo proveniente de la quema de madera.

1.8. El proceso de producción de biogás.

El proceso de producción de biogás y generación energética se presenta en cinco etapas:

- ⇒ Gestión de los residuos
- ⇒ Digestión anaerobia
- ⇒ Almacenamiento y filtrado del biogás
- ⇒ Compostaje
- ⇒ Generación de energía

FIGURA # 8: Esquema de producción del biogás



Fuente: <http://www.ecologiaverde.com/el-potencial-del-biogas-en-espana/>

1.9. Parámetros Operacionales

Los parámetros operacionales hacen referencia a las condiciones de trabajo de los reactores:

- Temperatura. Podrá operarse en los rangos psicrófilico (temperatura ambiente), mesófilico (temperaturas en torno a los 35°C) o termófilico (temperaturas en torno a los 55°C). Las tasas de crecimiento y reacción aumentan conforme lo hace el rango de temperatura, pero también la sensibilidad a algunos inhibidores, como el amoníaco. En el rango termófilico se aseguran tasas superiores de destrucción de patógenos.
- Agitación. En función de la tipología de reactor debe transferirse al sistema el nivel de energía necesario para favorecer la transferencia de sustrato a cada población o agregados de bacterias, así como homogeneizar para mantener concentraciones medias bajas de inhibidores.

- Tiempo de retención. Es el cociente entre el volumen y el caudal de tratamiento, es decir, el tiempo medio de permanencia del influente en el reactor, sometido a la acción de los microorganismos.
- Velocidad de carga orgánica, OLR en inglés. Es la cantidad de materia orgánica introducida por unidad de volumen y tiempo. Valores bajos implican baja concentración en el influente y/o elevado tiempo de retención. El incremento en la OLR implica una reducción en la producción de gas por unidad de materia orgánica introducida, debiendo encontrar un valor óptimo técnico/económico para cada instalación y residuo a tratar.

Potenciales y rendimientos:

La producción de metano o biogás que se obtendrá de un residuo determinado depende de su potencial (producción máxima), del tiempo de retención, de la velocidad de carga orgánica, de la temperatura de operación y de la presencia de inhibidores.

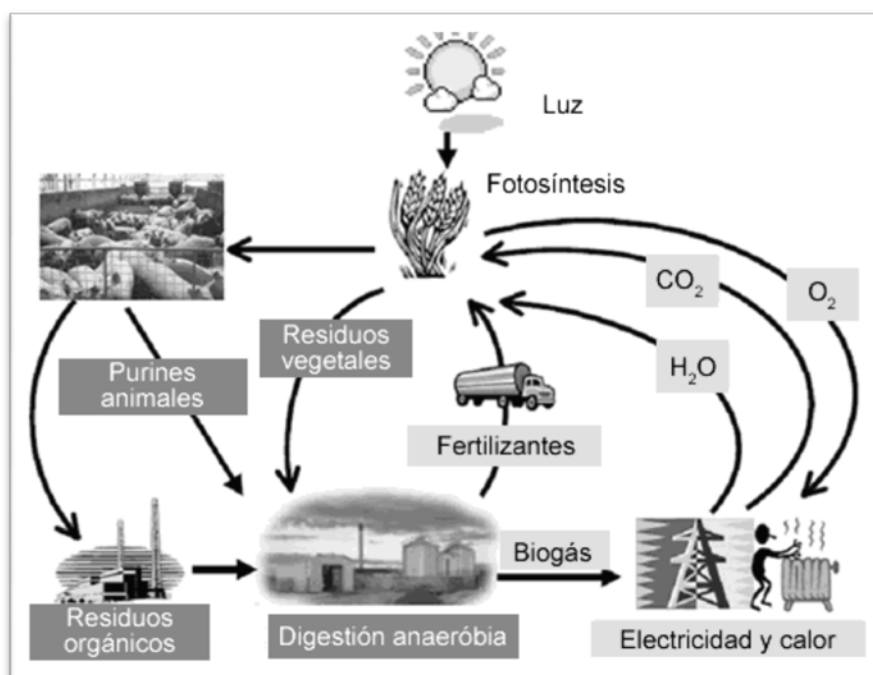
1.10. Acondicionamiento del sustrato previo a la producción de biogás.

Antes de introducir los residuos orgánicos dentro del reactor hay que realizar una serie de operaciones de acondicionamiento. Dependiendo del tipo de reactor, el grado de pretratamiento será diferente. La finalidad de estas operaciones es introducir el residuo lo más homogéneo posible, con las condiciones fisicoquímicas adecuadas al proceso al que va a ser sometido, y sin elementos que puedan dañar el digestor.

La forma de acondicionar los residuos de entrada puede ser por pretratamiento, reducción del tamaño de partícula, espesamiento, calentamiento, control de pH, eliminación de metales y eliminación de gérmenes patógenos.

Cuando se manejan ciertos sustratos, como los purines, es muy importante no almacenar demasiado tiempo, ya que decae muy deprisa la productividad de biogás, al producirse fermentaciones espontáneas.

FIGURA # 9: Representación esquemática del ciclo sostenible de la digestión anaerobia de purines animales junto con otros residuos orgánicos.



Fuente: http://www.3tres3.com/medioambiente/digestion-metanogenica-de-purines-porcinos-y-stripping-de-n_2006/

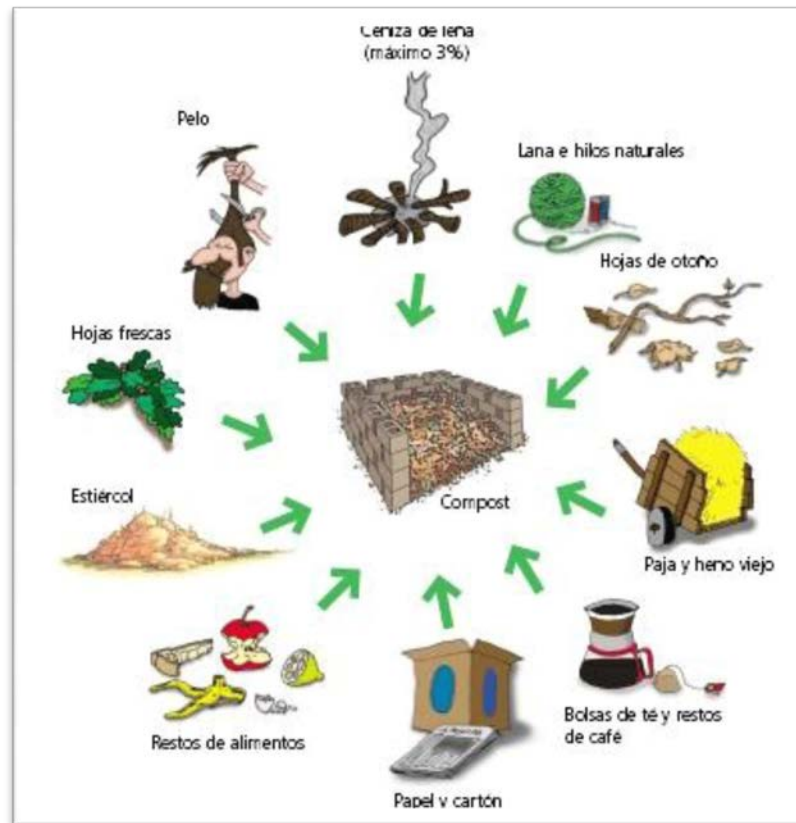
1.11. Gestión del aprovisionamiento y de los subproductos.

Para que una planta de digestión anaerobia sea rentable es imprescindible la garantía en el suministro de materia prima, tanto en tiempo como en calidad. Además, es muy importante la homogeneidad del sustrato a la entrada del reactor, para conseguir una eficiencia y rendimiento elevado de biogás.

Por ejemplo, en plantas de purines, pobres en materia orgánica, y para conseguir la rentabilidad, es necesario el aprovechamiento de los efluentes de algún proceso, como por ejemplo los lodos de espesado, bien como salen o con un tratamiento posterior. Los subproductos de la digestión anaerobia son agua y digestato (sólido); para su posterior uso hay que tener en cuenta la legislación en materia de vertidos y las composiciones de los efluentes del proceso.

Muchas veces no se pueden utilizar tal y como salen del digestor, por lo que se ha de aplicar una serie de tratamientos como decantación/sedimentación, secado, para su posterior utilización para riego, fertilización de campos o venta como compost.

FIGURA # 10: residuos orgánicos no comestibles - compostaje



Fuente: <http://www.dolceta.eu/espana/mod5/los-residuos-organicos-no.html>

1.12. Gestión de los residuos.

Los residuos orgánicos son los restos biodegradables de plantas y animales. Incluyen restos de frutas y verduras y procedentes de la poda de plantas.

Una parte importante de los residuos que se generan en la industria de transformados vegetales está constituida por la fracción orgánica sólida derivada del tratamiento previo de las materias primas vegetales. En la actualidad esta fracción de sólidos orgánicos se emplea en parte como alimentación animal, una pequeña proporción se destina a otras aplicaciones (ej. combustible) y el resto de la materia no empleada

Constituye un residuo destinado a vertedero. El envío de esta materia orgánica a vertedero supone una pérdida de recursos puesto que puede ser un subproducto aprovechable en otros procesos como son: compostaje, metanización. El reciclaje de los residuos sólidos orgánicos por cualquiera de las vías mencionadas se ve favorecido, entre otros, por el hecho de que las empresas generadoras normalmente están concentradas en determinadas zonas geográficas y podría aplicarse medidas conjuntas de aprovechamiento de los residuos. Además, el uso del subproducto en alimentación animal puede aumentarse si se realiza una correcta planificación.

IMAGEN #1:residuos orgánicos



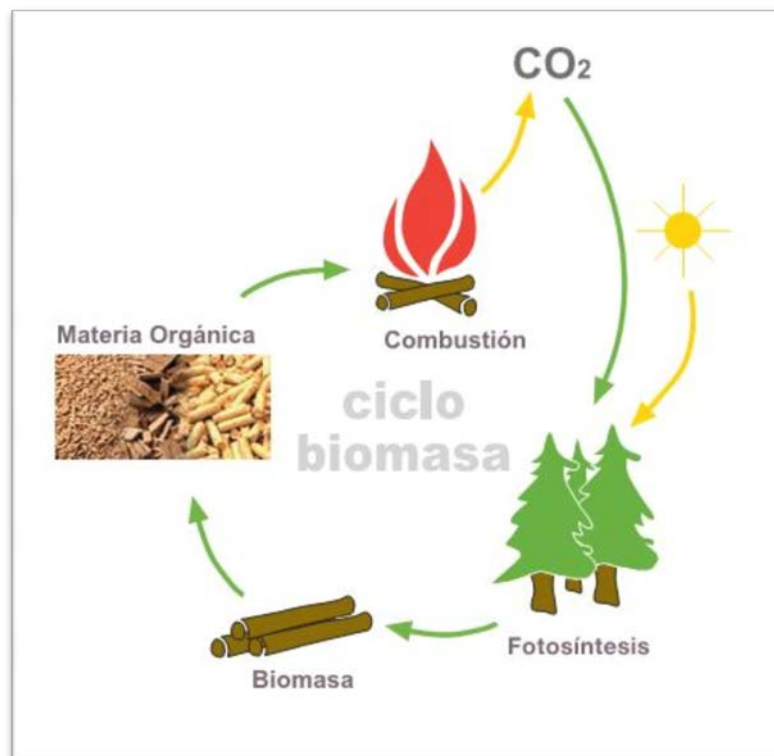
Fuente: El autor

1.12.1. Selección de la biomasa.

La Biomasa es un recurso renovable y se refiere a toda la materia orgánica que proviene de restos agrícolas o forestales, desechos de animales, de la industria y de los residuos urbanos; que pueden ser convertidos en energía. Desde la prehistoria, la forma más común de utilizar la energía de la biomasa ha sido por medio de la combustión directa: quemándola en hogueras a cielo abierto, en hornos, cocinas artesanales o en calderas, convirtiéndola en calor para suplir las necesidades de calefacción, cocción de alimentos, producción de vapor y generación de electricidad.

El uso de la biomasa aporta beneficios que son no sólo energéticos, sino que su transformación se convierte en beneficiosa y necesaria para el entorno. Es un sistema idóneo de eliminación de residuos, con la subsiguiente mejora del ambiente rural, urbano e industrial.

FIGURA # 11: ciclo de la biomasa



Fuente: <http://www.tecnicsolar.com/biomasa.html>

1.12.2. Fuentes para la obtención de labiomasa.

Para la obtención de biomasa a utilizarse en la producción de energía cubre un amplio rango de materiales y fuentes:

- Los residuos de la industria forestal
- Desechos agrícolas
- Los residuos de la acuicultura
- El estiércol de animales
- Desechos industriales
- Los residuos de los desechos urbanos

Se usan generalmente, para procesos modernos de conversión que involucran la generación de energía a gran escala, enfocados hacia la sustitución de los combustibles fósiles.

Los residuos agrícolas, como la leña y el carbón vegetal, han sido usados en procesos tradicionales en los países en vías de desarrollo como fuentes de calor y en usos primarios en pequeña escala, por ejemplo, para la cocción de alimentos o en pequeñas actividades productivas como panaderías, secado de granos, etc.

➤ Los residuos de la industria forestal.

Los residuos de procesos forestales son una importante fuente de biomasa que actualmente es poco explotada. Se considera que de cada árbol extraído para la producción maderera, sólo se aprovecha comercialmente un porcentaje cercano al 20%. Se estima que un 40% es dejado en él, en las ramas y raíces, a pesar de que el potencial energético es mucho y otro 40% en el proceso de aserrío, en forma de astillas, corteza y aserrín.

FIGURA # 12: Residuos forestales



Fuente: <http://asociacionrodeo.wordpress.com/2011/08/02/utilizacion-de-los-residuos-forestales/>

La mayoría de los desechos de aserrío son aprovechados para generación de calor, en sistemas de combustión directa, y en algunas industrias se utilizan para la generación de vapor. Los desechos de campo, en algunos casos, son usados como fuente de energía por comunidades aledañas, pero la mayor parte no es aprovechada por el alto costo del transporte.

➤ **Desechos agrícolas**

La agricultura genera cantidades considerables de desechos: se estima que, en cuanto a desechos de campo, el porcentaje es más del 60%, y en desechos de proceso, entre 20% y 40%.

Se incluye en este grupo los residuos de las actividades del llamado sector primario de la economía (agricultura, ganadería, pesca, actividad forestal y cinegética) y los producidos por industrias alimenticias, desde los mataderos y las empresas lácteas hasta las harineras y el tabaco, industrias vinícolas, etc.

Son todos aquellos residuos que se generan a partir de cultivos de leña o de hierba y los producidos en el desarrollo de actividades propias de estos sectores. Estos desechos se obtienen de los restos de cultivos o de limpiezas que se hacen del campo para evitar las plagas o los incendios y pueden aparecer en estado sólido, como la leña, o en estado líquido, como los purines u otros elementos residuales obtenidos en actividades agropecuarias. Los dos grupos de residuos se generan por necesidades forestales, no energéticas, y son materiales que no tienen calidad suficiente para otras aplicaciones que no sean las energéticas.

FIGURA # 13: Residuos agrícolas



Fuente:<http://www.ecoticias.com/energias-renovables/10959/primera-planta-publica-gallega-de-biogas->

Al igual que en la industria forestal, muchos residuos de la agroindustria son dejados en el campo. Aunque es necesario reciclar un porcentaje de la biomasa para proteger el suelo de la erosión y mantener el nivel de nutrientes orgánicos, una cantidad importante puede ser recolectada para la producción de energía. Ejemplos comunes

De este tipo de residuos son la cascarilla en cultivos transitorios como el arroz; el bagazo en cultivos permanentes como la caña de azúcar.

FIGURA # 14: Cultivos transitorios arroz – cascarilla



Fuente: <http://diarioecologia.com/2009/11/energia-electrica-con-cascara-de-arroz/>

FIGURA # 15: Cultivos permanentes – caña de azúcar -bagazo



Fuente: <http://nowhere-people.blogspot.com/2011/05/cana-de-azucar-la-necesidad-de-una.html>

Existen plantaciones energéticas en el sector agrícola como son las plantaciones de árboles o plantas cultivadas que al ser procesadas cumplen con el fin específico de producir energía. Para ello se seleccionan árboles o plantas de crecimiento rápido y bajo mantenimiento, las cuales usualmente se cultivan en tierras de bajo valor productivo. Su período de cosecha varía entre los tres y los diez años. También se utilizan arbustos que pueden ser podados varias veces durante su crecimiento, para extender la capacidad de cosecha de la plantación.

Existen también muchos cultivos agrícolas que pueden ser utilizados para la generación de energía como caña de azúcar, maíz, sorgo y trigo. Igualmente, se pueden usar plantas oleaginosas como palma africana, girasol o soya.

FIGURA # 16: Oleaginosas – aceite vegetal Subproducto fibra – raquis



Fuente: <http://www.biodisol.com/biocombustibles/exportaciones-de-biodiesel-creceran-un-50-por-ciento-en-2008-en-malasia-biocombustibles-energias-renovables/>

➤ **Los residuos de la acuicultura.**

Algunas plantas acuáticas como Jacinto de agua o las de algas, son utilizadas para producir combustibles líquidos como el etanol y el biodiesel.

➤ **El estiércol de animales.**

Por otro lado, las granjas producen un elevado volumen de residuos húmedos en forma de estiércol de animales. La forma común de tratar estos residuos es esparciéndolos en los campos de cultivo, con el doble interés de disponer de ellos y obtener beneficio de su valor nutritivo. Sin embargo, cuando existen cantidades elevadas de estiércol esta práctica puede provocar una sobrefertilización de los suelos y la contaminación de las cuencas hidrográficas.

IMAGEN # 2: Recolección del estiércol del ganado



Fuente: el autor

➤ **Desechos industriales**

La industria alimenticia genera una gran cantidad de residuos y subproductos, que pueden ser usados como fuentes de energía; los provenientes de todo tipo de carnes (avícola, vacuna, porcina) y vegetales (cáscaras, pulpa) cuyo tratamiento como desechos representan un costo considerable para la industria. Estos residuos son sólidos y líquidos con un alto contenido de azúcares y carbohidratos, los cuales pueden ser convertidos en combustibles gaseosos. Otras industrias también generan grandes cantidades de residuos que pueden ser convertidas para su aprovechamiento energético, entre estas tenemos a la industria del papel, del plástico, las destilerías, etc.

IMAGEN # 3: DESECHOS ORGÁNICOS INDUSTRIALES



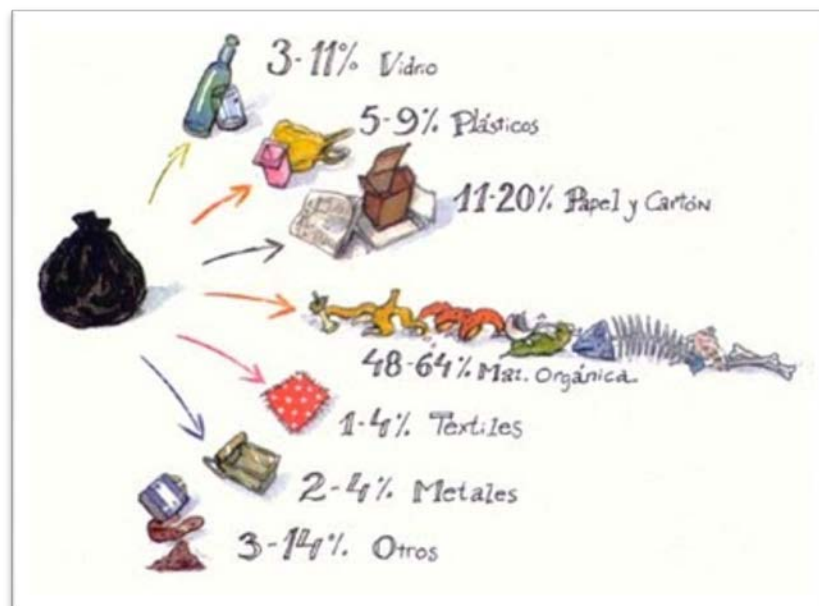
Fuente: el autor

➤ **Desechos urbanos**

Los centros urbanos generan una gran cantidad de biomasa en muchas formas, por ejemplo: residuos alimenticios, papel, cartón, madera y aguas negras. La carencia de sistemas adecuados para el procesamiento de estos residuos genera grandes problemas de contaminación de suelos y cuencas, sobre todo por la inadecuada disposición de la basura y por sistemas de recolección y tratamiento con costos elevados de operación.

Por otro lado, la basura orgánica en descomposición produce compuestos volátiles (metano, dióxido de carbono, entre otros) que contribuyen a aumentar el efecto invernadero. Estos compuestos tienen considerable valor energético que puede ser utilizado para la generación de energía limpia.

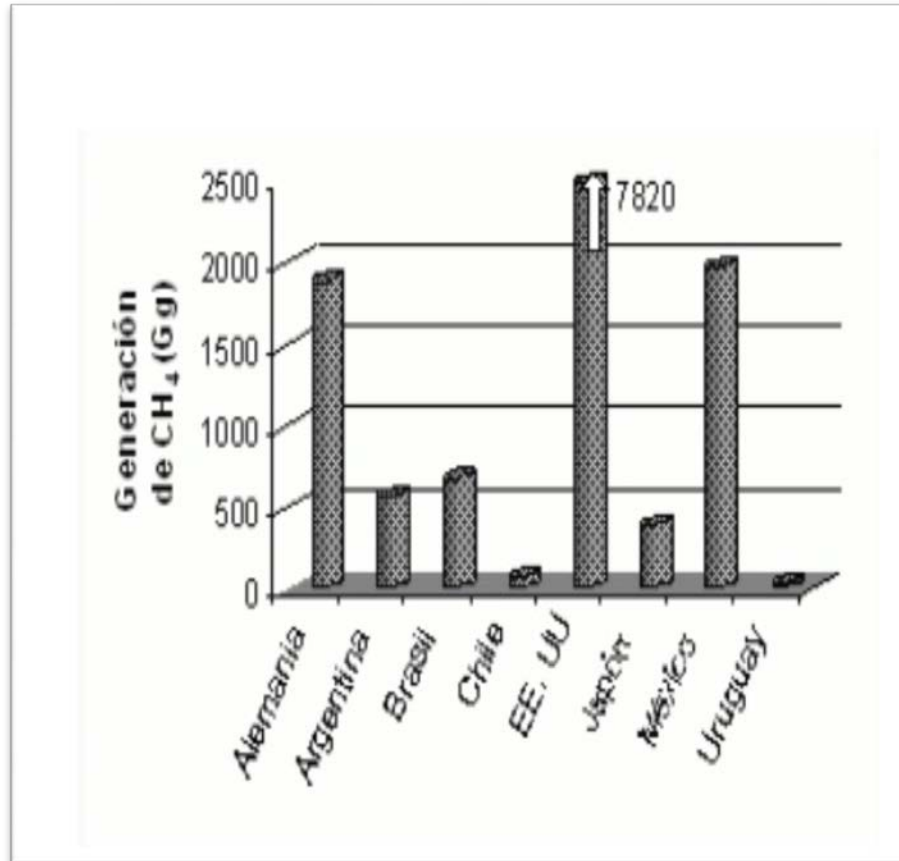
FIGURA # 17: Porcentajes de residuos urbanos



Fuente: <http://www.consciencia-global.blogspot.com/2010/11/basura-domestica-residuos-problemas.htm>

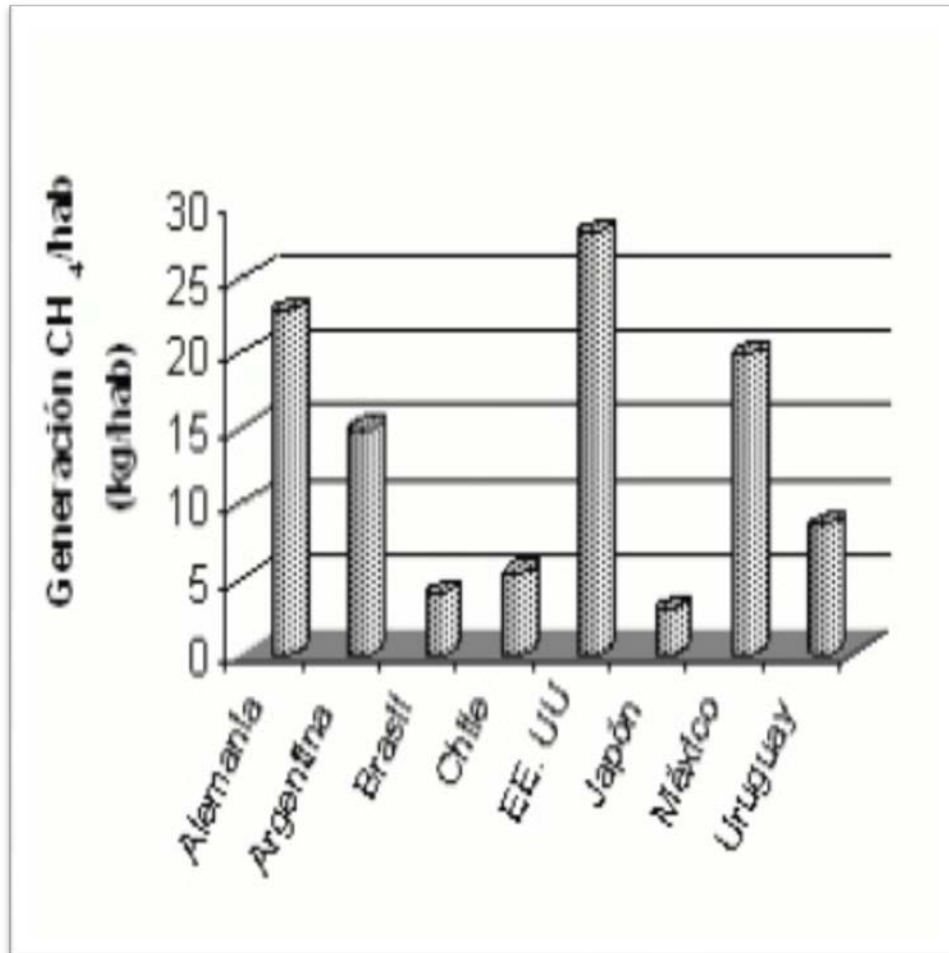
1.13. Utilización del biogás

FIGURA # 18: Generación de CH_4 /país



Fuente: <http://www.materias.fi.uba.ar>

FIGURA # 19: Generación de ch4 / habitante



Fuente: <http://www.materias.fi.uba.ar>

En escasas ocasiones la cantidad de CH₄ generado es aprovechado eficientemente.

Si no existen condiciones para aprovechar el biogás en ninguna forma, debe considerarse la opción de captarlo y quemarlo en una instalación adecuada.

Es indiscutible que en Ecuador la explotación de esta tipo de combustible alternativo aún no está en planes de crecimiento, aún estamos en una etapa de investigación y desarrollo por lo que se debe tomar como ejemplo lo que hacen muchos países del mundo al explotar energías renovables con altos contenidos de valor agregado.

Es necesaria un incentivo para la construcción de plantas pilotos que a futuro generen energía y aumente el campo de aplicación de este proyecto.

1.14. Alimentación y Filtrado del Biogás

FIGURA # 20: Recopilación de estiércol



FUENTE:<http://www.infojardin.com/foro/showthread.php?t=159063&page=3>

1.14.1. Alimentación

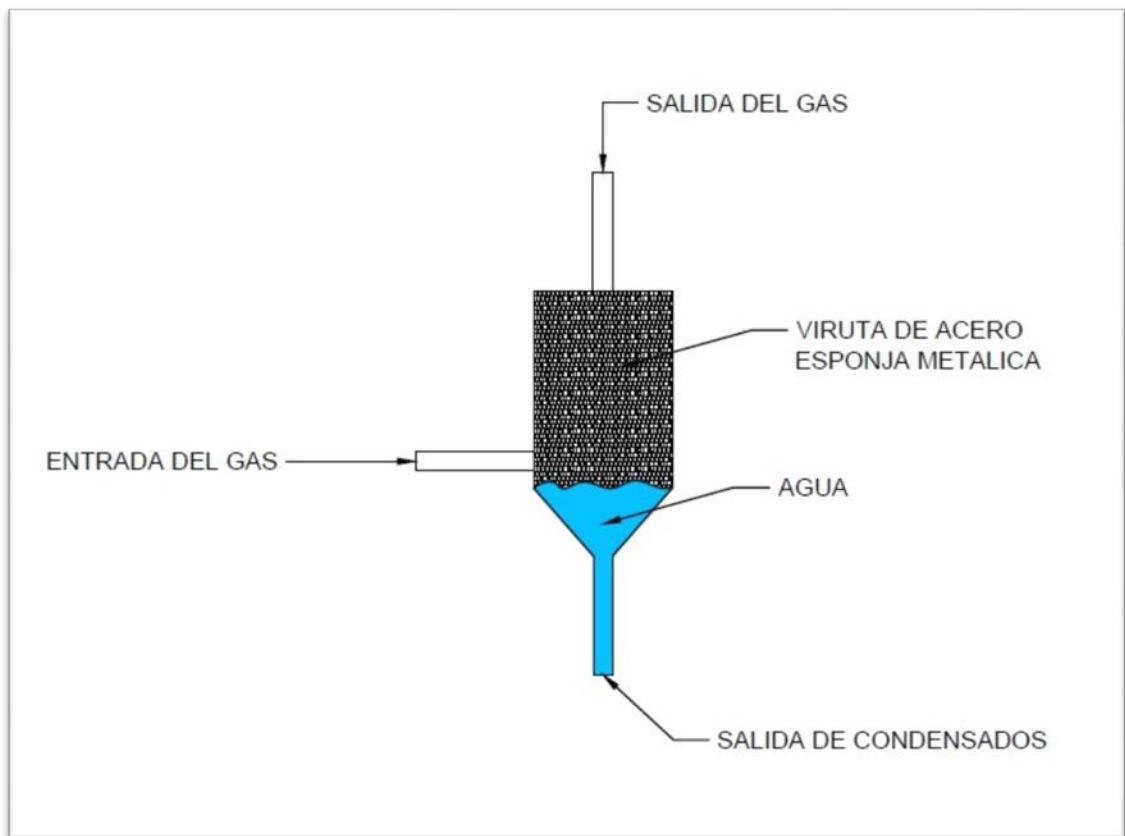
En el sector agropecuario y específicamente en los organológicos la opción del uso del biofertilizante generado por esta tecnología permite responder a una demanda de la sociedad, de esta forma se es más respetuoso del medio ambiente, y en particular se promueve la reducción de posibles fuentes de contaminación.

Todo tipo de materia orgánica de cualquier especie o fuentes capaz de generar gas, se agrega residuos orgánicos, ayudaría a aumentar la generación del volumen del biogás.

1.14.2. Filtrado

Se diseñó un filtro como el que se muestra en la figura 2. Es un cilindro que tiene una forma cónica en uno de sus extremos, consta de una entrada para el biogás, una salida para el mismo ya filtrado (con un porcentaje menor de H₂S), y un sistema de desfogue para el agua que se condensa dentro del filtro. La etapa de filtrado está compuesta por dos filtros de este tipo, el primero es el filtro principal y el segundo es para cuando el sistema lo determine se haga un segundo filtrado

FIGURA # 21: Filtro para gas



Fuente: El autor

TABLA No. 1: PRODUCCIÓN GANADERA FUNDACIÓN CENTAURI

Consumo leche:	130(l/persona/año)	Habitantes:	2.500 (Personas)
Ciclo Vida Vaca:	2.000 (días)	Densidad Producción:	1.000 (l/m ²)
Producción Leche:	10.000 (l/Vaca/año)	Producción Estiércol:	14.600 (Kg/Vaca/año)
Consumo Comida:	(Kg/Vaca/año)	Consumo Agua:	(l/Vaca/año)
Densidad	0,1 (Vacas/m ²)	Unidades Totales:	33 (Vacas)
Superficie Granja	325 (m ²)	Volumen Granja:	975 (M ³)

FUENTE: <http://www.fundacioncentauri.org>.

TABLA No.2: PRODUCTOS DEL BIOGÁS FUNDACIÓN CENTAURI

Materia Prima	ST%	SV (% ST)	Biogás (m³/KgSV)	Digestato (Kg/kgSV)
Lodos Aguas Residuales			0,43	0,57
Residuos Sólidos Urbanos	10	80	0,61	0,39
Residuos Mataderos			0,30	0,70
Lodos Industria Láctea			0,98	0,02
Gallinaza	10-30	70-80	0,45	0,60
Estiércol Vacuno	5-12	75-85	0,40	0,60
Estiércol Porcino	3-8	70-80	0,26	0,74
Restos Frutas	15-20	75	0,40	0,50
Restos Maíz	80	90	0,49	0,51
Restos Patatas			0,53	0,47

Fuente: <http://www.fundacioncentauri.or>

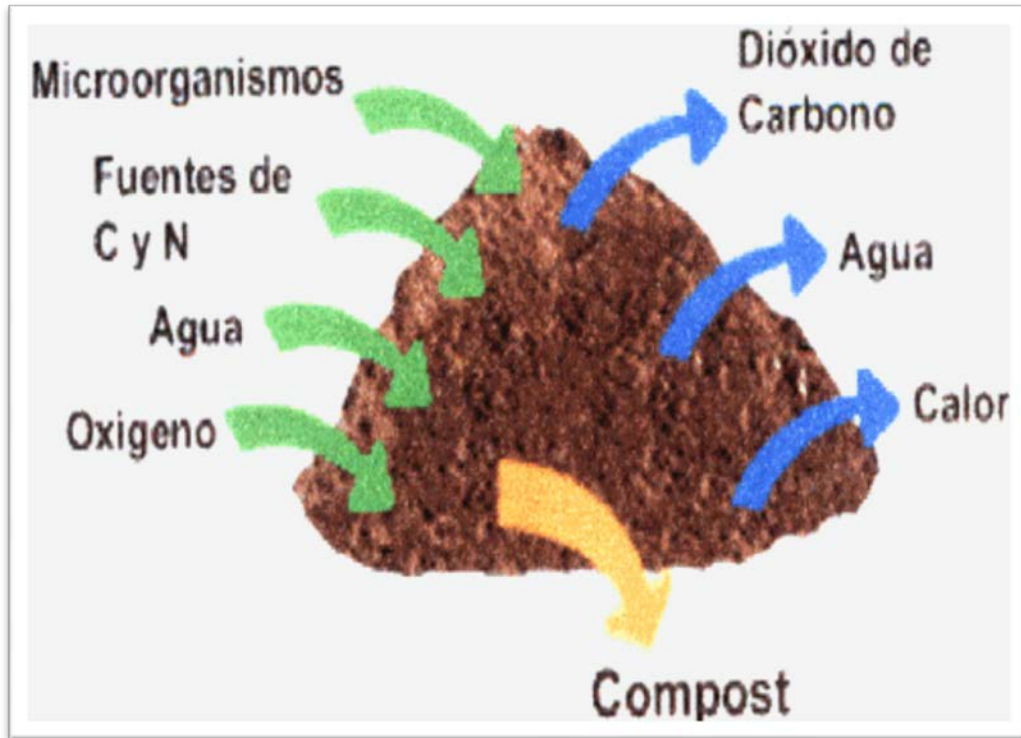
Nota:

ST = Sólidos Totales = Materia Seca

SV = Sólidos Volátiles o Biodegradabilidad

1.15. Compostaje

FIGURA # 22: Compost



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos46/compostaje/compostaje2.shtml>

El Compostaje es el proceso microbiológico aerobio mediante el cual los microorganismos transforman los materiales orgánicos en materiales biológicamente estables que pueden utilizarse como enmiendas o abonos orgánicos.

En el compostaje se utiliza como materia prima residuos como: raquis, fibra, ceniza, logos de las lagunas y efluentes.

El compost, composta o compuesto (a veces también se le llama abono orgánico) es el producto que se obtiene del compostaje, y constituye un "grado medio" de descomposición de la materia orgánica, que ya es en sí un buen abono. Se denomina humus al "grado superior" de descomposición de la materia orgánica. El humus supera al compost en cuanto abono, siendo ambos orgánicos.

La materia orgánica se descompone por vía aeróbica o por vía anaeróbica. Llamamos "compostaje", al ciclo aeróbico (con alta presencia de oxígeno) de descomposición de la materia orgánica. Llamamos "metanización" al ciclo anaeróbico (con nula o muy poca presencia de oxígeno) de descomposición de la materia orgánica.

El compost es obtenido de manera natural por descomposición aeróbica (con oxígeno) de residuos orgánicos como restos vegetales, animales, excrementos y purines (parte líquida altamente contaminante que rezuma de todo tipo de estiércoles animales), por medio de la reproducción masiva de bacterias aerobias termófilas que están presentes en forma natural en cualquier lugar (posteriormente, la fermentación la continúan otras especies de bacterias, hongos y actinomicetos). Normalmente, se trata de evitar (en lo posible) la putrefacción de los residuos orgánicos (por exceso de agua, que impide la aireación-oxigenación y crea condiciones biológicas anaeróbicas malolientes), aunque ciertos procesos industriales de compostaje usan la putrefacción por bacterias anaerobias.

El compost se usa en agricultura y jardinería como enmienda para el suelo (ver abono), aunque también se usa en paisajismo, control de la erosión, recubrimientos y recuperación de suelos.

Lo estudió el químico alemán Justus von Liebig. Su utilidad directa es discutible, ya que, si bien el compost implica una solución estratégica y ambientalmente aceptable a la problemática planteada por las grandes concentraciones urbanas (y sus residuos sólidos orgánicos domésticos) y las explotaciones agrícolas, forestales y ganaderas, cuyos residuos orgánicos deben ser tratados, no es menos cierto que, como denuncian diversos grupos ecologistas, se piensa que el compost supone un envenenamiento tanto del campo como de los productos que llegan a nuestras mesas, siendo especialmente ejemplificadores los problemas de salud que están apareciendo en EE. UU. Y Cánada (que importa gran parte de sus suministros alimentarios de aquel país) debido al uso masivo del compost.

Las características de la materia prima deben ser:

- ✓ Orgánica

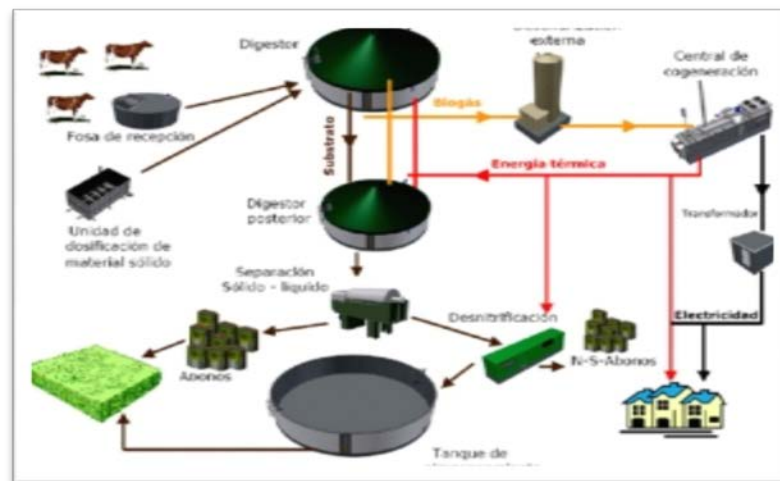
- ✓ Relación Carbono Nitrógeno
- ✓ De fácil acceso
- ✓ Que no contengan sustancias que inhiban el crecimiento microbiano

1.16. Generación de energía (BIOGAS)

Se puede utilizar el biogás para varios fines:

- Calefacción domiciliar e industrial
- Generación de electricidad
- Purificación a gas natural (renovable)
- Uso en vehículos
- En Suecia se usa hasta para trenes
- El lodo se puede usar como fertilizante

FIGURA # 23: Proceso de producción del biogás



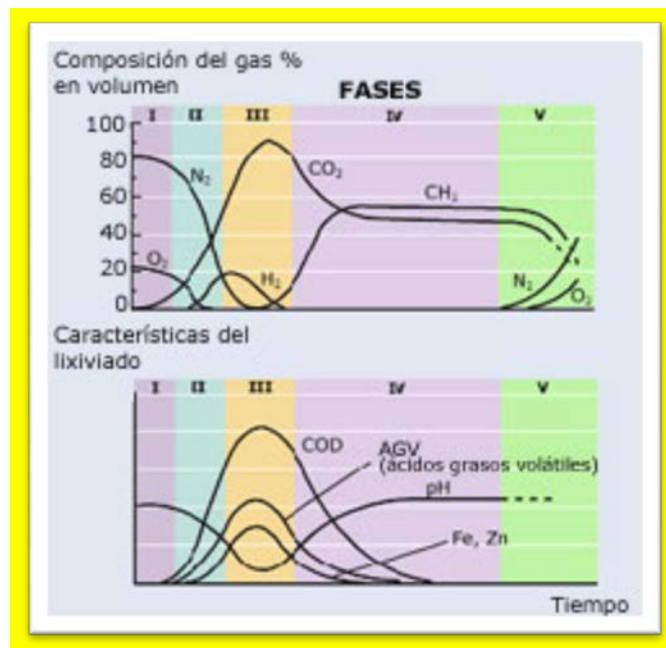
Fuente: <http://gladysgomez.wordpress.com/la-llama-azul-del-gas-natural/>

1.16.1 Proceso de fermentación del biogás

El proceso de fermentación del biogás es un proceso natural del ciclo biológico de la naturaleza. Este proceso tendrá lugar en un recipiente llamado digester en el cual ocurre la fermentación o digestión anaerobia.

La generación de biogás, es la mezcla constituida fundamentalmente por metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y pequeñas cantidades de hidrógeno (H_2), sulfuro de hidrógeno (SH_2), y nitrógeno (N), de donde nacen bacterias llamadas metanogénicas que constituyen el último eslabón de la cadena de microorganismos encargados de digerir la materia orgánica y devolver al medio los elementos básicos para reiniciar el ciclo.

FIGURA # 24: Ciclo de la fermentación anaerobia



Fuente: <http://www.estrucplan.com.ar>

Se dice que la actividad microbiológica libera a la atmosfera entre 590 y 880 millones de toneladas de metano.

Las bacterias productoras de biogás son estrictamente anaeróbicas y por tanto solo podrán sobrevivir en ausencia total de oxígeno atmosférico.

1.16.2 Etapas intervinientes dentro del proceso de fermentación.

➤ Fase de Hidrólisis

Las bacterias de esta primera etapa toman la materia prima orgánica virgen con sus largas cadenas de estructura carbonada y las va rompiendo en cadenas más cortas y simples liberando hidrógeno y dióxido de carbono.

➤ Fase de Acidificación

Esta etapa las bacterias acetogénicas realizan la degradación de los ácidos orgánicos llevándolos al grupo acético $\text{CH}_3\text{-COOH}$ (metano, nitrógeno y dióxido de carbono).

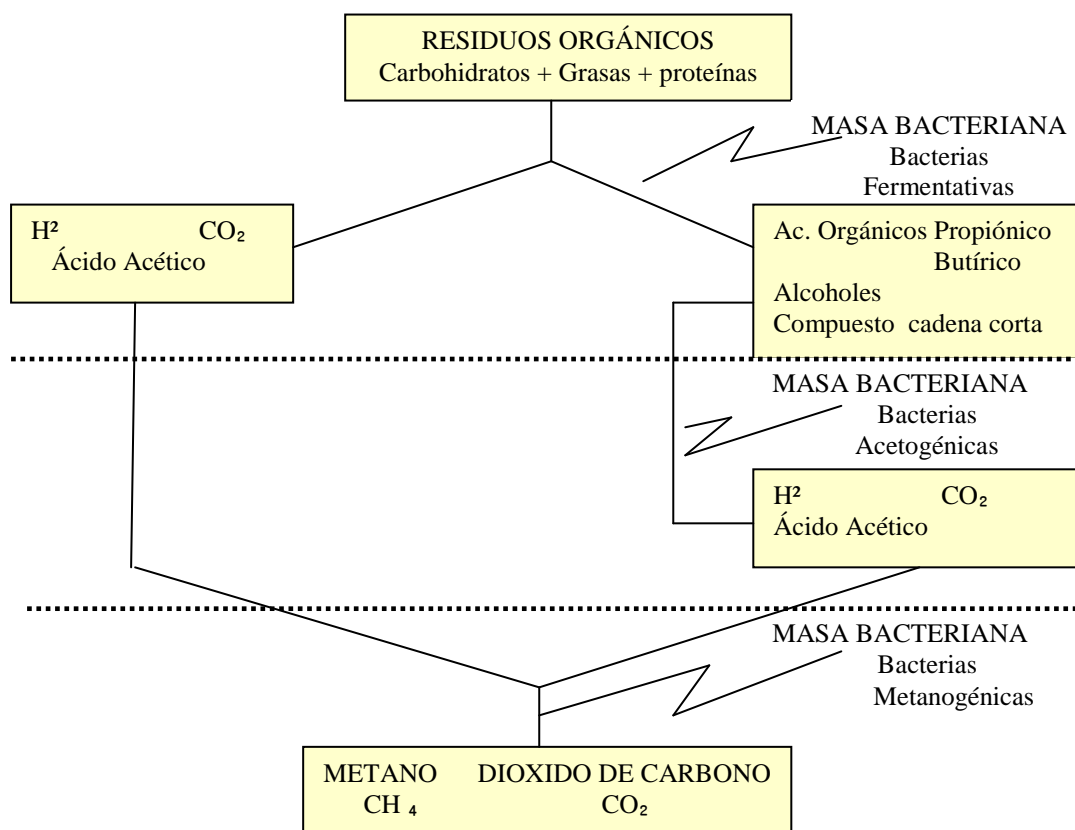
➤ Fase Metanogénica

Metanogénesis, proceso que implica la producción biológica de metano (CH_4) por parte de un grupo de microorganismos anaerobios estrictos (las bacterias metanogénicas) del grupo de las arqueobacterias⁹.

Las bacterias metanogénicas que intervinientes en esta etapa pertenecen al grupo de las arqueobacterias, que componen el dominio Archaea, y poseen características únicas que las diferencian de todo el resto de las bacterias. Se cree que pertenecen a uno de los géneros más primitivos de vida colonizadoras de la superficie terrestre:

⁹Son un grupo de microorganismos unicelulares pertenecientes al dominio Archaea.

ESQUEMA # 1: Fases de la producción de biogas



Fuente: <http://www.textoscientificos.com/energia/fermentacion>

1.17. Campos de aplicación del sistema.

1.17.1 Aplicación en el área rural:

La aplicación del biogás en el área rural ha sido muy importante, en este caso la tecnología desarrollada ha buscado realizar digestores de fácil uso, mínimo costo y mantenimiento, aunque sus rendimientos son bajos, sus objetivos son dar energía, sanidad y fertilizantes orgánicos a los agricultores especialmente de zonas marginales y difícil acceso a las fuentes convencionales de energía.

1.17.2 Aplicación en rellenos sanitarios:

El relleno sanitario es una práctica muy difundida en el mundo para eliminar las enormes cantidades de desperdicios generados en las grandes ciudades.

Hoy en día existen modernas instalaciones con técnicas de extracción de y purificación del gas metano generado. La composición de estos gases puede ser determinada en forma precisa lo permite cuantificar los gases captados y emitidos a la atmósfera, necesario para la implementación de proyectos de bonos de carbono.

Este gas al no ser captado y tratado genera graves problemas, entre los cuales figura el ambiental, por muerte de la vegetación que se encuentra en las adyacentes, contaminación de napas, presencia de gases tóxicos, malos olores que molestan a los residentes y la acumulación de gases provocando mezclas explosivas.

FIGURA # 25: Rellenos sanitarios



Fuente: <http://rellenosiderca.blogspot.com/>

En el Relleno Sanitario se realiza un tratamiento anaeróbico diferente a los sistemas biodigestores que estaremos mencionando, en muchos casos debido a los grandes volúmenes manejados; se hacen excavaciones las cuales serán rellenas generalmente con residuos urbanos, en su mayoría sólidos, y de los cuales no se obtendrá ningún efluente tratado, sólo quedará la porción de sólidos que no se pudo degradar y el lixiviado.

En principio el biogás puede ser utilizado en cualquier tipo de equipo comercial para uso de gas natural.

Las cocinas y calentadores son fácilmente modificables, agrandando el paso del gas de los quemadores. La amplia disponibilidad de este tipo de equipos hace promisorio e interesante su utilización a gran escala.

Las lámparas a gas tienen una muy baja eficiencia y el ambiente donde se las utilice debe estar adecuadamente ventilado para disipar el calor que generan.

El biogás puede ser utilizado en motores de combustión interna tanto a gasolina como diesel. El gas obtenido por fermentación tiene un octanaje que oscila entre 100 y 110 lo cual lo hace muy adecuado para su uso en motores de alta relación volumétrica de compresión, por otro lado una desventaja es su baja velocidad de encendido.

La aplicación del biogás en el área rural ha sido muy importante dentro de ella se pueden diferenciar dos campos claramente distintos. En el primero, el objetivo buscado es dar energía, sanidad y fertilizantes orgánicos a los agricultores de zonas marginales o al productor medio de los países con sectores rurales de muy bajos ingresos y difícil acceso a las fuentes convencionales de energía.

En este caso la tecnología desarrollada ha buscado lograr digestores de mínimo costo y mantenimiento fáciles de operar pero con eficiencias pobres y bajos niveles de producción de energía.

El segundo tipo de tecnología está dirigido al sector agrícola y agroindustrial de ingresos medios y altos. El objetivo buscado en este caso es brindar energía y solucionar graves problemas de contaminación. Los digestores de alta eficiencia desarrollados para esta aplicación tienen un mayor costo inicial y poseen sistemas que hacen más complejo su manejo y mantenimiento.

Ambos tipos de digestores se encuentran hoy día en continua difusión. Los reactores sencillos han tenido una amplia aceptación en China, India, Filipinas y Brasil; debido a que en estos países se ejecutaron importantes planes gubernamentales que impulsaron y apoyaron con asistencia técnica y financiera su empleo. En el resto de los países del mundo la difusión alcanzada por este tipo de digestores no ha sido significativa con respecto a los digestores de alta eficiencia la mayoría se encuentran instalados en Europa (se estima un total de 500 digestores en los países de la CEE.); en el resto del mundo no se ha superado aún la etapa de unidades demostrativas o emprendimientos particulares aislados.

El tratamiento de líquidos cloacales mediante sistemas anaeróbicos solos o combinados con tratamientos aeróbicos es una técnica muy difundida en todo el mundo desde hace más de 40 años. Para tener una idea de su importancia el gas generado por esta técnica en Europa alcanzaba en el año 1975 un total de casi 240 millones de m³ anuales de biogás.

Recientes progresos en equipos de cogeneración han permitido una más eficiente utilización del gas generado y los continuos avances en las técnicas de fermentación aseguran un sostenido desarrollo en este campo.

Debe tenerse en cuenta que la incorporación de esta tecnología obliga a una estricta regulación en cuanto a tipo de productos que se vierten en los sistemas cloacales urbanos; por este motivo en algunos países donde los desechos industriales son vertidos sin tratar en las cloacas los reactores anaeróbicos han tenido graves problemas de funcionamiento y en muchos casos han sido abandonados.

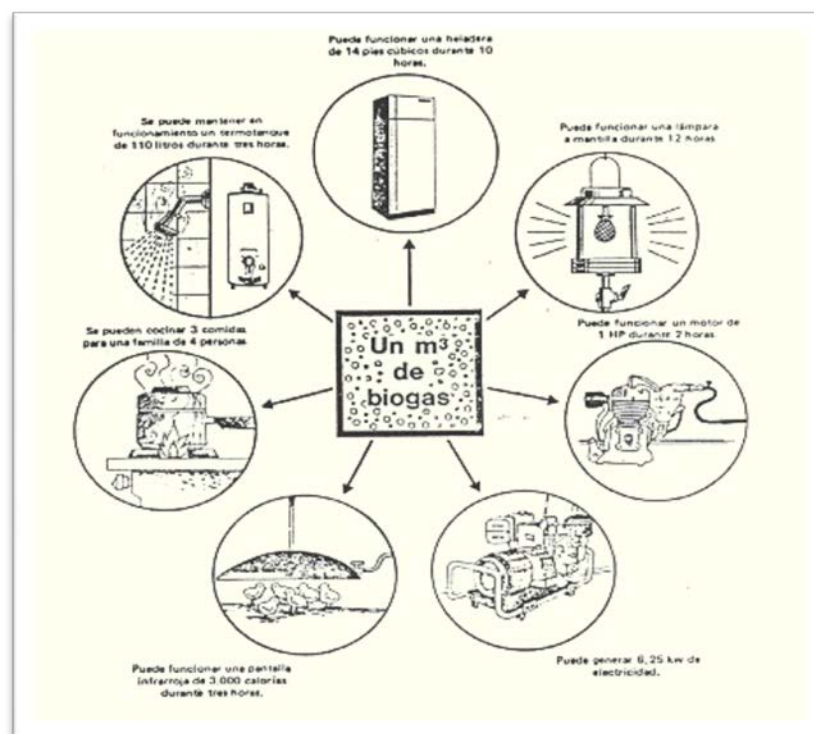
El relleno sanitario, práctica muy difundida en el mundo para eliminar las enormes cantidades de desperdicios generados en las grandes ciudades han evolucionado

Incluyendo hoy en día modernas técnicas de extracción y purificación del gas metano generado el cual en décadas pasadas generaba graves problemas, entre los cuales figuraba el ambiental, por muerte de la vegetación que se encontraba en las zonas cercanas, malos olores que molestaban a los residentes y explosivas mezclas de gases que se acumulaban en los sótanos de la vecindad.

El avance de esta técnica ha permitido que importantes ciudades del mundo, como es el caso de Santiago de Chile en América Latina, incluya un importante porcentaje de gas procedente de esta fuente en la red de distribución urbana de gas natural. Todos los campos de aplicación analizados muestran que la tecnología bajo estudio se encuentra en una franca etapa de perfeccionamiento y difusión. Las causas que motivarán y regularán su futura expansión se encuentran centradas en dos aspectos críticos del futuro como son la energía y la contaminación.

1.17.3. Diferentes aplicaciones

FUGURA # 26: Equivalencias de 1 m³ de biogás



Fuente: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar19/HTML/articulo06.htm>

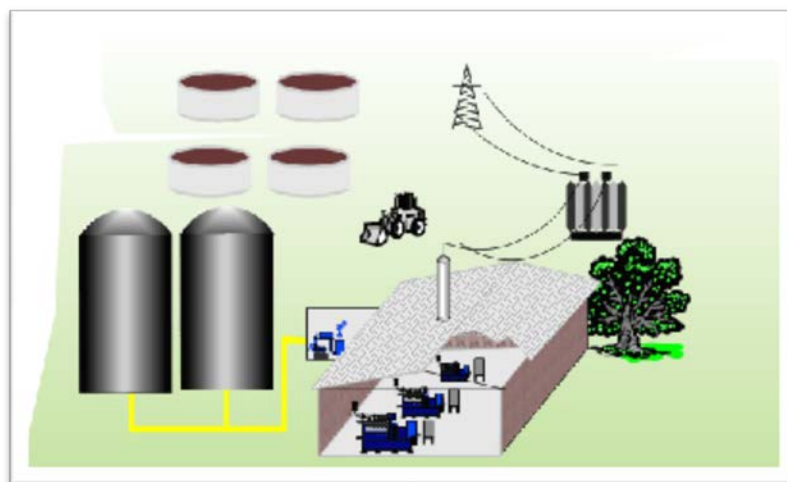
1.18. Beneficios del uso del Biogás

La producción del Biogás tiene grandes beneficios tanto a los usuarios, a la sociedad como al medio ambiente.

Aquí mencionamos los beneficios más significativos:

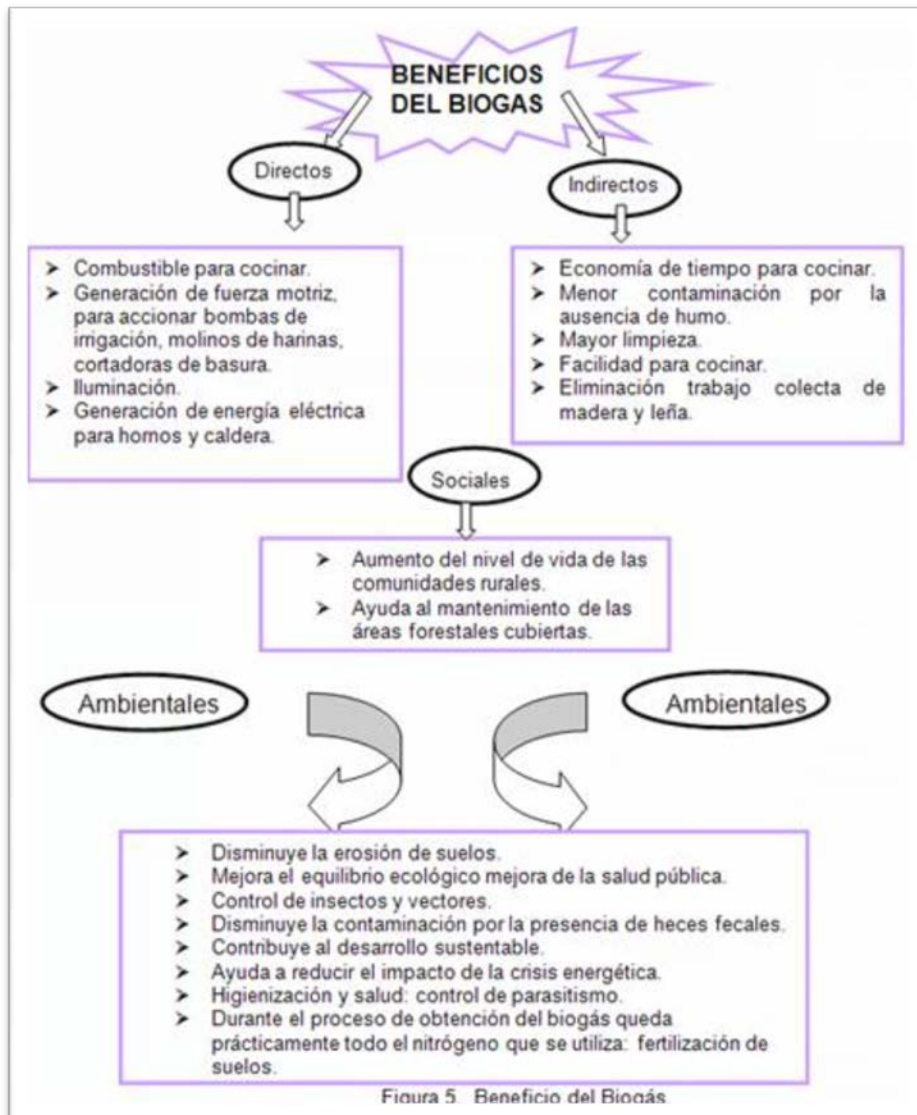
- a. Producción de energía: calor, luz, electricidad.
- b. Transforma los desechos orgánicos en fertilizantes de alta calidad.
- c. Mejora las condiciones higiénicas por la reducción de patógenos, huevos de moscas, etc.
- d. Reduce la cantidad de trabajo con respecto a la recolección de leña.
- e. Favorece la protección del suelo, agua, aire y vegetación, obteniendo menor deforestación.
- f. Beneficios micro-económicos a causa de la sustitución de energía y fertilizantes, del aumento de los ingresos y aumento de la producción agrícola-ganadera.
- g. Beneficios macro-económicos, a través de la generación descentralizada de energía, reducción de los costos de importación y protección ambiental.

FIGURA # 27: Usos del biogás



Fuente: <http://www.inverter-china.com/blog-es/catalog.asp?tags=biog%C3%A1s>

FIGURA # 28: Beneficios del biogás



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos68/usuarios-pulpa-cafe/usuarios-pulpa-cafe2.shtml>

1.19. Tipos de reactores anaerobios

Los principales reactores anaerobios utilizados en el tratamiento de purines son:

- Digestión convencional
- Digestión de una fase y
- Alta carga Digestión en dos fases

1.19.1 Digestión convencional

El proceso de digestión convencional se suele llevar a cabo en una única fase. Las funciones de digestión, espesado de fangos y formación de sobre nadantes, se lleva a cabo de forma simultánea. El fango crudo se introduce en la zona en la que el fango está siendo digerido activamente y en la que se está liberando gas. El fango se calienta por medio de un intercambiador de calor externo. Conforme el gas asciende hacia la superficie, arrastra partículas de fango y otros materiales, tales como grasas y aceites y a cabo formando una capa de espumas.

Como resultado de la digestión, el fango se estratifica formando una capa de sobrenadante por encima del fango digerido, y experimenta un aumento de la mineralización. Como consecuencia de la estratificación y de la ausencia de mezcla completa, se utiliza menos del 50% del volumen del digester convencional y solo se utiliza en instalaciones pequeñas.

1.19.2. Digestión de una fase y alta carga

Este proceso difiere del proceso convencional de una fase en que la carga de sólidos es mucho mayor. El fango se mezcla íntimamente mediante recirculación de gas, mezcladores mecánicos, bombeo o mezcladores con tubos de aspiración y se calienta para conseguir optimizar la velocidad de digestión. A excepción de las mayores cargas y del mejor mezclado, entre el digester primario de un proceso convencional de dos etapas, y un digester de una fase y alta carga, solo existen algunas diferencias. Los equipos de mezclado deben tener mayor capacidad; y en caso de digestores de alta carga el tanque deberá ser más profundo, para favorecer el proceso de mezcla completa.

El bombeo de fango al digester se debe llevar a cabo de forma continua o temporalizada en ciclos de 30 minutos a 2 horas de duración, a fin de mantener condiciones constantes en el interior del reactor. El fango que entra desplaza el fango digerido hasta un tanque de almacenamiento. Debido a que no se produce una separación del sobrenadante, y a que los sólidos se reducen en un 45-50% por liberarse en forma de gas, el fango digerido suele tener una concentración del orden

De la mitad de la de los fangos crudos. Los digestores pueden tener cubiertas fijas o flotantes. Algunas o todas las cubiertas flotantes pueden ser, a su vez, campanas de recogida de gas, lo cual permite disponer de un volumen de almacenamiento de gas independiente o un depósito de almacenamiento de gas adicional. Alternativamente, el gas se puede almacenar en una campana de gas independiente o en un depósito de almacenamiento a presión.

1.19.3. Digestión en dos fases

En muchas ocasiones un digestor de alta carga se combina en serie con un segundo tanque de digestión. En este proceso, el primer tanque se utiliza para la digestión, y se equipa con dispositivos y concentración del fango digerido y para la formación de un sobrenadante relativamente clarificado. En muchas ocasiones ambos tanques se construyen idénticos, de forma que cualquiera de ellos puede ser el tanque primario. En otros casos, el segundo de los tanques puede ser abierto, no calentado o una laguna de fango. Los estanques pueden tener cubiertas fijas o flotantes al igual que en la digestión de una etapa.

Las ventajas que aporta este proceso de dos fases, comparándolas con el de una sola, se resumen a continuación:

- El primer reactor actuará de amortiguador a la llegada de algún golpe de carga del afluente, aportando gran seguridad y estabilidad al sistema; también este reactor eliminará el oxígeno disuelto del afluente, por lo que la eficacia en el segundo reactor será óptima.
- Permite conseguir un biogás de mayor riqueza en metano, lo que repercute en el balance económico.
- Puede conseguirse un aumento cinético de la hidrólisis por agitación en el primer reactor, y evitar la pérdida de microorganismos de esta primera etapa intercalando un decantador y bomba, para retornar éstos a su origen.

- Este sistema admite una mayor flexibilidad en variaciones de carga, pH y temperatura, a la vez que ofrece mayores facilidades en la actuación, seguimiento y control del proceso.

1.20. Ventajas y desventajas de los digestores anaerobios

1.21.1 Ventajas de un Digestor Anaerobio

a) Producción de Energía

Por la acción de las bacterias metanogénicas, gran parte del contenido orgánico de las aguas se transforma en gas metano; teóricamente 1 Kg. de la DQO eliminada produce 350 litros de metano a 35°C. Este combustible posee un elevado poder energético utilizable.

b) Producción de Fangos

Por quedar convertida la mayor parte de la materia orgánica, en el proceso anaerobio, en biogás, el sólido restante queda bien estabilizado y utilizable previa deshidratación.

c) Proceso Exterior

Como los reactores se construyen en ambientes cerrados, la producción de malos olores baja en el proceso anaerobio, comparado con los olores desagradables que se desprenden en el sistema donde la depuración se realiza en espacios abiertos. Según RAS (2000) los digestores cerrados deben ubicarse a distancia mínima de 500 metros de las urbanizaciones.

1.20.2. Desventajas del Proceso Anaerobio

a) Puesta en Marcha

Debido a la baja velocidad de crecimiento de los microorganismos, en el proceso Anaeróbico la puesta en marcha de este tratamiento es lenta.

b) Temperatura

El tratamiento anaerobio a temperatura ambiente resulta demasiado lento, lo que supone un aporte externo de energía, ya que requiere temperaturas de, al menos 35 °C para que la actividad de las bacterias sea óptima.

c) Costos

Los costos asociados a la construcción de los digestores anaerobios son altos, comparado con sistemas no convencionales de tratamiento, principalmente porque necesita de un sistema integrado, para proporcionar un tratamiento completo y adecuado a los purines, además necesita la instalación de dispositivos que permitan, calentar los purines hasta una temperatura adecuada, y la instalación de un sistema de recolección y acumulación del gas, para su posterior uso o quema.

CAPITULO II

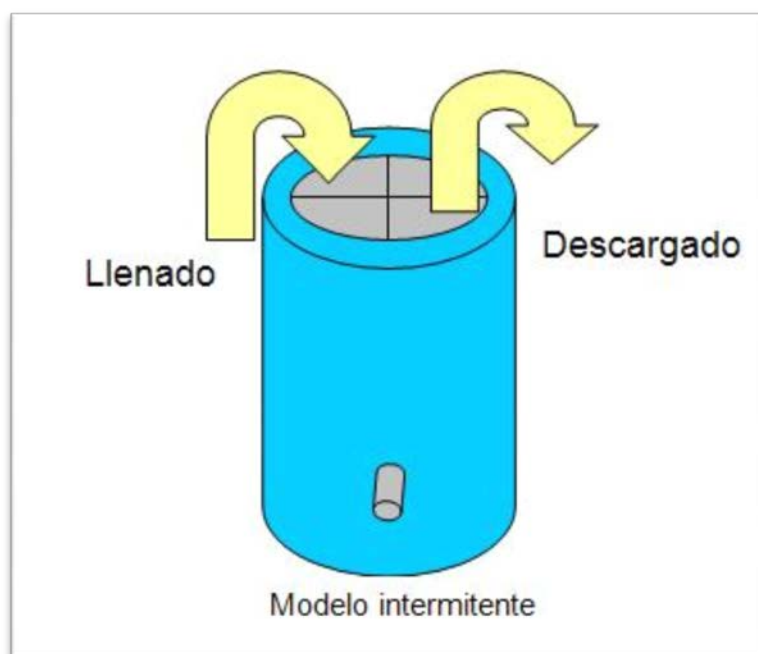
2. PROPUESTA DE CONSTRUCCIÓN DEL BIODIGESTOR

2.1. Construcción del Biodigestor

El Biodigestor construido es de tipo “flujo discontinuo”, la carga de la totalidad del material a fermentar se hace al inicio del proceso y la descarga del efluente se hace al finalizar el proceso; por lo general requieren de mayor mano de obra y de un espacio para almacenar la materia prima si esta se produce continuamente y de un depósito de gas (debido a la gran variación en la cantidad de gas producido durante el proceso, teniendo su pico en la fase media de este) o fuentes alternativas para suplirlo.

Se procede a este tipo por su movilidad para fines educativos, de procesos de pruebas - ensayos y de fácil entendimiento.

FIGURA # 29: Digestor tipo discontinuo



Fuente: el autor

Este tipo de digestores se carga una vez y se descarga cuando concluye el proceso de fermentación; tiene un solo orificio, el que se tapa y se destapa para cada carga. La

Duración de carga oscila entre 2 a 4 meses (según el clima). En este sistema es la misma materia orgánica la que permanece de principio a fin, por lo que no hay un recambio del contenido que permita una sostenibilidad en la producción del biogás. Cada metro cúbico (1m³) de materia orgánica produce alrededor de medio metro cúbico (0.5m³) de biogás y no hay forma de generar más gas del que ya se generó.

2.2. Proceso de construcción.

Los biodigestores han de ser diseñados de acuerdo a su finalidad, a la disposición de ganado y tipo, y a la temperatura a la que van a trabajar.

Un Biodigestor puede ser diseñado para eliminar todo el estiércol producido en una granja de cerdos, vacas o aves.

Ya sabemos que se requieren 20 kilos de estiércol fresco diariamente para obtener 5 horas de consumo de gas. Como se comentó anteriormente, el fertilizante líquido obtenido es muy preciado, y un Biodigestor diseñado para tal fin a permitir que la materia prima esté mayor tiempo en el interior de la cámara hermética así como reducir la mezcla con agua a 1:3. (Agua – estiércol).

La temperatura ambiente en que va a trabajar el Biodigestor indica el tiempo de retención necesario para que las bacterias puedan digerir la materia. En ambientes de 30 °C se requieren unos 20 días de tiempo de retención, a 32 °C, la temperatura de trabajo es de unos 21 °C de media, y se requieren 55 días de tiempo de retención. Es por esto, que para una misma cantidad de materia prima entrante se requiere un volumen cinco veces mayor para la cámara hermética en el altiplano que en el trópico.

Se realizaron numerosas propuestas de tipos de digestores así como de materiales para almacenar, mezclar, equipo de fermentación y generación del gas.

2.3. Materiales a utilizar en la construcción del Biodigestor

➤ TANQUES DE PRESIÓN GALVANIZADOS (NACIONALES)

- PRESIÓN MAX 50PSI
- DIMENSIONES: Ø 13" – ALTURA 16"
- SALIDAS MODIFICADAS:
- ENTRADAS Y SALIDAS DE SÓLIDOS: Ø 2"
- SALIDAS PARA SENALES: Ø1/2"
- SALIDA DE GAS: Ø1/8"

➤ VALVULAS:

- VÁLVULAS ROSCABLES DE BOLA PVC, Ø2", PRESIÓN MAX. 150PSI, X 4
- VÁLVULAS ROSCABLES DE BOLA ACERO INOX., Ø ½, PRESIÓN MAXIMA 150 PSI, X 2
- VÁLVULAS ROSCABLES DE BOLA ACERO, Ø1/4, PRESIÓN MAX. 150PSI, X 2

➤ TUBERIA

- TUBERÍA DE ACERO, SCH-20, Ø2"
- TUBERÍA DE COBRE, Ø1/8"

➤ ACOPLER

- NEPLOS, SCH-20, Ø1/4", X 2
- UNIONES, SCH-20, Ø1/2", X 6
- TEE, SCH-20, Ø1/2", X 2
- CODOS REDUCTORES DE COBRE DE 1/4 – 1/8, X 2
- TAPONES EMBRAS SCH-20, Ø1", X 2
- NUDOS ROSCABLES PVC, Ø2", X 4

➤ **MEDIDORES**

- MANÓMETRO 0 – 160 PSI, ¼, CONEXIÓN INFERIOR
- MANÓMETRO IN
- MANÓMETRO
- TERMÓMETRO
- TERMÓMETRO

➤ **VARIOS**

- TUBO CUADRADO, 1" X 1
- CHUMACERA, ½"
- MANGERA PARA GAS
- PLATINA DE ½", X 1
- SOLDADURA AGA 6011, X 2KG
- VARILLA LISA ¼", X 1
- VALDES DE PVC (PARA TRASPORTES DE MATERIA PRIMA), X 4
- BALANZA 0-12 KG
- VIRUTA DE ACERO, X 1

IMAGEN # 4: Biodigestor diseño final



Fuente: el autor.

2.4 Partes del equipo

El Biodigestor de flujo discontinuo consta de 2 zonas, una parte mezcladora y otra parte anaerobia que funciona como la zona de fermentación y gasificación de la materia orgánica en gas.

La parte mezcladora tiene una capacidad para 50kg. Diluidos con agua y de 2 tanques anaerobios los cuales tendrán la capacidad de almacenar 24 kg de estiércol diluido con agua para la gasificación, cada tanque anaerobio contiene 1 manómetro de 0 a 100 PSI y un termómetro para medir la temperatura de la biomasa de cada uno de los receptores.

Adicional los tanques anaerobios tienen una conexión para salida alterna o conjunta de acuerdo a las necesidades y demandas que se presenten al momento de disponer de este gas. Adicional tiene una conexión para la adaptación de un conector de tanque estándar de GLP para conectar cualquier tipo de cocineta para el uso de gas.

Las conexiones se las realizó con accesorios de PVC en este caso válvulas para el ingreso y evacuación de la masa en cada uno de los tanques de fermentación.

Las demás concesiones para controles como manómetros y medidores, se realizan con tubería de acero. Luego de tener el equipo montado con todos los accesorios se procede a hacerle una estructura metálica para facilitar su transportación.

El tiempo de adquisición de los componentes del digestor demoró 1 mes y el tiempo de construcción del equipo duro 1 mes debido a prueba y cambios de diseño. Por lo que en total de construcción se demoró 2 meses en periodos de trabajo fines de semana.

Cada tanque de fermentación puede recibir 0.0378m³ de líquido, quedando una distribución así:

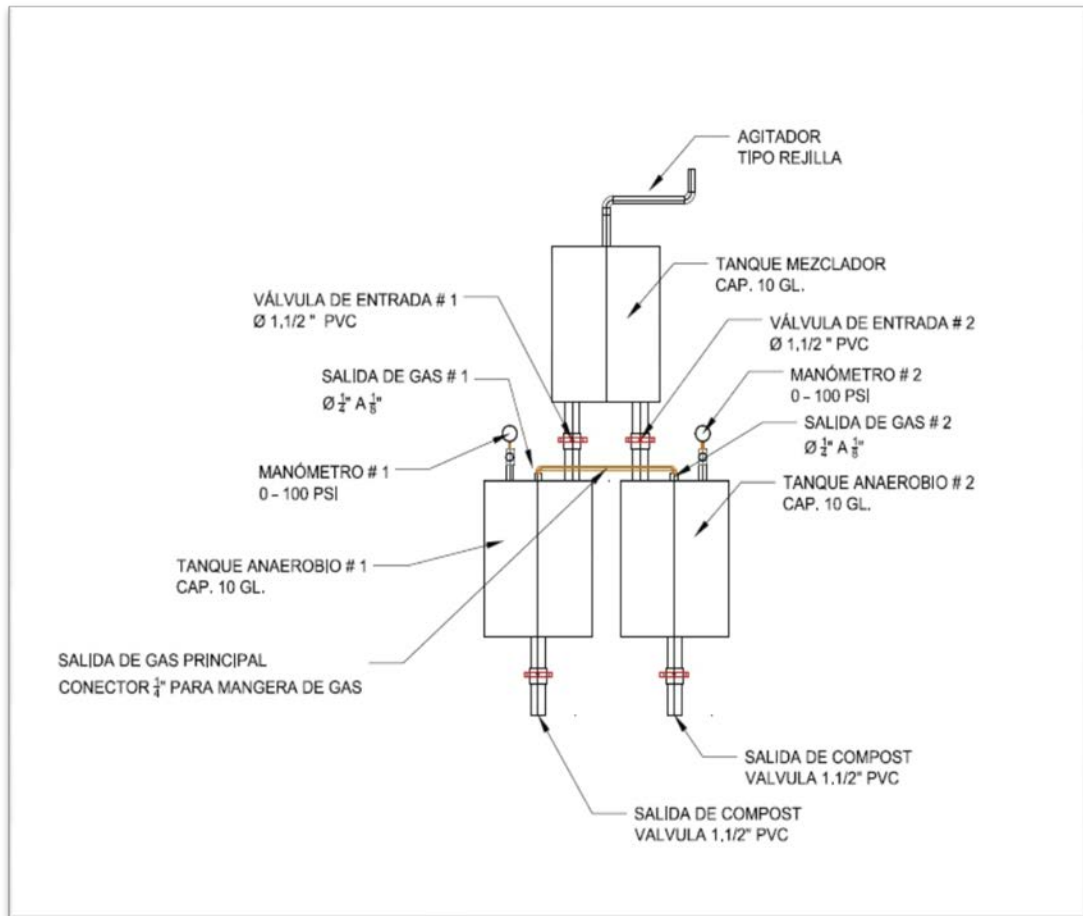
- Biomasa 0.02835m³ (28.35L)
- Área para biogás 0.00945m³ (9.45L)

Para cada unión se utilizó teflón de alta resistencia en cinta y líquido para evitar futuras fugas de gas, a cada tanque de fermentación se lo sometió a una prueba hidrostática a 40 – 50 PSI con una duración de 30 min.

Cada tanque de fermentación cuenta con un manómetro de presión y un termómetro para verificar tanto la presión del gas como la temperatura de la biomasa.

Adicional cada tanque consta de 2 entradas para limpieza cada vez que se termine la cantidad de gas generado.

FIGURA # 30: Componentes del Biodigestor



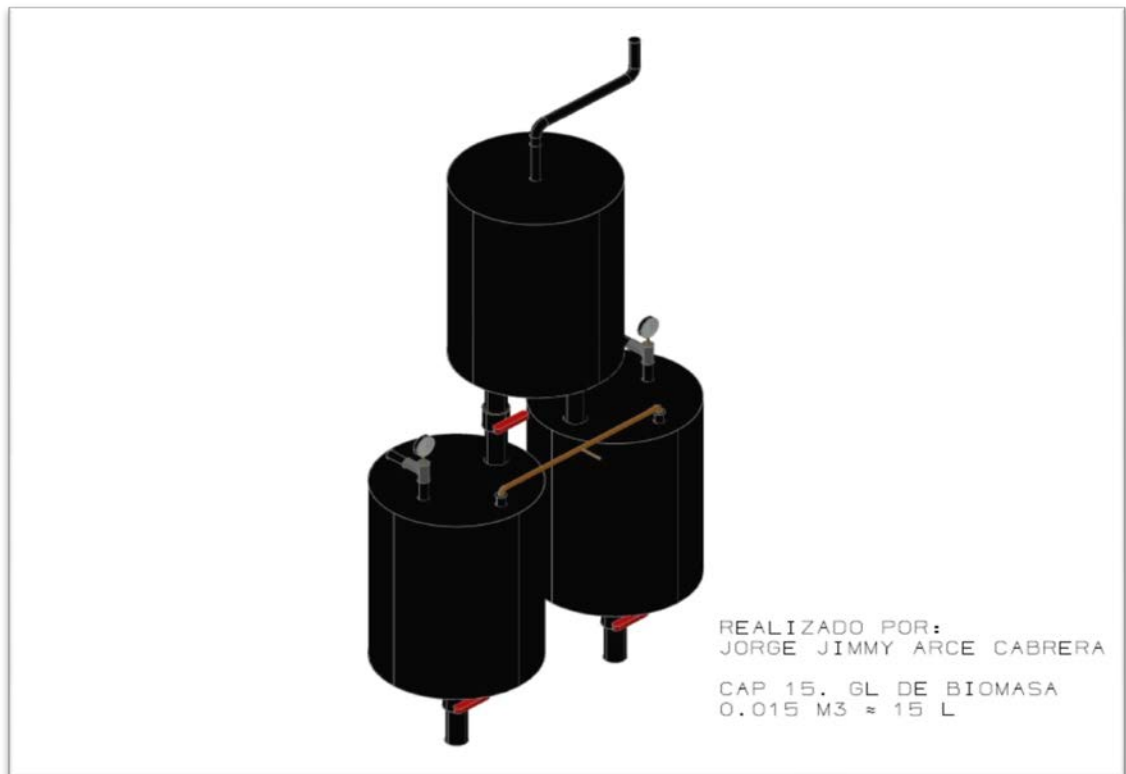
Fuente: El autor

El diseño consta con accesorios de PVC y ACERO, lo cual reduce los costos y la durabilidad de equipo.

El mezclador consta de un agitador tipo rejilla el cual evita salpicaduras durante la mezcla, adicionalmente tiene dos salidas para la biomasa liquida de 1 1/2".

Cada parte anaerobia consta con una salida de gas conexión 1/4", un manómetro conexión 1/4", un termómetro conexión 1/4", una válvula de admisión de 1 1/2" y una válvula de escape de compost de 1 1/2", una unión de 1/2" para limpieza del equipo.

FIGURA # 31: Diseño final de Biodigestor

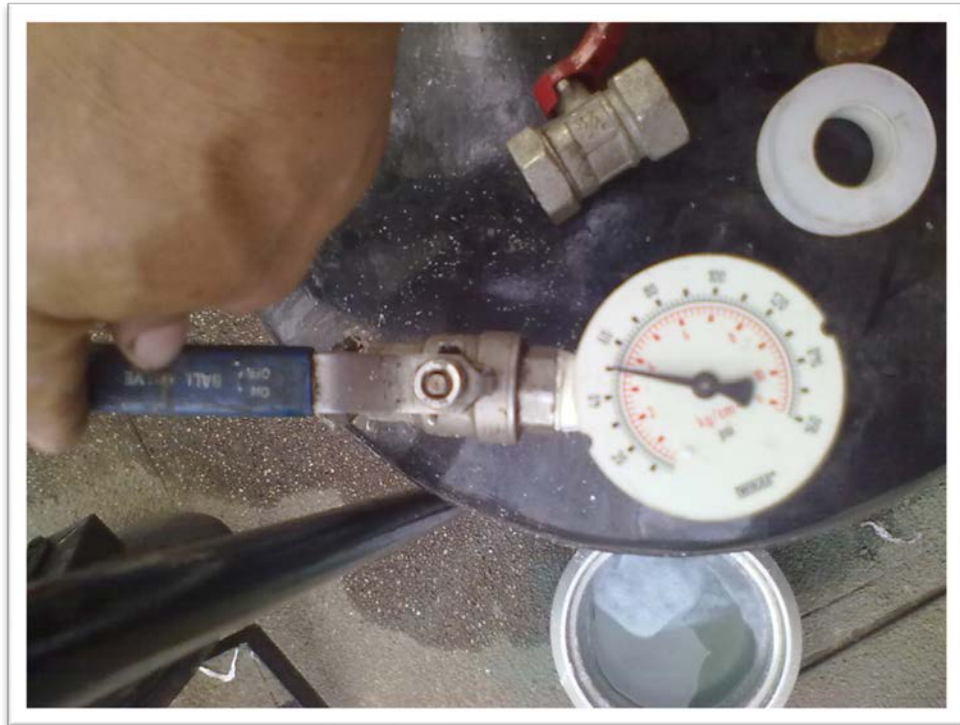


Fuente: El autor

Diseño 3D, realizado en AutoCAD para determinar cómo realizar las conexiones e identificar ubicaciones de elementos y salidas de gas.

Diseñado por Jorge Jimmy Arce Cabrera

IMAGEN # 5: Pruebas de hermeticidad tanque 1



Fuente: El autor

Prueba realizada al tanque anaerobio # 1

Presión de prueba: 50 PSI

Tiempo de duración de la prueba: 1 hora

Equipos utilizados:

- Compresor de aire
- Válvula de seguridad
- Manómetros
- Agua con espuma para verificar fugas de aire

IMAGEN # 6: Pruebas de hermeticidad tanque 2



Fuente: El autor

Prueba realizada al tanque anaerobio # 2

Presión de prueba: 50 PSI

Tiempo de duración de la prueba: 1 hora

Equipos utilizados:

- Compresor de aire
- Válvula de seguridad
- Manómetros
- Agua con espuma para verificar fugas de aire

2.5. Proceso de mezclado.

La mezcla se la realiza con estiércol vacuno por su fácil recolección y por encontrarse en grandes cantidades.

Dependiendo de dónde se pueda obtener este tipo de material para su generación y a su vez se indicaría la cantidad que se requiere para la fermentación.

En este estudio realizado se utilizó estiércol de vaca, el cual fue obtenido en una hacienda ganadera donde el 100% de estiércol es desperdiciado por la administración sin conocer los beneficios que este les pudiese brindar.

IMAGEN # 7: Llenado de la biomasa



Fuente: El autor

La relación utilizada estiércol: agua fue de 1:3 y durante 3 min se mantuvo en agitación la mezcla agitador tipo rejilla¹⁰ hasta alcanzar una homogeneidad en el

¹⁰<http://www.unizar.es/dctmf/jblasco/AFTAgitacion/AFT20040606.htm>

Interior y poder hacer pasar la biomasa al tanque de fermentación, logrando así un volumen de biomasa de 0.02835m³ para cada uno de los tanques de fermentación.

IMAGEN # 8 Mezclado de la biomasa



Fuente: El autor

La mezcla de la biomasa líquida se realizó durante 15 minutos, se realizó una mezcla por cada tanque anaeróbico se utilizó agua de pozo sin cloro para optimizar la eficiencia del equipo.

2.6. Proceso de fermentación

La biomasa estuvo depositada dentro de los contenedores por alrededor de 30 días tiempo suficiente para que dentro del mismo se empiece a generar el gas en las cantidades que admite el contenedor.

Cada semana se pudo constatar la no existencia de fugas en el equipo usando una solución jabonosa diluida en agua la cual es esparcida por todo el equipo para verificar si se generan burbujas las cuales podrían indicar posibles escapes de gas los

Cuales pueden ser una pérdida de la eficiencia del equipo y una acción insegura que pueda causar accidentes.

Luego de la fermentación total de la biomasa se procede a consumir el gas generado en un horno común de cocina para probar la eficiencia del equipo, la llama duro aproximadamente 30 min a un ritmo de 2 PSI/min. Cada reservorio obtuvo una presión de 60 PSI durante 30 días.

2.7. Proceso de limpiado del equipo.

Después de la utilización del biogás queda con un material llamado compost el cual se debe evacuar del equipo con agua para agilitar la salida.

La mezcla saliente puede ser recolectada para otros beneficios que son como valor agregado del producto para continuar con el 100% de aprovechamiento de la materia ingresada al inicio del proceso.

Inmediatamente después de estar limpio en contenedor está listo para volver a ser reutilizado, realizar la fermentación y continuar con el proceso.

2.8. Referencias de los ensayos.

2.8.1 Pruebas iniciales.

La primera investigación para la comprobación de la generación de biogás, se realizó en el cantón Samborondon, provincia del Guayas, donde hicimos nuestras primeras recolecciones y luego del tiempo de fermentación investigado se llegó al producto deseado usando un Biodigestor piloto en cual nos daría información valiosa de la cantidad de gas que nos podía ofrecer dicho diseño.

- Cantidad de estiércol usada 20kg
- Cantidad de agua (sin cloro) 10kg

➤ Resultados de análisis:

- Cantidad de biogás:
 - Día # 15 7 PSI
 - Día # 30 15PSI
- Duración del gas 30 min.

Una de las investigaciones se realizó en la finca “Casa Blanca”, Cantón Bucay, Provincia del guayas, donde los resultados iniciales fueron:

2.8.2. Datos Iniciales.

Equipo # 1

- Cantidad de estiércol 20kg
 - Agua sin cloro 10 kg
 - Temperatura 25-27.7 0c

 - Presión del equipo:
 - Inicial 0 PSI
 - FINAL 50 PSI
 - Duración de biogás 15 min. llama alta (20 min llama baja)
- Resultados investigativos

Equipo # 2

- Cantidad de estiércol 22 kg
- Agua sin cloro 10 kg
 - 30% agua de rio
 - 70% agua de sin cloro
- Temperatura 25-27.70c
- Presión del equipo
- Inicial 0 PSI

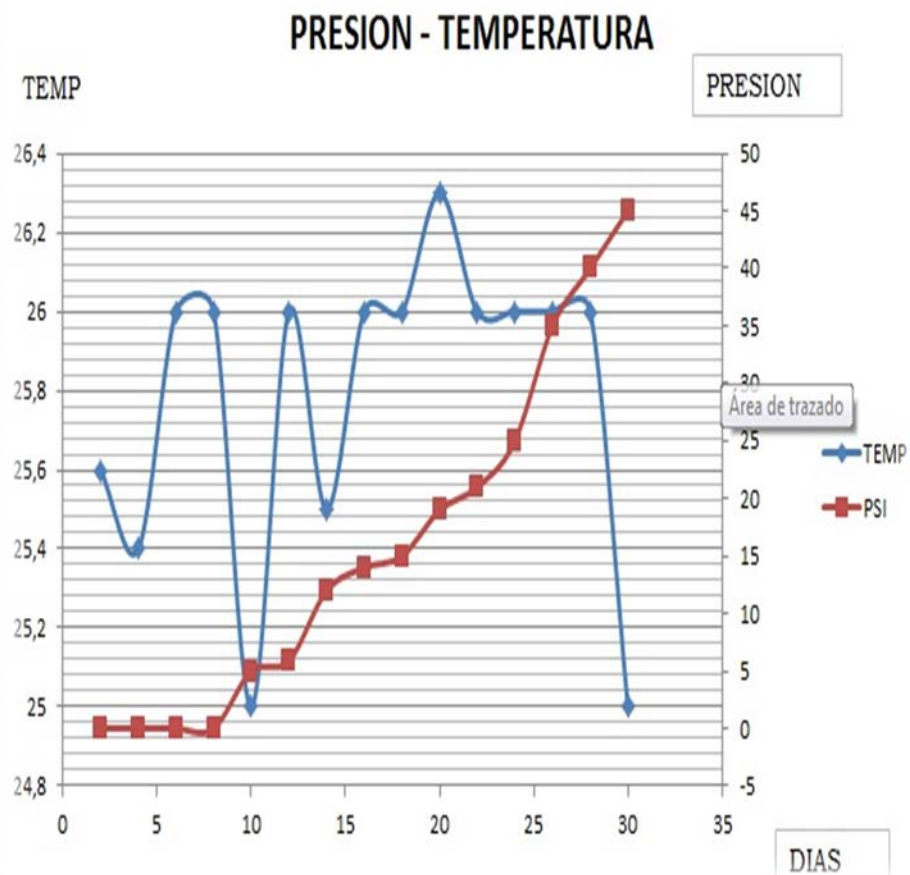
- Final 62 psi
 - Duración del biogás 30 min llama alta (40 min llama baja)
- Resultados investigativos

2.8.3. Grafica de resultados

GRAFICA # 1: CURVA DE GENERACIÓN DEL GAS

Fuente: el autor (ensayos del proyecto)

Los



Ensayos se realizaron en el mes de junio donde la temperatura tubo una máxima de 27 grados por lo que el tiempo de retención de la biomasa y su fermentación se alargó por un periodo de 31 días, produciendo así 60 PSI de presión en cada uno de los tanques anaerobios.

CAPITULO III

3. DISEÑO DEL MANUAL DE MANIPULACION DEL EQUIPO

3.1 Manejo del estiércol

Se sabe que el estiércol de vaca está lleno de hierba y paja, por lo que para conseguir una buena fermentación necesitaremos limpiarlo si es necesario.

La mezcla de estiércol – agua se la debe realizar con agua en la relación:

- 1 balde de estiércol.
- 3 baldes de agua.

Precauciones:

- a. Mantener siempre visible los manómetros de presión del equipo.
- b. Revisar constantemente si existen fugas.
- c. Revisar constantemente los filtros de agua y viruta de acero, por lo general cambiarlos cada 3 meses de uso.
- d. Mantener las llaves de paso cerradas en caso de no usar el digestor.
- e. Cuando se utilice el Biodigestor recordar abrir las válvulas de paso del equipo y las de la hornilla.
- f. Mantener constante vigilancia el gas para evitar explosiones.
- g. Colocar el digestor en un lugar abierto, ventilado y despejado.
- h. Mantenimiento y limpieza
- i. Mantener limpio y ordenado el lugar donde se encuentre el equipo.
- j. No dejar materiales inflamables alrededor del equipo. Colocarlos en lugar seguro y donde no estorben el paso.
- k. Cuando se vaya a limpiar el equipo no olvidar cerrar las válvulas de descarga que se encuentran debajo del equipo.

Una sola acción insegura puede imprudentemente hacer insegura la manipulación del equipo.

El biogás es un gas inflamable y tóxico. Siempre se debe verificar que se han cerrado las llaves de paso del quemador después de cocinar. Una válvula abierta produce un escape de gas que nos puede dar mareos y asfixias.

3.2. Ficha Internacional de Seguridad del metano

METANO (licuado) ICSC: 0291

METANO (licuado) (botella) CH₄

Masa molecular: 16.0

CAS: 74-82-8

RTECS: PA1490000

ICSC: 1971

NU: 1971

CE: 601-001-00-4

TIPOS DE PELIGRO: EXPOSICIÓN

PELIGROS: SINTOMAS AGUDOS

PREVENCIÓN

LUCHA CONTRA INCENDIOS/PRIMEROS AUXILIOS

INCENDIO

En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.



3.3. Problemas y soluciones

HUELE A BIOGÁS	HAY PÉRDIDA DE GAS, ALGUNA CONEXIÓN ABIERTA O DAÑADA.
POCO GAS EN EL RESERVORIO	COMPROBAR QUE HAY AGUA EN LA VÁLVULA DE SEGURIDAD PARA QUE NO SE ESCAPE EL GAS. SI ALGUNA FISURA DETENER TODO FUNCIONAMIENTO.
NO LLEGA GAS A LA COCINA	ABRIR LA LLAVE PARA PURGAR EL AGUA DE LA TUBERÍA DE SALIDA DEL BIODIGESTOR.
EL BIOL PRESENTA UNA NATA (CAPA SUPERFICIAL DURA)	HACE FALTA MEZCLAR BIEN EL COMPOST ANTES DE INGRESARLO AL RESERVORIO ANAEROBIO PARA QUE MEZCLE UNA MEZCLA TOTALMENTE LIQUIDA.
HAY Poca PRESIÓN EN LA LÍNEA	PUEDE QUE LA LÍNEA TENGA OBTURACIONES POR LO QUE SE DEBE COLOCAR MANÓMETROS A LA SALIDA Y A LA ENTRADA
EL BIODIGESTOR NO PRODUCE MÁS GAS	SE AÑADIÓ ESTIÉRCOL DE VACAS QUE HAN TOMADO ANTIBIÓTICOS, O YA TERMINO LA PRODUCCIÓN DE GAS DEL RECIPIENTE.

3.4. Plan de operación y control

Se debe realizar un Plan de Control al momento de desarrollar el diagrama de proceso e instrumentación (P&ID). Se debe imaginar minuciosamente todos los riesgos que podrían ocurrir, ya sea por falla humana o de un mecanismo o instrumento, catástrofe natural, accidente ocasionado por un agente externo al recinto, ruptura de tubería, cortó circuito etc... Luego de haber dejado libre expresión al “brain-storming” (tormenta de cerebro: proceso mental mediante el cual se deja libre expresión a las ideas sin refrenar las que aparecen como más absurdas), y de reorganizar las ideas, se debe precisar las causas reales y sus condiciones determinando sus consecuencias, gravedad (accidente, destrucción de material, riesgo de muerte, etc.), frecuencias de ocurrencia, para finalmente valorizarlas con una nota (o factor). Esa nota determinará la importancia del riesgo y las medidas a tomar, que sean simples alarmas, resolutivas en forma automatizada o manual, inspecciones o mantención rutinaria, restricción de zonas etc., o la combinación de algunas.

CAPITULO IV

4. CAMPOS DE APLICACIÓN DEL SISTEMA

4.1 Impacto Ambiental.

Cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización, se considera como Impacto Ambiental.

Se debe considerar la diversificación energética y la posibilidad de contar con diferentes fuentes de suministro que permiten aplicaciones de uso más racional de la energía disponible. La aplicación de la cogeneración, ayuda a conseguir estos fines.

El término cogeneración se utiliza para definir aquellos procesos en los que se produce simultáneamente energía eléctrica y energía calorífica y/o frigorífica a partir de un combustible Diesel o gas¹¹.

La necesidad de incursionar dentro del campo de la conservación ambiental, debido al imparable crecimiento del consumo de energías no renovables, surge la aplicación de generación de biogás para suplir en parte el consumo de combustibles fósiles y reducir el impacto ambiental que estos producen tanto al ser obtenidos como los resultados, luego de sus combustiones.

4.2. Análisis realizados en la Provincia del Guayas

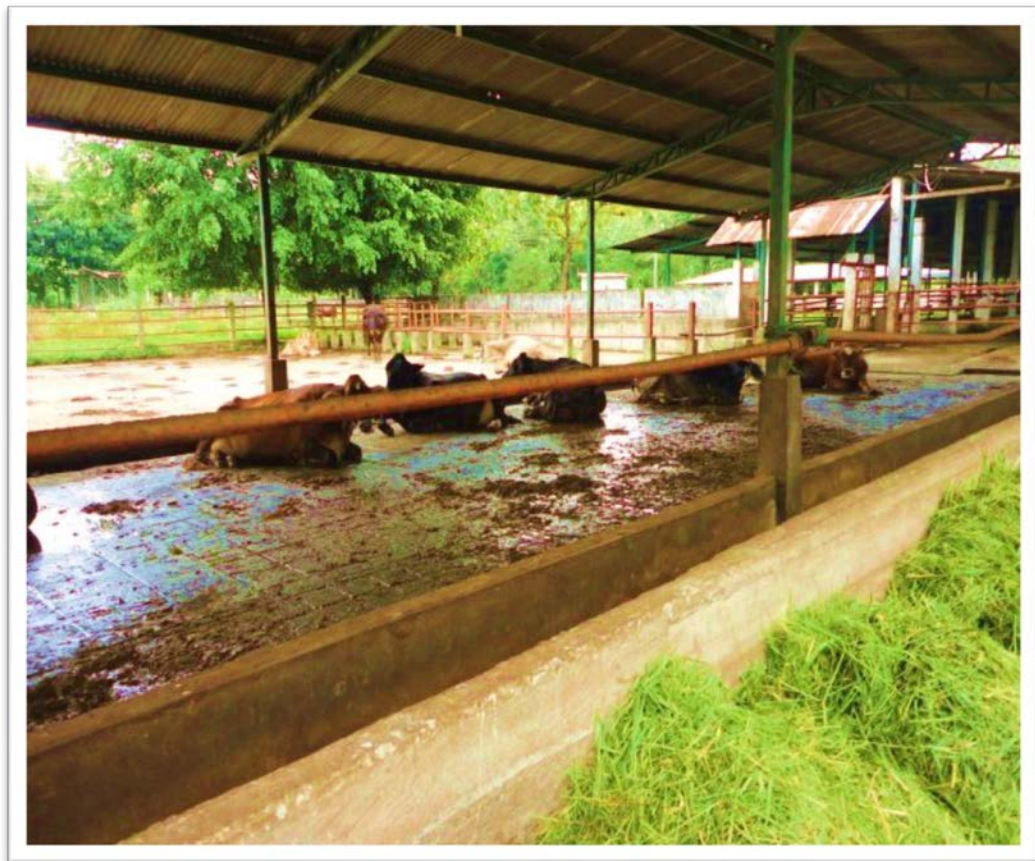
El hato ganadero total nacional es de aproximadamente 5'713.221 cabezas de ganado, de los cuales el 49% pertenecen a la sierra, 41% es decir 2'342.420 pertenecen a la costa, y un 10% pertenecen al oriente. En la Provincia del Guayas existen 565.609 cabezas de ganado lo que equivale al 10% del total.

¹¹ ITURRALDE Juan, *Energía y Medio Ambiente*; Guayaquil-Ecuador; año 2010

La propuesta por parte del autor básicamente está dirigida a cierto sector agrícola y doméstico de la Provincia del Guayas, donde encontramos fincas dedicadas a la producción pecuaria de ganado vacuno especialmente para la generación de leche.

La Provincia del Guayas es una de las provincias de mayor producción pecuaria del País por lo que el volumen de estiércol producido equivale a 13'574.616 Toneladas diarias de estiércol el cual el 80% de ese total simplemente es desaprovechado y desechado, el 20% es usado simplemente como abono en ciertas fincas pero sin un fin específico.

IMAGEN # 9: Hacienda ganadera productora de leche “CasaBlanca”



Fuente: El autor

La investigación dio como resultado que la producción de las fincas productoras de leche debido al proceso que aplican basado en tenerlas bajo techo y sin desplazamientos no mayores a 20 metros en suelos fríos de cemento y forma de mantención y alimentación es la ideal para la recolección de estiércol en sus 3 jornadas que existe como proceso de limpieza de los establos, donde aplicando un proceso de recolección se hace simplemente ideal para la implementación de un sistema Biodigestor para la generación de biogás para cualquier tipo de uso final.

IMAGEN # 10: Hacienda ganadera “Casa Blanca”



Fuente: El autor

CAPITULO V

5. COSTOS DEL BIODIGESTOR

5.1 Referencia de costos

MATERIALES	C/U	TOTAL	% útil
3 TANQUES DE 10 GL	25	75	
4 VALVULAS DE BOLA DE 2" PVC	5	20	
2 UNIONES DE 2" PVC	5	10	
2 MANOMETROS 0-60 PSI	12	24	
2 TERMOMETROS ANALOGOS	25	50	
1 VARILLA LISA	6	6	
1 ANGULO 1/4"	6	6	
2 VALVULAS DE BOLA INOX	13,4	26,8	
2 CODOS DE 1/4" A 1/8 "	2	4	
1 MANGERA DE COBRE 1/8	3	3	
1 TEE COBRE 1/8	2	2	
1 CHUMACERA 1/2"	4,5	4,5	
3 KG DE SOLDADURA 6011	4,85	14,55	

1	FILTRO DE BIRUTA DE ACERO	20	20	
1	MANGERA PARA GAS	5	5	
1	QUEMADOR DE GAS PARA COCINA	15	15	
1	MEDIDOR DE VOLUMEN DE GAS	55	55	340,85

MOVILIZACIÓN

MOVILIZACIONES PARA RECOLECCION

3	DE ESTIERCOL	20	60	60
---	--------------	----	----	----

MANO DE OBRA

1	CONSTRUCCION DE BIODIGESTOR	60	60	60	
			460,85	460,85	138,255

599,105

CAPITULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Con un equipo a escala de bajo costo se puede producir gas, el cual es capaz de satisfacer ciertas demandas locales en los lugares de difícil acceso.

Como resultado de toda la investigación es posible la reducción del consumo de energías no renovables en nuestro País, conservando un porcentaje de la conservación del ecosistema circundante donde es aplicado un equipo como éste.

Como conclusión a este producto damos como efectiva la producción de biogás mediante la utilización de estiércol de vaca, por los resultados obtenidos durante todas las pruebas realizadas en nuestro digestor, se puede decir que es rentable y aplicable en cualquier hacienda ganadera, especialmente productora de leche ya que el costo de materia prima en este caso sería \$0, más una pequeña inversión produciría un aumento de la productividad y reduciendo costos para la misma hacienda que pudiera beneficiarse con este proyecto.

Este modelo de energía alternativa productor de biogás a base de estiércol, ofrece beneficios adicionales porque continúa con el ciclo de reutilización total de la materia inicial.

El uso del biogás para la generación de electricidad y de energía térmica da un valor adicional al empleo de biodigestores en las empresas agropecuarias. Los resultados económicos no se pueden generalizar pues cambiarán de acuerdo a las circunstancias de cada lugar.

Los biodigestores pueden jugar un papel importante en sistemas de cultivo integrados contribuyendo a la reducción de polución y agregando valor a los excrementos del ganado.

El impacto del Biodigestor económico es inconstante. La adopción de la técnica y los resultados exitosos depende de aspectos como localización (disponibilidad de combustible tradicional) y la manera en la que la tecnología se introduce, adapta y mejora según las condiciones locales y técnicas.

Los biodigestores trabajan mejor en fincas con ciertas características

- La producción de desechos orgánicos es constante durante todo el año.
- Un área bastante grande y llano para disponer del Biodigestor.

6.2. Recomendaciones:

Por lo que se hizo estudios dentro de una hacienda ganadera ya que la inversión solo sería la construcción del digestor ya que la recolección de desechos o transportación no se tomaría en cuenta, por otra parte sería indispensable un estudio de factibilidad para proyectos de este tipo con la finalidad de vender y construir un digestor para demandas industriales en la Provincia del Guayas a nivel de empresas productoras de leche.

Por seguridad revisar todos los componentes antes de poner en marcha el digestor ya que se estará manipulando gas y es un combustible volátil y de alto poder calorífico por lo que se deben tomar todas las seguridades descritas en el manual de operación.

Los proyectos de este tipo tienen gran marca social, económica y ecológica por lo que se debe y debería continuar con estos tipos de proyectos.

La utilización de biodigestores ofrece grandes ventajas para el tratamiento de los desechos orgánicos de las explotaciones agropecuarias, además de disminuir la carga contaminante de los mismos, extrae gran parte de la energía contenida en el material mejorando su valor fertilizante y controlando, de manera considerable, los malos olores.

Países como China e India, emplean de manera tradicional el biogás como combustible para calefacción, cocina e iluminación. A la vez van reparando los suelos degradados a través de siglos de cultivo. Europa, EEUU y Argentina están desarrollando la investigación sobre las aplicaciones del biogás con vistas a una mejor utilización futura.

BIBLIOGRAFÍA

LEFTERI, Crihs. *Técnicas de fabricación para diseño de producto*” .

<http://es.wikipedia.org/biogas>

<http://www.textoscientificos.com>

<http://palestra.pucp.edu.pe>

<http://www.epa.gov>

<http://www.biodisol.com/biocombustibles>

<http://www.webislam.com/?idn=5539>

<http://www.sepade.cl/proyectos/biodigestor.php>

<http://www.unizar.es/dctmf/jblasco/AFTAgitacion/AFT20040606.htm>

http://web.austral.edu.ar/descargas/facultadingeneria/sistema_inspeccion_basada_riegosgo.pdf

<http://www.engormix.com/MAporcicultura/manejo/articulos/biogasbeneficioeconomicos-utilizando-t1795/124-p0.htm>

<http://www.consciencia-global.blogspot.com/2010/11/basura-domestica-residuos-problemas.html>

<http://www.crisisenergetica.org>

Microsoft Encarta 2007

<http://www.ambientum.com/revistanueva/2006-04/aprovechamientobiogas.htm>

http://www.windows2universe.org/physical_science/chemistry/methane.html&lang=

<http://www.monografias.com/trabajos42/efluentes-ganaderos/efluentes-ganaderos2.shtml>

<http://fuentedeenergia.blogspot.com/2009/07/ventajas-y-desventajas.html>

United States Environmental Protection Agency (EPA), Washington, Climate change 1995

<http://www.ecologiaverde.com/el-potencial-del-biogas-en-espana/>

http://www.3tres3.com/medioambiente/digestion-metanogenica-de-purines-porcinos-y-stripping-de-n_2006/

<http://www.dolceta.eu/espana/Mod5/Los-residuos-organicos-no.html>

<http://www.tecnicsolar.com/biomasa.html>

<http://asociacionrodeo.wordpress.com/2011/08/02/utilizacion-de-los-residuos-forestales/>

<http://www.ecoticias.com/energias-renovables/10959/primera-planta-publica-gallega-de-biogas->

<http://diarioecologia.com/2009/11/energia-electrica-con-cascara-de-arroz/>

<http://nowhere-people.blogspot.com/2011/05/cana-de-azucar-la-necesidad-de-una.html>

<http://www.biodisol.com/biocombustibles/exportaciones-de-biodiesel-creceran-un-50-por-ciento-en-2008-en-malasia-biocombustibles-energias-renovables/>

<http://www.consciencia-global.blogspot.com/2010/11/basura-domestica-residuos-problemas.htm>

<http://www.materias.fi.uba.ar>

<http://www.consciencia-global.blogspot.com/2010/11/basura-domestica-residuos-problemas.htm>

<http://www.materias.fi.uba.ar>

<http://www.infojardin.com/foro/showthread.php?t=159063&page=3>

<http://www.fundacioncentauri.org>

<http://www.monografias.com/trabajos46/compostaje/compostaje2.shtml>

<http://www.monografias.com/trabajos46/compostaje/compostaje2.shtml>

<http://gladysgomez.wordpress.com/la-llama-azul-del-gas-natural/>

<http://www.estrucplan.com.ar>

<http://www.textoscientificos.com/energia/fermentacion>

<http://rellenosiderca.blogspot.com/>

<http://www.monografias.com/trabajos68/usos-pulpa-cafe/usos-pulpa-cafe2.shtml>

<http://www.inverter-china.com/blog-es/catalog.asp?tags=biog%C3%A1s>

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar19/HTML/articulo06.htm>

ANEXOS

ANEXO A: Prueba de la llama del Biodigestor



FUENTE: El autor

ANEXO B: Ensamblado final del Biodigestor



Fuente: El autor

ANEXO C: Pruebas preliminares



Fuente: El autor

ANEXO D: Mesclador tipo rejilla



Fuente: El autor

ANEXO E: Demostraciones en casa abierta de la UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA



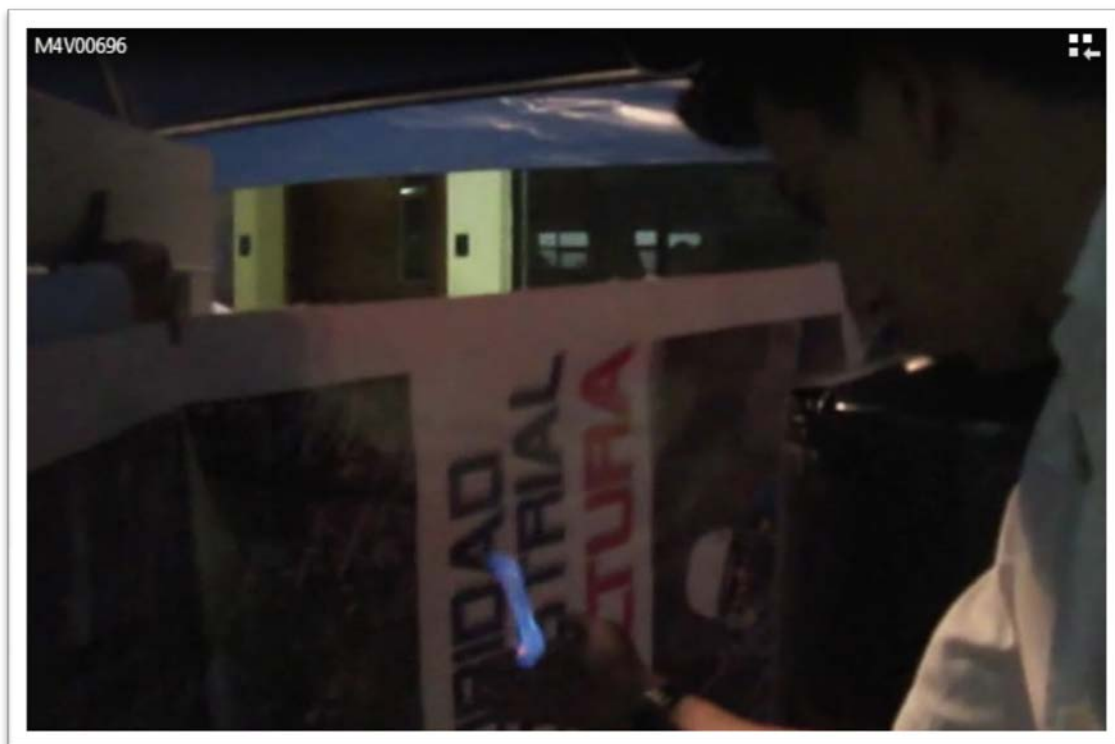
Fuente: El autor

ANEXO F: Exposición de energías renovables “biogas”



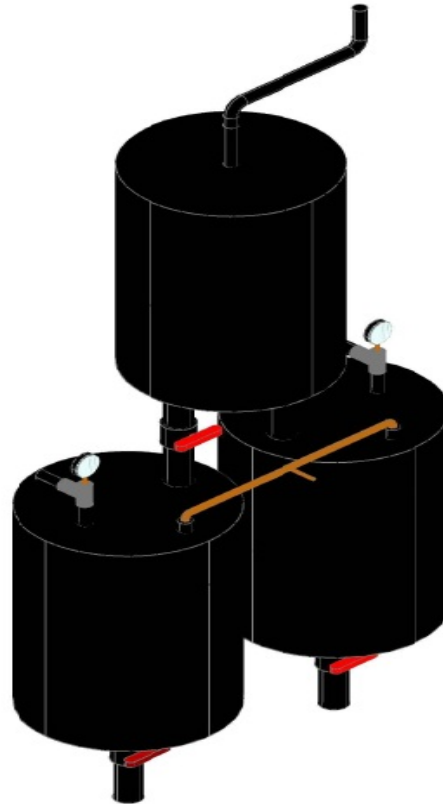
Fuente: El autor

ANEXO G: Pruebas en la “casa abierta” UPS



Fuente: El autor

ANEXO H: Biodigestor



REALIZADO POR:
JORGE JIMMY ARCE CABRERA

CAP 15. GL DE BIOMASA
0.015 M3 ≈ 15 L

Fuente: El autor

