



ISBN: 978-99961-50-01-2

ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA – FEPADE  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN APLICADA

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

**“DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS  
ORGÁNICOS PARA LA GENERACIÓN Y APROVECHAMIENTO  
DE BIOGÁS”**

SEDES Y ESCUELAS PARTICIPANTES: CENTRO REGIONAL SANTA ANA Y SAN MIGUEL

DOCENTES INVESTIGADORES RESPONSABLES: ING. DANIEL ANTONIO ZEPEDA GONZÁLEZ  
ING. FREDY ORESTES AMAYA CHICAS

SANTA TECLA, ENERO 2013





ISBN: 978-99961-50-01-2

ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA – FEPADE  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN APLICADA

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

**“DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS  
ORGÁNICOS PARA LA GENERACIÓN Y APROVECHAMIENTO  
DE BIOGÁS”**

SEDES Y ESCUELAS PARTICIPANTES: CENTRO REGIONAL SANTA ANA Y SAN MIGUEL

DOCENTES INVESTIGADORES RESPONSABLES: ING. DANIEL ANTONIO ZEPEDA GONZÁLEZ  
ING. FREDY ORESTES AMAYA CHICAS

SANTA TECLA, ENERO 2013

**Rectora**  
Licda. Elsy Escolar Santo Domingo  
**Vicerrector Académico**  
Ing. José Armando Oliva Muñoz  
**Vicerrectora Técnica Administrativa**  
Inga. Frineé Violeta Castillo

**Dirección de Investigación y Proyección Social**

Ing. Mario Wilfredo Montes  
Ing. David Emmanuel Agreda  
Lic. Ernesto José Andrade  
Sra. Edith Cardoza

**Directores Coordinadores del Proyecto**

Ing. Carlos Alberto Arriola  
Lic. Oscar Samuel Morales Gil

**Autores**

Ing. Daniel Antonio Zepeda González  
Ing. Fredy Orestes Amaya Chicas

628.744

Z57 Zepeda González, Daniel Antonio  
Diseño de planta de tratamiento de desechos orgánicos para la generación y  
sv aprovechamiento de biogás / Daniel Antonio Zepeda González, Fredy Orestes Amaya Chicas.  
-- 1ª ed. --San Salvador, El Salvador: ITCA Editores, 2013.

47 p.: il. ; 28 cm.

ISBN: 978-99961-50-01-2

1. Aprovechamiento de residuos. 2. Productos de residuos como combustibles.
3. Basuras y aprovechamiento de basuras. I. Amaya Chicas, Fredy Orestes, coaut.  
II. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE.



El Documento Diseño de planta de tratamiento de desechos orgánicos para la generación y aprovechamiento de biogás, es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA – FEPADE. Este informe de investigación ha sido concebido para difundirlo entre la comunidad académica y el sector empresarial, como un aporte al desarrollo del país. El contenido de la investigación puede ser reproducida parcial o totalmente, previa autorización escrita de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA–FEPADE. Para referirse al contenido, debe citar la fuente de información. El contenido de este documento es responsabilidad de los autores.

**Sitio web:** [www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)

Correo electrónico: [bibliotecologos@itca.edu.sv](mailto:bibliotecologos@itca.edu.sv)

Tiraje: 16 ejemplares

PBX: (503) 2132 – 7400

FAX: (503) 2132 – 7423

ISBN: 978-99961-50-01-2

Año 2013

# ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
ÍNDICE .....	3
1. INTRODUCCIÓN .....	4
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	4
2.2 ANTECEDENTES – ESTADO DE LA TÉCNICA .....	5
3. OBJETIVOS .....	7
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	7
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	7
4. HIPÓTESIS.....	8
5. FUNDAMENTO TEÓRICO .....	8
5.1 DESECHOS.....	8
5.2 DESECHOS BIODEGRADABLES.....	9
5.3 BIODIGESTION .....	9
5.4 PROCESO DE BIODIGESTIÓN .....	9
5.5 BIOGÁS.....	10
5.6 BIODIGESTORES .....	12
5.7 TIPOS DE BIODIGESTORES. ....	12
5.8 POZOS SÉPTICOS.....	12
5.9 BIODIGESTOR DE DOMO FIJO (TIPO “CHINO”).....	13
6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
7. RESULTADOS Y ALCANCES.....	26
7. 1BIODIGESTOR DE LABORATORIO.....	26
7.2 DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO. ....	29
8. CONCLUSIONES .....	36
9. RECOMENDACIONES.....	36
10. GLOSARIO .....	37
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	40
12. ANEXOS .....	41

## 1. INTRODUCCIÓN

En El Salvador el problema de la basura en los botaderos a cielo abierto, ha sido un tema sin soluciones científicas y sostenibles. Para dar respuesta a la necesidad planteada se presenta el diseño de planta de tratamiento de desechos sólidos urbanos, que pueda ser utilizada a nivel residencial y comercial, y con escalabilidad a nivel industrial para aplicaciones municipales.

La búsqueda de energías alternativas al combustible fósil, necesita imaginación y técnica. La generación de biogás con biomasa de materia prima se convierte en sustituto de algunos productos derivados del petróleo y, además, permite el tratamiento de los desechos sólidos producidos por la población salvadoreña en sus actividades domésticas.

El estudio de los diversos tipos de biodigestores que existen en la actualidad y el conocer el fin principal por el que fueron creados, permite seleccionar el tipo chino como base para el diseño de la planta de tratamiento de desechos sólidos urbanos. Como factor de decisión también se incorporan las características físico-químicas del sustrato de alimentación, y la tecnología de control necesaria para la estabilidad del ambiente del biodigestor.

La marcha inicial de producción de biogás para este diseño debe realizarse con sustratos ricos en bacterias metanogénicas y gradualmente sustituirlo por mezclas de desechos sólidos urbanos.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los Residuos Sólidos Urbanos se originan en la actividad doméstica, comercial e industrial de ciudades y pueblos, su disposición final es un reto para las municipalidades.

En las ciudades de El Salvador el problema de la basura es cada día más difícil de controlar. Diariamente se generan grandes cantidades de residuos que a pesar del gran esfuerzo de la mayoría de las municipalidades (50.4% no posee servicio de recolección<sup>1</sup>) no es suficiente para dar una cobertura total a cada ciudad. La frecuencia de recolección de la basura es muy baja, de una a tres veces por semana, por lo que se acumulan los desechos y nunca se logran erradicar los promontorios de basura diseminados por doquier. Asimismo, el servicio que prestan los barrenderos municipales es insuficiente debido a que hay muy poco personal asignado.

---

<sup>1</sup>Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en El Salvador. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Agosto de 1998.

Los gobiernos municipales invierten millones a este rubro y, lo que obtienen es un servicio intermitente que en el mejor de los casos es tres veces por semana, obligando a conservar los desechos dos o tres días en los hogares. Este panorama se vuelve más crítico si el servicio se interrumpe porque la municipalidad no cuenta con el lugar adecuado para disposición final de los desechos o cualquier otra eventualidad, lo cual convierte los días sin servicio de recolección en semanas.

Los desechos que si son recolectados se disponen en rellenos sanitarios o predios baldíos; El Salvador cuenta con 262 municipios y diez rellenos sanitarios, es palpable el desequilibrio que existe y, se volvió aún más crítico cuando el 9 de septiembre del 2007 por decreto legislativo<sup>2</sup> se prohibió botar basura a cielo abierto y las condiciones no eran, y aun no lo son, adecuadas para procesar la basura y evitar la contaminación de mantos acuíferos y ríos debido a la penetración de los lixiviados en el subsuelo o tratamiento previo para descargarlo en quebradas o ríos. Esto al final impacta la calidad de vida del salvadoreño dañando flora y fauna.

## 2.2 ANTECEDENTES – ESTADO DE LA TÉCNICA

### 2.2.1 *Materia de la búsqueda*

Biodigestor /Biodigester

Planta de tratamiento de desechos orgánicos /waste treatment plant organic

### 2.2.2 *Historia de la búsqueda*

Sería de búsqueda (palabras clave, operadores, truncaciones)	Clasificación	Numero de documentos encontrados	Documentos relevantes encontrados	Base de datos accedida
biodigester	C02F11/04	2	WO2007147225 (A2)	ECLA
wastetreatmentplantorganic		689		ECLA
wastetreatmentplantorganic	C02F	5	US2004232088 (A1) WO0118188 (A2) GB2356195 (A) GB1245434 (A) EP0654448 (A1)	ECLA

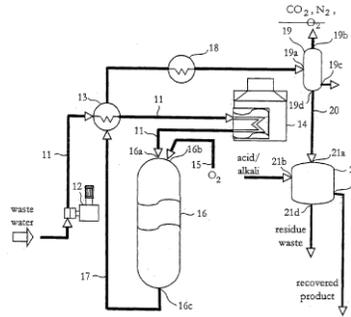
### 2.2.3 *Estado anterior de la tecnología*

Después de revisar un aproximado de 500 patentes, se desarrolla un proceso de evaluación de cada una y se determina la relevancia en el proyecto. Logrando depurar hasta 5 patentes que aportan una solución técnica a la problemática.

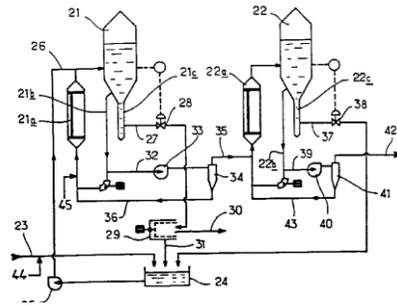
<sup>2</sup>Ley de Medio Ambiente

## 2.2.4 Cuales documentos ofrecen soluciones al problema

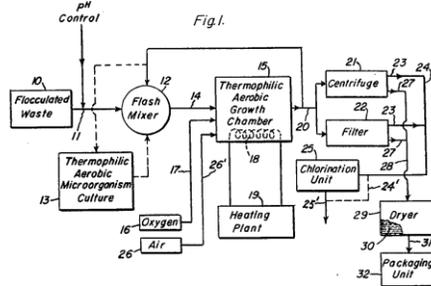
- US2004232088A1 (planta);



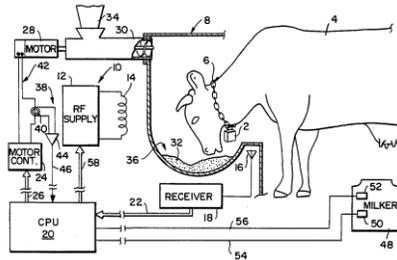
- EP0654448A1 (planta);



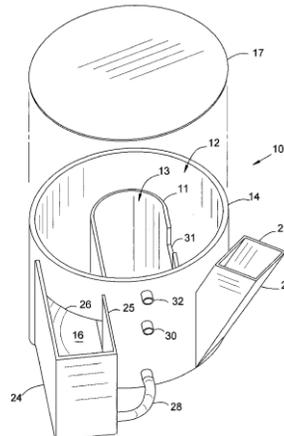
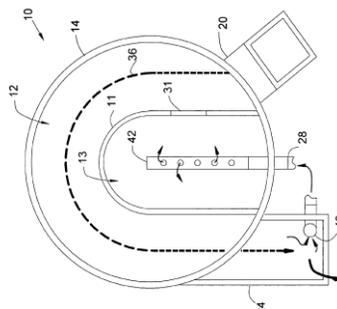
- GB1245434A (proceso);



- US4532892A (tritador control);



- US6982035B1 (biodigestor circular);



### **2.2.5 Que deficiencias tienen estas soluciones**

La integración en una sola planta de tratamiento no se encontró en ninguna de las soluciones tecnológicas.

El tratamiento de los desechos sólidos en El Salvador es un proceso no aceptado por la población por diversos factores, entre ellos porque no se cuenta con los recursos económicos, personal técnico especializado en el tema y materiales necesarios para realizar el estudio y buscar las posibles soluciones a este problema.

El diseño de una planta de procesamiento de desechos orgánicos contribuye a cambiar el paradigma sobre los biodigestor que se conciben como maquinas o acumuladores de basura.

El procesar los desechos generados en las labores cotidianas de la sociedad moderna en cada vivienda o en plantas comunales de tratamiento, disminuye el costo de manejo de desechos sólidos.

En nuestro país no existen proyectos exitosos, estudios o herramientas para determinar la dimensión del biodigestor para procesar una cantidad requerida de desechos orgánicos de distinta naturaleza (como los obtenidos en las residencias o mercados municipales) sin importar la mezcla de entrada al bioreactor.

El tratamiento de basura orgánica en reactores es una solución práctica y financieramente viable que puede replicarse en pequeña, mediana y gran escala, ayudando al tratamiento y disposición final de residuos sólidos urbanos y, además, contribuir a diversificar la matriz energética de El Salvador<sup>3</sup>.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

3.1.1 “Desarrollar una solución tecnológica para el tratamiento de residuos sólidos urbanos con generación de biogás”.

### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

3.2.1 Realizar investigación sobre el estado actual de la técnica, incluyendo patentes y bibliográfica sobre el diseño y construcción de biodigestores y plantas de tratamiento de desechos orgánicos.

---

<sup>3</sup>MATRIZ ENERGETICA DE EL SALVADOR, TABLA 1 ANEXOS

- 3.2.2 Diseñar un biodigestor de laboratorio para el desarrollo de pruebas de caracterización de sustratos.
- 3.2.3 Diseñar una planta de tratamiento para conversión de energía utilizando biomasa residencial y municipal.
- 3.2.4 Integrar en la solución tecnológica las etapas de pretratamiento del sustrato.
- 3.2.5 Documentar la investigación a través de un informe escrito que contenga la información desarrollada.

## **4. HIPÓTESIS**

Considerando la infinidad de combinaciones en los desechos sólidos urbanos es posible diseñar una planta generadora de biogás que incluya el tratamiento previo de los distintos sustratos y produzca una mezcla homogénea capaz de procesarse por medios anaeróbicos.

## **5. FUNDAMENTO TEÓRICO**

### **5.1 DESECHOS**

La basura son todos los materiales y productos no deseados considerados como desechos y que se necesita eliminar.

El manejo de residuos es el término empleado para designar al control humano de recolección, tratamiento y eliminación de los diferentes tipos de residuos. Estas acciones son a los efectos de reducir el nivel de impacto negativo de los residuos sobre el medio ambiente y la sociedad.

Normalmente se la coloca en lugares previstos para la recolección para ser canalizada a tiraderos o vertederos, rellenos sanitarios u otro lugar. Actualmente, se usa ese término para denominar aquella fracción de residuos que no son aprovechables y que por lo tanto debería ser tratada y dispuesta para evitar problemas sanitarios o ambientales.

La composición de residuos está estrechamente relacionada al desarrollo humano en la tecnología y sociales. La composición de los diferentes tipos de residuos varía de acuerdo a las condiciones de tiempo y de lugar. La invención y el desarrollo de la industria se relacionan directamente con los distintos tipos de residuos generados o afectados. Ciertos componentes de los residuos tienen valor económico y rentable utilizado por el reciclaje.

## 5.2 DESECHOS BIODEGRADABLES

Los residuos biodegradables, tales como los residuos de alimentos y aguas residuales, desaparecen de forma natural gracias al oxígeno o al aire libre, a causa de la descomposición causada por microorganismos.

Si no se controla la eliminación de residuos biodegradables, puede causar varios problemas, entre ellos la liberación generalizada de gases de efecto invernadero ( $\text{CH}_4$ ).

## 5.3 BIODIGESTIÓN

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

### Condiciones para la biodigestión

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

1. Temperatura entre los 20°C y 60°C
2. pH (nivel de acidez/ alcalinidad) alrededor de siete.
3. Ausencia de oxígeno.
4. Gran nivel de humedad.
5. Materia orgánica
6. Que la materia prima se encuentra en trozo más pequeños posible.
7. Equilibrio de carbono/ nitrógeno.

## 5.4 PROCESO DE BIODIGESTIÓN

Para convertir basura en energía utilizando procesos anaeróbicos se requiere de un biodigestor, una cámara donde se desarrollan bacterias anaerobias -que viven en ausencia de oxígeno-. Estos microorganismos, al alimentarse de la materia orgánica para poder subsistir, producen metano (más conocido como gas natural) y dióxido de carbono. El metano es el mismo que se distribuye en tanques de diferentes capacidades por todas las ciudades de El Salvador, pero es biológico, no genera gases de efecto invernadero y es renovable porque, mientras existan residuos orgánicos siempre se podrá obtener biogás.

Las bacterias anaeróbicas se encuentran en el intestino de los mamíferos y se pueden obtener del estiércol de los animales.

## 5.5 BIOGÁS

El biogás es un gas combustible que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos (bacterias metanogénicas) y otros factores, en un ambiente anaeróbico). Este gas se ha venido llamando gas de los pantanos, puesto que en ellos se produce una biodegradación de residuos vegetales semejante a la descrita.

### EL BIOGÁS POR DESCOMPOSICIÓN ANAERÓBICA

La producción de biogás por descomposición anaeróbica es un modo considerado útil para tratar residuos biodegradables, puesto que produce un combustible, además, de generar un efluente que puede aplicarse como acondicionador de suelo o abono genérico.

El resultado es una mezcla constituida por metano ( $\text{CH}_4$ ) en una proporción que oscila entre un 40% y un 70%, y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), conteniendo pequeñas proporciones de otros gases como hidrógeno ( $\text{H}_2$ ), nitrógeno ( $\text{N}_2$ ), oxígeno ( $\text{O}_2$ ) y sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ).

### Fases.

A continuación se presenta una breve descripción de cada una de las fases necesarias para la producción de biogás.

#### 1) Fase de hidrólisis

Las bacterias de esta primera etapa toman la materia orgánica virgen con sus largas cadenas de estructuras carbonadas y las van rompiendo y transformando en cadenas más cortas y simples (ácidos orgánicos) liberando hidrógeno y dióxido de carbono. Este trabajo es llevado a cabo por un complejo grupo de microorganismos de distinto tipo que son en su gran mayoría anaerobios facultativos.

#### 2) Fase de acidificación

Esta etapa la llevan a cabo las bacterias acetogénicas y realizan la degradación de los ácidos orgánicos llevándolos al grupo acético  $\text{CH}_3\text{-COOH}$  y liberando como productos Hidrógeno y Dióxido de carbono.

Esta reacción es exoenergética pues demanda energía para ser realizada y es posible gracias a la estrecha relación simbiótica con las bacterias metanogénicas que sustraen los productos finales del medio, minimizando la concentración de los mismos en la cercanía de las bacterias acetogénicas. Esta baja concentración de productos finales es la que activa la reacción y actividad de estas bacterias, haciendo posible la degradación manteniendo el equilibrio energético.

### 3) Fase metanogénica

Las bacterias intervinientes en esta etapa pertenecen al grupo de las archibacterias y poseen características únicas que las diferencian de todo el resto de las bacterias, razón por la cual, se cree que pertenecen a uno de los géneros más primitivos de vida colonizadoras de la superficie terrestre.

La transformación final cumplida en esta etapa tiene como principal sustrato el acético junto a otros ácidos orgánicos de cadena corta y los productos finales liberados están constituidos por el metano y el dióxido de carbono.

El siguiente gráfico resume las distintas características de cada una de las etapas vistas que, por simplificación se han agrupado en dos fases (ácida que involucra la de hidrólisis y acidificación y la metanogénica), con los principales compuestos químicos intervinientes.

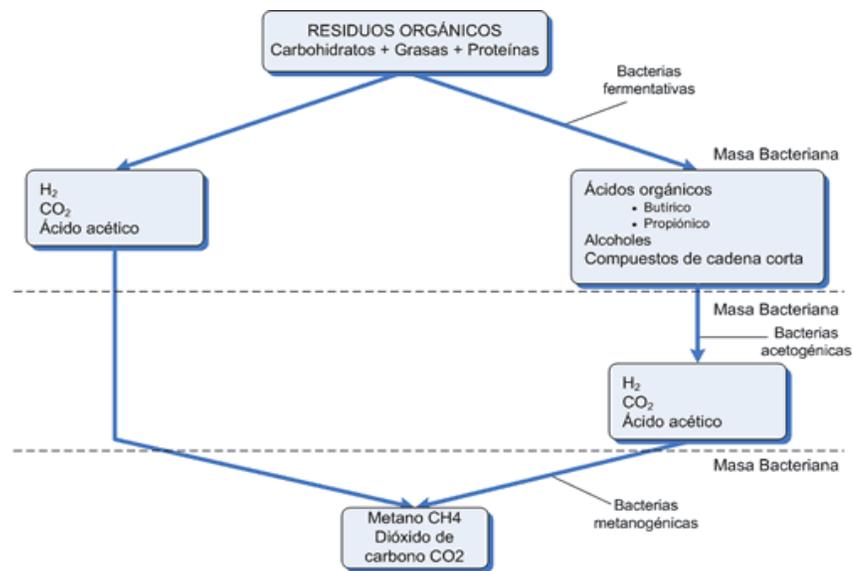


Figura # 1, Fases de Producción de biogás. [www.biodisol.com](http://www.biodisol.com)

Los microorganismos intervinientes en cada fase tienen propiedades distintas que son muy importantes y se las debe conocer comprender el equilibrio y funcionamiento óptimo de un digestor.

Estas características han sido resumidas en el siguiente cuadro para su mejor comprensión.

Tabla # 1, Fases de Producción de biogás

<b>Fase ácido génica (hidrólisis y acidificación)</b>	<b>Fase metanogénica</b>
Bacterias facultativas (pueden vivir en presencia de bajos contenidos de oxígeno).	Bacterias anaeróbicas estrictas (No pueden vivir en presencia de oxígeno).
Reproducción muy rápida (alta tasa reproductiva).	Reproducción lenta (baja tasa reproductiva).
Poco sensibles a los cambios de acidez y temperatura.	Muy sensibles a los cambios de acidez y temperatura.
Principales metabolitos, ácidos orgánicos.	Principales productos finales, metano y dióxido de carbono

Del cuadro anterior se desprende que una alteración en los parámetros de funcionamiento incidirá negativamente sobre la fase metanogénica preponderantemente, lo cual significará una merma importante en la producción de gas y una acidificación del contenido pudiéndose llegar al bloqueo total de la fermentación. De allí la importancia del cuidado de los parámetros que gobiernan el proceso y que se presentan a continuación en detalle.

## 5.6 BIODIGESTORES

### Identificación de Alternativas de Tratamiento y Aprovechamiento Disponibles

En el mundo se han diseñado un gran número de biodigestores, los cuales responden a las diversas condiciones climáticas y socioeconómicas.

Los biodigestores son muy diversos, y pueden ser clasificados por su estructura y por la frecuencia de cargado.

## CLASIFICACIÓN POR ESTRUCTURA.

### 5.7 TIPOS DE BIODIGESTORES.

#### 5.8 Pozos sépticos

Es el más antiguo y sencillo digestor anaeróbico que se conoce, utilizado normalmente para la disposición de aguas residuales domésticas. Se cree que de allí deriva el uso potencial de los gases producidos por la fermentación anaeróbica, para el uso doméstico.

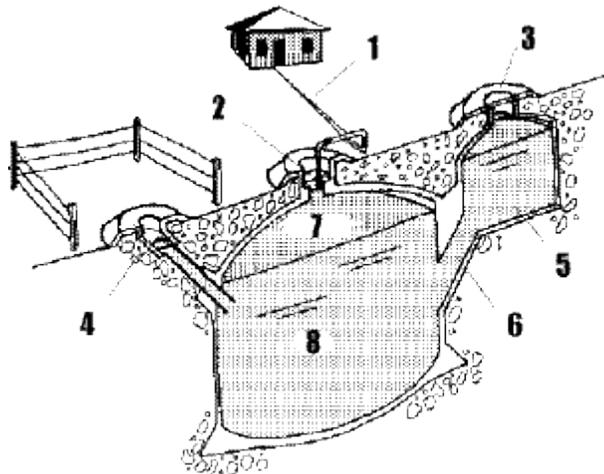
Para la correcta operación de estos pozos es requisito indispensable aislar las aguas servidas que caen en él, de las que contienen jabón o detergentes. El efecto de los jabones y en especial los detergentes, inhibe la acción metabólica de las bacterias, razón por la que los pozos se colmatan con rapidez y dejan de operar, haciendo necesario destaparlos frecuentemente para recomenzar la operación.

Cuando no es posible separar las aguas negras de las jabonosas, como en el alcantarillado urbano, es necesario hacer un tratamiento químico con Polímetros a esta agua a fin de solucionar el problema antes de iniciar la fermentación anaeróbica.

### **5.9 Biodigestor de Domo Fijo (Tipo “Chino”).**

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

Esta instalación tienen como ventaja su elevada vida útil (pueden llegar como promedio a 20 años), siempre que se realice un mantenimiento sistemático.



- Esquema del digestor chino:
1. tubería de salida del gas
  2. Sello removible
  3. Tapa móvil
  4. Entrada
  5. Tanque de desplazamiento
  6. Tubería de salida
  7. Almacenamiento de gas
  8. Materia orgánica

Figura # 2, Biodigestor tipo chino, [www.cubasolar.cu](http://www.cubasolar.cu)

Los Chinos se deshicieron de las heces humanas en el área rural y al mismo tiempo obtuvieron abono orgánico, con el biodigestor se eliminan los malos olores y al mismo tiempo se obtiene gas para las cocinas y el alumbrado. El biodigestor chino funciona con presión variable ya que el objetivo no es producir gas sino el abono orgánico ya procesado.

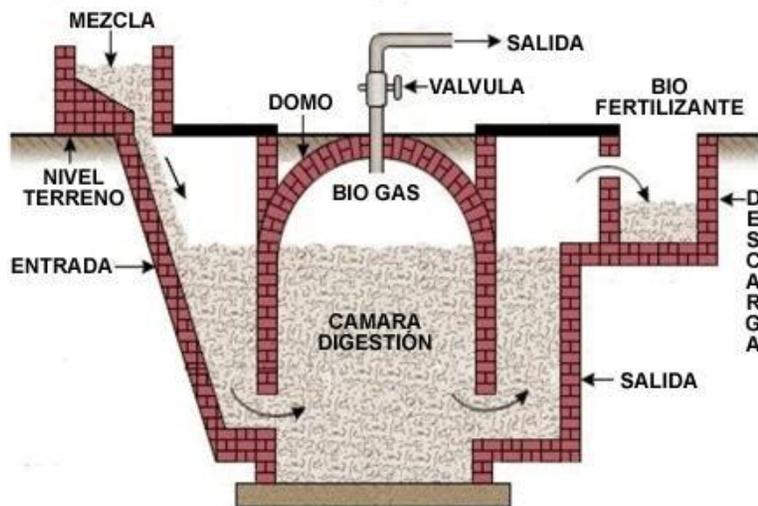


Figura # 2, Biodigestor tipo chino, [www.veengle.com](http://www.veengle.com)

### **Biodigestor del domo flotante (Indio):**

El biodigestor hindú fue desarrollado en la India después de la segunda guerra mundial en los años 50, surgió por necesidad ya que los campesinos necesitaban combustible para los tractores y calefacción para sus hogares en época de invierno, luego cuando terminó la guerra se volvió a conseguir combustibles fósiles por lo que dejaron los biodigestores y volvieron a los hidrocarburos.

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

Como India es pobre en combustibles se organizó el proyecto KVICK (Kaddi Village Industri Commision) de donde salió el digestor Hindú y el nombre del combustible obtenido conocido como biogás.

El biodigestor chino fue desarrollado al observar el éxito del biodigestor Hindú, el gobierno chino adaptó esta tecnología a sus propias necesidades, ya que el problema en China no era energético sino sanitario.

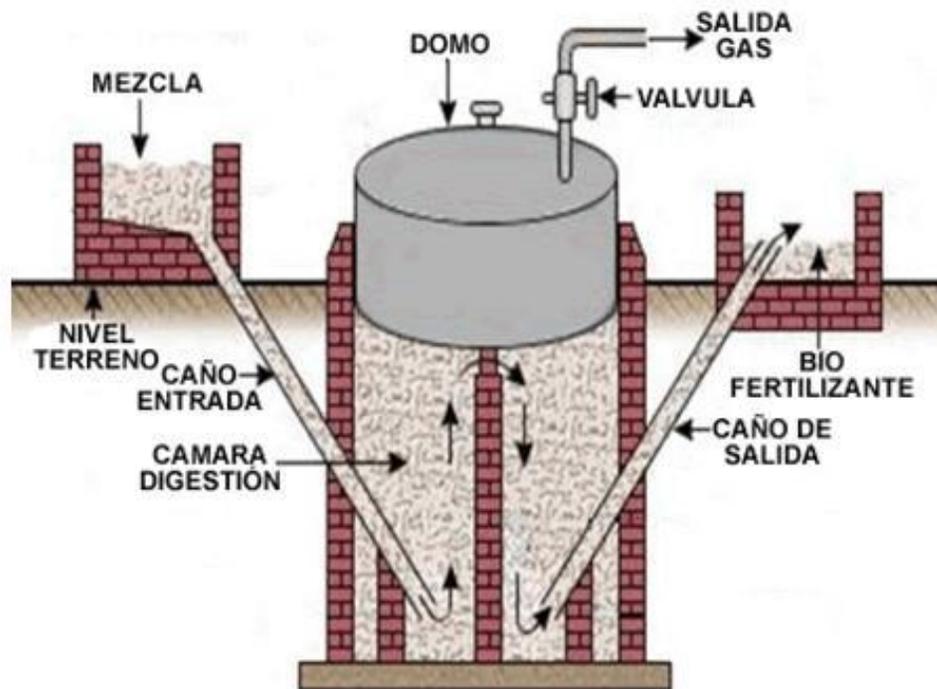


Figura # 2, Biodigestor tipo chino, [www.veengle.com](http://www.veengle.com)

### **Biodigestor de Estructura Flexible.**

La inversión alta que exigía construir el biodigestor de estructura fija resultaba una limitante para el bajo ingreso de los pequeños granjeros. Esto motivó a ingenieros en la Provincia de Taiwán en los años sesenta (FAO, 1992) a hacer biodigestores de materiales flexibles más baratos. Inicialmente se usaron nylon y neopreno pero ellos demostraron ser relativamente costosos. Un desarrollo mayor en los años setenta era combinar PVC con el residuo de las refinерías de aluminio producto llamado "el barro rojo PVC."

Esto fue reemplazado después por polietileno menos costoso que es ahora el material más comúnmente usado en América Latina, Asia y África. Desde 1986, el Centro para la Investigación en Sistemas Sustentables de Producción Agrícola (CIPAV), ha estado recomendando biodigestores de plástico económico como la tecnología apropiada por hacer mejor uso de excrementos del ganado, reduciendo la presión así en otros recursos naturales.



Figura # 5, Biodigestor de estructura flexible, [bioreactorcrc.wordpress.com](http://bioreactorcrc.wordpress.com)



Figura # 4, Biodigestor de estructura flexible, [bioreactorcrc.wordpress.com](http://bioreactorcrc.wordpress.com)

### **Digestor Flotante.**

Un rasgo innovador de usar polietileno tubular es que los biodigestores pueden localizarse para flotar en cualquier superficie de agua, con la mitad sumergida, su boca se localizada sobre el nivel de agua más alto, mientras la toma de corriente debe ajustarse a un objeto

flotante, como un coco seco o un recipiente de plástico. En VietNam más de 5% de los biodigestores flotantes se ubican en estanques que facilitan su instalación, generalmente donde el espacio de las granjas es limitado.



Figura # 6, Biodigestor de estructura flexible.

#### **Digestor con Tanque de Almacenamiento Tradicional y Cúpula de Polietileno.**

Otro tipo de planta de producción de biogás que ha logrado disminuir los costos hasta 30 % con respecto a los prototipos tradicionales, es la que se caracteriza por tener una estructura semiesférica de polietileno de película delgada en sustitución de la campana móvil y la cúpula fija, y un tanque de almacenamiento de piedra y ladrillo como los empleados en los prototipos tradicionales.

Este tipo de instalación posee a su favor que resulta más económica que los sistemas tradicionales; por ejemplo, una instalación de 4 m<sup>3</sup> puede costar, aproximadamente, \$550 USD, y la estructura de polietileno flexible puede llegar a alcanzar hasta diez años de vida útil.



Figura # 7, Digestor con tanque de almacenamiento tradicional y cúpula de polietileno, [www.cubasolar.cu](http://www.cubasolar.cu)

### **Digestor de Alta Velocidad o Flujo Inducido.**

Estos son los utilizados comúnmente en instalaciones industriales o semi industriales. Generalmente trabajan a presión constante, por lo que se podrían catalogar como Digestores Tipo Hindú Modificado.

Se les conoce de ordinario como CSTD (Conventional Stirred Digestor). Se diferencian de los digestores convencionales en que se les ha agregado algún tipo de agitación mecánica, continua o intermitente, que permite al material aún no digerido, entrar en contacto con las bacterias activas y así obtener buena digestión de la materia orgánica, con tiempos de retención hidráulica relativamente cortos, de hasta 15 días.

Este es un concepto nuevo dentro de la tecnología de fermentación anaeróbica, combina las ventajas de varios tipos de digestores en una sola unidad, facilitando el manejo y procesamiento de material biodegradable de diverso origen y calidad.

Generalmente los desechos de origen animal, excrementos de cualquier clase, son procesados en digestores convencionales de tipo continuo, que periódicamente reciben carga y entregan por desalojo efluente ya digerido. El tiempo de operación continua de estos equipos es bastante largo y requiere un mínimo de atención al momento de cargarlos, como es el evitar introducir elementos extraños tales como arena, piedra, metal, plásticos o cualquier otro tipo de material lento o imposible de digerir. Luego de unos cuatro o cinco años se debe detener su funcionamiento para hacer una limpieza general y retirar sedimentos indigeridos.

Buscando un tipo de digestor ideal, se llegó al concepto de digestor de Segunda y Tercera generación, siendo los clásicos modelos Hindú o Chino, los de la primera. Este nuevo modelo de digestor retiene la materia de origen vegetal, que normalmente tiende a flotar, dentro de las zonas de máxima actividad bacteriana como son la inferior y la de sobrenadante intermedia, para que las bacterias tengan tiempo de atacar, hidrolizar y procesar efectivamente el material en descomposición; al mismo tiempo permite que los gases y el material parcialmente degradado sigan el recorrido del proceso normal dentro del digestor.

El Digestor de Segunda Generación divide al convencional en dos cámaras, una de ellas a un nivel inferior del resto del digestor. Utiliza compartimentos en ferro cemento o

mampostería, espaciados adecuadamente para retener los materiales y las partículas sólidas grandes, pero permite el paso del gas y los líquidos. A este modelo se puede adicionar hasta un 25% de carga de origen vegetal sin que se atasque o paralice la operación.

El Digestor de Tercera Generación modifica radicalmente al de tipo Hindú tradicional, aunque sigue los lineamientos de esta escuela. Ha logrado una eficiencia de trabajo en forma continua que permite cargarlo con toda clase de materiales, hasta un 50 o 60% de materia de origen vegetal mezclada con excrementos, empleando una sola unidad que trabaja en forma de digestor continuo.



Figura # 8, digestor de alta velocidad, biodigestoresmjhr.blogspot.com

### **Ventajas de los Digestores de alta velocidad o flujo inducido**

Menor tiempo de operación

- Evita la formación de una costra de material dentro del digestor Logra la dispersión de materiales inhibitorios de la acción metabólica de las bacterias, impidiendo concentraciones localizadas de material potencialmente tóxico para el sistema
- Ayuda a la desintegración de partículas grandes en otras más pequeñas, que aumentan el área de contacto y por lo tanto la velocidad de digestión Mantiene una temperatura más uniforme de la biomasa dentro del digestor para una reacción y degradación más uniformes

- Inhibe el asentamiento de partículas biodegradables de mayor tamaño  
Permite una más rápida separación y el ascenso del gas a medida que se va formando dentro del digestor
- Mejora las condiciones de control y estabilidad de la biomasa dentro del digestor

### **Precauciones a tener en cuenta con los Digestores de alta velocidad o flujo inducido.**

Cuando al digestor convencional de tipo continuo se introducen indiscriminadamente materiales orgánicos de origen vegetal como pasto u hojas de árbol, sobrantes de cosechas o basuras biodegradables, que tienden a flotar en el agua por su alto contenido celulósico, terminan por atascarlo y parar su operación efectiva en poco tiempo, incluso días, dependiendo de la cantidad de material suministrado.

Para evitar taponamientos, la materia de origen vegetal se procesa en digestores convencionales en tandas o carga única (Batch Digestors) en ciclos de 60 a 80 días, lo que supone que para el suministro de gas y efluente durante un año, se debe disponer mínimo de cuatro unidades con una producción alternada. Estas soluciones representan un alto costo y un gran esfuerzo.

### **INSTALACIONES INDUSTRIALES.**

Las instalaciones industriales de producción de biogás emplean tanques de metal que sirven para almacenar la materia orgánica y el biogás por separado. Este tipo de planta, debido al gran volumen de materia orgánica que necesita para garantizar la producción de biogás y la cantidad de biofertilizante que se obtiene, se diseña con grandes estanques de recolección y almacenamiento contruidos de ladrillo hormigón.

Con el objetivo de lograr su mejor funcionamiento se usan sistemas de bombeo para mover el material orgánico de los estanques de recolección hacia los biodigestores, y el biofertilizante de los digestores hacia los tanques de almacenamiento. También se utilizan sistemas de compresión en los tanques de almacenamiento de biogás con vistas a lograr que éste llegue hasta el último consumidor.

Para evitar los malos olores se usan filtros que separan el gas sulfhídrico del biogás, además de utilizarse válvulas de corte y seguridad y tuberías para unir todo el sistema y hacerlo funcionar según las normas para este tipo de instalación.

La tendencia mundial en el desarrollo de los biodigestores es lograr disminuir los costos y aumentar la vida útil de estas instalaciones, con el objetivo de llegar a la mayor cantidad de usuarios de esta tecnología.



Figura # 9, Instalaciones Industriales, ecoplanetaverde.com

### **CLASIFICACIÓN POR FRECUENCIA DE CARGADO.**

De acuerdo a la frecuencia de cargado, los sistemas de biodigestión se pueden clasificar en:

- Batch o discontinuo
- Semi continuos
- Continuos

**Sistema Batch o discontinuo.** Este tipo de digestor se carga una sola vez en forma total y la descarga se efectúa una vez que ha dejado de producir gas combustible. Normalmente consiste en tanques herméticos con una salida de gas conectada a un gasómetro flotante, donde se almacena el biogás.

Este sistema es aplicable cuando la materia a procesar está disponible en forma intermitente. En este tipo de sistemas se usa una batería de digestores que se cargan a diferentes tiempos para que la producción de biogás sea constante. Este tipo de digestor es también ideal a nivel de laboratorio si se desean evaluar los parámetros del proceso o el comportamiento de un residuo orgánico o una mezcla de ellas.

La producción de biogás en este tipo de digestores es de 0,5 a 1,0 m<sup>3</sup> biogás/m<sup>3</sup> digestor.

**Semi continuos.** Se cargan por gravedad con volúmenes de mezcla que dependen del tiempo de retención y son alimentados diariamente con una carga relativamente pequeña en comparación al contenido total. Ésta se deposita en la cámara de carga, e igualmente se debe extraer de la cámara de descarga un volumen igual del efluente líquido para así

mantener el volumen constante. Generalmente producen biogás casi permanentemente, gracias al suministro constante de nuevos nutrientes para las comunidades de bacterias.

Una limitante importante es la disponibilidad de agua, debido a que la carga debe ser una mezcla de una parte del material orgánico y cuatro partes de agua (proporción 1:4).

**Continuos.** Son digestores de gran tamaño en los que se emplean equipos comerciales para alimentarlos, para la agitación y control.

**Tabla 2.** Diferencias y similitudes entre los modelos de biodigestores más conocidos.  
Fuente: Elaboración propia con datos de (ODEPA, 2009).

Características	TIPO DE BIODIGESTOR		
	Tubular (salchicha)	Cúpula fija (tipo Chino)	Cúpula flotante (tipo hindú)
Vida útil	10-15 años	≥ 20 años	≥ 15 años
Presión del biogás	Variable y baja	Variable	Constante
Fuga de biogás	No es común	Común	No hay fuga si se da mantenimiento a la cúpula flotante de acero
Tamaño típico del biodigestor	4-100 metros cúbicos	5 metros cúbicos	5-15 metros cúbicos
Materiales de construcción	Plástico PVC (polietileno)	Cemento, ladrillo o bloque y varillas de hierro	Cemento, ladrillo o bloque y cúpula flotante de acero anticorrosivo
Mantenimiento del sistema	Bajos niveles de mantenimiento siempre y cuando se hayan tomado medidas de protección a la bolsa de PVC (cerco perimetral, techo protector)	Baja, no hay componentes móviles ni elementos que se oxiden	Altos niveles de mantenimiento a la cúpula flotante, eliminación de óxido, recubrimiento con anticorrosivos periódicamente
Ubicación del biodigestor y requerimiento de espacio	Semi enterrado, alto Zanja de aprox. 2,5 m profundidad y 50 cm de largo por cada m Metro cúbico de biodigestor	Bajo tierra totalmente Requerimiento de espacio muy bajo, generalmente solo la línea de extracción de biogás	Bajo tierra Requerimiento de espacio en la superficie es bajo, solamente cúpula flotante
Generación de empleos locales	Sí	Sí	Sí
Tipo de residuo	Aguas residuales de cualquier sector (café, ganado bovino, porcino y aguas con sangre), evitando el uso de desechos sólidos	Sin restricción	Residuos con mucha fibra suelen causar problemas a la cúpula

## BIOMASA

La biomasa es el nombre que se le da a cualquier materia orgánica de origen reciente, que haya derivado de animales y vegetales como resultado del proceso de conversión fotosintética.

La energía de la biomasa deriva del material de vegetal y animal, como lo es la madera de bosques, residuos de procesos agrícolas y forestales, así como también de la basura industrial, humana o de animales.

El valor energético de la biomasa de materia vegetal proviene originalmente de la energía solar a través del proceso conocido como fotosíntesis.

La energía química que se almacena en las plantas y los animales, o en los desechos que producen, se llama bioenergía.

Las Aplicaciones de la Biomasa pueden ser varias tales como:

### **Biocombustibles:**

La producción de biocombustibles tales como el etanol y el biodiesel tiene el potencial de sustituir cantidades significativas de combustibles fósiles en varias aplicaciones de transporte, siendo la mayoría de los productos utilizados en combustible mezcla, por ejemplo E20 está compuesto por 20% de etanol y 80% de gasolina y se ha descubierto que es eficaz en la mayoría de los motores de inyección sin ninguna modificación. Actualmente la producción de biocombustibles es apoyada con incentivos del gobierno, pero en el futuro, con el crecimiento de los sembrados dedicados a la bioenergía, y las economías de la escala, las reducciones de costos pueden hacer competitivos a los biocombustibles.

**Tabla 3. Producción y Composición Teórica del Biogás**

SUBSTRATO	PRODUCCION DE GAS (L/Kg. de materia seca)	CONTENIDO DE METANO (CH <sub>4</sub> ) %	CONTENIDO DE CO <sub>2</sub> %
<b>Carbohidratos</b>	800	50	50
<b>Proteínas</b>	700	70	30
<b>Grasas</b>	1,200	67	33

### Tiempo de retención y Carga diaria

**Tabla 4. Rangos de Temperatura y Tiempo de Fermentación Anaeróbica**

FERMENTACION	MINIMO	OPTIMO	MAXIMO	TIEMPO DE FERMENTACION
<b>Psycrophilica</b>	4-10 °C	15-18°C	25-30°C	Arriba de 100 días
<b>Mesophilica</b>	15-20 °C	28-33°C	35-45°C	30-60 días
<b>Thermophilica</b>	25-45°C	50-60°C	75-80°C	10-15 días

El proceso global de fermentación anaeróbica para la producción de biogás (bioproceso) es típicamente mesofílico para cualquier biodigestor.

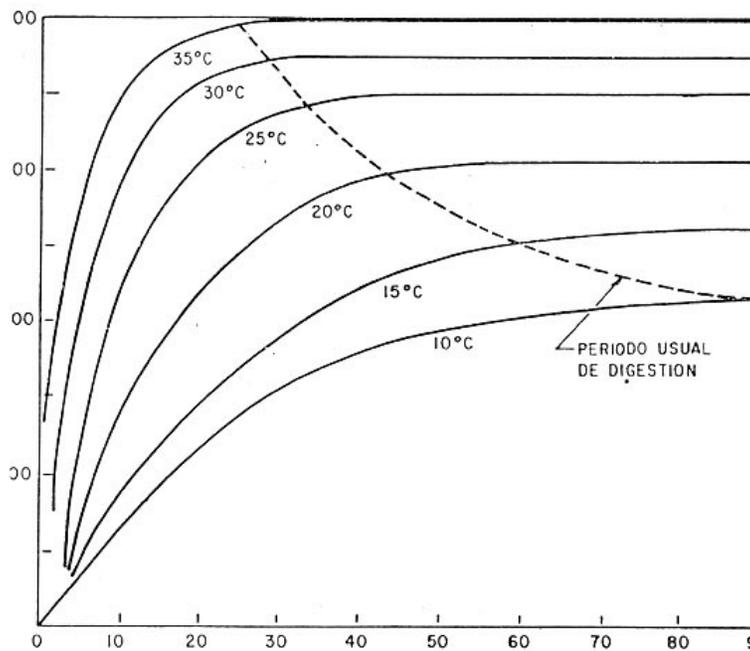


Figura # 10, Comportamiento de gas vs temperatura

### TIPO DE RESIDUOS ORGANICOS Y RENDIMIENTO DE BIOGAS POR METRO CÚBICO

El componente orgánico de la biomasa puede generar las siguientes cantidades de biogás por kg de masa orgánica.

**Tabla 5, Volumen de biogás por residuo orgánico utilizado, imagen propia.**

TIPOS DE RESIDUOS ORGÁNICOS	VOLUMEN DE BIOGAS [m <sup>3</sup> /kgMV]
Desechos agroindustriales agrícolas: cervecerías, fabricantes de jugos y extractos de frutas, aceites	0,42 - 0,50
Residuos de mataderos y procesadoras de pescado	0,34 - 0,71
Residuos “verdes” de jardinería y agrícolas	0,35 - 0,46
Residuos alimenticios y piensos*	0,32 - 0,80
Residuos orgánicos domésticos*	0,40 - 0,58
Residuos de separadores de grasa (gastronomía, restaurantes)	0,70 - 1,30
Purines agrícolas (estiércol de cerdo, de ganado)	0,22 - 0,55
Gallinaza (estiércol de aves, pollos, patos etc.)	0,65 - 0,70

## 6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para el tratamiento de desechos orgánicos para la generación de biogás, se llevarán a cabo las siguientes actividades:

Objetivo	Metodología a utilizar	Meta	Responsable
<b>Objetivo 1:</b> Realizar investigación bibliográfica sobre el diseño y construcción	<b>Actividad 1: Investigación Bibliográfica.</b> Se realizara investigación bibliográfica del estado actual de la ciencia sobre plantas de tratamiento de desechos orgánicos así como el diseño y construcción.	Conocer el estado actual de la ciencia sobre plantas de tratamiento de desechos orgánicos.	Ing. Daniel Zepeda Ing. Fredy Amaya Estudiantes investigadores.
<b>Objetivo 2:</b> Diseñar un biodigestor de laboratorio para el desarrollo de pruebas de caracterización de sustratos.	<b>Actividad 1: Caracterización de los desechos orgánicos.</b> Se diseñara un biodigestor de laboratorio para desarrollar pruebas con distintos sustratos y acelerar el proceso de caracterización de desechos.	Plano de biodigestor de laboratorio y equipamiento de control.	Ing. Daniel Zepeda Ing. Fredy Amaya Depto. Química Sede Central Estudiantes investigadores.

<p><b>Objetivo3.</b></p> <p>Diseñar una planta de tratamiento para conversión de energía utilizando biomasa residencial y municipal</p>	<p><b>Actividad 1: Seleccionar el diseño apropiado.</b> Se verificaran los diseños de Biodigestores y se seleccionará el que cumpla con las características requeridas.</p> <p><b>Actividad 2: Construir los prototipos.</b> Se verificaran los diseños de plantas de procesamiento y se seleccionará la que cumpla con las características requeridas</p>	<p>Plano de la planta de tratamiento y diagramas eléctricos de control.</p>	<p>Ing. Daniel Zepeda</p> <p>Ing. Fredy Amaya</p>
<p><b>Objetivo 4:</b></p> <p>Integrar en la solución tecnológica las etapas de pretratamiento del sustrato.</p>	<p><b>Actividad 1: Integración de las distintas etapas de procesamiento.</b> Diseño de planta de tratamiento que incluya las etapas de pretratamiento de sustrato de alimentación.</p>	<p>Diseño de equipos de trituración y pulverización.</p>	<p>Ing. Daniel Zepeda</p> <p>Ing. Fredy Amaya</p>

## 7. RESULTADOS Y ALCANCES

### 7.1 BIODIGESTOR DE LABORATORIO.

El enfoque inicial del proyecto consiste en el diseño de un biodigestor de laboratorio para iniciar pruebas de sustratos de alimentación.

Se considera como cuerpo del biodigestor un bidón plástico e integrarle un motor que realice la función de agitador de mezcla.

Debido que la temperatura del sustrato en la cámara de digestión es crítica, se diseñó un sistema de control de temperatura automatizado con electrodos de control.

La integración de estos elementos se muestra en el plano # 1.

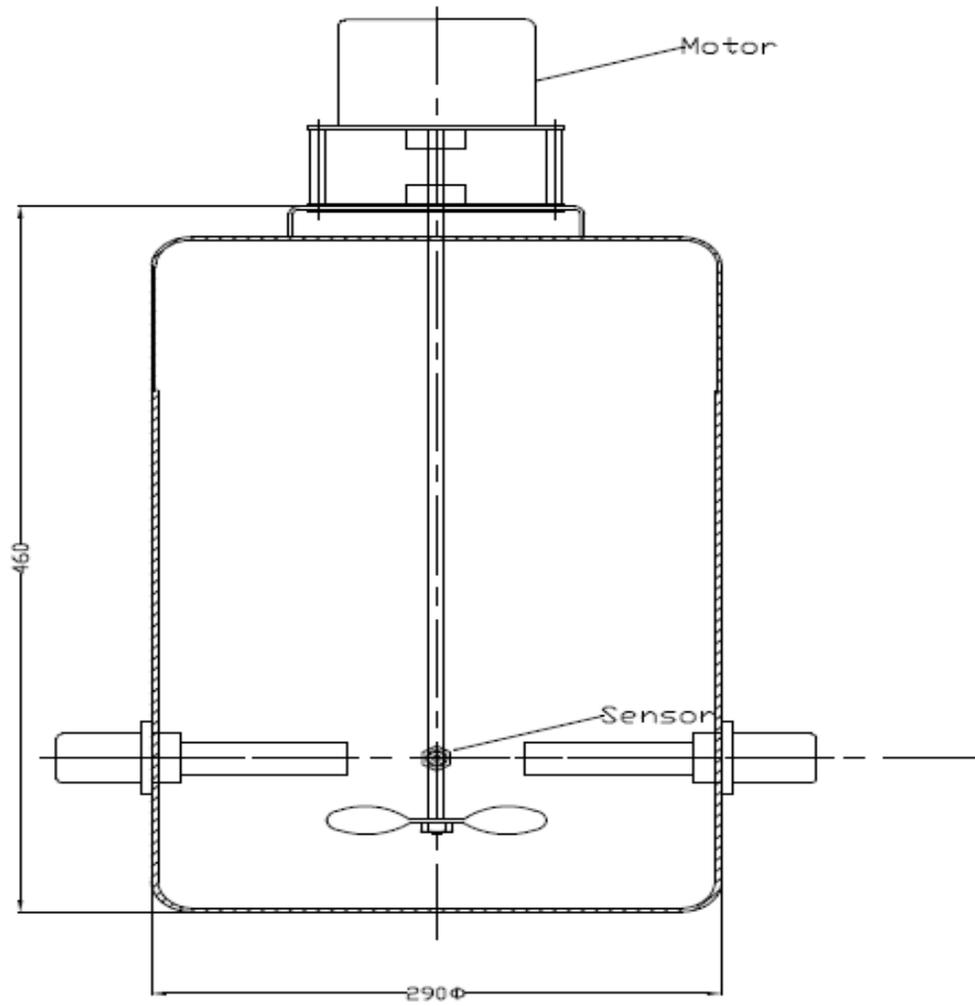


Figura # 11, biodigestor de laboratorio, imagen propia.

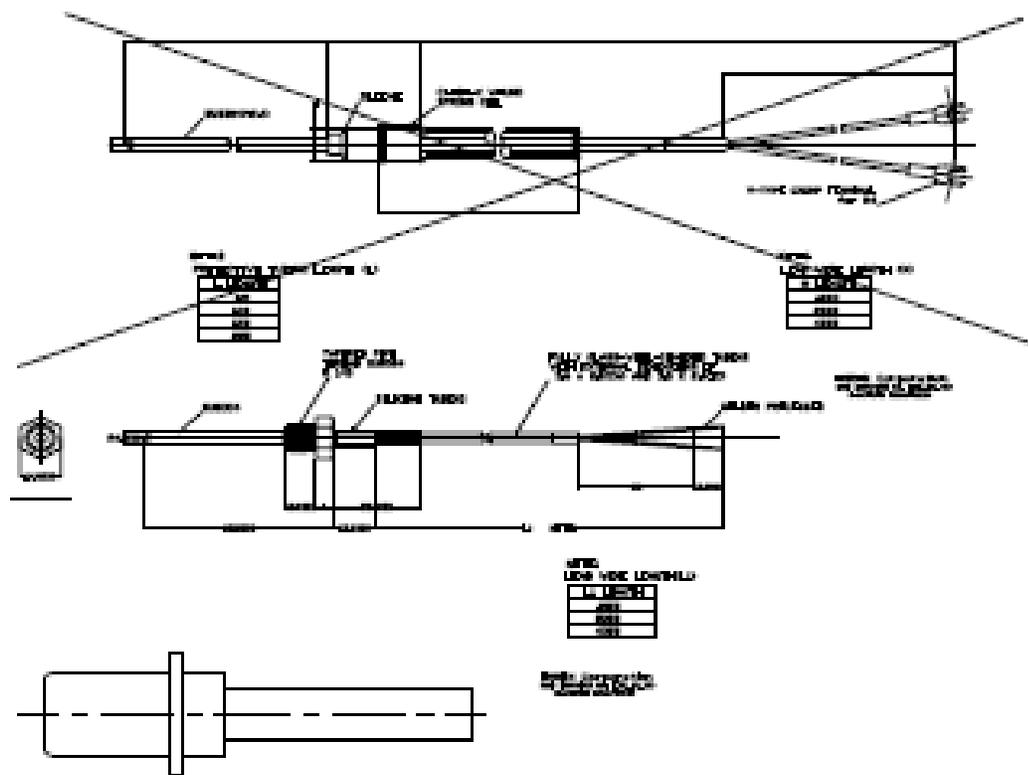


Figura 12, RTD, imagen propia

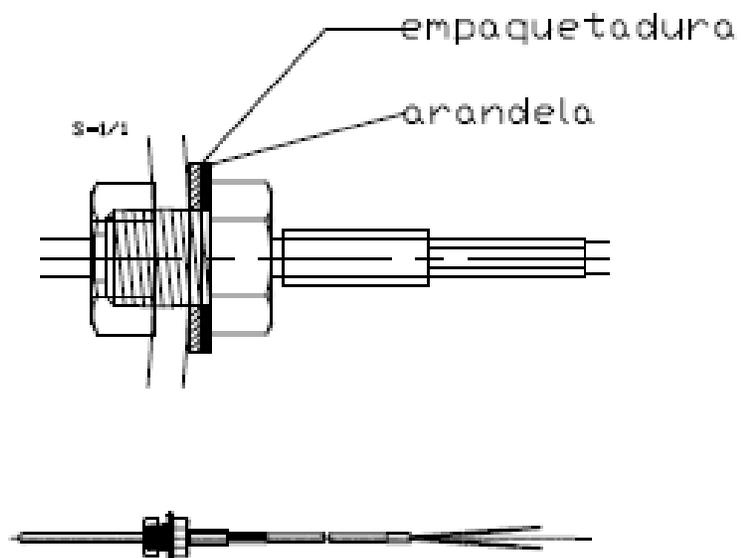


Figura 13, empaquetadura del sensor, imagen propia

## **7.2 DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO.**

### **7.2.1 BIODIGESTOR.**

La planta de tratamiento de desechos orgánicos tiene como centro de procesamiento un biodigestor, donde la mezcla será transformada por bacterias metanogénicas en gas, se incluye un sistema control de temperatura siempre utilizando una RTD y el controlador de variables analógicas y además, para evitar la formación de capas de sedimentos que acidifican el proceso se incorpora un agitador de tipo industrial de movimiento horizontal.

El biodigestor está diseñado para alimentación continua, lo cual significa que tiene una entrada de efluente siempre a la atmosfera; para evitar la fuga de biogás se diseña un deflector interno.

Es indispensable el acondicionamiento de la materia orgánica que ingresa al biodigestor, entre las etapas de acondicionamiento se tiene el particulado y la homogenización de mezcla, además, de un control de las variables químicas del proceso, tanto en el interior como el exterior del bioreactor.

### **7.2.1 ETAPAS DE PRETRATAMIENTO**

Las etapas de pre tratamiento son:

- Trituración o particulado de los desechos, como etapa inicial del proceso de biodigestión, como se observa en la gráfica # 21, la etapa subsecuente al particulado es la desintegración. Este dato es relevante al analizar que el proceso de metanogénesis es el último de la cadena de descomposición del material orgánico y, que además, está determinado por el tiempo de retención, lo que significa que detener o desacelerar el proceso en cualquiera de sus etapas evitará la producción de biogás.

Las pruebas realizadas con sustratos orgánicos sin particular transforman el bioreactor en un basurero hermético.

El tipo de triturado está determinado por la materia a triturar, para el caso de los desechos sólidos orgánicos será pulverización húmeda, obteniéndose un material con consistencia pastosa, a la cual debe agregársele una cantidad de agua superior al 50% de su peso.

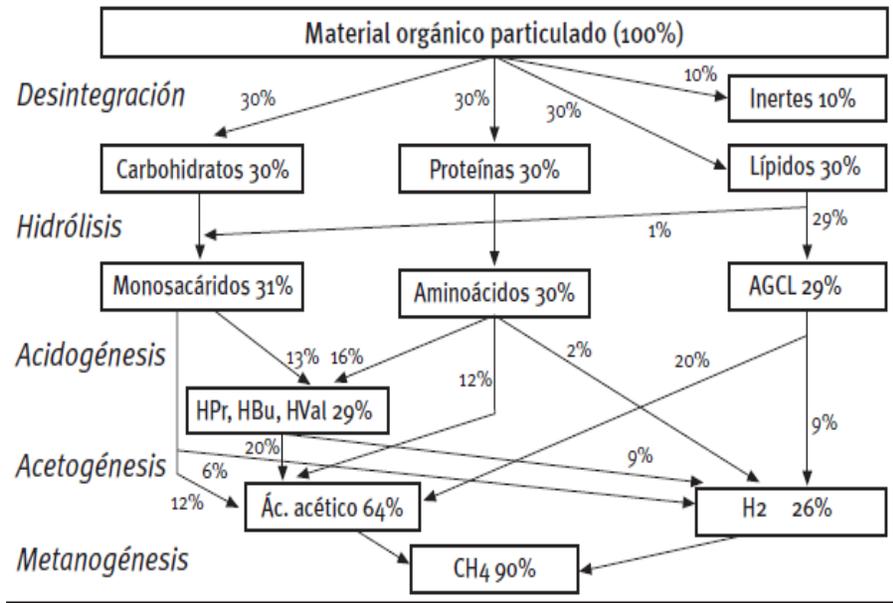


Figura # 14, material orgánico particulado,

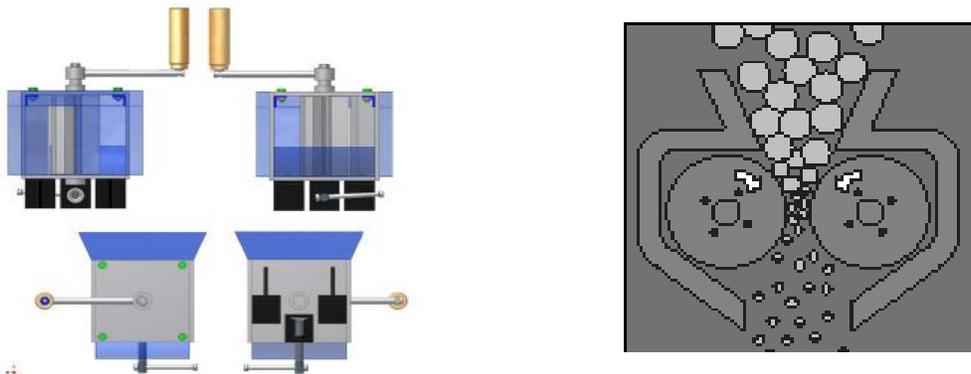


Figura # 15, material orgánico particulado,

Homogenización. Este proceso consiste en reducir el tamaño de las partículas y, además, igualar cada partucila en dimensiones físicas. El proceso indsutrial se desarrolla con equipo de centrifugado, pero la planta utilizara un sistema de filtrado por capas.

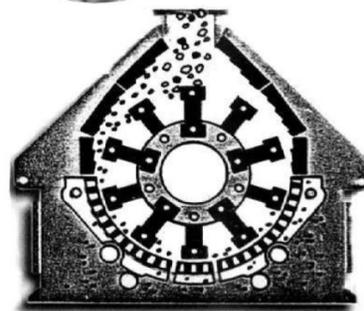
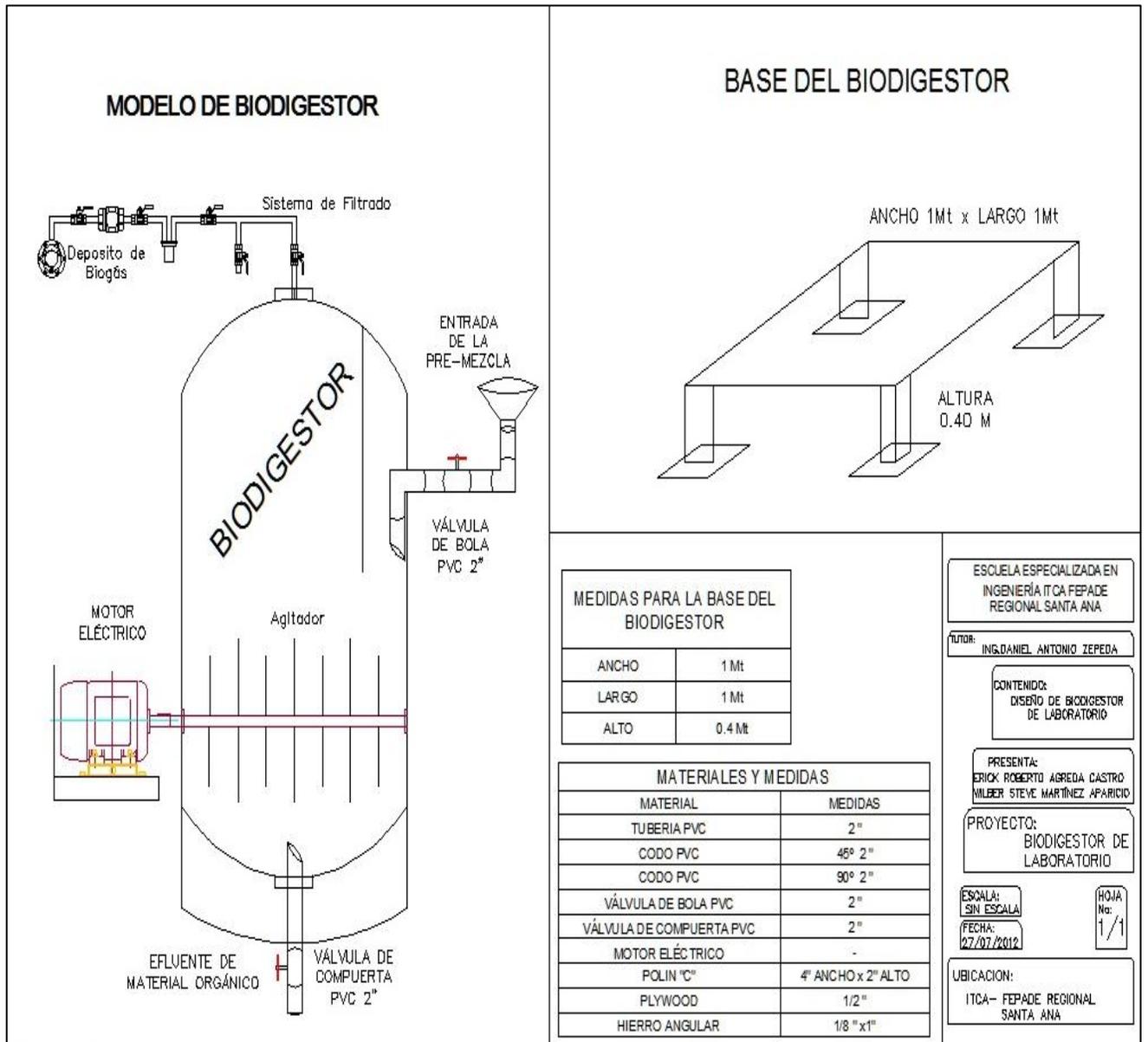


Figura # 1, homogenizador,

**Tabla 6, TIPOS DE TRITURADORAS.**

<u>TIPO DE MOLINO</u>	<u>MECANISMO</u>	<u>TAMAÑO DE PARTÍCULA (μm)</u>	<u>MATERIALES ADECUADOS</u>	<u>MATERIALES NO ADECUADOS</u>
<b>Martillo</b>	Impacto +Roce	40 (P. fina)	Quebradizos Nada o poco abrasivos	Fibrosos Adhesivos Bajo punto de fusión
<b>Cuchillas</b>	Corte	100 (Intermedia- gruesa)	Fibrosos	Duros Abrasivos
<b>Rodillos</b>	Compresión	7 - 5 (Intermedia)	Blandos	Abrasivos Fibrosos
<b>Bolas</b>	Impacto+Roce	10 (Fina)	Moderada- mente duros Abrasivos	Fibrosos Blandos
<b>Microniza- dores</b>	Roce+Impacto	0.2 (Ultrafina)	Moderada- mente duros Friables	Fibrosos adhesivos

# DISEÑO DEL BIODIGESTOR

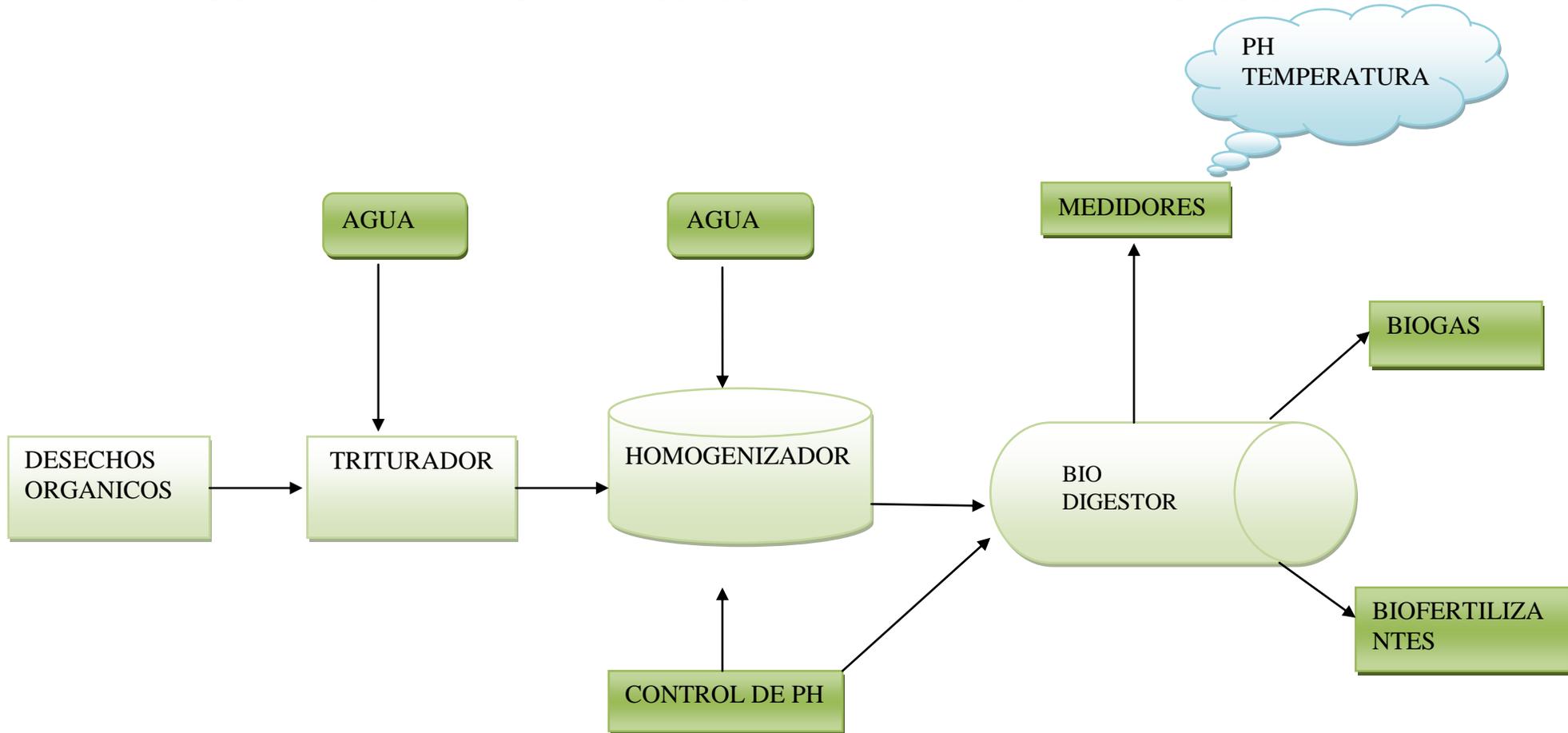


## MARCHA INICIAL DE LA PLANTA

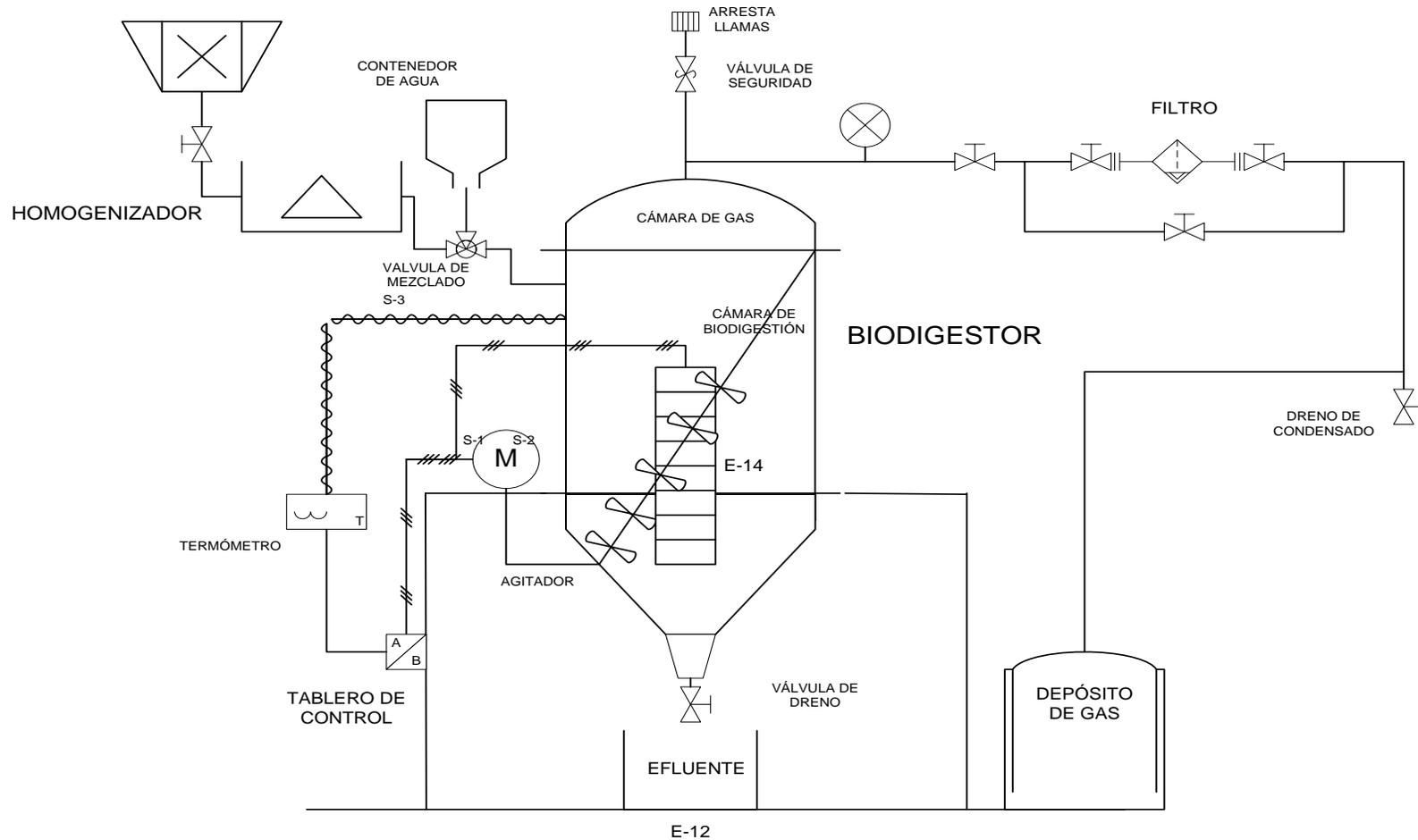
1. Carga del biodigestor con material orgánico con abundantes bacterias metanogénicas, se recomienda cerdaza.
2. Tiempo de retención de 25 días.
3. Pruebas de producción de biogás.
  - a. El obtener biogás tendrá inherente el dato de cultivo de bacterias en condiciones controladas.
4. Carga del biodigestor con mezcla orgánica pretratada.
  - a. La cantidad de materia corresponderá a la carga de alimentación semanal del bioreactor.
5. Recolección de afluente.
6. Tratamiento del efluente
  - a. Secado de efluente en pilas de secado.
  - b. Pruebas de materia seca.

DIAGRAMA DE PROCESOS

ANALISIS REPRESENTATIVO DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE DESECHOS ORGANICOS



# PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS



## 8. CONCLUSIONES

- En el tratamiento de desechos orgánicos para la generación de biogás uno de los problemas que se presentan es en la diversidad de compuestos que lo conforman como parte de esto; se hace un inconveniente el control del PH del compuesto y por lo tanto el sustrato dentro del biodigestor se transforma en alcalino o se acidifica obteniendo resultados negativos en la generación de biogás.
- En su mayoría los documentos bibliográficos hacen referencia a la generación de biogás utilizando como sustrato los desechos de animales no así los desechos orgánicos pues se cuenta con muy poca información del caso.
- El estudio del proceso de la biodigestión que se desarrolla dentro de un biodigestor es bien amplio y necesita de varios conocimientos para poder entender bien su comportamiento por tal razón es necesario su capacitación en los diferentes procesos físicos y químicos que se desarrollan dentro de este contenedor.

## 9. RECOMENDACIONES

- El estudio sobre tratamiento y generación de biogás de desechos orgánicos es un tema muy amplio por lo que se necesita de tiempo suficiente para poder realizar la investigación.
- Para realizar pruebas experimentales con desechos orgánicos se necesita de tiempos largos por el proceso que lleva la descomposición de desechos orgánicos.
- Para realizar la caracterización de los desechos orgánicos se recomienda que lo realicen los del departamento de Química y así poder obtener resultados favorables al momento de realizar las mezclas para el sustrato a utilizar en el biodigestores.
- Para poder entender el proceso de biodigestión en plenitud es necesaria una capacitación por parte de los expertos en el área de biodigestores.
- La sustitución del triturador coloidal por un micronizador industrial es la mejor opción para el material de consistencia pastosa.

## 10. GLOSARIO

- **Acpm:** Aceite Combustible Para Motor.
- **Anaeróbicas:** es un término técnico que significa *vida sin aire* (donde "aire" usualmente es oxígeno)
- **Anaerobios facultativos.** Micro organismos aeróbicos, que pueden desarrollarse en ausencia de oxígeno por medio de la fermentación
- **Azufre:** Este no metal tiene un color amarillento, amarronado o anaranjado, es blando, frágil, ligero, desprende un olor característico a huevo podrido al combinarse con hidrógeno y arde con llama de color azul, desprendiendo dióxido de azufre. Es insoluble en agua pero se disuelve en disulfuro de carbono. Es multivalente, y son comunes los estados de oxidación -2, +2, +4 y +6.
- **Basura:** Es todo material considerado como desecho y que se necesita eliminar. La basura es un producto de las actividades humanas al cual se le considera de valor igual a cero por el desechado. No necesariamente debe ser odorífica, repugnante e indeseable; eso depende del origen y composición de ésta.
- **Biocombustibles:** Se producen orgánicamente y a diferencia de los combustibles fósiles son una fuente de energía renovable.
- **Biodiesel:** Es un biocombustible líquido que se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales, con o sin uso previo, mediante procesos industriales de esterificación y transesterificación, y que se aplica en la preparación de sustitutos totales o parciales del petrodiesel o gasóleo obtenido del petróleo.
- **Biodigestor:** Es, en su forma más simple, un contenedor cerrado, hermético e impermeable (llamado reactor), dentro del cual se deposita el material orgánico a fermentar (excrementos de animales y humanos, desechos vegetales-no se incluyen cítricos ya que acidifican-, etcétera) en determinada dilución de agua para que a través de la fermentación anaerobia se produzca gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio, y además, se disminuya el potencial contaminante de los excrementos.
- **Biogás:** Es un gas combustible que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos (bacterias metanogénicas, etc.), y otros factores, en ausencia de oxígeno (esto es, en un ambiente anaeróbico). Este gas se ha venido

llamando *gas de los pantanos*, puesto que en ellos se produce una biodegradación de residuos vegetales semejante a la descrita.

- **BTU:** Es una unidad de energía inglesa. Es la abreviatura de *British Thermal Unit*. Se usa principalmente en los Estados Unidos. Ocasionalmente también se puede encontrar en documentación o equipos antiguos de origen británico. En la mayor parte de los ámbitos de la técnica y la física ha sido sustituida por el julio, que es la unidad correspondiente del sistema internacional.
- **CO<sub>2</sub>:** El dióxido de carbono, también denominado óxido de carbono (IV), gas carbónico y anhídrido carbónico (los dos últimos cada vez más en desuso), es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Su fórmula química es CO<sub>2</sub>.
- **Desechos inorgánicos:** Son aquellos desechos cuya elaboración proviene de materiales que son incapaces de descomponerse o que tardan tanto en hacerlo que sería inútil considerarlos como tales.
- **Desechos orgánicos:** Son los restos biodegradables de plantas y animales. Incluyen restos de frutas y verduras y procedentes de la poda de plantas.
- **Diseminados:** Extender los elementos de un conjunto sin orden y en diferentes direcciones
- **Efecto invernadero:** Es el fenómeno por el cual determinados gases, que son componentes de la atmósfera planetaria, retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar. Afecta a todos los cuerpos planetarios dotados de atmósfera. De acuerdo con la mayoría de la comunidad científica, el efecto invernadero se está viendo acentuado en la Tierra por la emisión de ciertos gases, como el dióxido de carbono y el metano, debido a la actividad humana.
- **Energía verde:** Es la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales.
- **Etanol:** Conocido como alcohol etílico, es un alcohol que se presenta como un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de 78 °C.
- **FODES:** EL Fondo para el Desarrollo Económico y Social de los Municipios
- **Grado de toxicidad:** Se define como la relación entre la máxima cantidad de la sustancia que puede ser ingerida diariamente y el peso promedio de una persona (en kg, kilogramos).

- **Lixiviados:** Es el líquido producido cuando el agua percola a través de cualquier material permeable. Puede contener tanto materia en suspensión como disuelta, generalmente se da en ambos casos. Este líquido es más comúnmente hallado o asociado a rellenos sanitarios, en donde, como resultado de las lluvias percolando a través de los desechos sólidos y reaccionando con los productos de descomposición, químicos, y otros compuestos, es producido el lixiviado. Si el relleno sanitario no tiene sistema de recogida de lixiviados, éstos pueden alcanzar las aguas subterráneas y causar, como resultado, problemas medioambientales o de salud. Típicamente, el lixiviado es anóxico, ácido, rico en ácido orgánicos, iones sulfato y con altas concentraciones de iones metálicos comunes, especialmente hierro. El lixiviado tiene un olor bien característico, difícil de ser confundido y olvidado.
- **Metano:** Es el componente mayoritario del gas natural, aproximadamente un 97% en volumen a temperatura ambiente y presión estándar, por lo que se deduce que en condiciones estándar de 0 °C y una atmósfera de presión tiene un comportamiento de gas ideal y el volumen se determina en función del componente mayoritario de la mezcla, lo que quiere decir que en un recipiente de un metro cúbico al 100% de mezcla habrá 0.97 metros cúbicos de gas natural; el metano es un gas incoloro e inodoro.
- **Piensos compuestos:** son un alimento elaborado para animales que, según la normativa legal europea, están compuesto por *«Cualquier sustancia o producto, incluido los aditivos, destinado a la alimentación por vía oral de los animales, tanto si ha sido transformado entera o parcialmente como si no»*.
- **Residuos Sólidos:** Material que no representa una utilidad o un valor económico para el dueño, el dueño se convierte por ende en generador de residuos.
- **Sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S):** Denominado ácido sulfhídrico en disolución acuosa (H<sub>2</sub>S<sub>aq</sub>), es un ácido inorgánico de fórmula H<sub>2</sub>S. Este gas, más pesado que el aire, es inflamable, incoloro, tóxico y su olor es el de la materia orgánica en descomposición, como los huevos podridos. A pesar de ello, desempeña en el organismo del ser humano funciones esenciales.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Artículo sobre Basura Orgánica = Energía, se encuentra en:

<http://www.unav.es/dpp/tecnologia/proyectos2004/29/paginas/organ/organenergia2.htm>

Artículo sobre Contaminación por Basura, se encuentra en:

<http://www.profesorenlinea.cl/ecologiaambiente/ContaminacionBasura.htm>

Artículo sobre Biodigestor, El portal del Cerdo, Universo Porcino, se encuentra en:

[http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/que\\_es\\_un\\_biodigestor.html](http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/que_es_un_biodigestor.html)

Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en El Salvador. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

Autor. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud.

División de Salud y Ambiente.

Agosto de 1998.

Artículo sobre Contaminación por Basura, se encuentra en:

<http://www.comures.org.sv/noticias/noti13.html>

Programa Nacional para el Manejo Integral de los Desechos Sólidos

“Plan para el Mejoramiento del Manejo de Desechos Sólidos en El Salvador”

Mayo 2010

## 12. ANEXOS

PATENTE EP0654448A1



(11) Numéro de publication : **0 654 448 A1**

### (12) DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt : **94402144.3**

(81) Int. Cl.<sup>6</sup> : **C02F 1/04, A23K 1/02, A23K 1/14**

(22) Date de dépôt : **27.09.94**

(30) Priorité : **19.11.93 FR 9313829**

(72) Inventeur : **Colin, Benoit**  
**2 Allée Victoria**  
**F-94420 Le Plessis-Trevisé (FR)**

(43) Date de publication de la demande :  
**24.05.95 Bulletin 95/21**

(54) Etats contractants désignés :  
**AT BE DE DK ES IT PT**

(74) Mandataire : **Peuscet, Jacques et al**  
**SCP Cabinet Peuscet et Autres,**  
**68 Rue d'Hauteville**  
**F-75010 Paris (FR)**

(71) Demandeur : **SWENSON PROCESS S.A.**  
**2, rue Pierre Sémaré,**  
**Chammes**  
**F-02600 La Fère (FR)**

(54) Procédé de traitement d'une liqueur résiduaire produite dans l'industrie agroalimentaire.

(57) Procédé de traitement d'une liqueur résiduaire produite dans l'industrie agroalimentaire contenant à la fois des sels minéraux constitués en majeure partie par du sulfate de potassium et des matières organiques, de façon à obtenir d'une part, une fraction solide constituée principalement par des sels minéraux et d'autre part, un concentré de matières organiques à faible teneur en potassium, la liqueur résiduaire à traiter alimentant une installation comportant au moins deux étages de concentration (21, 22) en série et au moins deux séparateurs, le premier séparateur (41) étant alimenté par le dernier étage de concentration (22) et fournissant le concentré de matières organiques et le second séparateur (29) étant alimenté par n'importe quel étage de concentration (21) autre que le dernier étage et fournissant les sels minéraux, dans lequel on introduit dans le flux liquide traité de l'acide sulfurique et une solution aqueuse de sulfate d'ammonium, de façon que le pH dans l'étage de concentration (21) alimentant le second séparateur (29) soit compris entre 3,5 et 5,5.

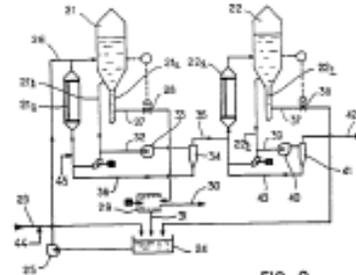


FIG. 2

EP 0 654 448 A1

Jouvé, 18, rue Saint-Denis, 75001 PARIS

PATENT SPECIFICATION

(11) 1 245 434

DRAWINGS ATTACHED

1 245 434

(21) Application No. 57872/68 (22) Filed 5 Dec. 1968  
 (31) Convention Application No. 702119 (32) Filed 31 Jan. 1968 in  
 (33) United States of America (US)  
 (45) Complete Specification published 8 Sept. 1971  
 (51) International Classification C 12 d 13/06 C 02 c 1/00 A 23 k 1/04  
 1/08 1/00



(52) Index at acceptance  
 C6F 1A IX  
 A2B J3B J3G1  
 C1C 230 222 223 22X 253 254 302 30X 311 400 40Y  
 424 431 433 43Y  
 C3H 2

(72) Inventor WINTHROP DEXTER BELLAMY

(54) IMPROVEMENTS IN WASTE CONVERSION PROCESS

(71) We, GENERAL ELECTRIC COMPANY, a corporation organised and existing under the laws of the State of New York, United States of America, of 1 River Road, Schenectady 12305, New York, United States of America, do hereby declare the invention, for which we pray that a patent may be granted to us, and the method by which it is to be performed, to be particularly described in and by the following statement:—

This invention relates to the utilization of biodegradable organic compounds. More particularly the invention relates to a process for converting biodegradable organic waste material into useful products, such as high protein animal fodder and sources of extractable protein. The invention can be used for treating certain agricultural and industrial wastes and for domestic and municipal sewage.

Present day conventional methods for handling liquid waste, such as municipal sewage and biodegradable organic industrial wastes, depend upon microbial oxidation. In the activated sludge process in use today, up to 90% of the organic material is removed as a solid residue or semi-solid sludge. The residue must be disposed of by such methods as land filling, dumping at sea, burning, and soil conditioning, etc. All of the above methods of disposal are expensive and therefore unsatisfactory.

In accordance with this invention biodegradable organic waste materials suspended in a liquid medium are treated with thermophilic microorganisms capable of digesting cellulose in the liquid medium, and the mixture heated to temperatures of from 45°C. to 80°C. while supplying an oxygenating gas to the mixture. The selected thermophilic microorganisms at this temperature and under the aerobic conditions multiply and convert the organic waste materials to cellular proteinaceous material i.e. the mass of thermophilic aerobic microorganisms which developed during the biodegradation process, usually mixed with cells of such other microorganisms as are normally associated with the thermophilic aerobic microorganisms.

The solids content of the biodegradable mixture is not narrowly critical and can be as low as 0.1% by weight and as high as 15% by weight, or more. It is preferred, however, for economic reasons to employ a biodegradable mixture which contains at least 2% by weight solids since employing more dilute mixtures requires the heating of excessive amounts of liquid without any commensurate advantages.

As has been pointed out above, the temperature at which the process of this invention is operated is from 45°C to 80°C. However, for best results it is preferred to employ temperatures of from 55°C to 70°C. In this temperature range, the thermophilic microorganisms multiply rapidly in the presence of oxygen and the final material is pasteurized; that is, pathogenic organisms are destroyed at these temperatures, thereby yielding a solid product which can be further employed as food for animals or feed supplements for animals.

Inasmuch as an oxygenating gas is necessary in the process of this invention, one can supply the oxygen by bubbling air or distributing air either at atmospheric pressure or under superatmospheric pressure into the reaction chamber with the thermophilic microorganisms and the biodegradable organic waste materials. The amount of oxygen added is adjusted so that the mixture contains at least 0.3 mg. of oxygen per

**United States Patent** [19]  
**Kuzara**

[11] **Patent Number:** 4,532,892  
 [45] **Date of Patent:** Aug. 6, 1985

[54] **ANIMAL FEEDING AND MONITORING SYSTEM**  
 [75] **Inventor:** James H. Kuzara, Sheridan, Wyo.  
 [73] **Assignee:** Ralston Purina Company, St. Louis, Mo.  
 [21] **Appl. No.:** 606,132  
 [22] **Filed:** May 2, 1984

**Related U.S. Application Data**  
 [62] Division of Ser. No. 293,314, Aug. 17, 1981.  
 [51] **Int. Cl.** ..... A01K 5/02  
 [52] **U.S. Cl.** ..... 119/51 R  
 [58] **Field of Search** ..... 119/51 R, 14,08, 14,14, 340/825.54, 825.72; 343/6.8 R, 6.8 LC

[56] **References Cited**  
**U.S. PATENT DOCUMENTS**  
 4,114,151 9/1978 Deane et al. .... 343/6.8 R  
 4,198,418 4/1980 Kip et al. .... 340/825.54  
 4,461,241 7/1984 Oster ..... 119/51 R

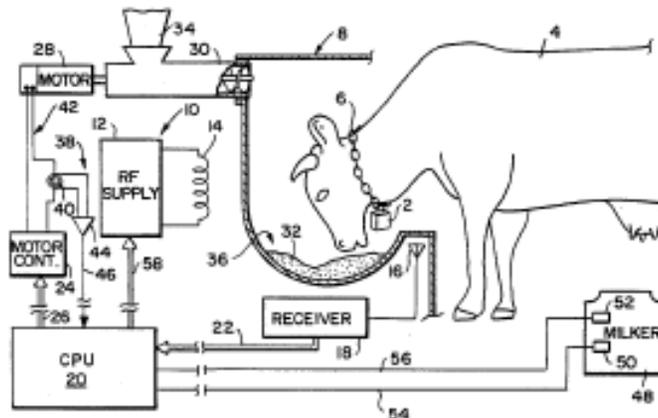
*Primary Examiner*—Jay N. Eskovitz  
*Attorney, Agent, or Firm*—Price, Heneveld, Huizenga & Cooper

[57] **ABSTRACT**  
 The animal feeding and monitoring system includes an electronic identity tag having a code generator for generating a coded identifier signal uniquely associated with an animal to be identified. Electromagnetic energy from an RF field generator mounted in a feeding station

is coupled into a pick-up coil in the electronic identity tag when the animal wearing the electronic identity tag approaches the feeding station. Electromagnetic energy coupled into the pick-up coil serves a source of power for the operating components of the tag. The code generator generates the coded identifier signal in response to timing pulses supplied by either an independently set RC oscillator circuit or a countdown circuit connected to the pick-up coil. A voltage detector connected to the pick-up coil is connected to gate the coded identifier signal transmissions only when sufficient power to provide error-free operation of the code generator has accumulated in the pick-up coil.

Once the animal has been identified, certain control and monitoring functions can be performed under the command of a central computer. The central computer can direct the delivery of feed to the identified animal in accordance with that animal's feeding requirements. Where the animal to be identified is a cow, feed consumption, milk production and temperature measurements for a particular cow can be obtained and stored over a period of time, enabling the central computer to determine the feeding requirements for that cow. Additional monitoring and diagnostic routines can be performed by the central computer to ascertain whether the cow is in heat or has mastitis. A multiplexing arrangement permits these various control, monitoring and diagnostic routines to be performed for a plurality of animals located in adjacent feeding stations.

2 Claims, 12 Drawing Figures





(12) **United States Patent**  
**O'Keefe**

(10) **Patent No.:** US 6,982,035 B1  
(45) **Date of Patent:** Jan. 3, 2006

(54) **BIPHASE ORBICULAR BIODIGESTER**

(70) **Inventor:** David M. O'Keefe, 3714 SE. 41 Ave., Gainesville, FL (US) 32641

(\* ) **Notice:** Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 129 days.

(21) **Appl. No.:** 10/811,365

(22) **Filed:** Mar. 29, 2004

(51) **Int. Cl.**  
C02F 3/28 (2006.01)

(52) **U.S. Cl.** 210/258; 210/260; 210/603

(58) **Field of Classification Search** 210/258, 210/259, 260, 603  
See application file for complete search history.

(50) **References Cited**

**U.S. PATENT DOCUMENTS**

2,480,519 A *	11/2947 Mallery	2/20/05
4,022,665 A	5/2977 Ghosh et al.	
4,323,367 A *	4/2982 Ghosh	4/8/1977 A
4,396,402 A	8/2983 Ghosh	
4,568,457 A *	2/2986 Sullivan	2/20/151
4,698,746 A	9/2987 Ghosh et al.	
5,269,634 A	12/2993 Chyroweth et al.	
5,525,229 A	6/2996 Shah	

6,342,378 B1 1/2002 Zhang et al.  
2003/0033430 A1 2/2003 Srinivasan et al.  
2005/0040607 A1\* 2/2005 Kasparian et al. .... 210/636

**FOREIGN PATENT DOCUMENTS**

EP 0791561 \* 2/1996

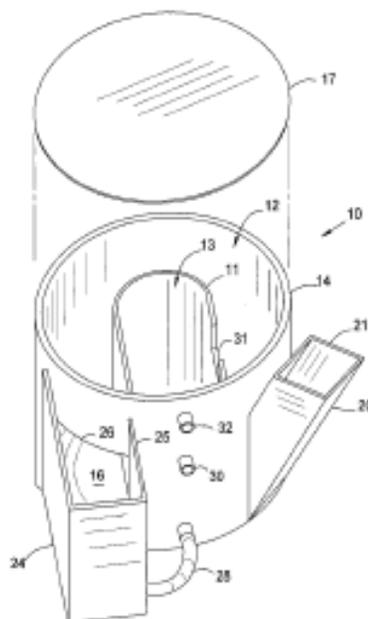
\* cited by examiner

*Primary Examiner*—Fred G. Prince  
(74) *Attorney, Agent, or Firm*—Sven W. Hanson

(57) **ABSTRACT**

An anaerobic digester is disclosed including a single orbicular vessel having two chambers configured for the separate treatment of high-solids and low-solids phases of organic matter. The vessel combines a high solids, plug flow path wherein low solids liquids are separated and directed to a high rate treatment path. The invention provides a novel and simple apparatus for the anaerobic conversion of both high solid and low solid wastes to methane, carbon dioxide, a liquid effluent that can be used as fertilizer, and a solid residue that can be used as a soil amendment. The invention combines the advantages of high solids loop digesters and low solids high rate digesters into a single orbicular vessel. Due to the orbicular geometry, in which a first chamber is a path surrounding and orbiting a second chamber, the apparatus has greater thermal and material efficiencies.

6 Claims, 4 Drawing Sheets





US 20040232088A1

(19) **United States**  
 (12) **Patent Application Publication** (10) Pub. No.: **US 2004/0232088 A1**  
 Stenmark et al. (43) Pub. Date: **Nov. 25, 2004**

(54) **PROCESS AND PLANT FOR THE RECOVERY OF PHOSPHORUS AND COAGULANTS FROM SLUDGE**

**Publication Classification**

(51) Int. Cl.<sup>7</sup> ..... C02F 1/72  
 (52) U.S. CL ..... 210/758

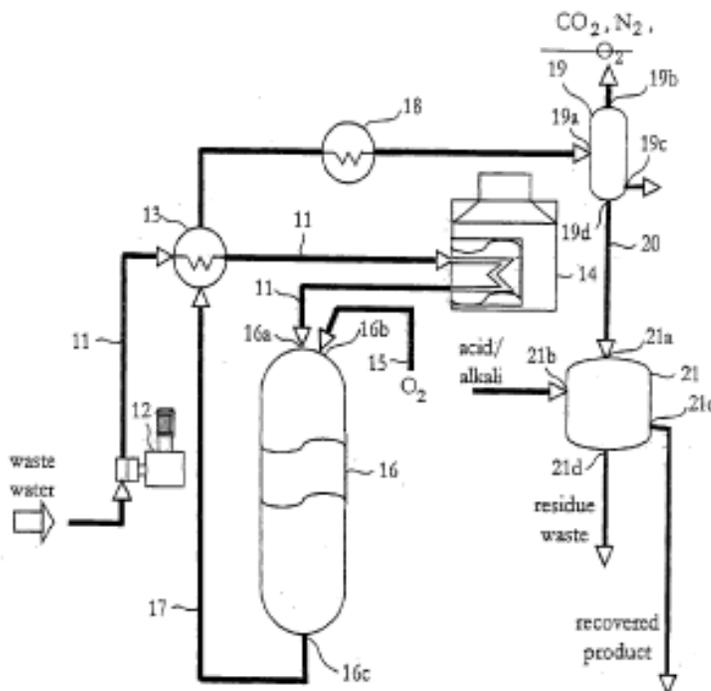
(70) Inventors: **Lars Stenmark, Karlskoga (SE);  
 Stefan Jafverstrom, Norrkoping (SE);  
 Kjell Stenkdhl, Helsingborg (SE)**

(57) **ABSTRACT**

Correspondence Address:  
**HARNISS, DICKEY & PIERCE, P.L.C.**  
**P.O. BOX 8910**  
**RESTON, VA 20195 (US)**

A process for treatment of waste containing organic material, phosphorous and water in suitable amounts to be a pumpable sludge and in order to be oxidizable through supercritical water oxidation, comprises the steps of: putting the sludge into conditions being supercritical for water; adding oxidant, particularly oxygen to the sludge, wherein the organic material contained in the waste is substantially completely oxidized by means of supercritical water oxidation; separating the phosphorous from water and from carbon dioxide formed during the oxidation; and recovering the phosphorous by means of dissolving the phosphorous in an alkali.

(21) Appl. No.: **10/481,017**  
 (22) PCT Filed: **Jun. 20, 2002**  
 (86) PCT No.: **PCT/SE02/01221**  
 (30) **Foreign Application Priority Data**  
 Jan. 21, 2001 (SE) ..... 0102222-7



(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
27 December 2007 (27.12.2007)

PCT

(10) International Publication Number  
WO 2007/147225 A2

(51) International Patent Classification:  
C02F 11/04 (2006.01)

(21) International Application Number:  
PCT/BR2007/000163

(22) International Filing Date: 22 June 2007 (22.06.2007)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Date:  
BRMU 8601519-2 23 June 2006 (23.06.2006) BR

(71) Applicant (for all designated States except US): SANSUY  
S/A INDUSTRIA DE PLÁSTICOS [BR/BR]; Rua dos  
Plásticos, 761, 42800-000 Camaçari - BA (BR).

(72) Inventor: HONDA, Takashi (deceased).

AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG,  
ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL,  
IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK,  
LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,  
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO,  
RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every  
kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH,  
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,  
ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),  
European (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,  
FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL,  
PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,  
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Published:**  
— without international search report and to be republished  
upon receipt of that report

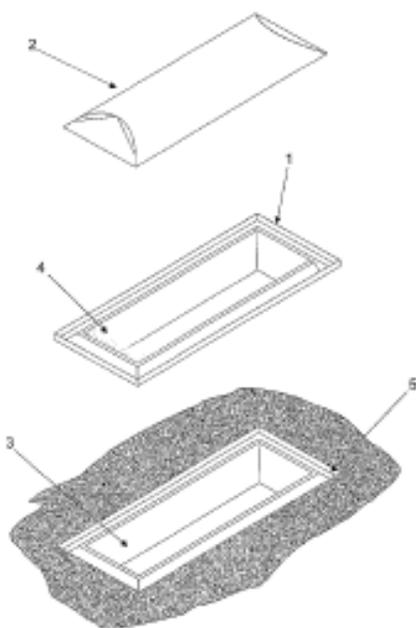
For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance  
Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning  
of each regular issue of the PCT Gazette.

(74) Agent: EDMUNDO BRUNNER ASSESSORIA EM PI  
LTDA; Av. Marcelo Brunner, Av. Brigadeiro Luís Antonio,  
4329, 01401-002 São Paulo - SP (BR).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every  
kind of national protection available): AE, AG, AL, AM,

(54) Title: IMPROVEMENT OF ANAEROBIC BIODIGESTER UTILIZED FOR BIOGAS CAPTATION

WO 2007/147225 A2



(57) Abstract: Improvement of anaerobic biodigester utilized  
for biogas captation, totally built with plastic blankets that  
make up: base (1) in the shape of a reservoir or lake for organic  
matter collection and cover like a dome (2), which works as  
an actual chamber to gather the generated gas, so that it can  
be collected and utilized as energy for different appliances;  
the referred base blanket (1) is outspread covering totally a big  
cove (3), molding itself against the side walls and bottom, so  
that it can form a reservoir or lake (4) for collection of organic  
matter to be processed, and this blanket also outspreads beyond  
the peripheral limits of the mentioned cove, where it is confined  
by an anchoring groove (5) with a preferably trapezoidal  
profile, where both blankets have overlapping stretches (9) and  
linked (10) and there are also means included for corrective or  
preventive maintenance, which are represented by at least one  
intermediate blanket (12).

## REGULACIÓN AMBIENTAL

### **Cumplimiento del Art. 52 de la Ley del Medio Ambiente:**

#### **“Programa Nacional para el Manejo Integral de los Desechos”**

El Salvador cuenta con instrumentos legales que presentan las bases para instaurar un adecuado manejo de los desechos sólidos en el país. La Ley del Medio Ambiente, en su artículo 52, otorga la responsabilidad de formular un Programa Nacional para el Manejo Integral de los Desechos al MARN, en coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, los Gobiernos Municipales y otras organizaciones competentes.

El no cumplimiento de este mandato de Ley ha provocado la descoordinación actual del sector y el abandono de las municipalidades en cuanto al apoyo técnico y jurídico para la prestación de los servicios.

La Comisión Presidencial ante esta situación plantea la formulación, consulta y aprobación del Programa Nacional para el Manejo Integral de los Desechos Sólidos, cuyos objetivos estratégicos son:

- Promover la adopción de hábitos y prácticas de consumo sostenibles, reducir al mínimo la generación de desechos sólidos y aumentar al máximo la reutilización y el reciclaje de los mismos.
- Promover y alcanzar calidad y cobertura universal de los servicios de manejo de desechos sólidos en base a sistemas de manejo integral y sostenible a fin de prevenir la contaminación ambiental y proteger la salud de la población.
- Promover el manejo integral de los desechos sólidos articulando el accionar de las instituciones competentes, la responsabilidad empresarial, la participación ciudadana y el acceso a la información.

Para cumplir con los objetivos estratégicos planteados, hay que crear condiciones adecuadas para el mejoramiento de la gestión integral de los desechos sólidos, es por esto que la primera etapa del Programa contempla la implementación del *“Plan para el Mejoramiento”*.

[www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)



# UN FUTURO LLENO DE OPORTUNIDADES





[www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)

**Sede Central Santa Tecla**

Km. 11 Carretera a Santa Tecla.

Tel. (503) 2132-7400

Fax. (503) 2132-7599

**MEGATEC La Unión**

C. Santa María, Col. Belén, atrás del  
Instituto Nacional de La Unión.

Tel. (503) 2668-4700

**MEGATEC Zacatecoluca**

Km. 64 1/2, desvío Hacienda El Nilo,  
sobre autopista a Zacatecoluca y  
Usulután. Tel. (503) 2334-0763, (503)  
2334-0768 Fax. (503) 2334-0462

**Centro Regional San Miguel**

Km. 140, Carretera a Santa Rosa de Lima.

Tel. (503) 2669-2292, (503) 2669-2299

Fax. (503) 2669-0961

**Centro Regional Santa Ana**

Final 10a. Av. Sur, Finca Procavia

Tel. (503) 2440-4348, (503) 2440-2007

Tel. Fax. (503) 2440-3183