



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

CENTRO UNIVERSITARIO VALLE DE CHALCO



**DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SUMINISTRO DE BIOGÁS  
RESIDENCIAL EN EL MUNICIPIO DE CHALCO**

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**LICENCIADO EN INFORMÁTICA ADMINISTRATIVA**

P R E S E N T A

Juan Antonio Aguilar Espinoza

**ASESOR:**

DR. En C. y E. José Luis Sánchez Ramírez

Revisora: L.I.A. Susana González Espinoza

Revisora: L. En A. Vicenta Rufina Bedolla Bravo



VALLE DE CHALCO SOLIDARIDAD, MÉXICO

FEBRERO 2017.



**DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SUMINISTRO DE  
BIOGÁS RESIDENCIAL EN EL MUNICIPIO DE CHALCO**

## ÍNDICE

RESUMEN.....	9
INTRODUCCIÓN.....	11
ANTECEDENTES.....	13
IMPORTANCIA DEL PROBLEMA .....	17
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	20
CAPITULO 1. MARCO CONCEPTUAL.....	22
1.1 El medio ambiente en el mundo.....	22
1.2 Generación de energía .....	24
1.3 Energía renovable .....	28
1.4 La biomasa .....	29
1.5 Biogás.....	29
1.6 Beneficios del uso del biogás.....	30
1.7 Análisis de los recursos. ....	31
1.8 Fermentación y su uso del biogás .....	32
1.9 Complementos y sustitutos para el biogás.....	33
1.10 Temperatura del sustrato .....	33
1.11 Velocidad de carga volumétrica .....	34
1.12 Tiempos de retención .....	35
1.13 Valor de acidez (ph) .....	36
1.14 Contenido de los solidos .....	37
1.16 Producción del biogás.....	39
1.17 Características para la producción.....	40
CAPITULO 2 ELEMENTOS CARACTERÍSTICOS PARA LA PRODUCCIÓN DEL BIOGÁS.....	41
2.1 Control extracción.....	43

2.2	Diseño de los biodigestores .....	43
2.3	Equipos de limpieza y filtrado del biogás .....	44
2.4	Tubería de conducción de biogás .....	45
CAPITULO 3 AUTOMATIZACIÓN DE SUMINISTRO .....		46
3.1	Seguridad manual.....	46
3.2	Seguridad por computadora .....	46
3.2.1	Software en la automatización .....	47
3.3	La automatización.....	47
3.3.1	Neumática.....	50
3.3.2	Hidráulica .....	50
3.3.3	Mecánica.....	51
3.3.4	Electrónica .....	51
CAPITULO 4 FASE DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS .....		53
4.1	Alternativas de interés económico .....	53
4.1.1	Complicación tecnológica.....	53
4.1.2	Cumplimento de lo dispuesto acerca de la eventualidad de depositar materia orgánica en los rellenos sanitarios .....	54
4.2	Fase de aplicación de biogás.....	54
4.2.1	Elevadas inversiones .....	54
4.2.2	Falta de información.....	55
4.2.3	Tecnología idónea.....	55
4.3	Propuesta de construcción del biodigestor.....	55
4.3.1	Construcción del biodigestor .....	56
4.4.1	Proceso de construcción .....	57
4.5.1	Materiales a utilizar en la construcción del biodigestor...58	
4.6.1	Partes del equipo .....	60
CAPITULO 5 FUNCIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR .....		61
5.1	Capacidad de la planta de biogás .....	63

5.2	Etapa de arranque .....	65
5.3	Etapa de operación Carga diaria normal.....	68
5.4	Mantenimiento .....	69
5.5	Estudio de caso .....	70
5.6	Propuesta de la distribución y transporte de los insumos del biogás .....	71
<b>CAPITULO 6 MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN EMPLEADAS.....73</b>		
<b>PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....79</b>		
<b>CONCLUSIONES .....</b>		
<b>BIBLIOGRAFÍA.....83</b>		
<b>ANEXOS.....86</b>		
1.	Aspectos normativos .....	86
2.	Aspectos ambientales.....	87
3.	Aspectos económicos.....	88

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1	Fuente de energía. Fuente propia .....	28
Tabla 2	Tipo de bacterias. Fuente:(Considine, 2005) .....	33
Tabla 3	Tipos de retención hidráulica en materia prima. Fuente: (Omar,2002) 36	
Tabla 4	Gases existente en el biogás. Fuente (REMBIO, 2006).....	39
Tabla 5	Consumo por vivienda. Fuente propia.....	61
Tabla 6	Mezcla de estiércol. Fuente propia .....	62
Tabla 7	Mezcla recomendada de estiércol. Fuente propia.....	63
Tabla 8	Capacidad de mezcla. Fuente propia.....	63

Tabla 9 Estimación de las emisiones mundiales de metano. Fuente (REMBIO, 2006) .....	88
--	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Contaminación de la CDMX. Fuente: (GALVAN, 2016) .....	23
Figura 2 Energía Eólica. Fuente (MELECSA, 2016) .....	24
Figura 3 Energía Hidráulica. Fuente: (MELECSA, 2016) .....	25
Figura 4 Energía Térmica. Fuente: (Energíarenovable, 2008) .....	25
Figura 5 Energía Nuclear. Fuente: (MELECSA, 2016).....	26
Figura 6 Energía Solar. Fuente: (MELECSA, 2016).....	26
Figura 7 Energía Biomasa. Fuente: Erenovable, 2015) .....	27
Figura 8 Tubería de Cobre. Fuente: (Metálica, s.f) .....	45
Figura 9 Diagrama de Flujo Drenado de Sólidos. Fuente Propia .....	48
Figura 10 Biodigestor discontinuo. Fuente propia.....	56
Figura 11 Preparación de carga. Fuente propia.....	66
Figura 12 Terminación de carga. Fuente propia.....	66
Figura 13 Fermentación. Fuente propia .....	67
Figura 14 Drenado. Fuente propia .....	67
Figura 15 Quemado del gas. Fuente propia.....	68
Figura 16 El volumen de contenido. Fuente propia.....	69
Figura 17 Análisis FODA. Fuente propia .....	76
Figura 18 Tanque de gas doméstico. Fuente propia.....	77
Figura 19 Tanque de gas estacionario. Fuente propia.....	77
Figura 20 Estufa calentando agua. Fuente propia .....	78
Figura 21 Estufa calentando comida. Fuente propia.....	78
Figura 22 Calentador solar para agua. Fuente propia.....	79

## RESUMEN

El presente trabajo de tesis plantea una manera automatizada de aprovechar un recurso orgánico con el cual se busca reducir costos, mediante el uso en materia habitual de una vivienda, a su vez obteniendo otros beneficios por la implementación de una planta generadora de energía. 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.

Este gas ha sido llamado gas invernadero para las personas que se dedican a la agricultura, puesto que en ellos se produce una biodegradación de residuos vegetales. La producción de biogás por descomposición anaeróbica es un modo considerado útil para tratar residuos biodegradables, ya que produce un combustible de valor, además de generar un fertilizante que puede aplicarse como abono.

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 ( $\text{CO}_2$ ), contenido en pequeñas proporciones de otros gases como hidrogeno ( $\text{H}_2$ ), nitrógeno ( $\text{N}_2$ ), oxígenos ( $\text{O}$ ) y sulfuro de hidrogeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Este gas se puede utilizar para producir energía eléctrica mediante turbinas o plantas generadoras a gas, en hornos, estufas, secadores, calderas u otros sistemas de combustión a gas, debidamente adaptados para tal efecto.

Es importante tomar en cuenta los factores necesarios para el uso de una planta generadora de gas orgánico ya que depende de la implementación de la materia a depositar en los biodigestores. Este tipo de gas es el futuro de nuestro país ya que con el se tendrá una forma sustentable de gas a un nivel de uso moderado el cual permitirá suministrar gas similar al Gas Licuado de Petróleo (GLP) a las familias del municipio de Chalco de forma auto renovable,

económica y práctica. Esto ayuda en muchos sentidos a la ciudadanía porque no solo se producirá combustible si no también fertilizantes que ayudan al medio ambiente.

El cambio climático nos afectará a todos los habitantes del mundo los acontecimientos meteorológicos extremos como las olas de calor cada vez son más extremas, las enfermedades respiratorias y cardio vasculares aumentarán, las enfermedades infecciosas se harán más extendidas en algunas zonas, los costos de seguro aumentarán, y los servicios de infraestructura como el suministro de agua, gas, petróleo y desagüe estarán bajo creciente estrés.

Se diseñara el prototipo del suministro de biogás para poder implementar una subestación completa del gas con sus contenedores, sus extractores y su computadora con la cual se pretende almacenar cubrir las necesidades de GLP, para que así la ciudadanía del municipio de Chalco no sufra con los incrementos en el precio del gas se utiliza todos los días, esto es posible gracias a un modelo automatizado mediante computadora para llevar el control de niveles de líquidos, gases y materia orgánica con el fin de hacerlo seguro para los usuarios.

## INTRODUCCIÓN

El medio ambiente en la actualidad se encuentra en estado crítico por la contaminación producto de la explotación desmedida de recursos naturales, los cuales a la vez se están consumiendo, para la humanidad la energía es muy importante ya que la necesita para su supervivencia. En México, cerca del 88% de la energía primaria que se consume proviene del petróleo. Llega a nosotros cada día en una gran variedad de formas. Es la principal fuente de insumos para generar energía eléctrica, permite la producción de combustibles para los sectores de transporte e industrial. Además, es materia prima de una gran cantidad de productos como telas, medicinas o variados objetos de plástico.

El hombre, como ser relacional, no vive aislado sino rodeado por la confluencia de las interacciones entre los diferentes actores sociales, que condicionan especialmente las circunstancias de vida como individuos o como sociedad. El entorno, no es solo el espacio físico que lo circunda, sino que comprende el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y un momento determinado, que ejercen notable influencia en la vida del hombre y en las generaciones venideras.

En la antigüedad la naturaleza era capaz de remediar las acciones exteriores perturbadoras (contaminantes) para mantener un equilibrio estable. Actualmente el crecimiento de la población y de la polución han provocado un incremento de factores contaminantes de forma tal que el poder auto depurador del medio ambiente ha sido incapaz de compensar. Este proyecto pretende demostrar que a través del conocimiento generado por la investigación científica, es posible utilizar las herramientas desarrolladas por la naturaleza. Mediante su aplicación se pretende minimizar el impacto de nuestra propia existencia sobre el medio ambiente, mejorando nuestra relación con el mismo y por lo tanto nuestra calidad de vida.

Por otro lado, el GLP tiene uno de los usos más comerciales de nuestro país entre ellos soldar, cocinar, calentar agua, etc. Este tipo de energía es muy rentable en México por lo que su precio en el mercado es muy elevado lo que se pretende es buscar nuevas alternativas para las viviendas del municipio de Chalco, para ello se diseñara un control automatizado de suministro de Biogás, que pueda remplazar el uso de GLP.

El biogás producido por fermentación de la biomasa se utiliza en todo el mundo de diferentes maneras para el suministro de energía: por medio de la combustión en las centrales de cogeneración para generar electricidad utilizando el calor residual (producción combinada de calor y electricidad, llamada cogeneración), como biometano para la alimentación a una red de gas natural tras el tratamiento adecuado del biogás, como combustible en los vehículos accionados con gas natural o directamente para cocinar.

Las empresas alemanas de la industria de biogás son líderes tecnológicos y de mercado gracias a sus productos y servicios de alta calidad, así como a su larga experiencia.

El biogás es una energía producida por la descomposición de materia orgánica mediante un proceso anaeróbico el cual permite producir diferentes beneficios si se sabe aprovechar este tipo de energía, entre ellas las dos principales energías producidas por el Biogás es: Electricidad mediante producción de calor y gas metano para el uso industrial y residencial.

Por esto se buscará la modalidad de automatizar un suministro de biogás para el uso residencial y reducir costos de compra de un recurso primario, se pretende conocer las características y los tipos de uso del biogás.

## ANTECEDENTES

Las primeras menciones del Biogás se ubican en el año de 1600, cuando fue identificado por varios científicos como un gas proveniente de la descomposición de la materia orgánica. Posteriormente, en el año 1890 se construye el primer biodigestor a escala real en la India, y en 1896, en 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 Imhoff para el tratamiento de aguas cloacales colectivas. El gas producido se utilizó para el funcionamiento de las propias plantas, en vehículos municipales y en algunas ciudades con lo que se llegó a inyectar en la red de gas comunal.

Durante 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. Dicho evento se vio interrumpido por el fácil acceso a los combustibles fósiles y la crisis energética de la década de los 70s, en la que se reinició con gran ímpetu, la investigación y extensión en todo el mundo, incluyendo la mayoría de los países latinoamericanos.

En los últimos 20 años se han tenido fructíferos resultados en cuanto a descubrimientos sobre el funcionamiento del proceso microbiológico y bioquímico, a través del material de laboratorio, que permitieron el estudio de los microorganismos intervinientes en condiciones anaeróbicas (ausencia de oxígeno) para el biogás.

Estos avances en la comprensión del proceso microbiológico han estado acompañados por importantes logros de la investigación aplicada obteniéndose

grandes avances en el desarrollo tecnológico. Los países generadores de tecnología más importantes en la actualidad son: China, India, Holanda, Francia, Gran Bretaña, Suiza, Italia, Estados Unidos, Filipinas y Alemania (Soler, 2009).

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 m<sup>3</sup> 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 (Cabrera, 2011).

En México, según datos de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), se utilizan 145 millones de los 198 millones de hectáreas del territorio nacional para las actividades agropecuarias, a nivel mundial México ocupa el 13° lugar en producción de leche. Las actividades agropecuarias son la base de muchas actividades comerciales e industriales, sin mencionar que toda la producción de alimentos se origina en este sector.

El efecto de estas actividades en el medio ambiente tiene importantes repercusiones en la contaminación. Una de ellas es el excremento de todos los animales que producen gases de efecto invernadero, lo que contribuye al

calentamiento global, contaminan ríos, lagos y afectan la salud de quienes están expuestos a ellos.

Conscientes de esta problemática desde 2004-2005 un grupo de emprendedores sociales desarrollaron el Programa Biogás que en 2010 se estableció como empresa. IRRRI actuó como incubadora de la empresa social Sistema biobolsa, que se dedica a fabricar y distribuir sistemas de biodigestión para pequeñas y medianas granjas (Renovable, 2014).

La primera planta de biogás en México, se proyecta para el 2016 año en el que la Ciudad de México inicie con la construcción de la primera planta de biogás en el país.

A partir del próximo año podremos contar con la primera planta de biogás en México. Este tipo de combustible se genera utilizando medios naturales a través de dispositivos que hacen uso de la biodegradación de la materia orgánica mediante la acción de microorganismos y otros factores en ausencia de oxígeno. Este tipo de gas es también conocido como gas de los pantanos ya que se produce una biodegradación de residuos vegetales similar a la que existe en estos lugares. Por esta razón, se planea instalar la primera planta de biogás en México en el relleno sanitario Bordo Poniente.

La inversión requerida para construir esta planta será de 1,121,000 millones de pesos que darán pie a la construcción e inicio de operación de la planta que, se espera, genere 80 mil megavatios mensuales. Esta cantidad de energía es suficiente para abastecer toda la red de la Ciudad de México con una tarifa muy económica para los usuarios.

Durante el Simposio Internacional por la Modernización Energética se destacó que el tema de la producción de energía demanda políticas públicas responsables que se encarguen del bienestar del entorno. Así mismo deberán abarcar el transporte, vivienda y manejo de la basura entre otros aspectos. Aun cuando ya se han registrado avances importantes, será necesario buscar

una acción coordinada entre los diversos sectores beneficiados como son los agentes económicos, académicos y la sociedad civil.

La Ciudad de México (CDMX) carece de una política energética, de acuerdo con la Coparmex-CDMX y la organización Ciudad Posible, esto es un problema importante ya que es el mayor consumidor de energía del país. La Ciudad de México consume aproximadamente 200 mil millones de pesos al año en energía y pierde el 25%, lo cual es una cifra superior al presupuesto del gobierno local y la pérdida más alta en el país.

Es importante impulsar acciones en todos los niveles de forma que se pueda reducir esa pérdida y fomentar el uso de combustibles responsables con el medio ambiente tanto en los hogares como en oficinas y empresas del país (Yacord, 2015).

## IMPORTANCIA DEL PROBLEMA

En este proyecto se podrá conocer la modalidad de la automatización de un control de suministro de un recurso de combustible, para implementarlo dentro del consumo casero, así mismo el combustible gas-orgánico quiere decir combustible de materia orgánica. Se innovará de una forma práctica y eficaz el suministro y consumo de gas en el municipio de Chalco haciendo que el gas sea de mayor economía dentro de este municipio, ya que en México el gas es un combustible de uso primario y su venta es de alto valor.

Se buscará reducir costos y obtener un recurso renovable y autónomo que solo se necesite de un fácil cuidado en el hogar, es importante enfatizar los beneficios de impulsar proyectos de energías alternativas. En la actualidad nos enfrentamos a los grandes retos del futuro, algunos de ellos es detener el deterioro ambiental producido por la pérdida de biodiversidad animal, el calentamiento global, la desertización acelerada, el crecimiento poblacional y energético desmedido; muchas veces nos preguntamos si existe un futuro ecológico, o si la degradación del medio ambiente nos llevará a la destrucción total de nuestro entorno (Guerra, 2010). Para ello se debe pensar ¿Qué va pasar con la cultura, con nuestros valores, con nuestras casas?, ¿Hacia dónde va la evolución de la vida? El futuro por lo tanto es una idea nuestra, humana. Por eso se pensó en realizar un proyecto que contribuyera al medio ambiente y que ayudara a la economía de las personas, por ello se llegó a la propuesta de implementar biogás en los hogares, el cual ayudara a reducir la contaminación por desechos ya que es un proyecto ecológico que nos brinda una gran variedad de beneficios para el medio ambiente.

La ventajas de la tecnología del biogás son que pueden proveer beneficios a sus usuarios, a la sociedad y al medio ambiente en general:

Producción de energía (Calor, Luz, Electricidad) que transforman los desechos orgánicos en fertilizantes de alta calidad, también ayudan al mejoramiento de las condiciones higiénicas a través de la reducción de patógenos, huevos de gusanos y moscas, beneficios micro-económicas a través de la sustitución de energía y fertilizantes de aumento en los ingresos y del aumento de la producción agrícola-ganadera.

Es importante valorar que ya es el momento de cambiar los hábitos de vida por acciones conscientes. Estamos en momentos difíciles donde los recursos naturales primarios como el petróleo, gas, madera, agua y oxígeno son cada vez más vulnerables por la contaminación, misma que la humanidad va degenerando, lo que se pretende al realizar este proyecto es mostrar otra alternativa de recurso primario como lo es el gas.

El gas en México es usado habitualmente como calor ya que lo usamos para calentar alimentos y agua, en algunos lugares donde el medio ambiente es frío se utiliza como calor para las viviendas, por eso, actualmente es uno de los recursos más explotados y de más alto valor en el mercado, se pretende reducir la sobre explotación de este recurso haciendo que la contaminación reduzca el impacto que esto genera.

Ya que para que el proyecto biogás funcione depende de los desechos (basura orgánica) que tiramos sin saber lo que se puede hacer con tan solo saber separar la basura. Lo cual nos lleva a enseñar lo importante que es separar la basura y los beneficios que se obtienen, para ello se pretenderá suministrar un recurso primario a las familias de Chalco que es el gas, los proyectos de biogás son el futuro de nuestro planeta ya que con ellos no solo se obtienen diferentes beneficios.

La tecnología que se requiere para poder producir biogás se llama biodigestor y es bastante simple ya que consta de una cámara donde se incorporan los residuos orgánicos como restos de comida, cosechas, estiércol,

etc. y se agregan bacterias anaeróbicas que son las que degradan la materia y así se transforma en metano.

Según (La red Mexicana de Bioenergía) la composición y propiedades del biogás es una mezcla de gases compuesta principalmente de:

- Metano (CH<sub>4</sub>): 40-70% DEL VOLUMEN
- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>): 30-60% DEL VOLUMEN
- Otros gases: 1-5% DEL VOLUMEN

Incluyendo

- Hidrogeno (H<sub>2</sub>): 0-1% DEL VOLUMEN
- Sulfuro de hidrogeno (H<sub>2</sub>S): 0-3% DEL VOLUMEN

Como en cualquier otro gas algunas de las propiedades características del biogás dependen de la presión y la temperatura también es afectada por el contenido de humedad. Los factores más importantes para caracterizar el biogás son las siguientes:

- Como cambia el volumen cuando se le cambia la presión y la temperatura.
- Como cambia el valor calorífico cuando se le cambia la temperatura, presión o el contenido de agua.
- Como cambia el contenido de vapor de agua cuando cambian la temperatura o la presión.

El valor calorífico del biogás es cerca de 6 kWh (kilo watt por hora) por metro cúbico. Es decir que un metro cúbico de biogás es equivalente a aproximadamente medio litro de combustible diésel (REMBIO, 2006).

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es importante tomar en cuenta los factores que se plantea en el problema de los proyectos de biogás ya que es fundamental conocer las ventajas y desventajas que tiene el suministro de biogás, para ello la pregunta principal de investigación es ¿Cómo la informática ayudaría a la rentabilidad de un proyecto de biogás residencial?

La informática ayudaría a la automatización y control de los sustratos obtenidos dentro de los biodigestores, ya que se deberá implementar una computadora para controlar el nivel adecuado de los líquidos y los gases dentro de los biodigestores, es necesario tomar en cuenta que se necesita un nivel de administración para hacer rentable los proyectos de biogás y así poder desarrollarlos y saber con exactitud los recursos necesarios para tener un control del trabajo.

¿Por qué es rentable este tipo de combustible?

La rentabilidad de los proyectos de biogás depende en gran medida, de la disponibilidad a largo plazo y del bajo costo de los sustratos. Las posibilidades para lograrlo son muy diferentes, ya que dependen de la ubicación y la configuración de las plantas. Es indispensable una planificación anticipada. La probabilidad de que la planta funcione adecuadamente, se incrementa notablemente si ya en una fase temprana del proyecto, desde el punto de vista de la demanda, se pueden identificar a los clientes potenciales para el producto ofrecido (electricidad, calor, metano).

¿Qué otros beneficios nos brindan la subestación de biogás?

Además de la producción de electricidad, se desarrollan disipadores de calor, de gran demanda durante todo el año, se podrán generar atractivos

ingresos adicionales para el explotador de la planta de biogás. En este caso, pueden ser plantas de cogeneración industriales, como por ejemplo, para hospitales, piscinas, invernaderos y residencias de la tercera edad. Si el biogás es tratado y se utiliza para alimentar la red de gas natural, aumenta considerablemente el círculo de clientes que puede ser abastecido. Esto permite atender también el creciente mercado de biogás en el sector de los combustibles.

Con esto se pretende no depender en su totalidad de un sector de combustible ya que el usuario podrá generar su propio gas para su uso casero en un determinado tiempo, a su vez no solo obtendrá el beneficio del gas si no también los fertilizantes que podrá administrar a las plantas.

# **CAPITULO 1. MARCO CONCEPTUAL**

Este tipo de gas es el futuro del país ya que con el se obtendrá una forma sustentable de gas a nivel de uso moderado el cual suministrara gas que sustituya al GLP para las familias del municipio de Chalco, que además es un gas auto renovable, económico y practico. Esto ayuda en muchos sentidos a la ciudadanía porque no solo se producirá un gas ecológico si no también fertilizantes que ayudan al medio ambiente.

El cambio climático afecta a todos los habitantes, los acontecimientos meteorológicos extremos como las olas de calor cada vez son más extremas, las enfermedades respiratorias y cardio vasculares aumentarán, las enfermedades infecciosas se harán más extensas en algunas zonas, los costos de seguro aumentarán, y los servicios de infraestructura como el suministro de agua, gas, petróleo y desagüe estarán bajo creciente demanda.

Se diseña el prototipo del suministro de biogás para poder implementar una subestación completa del gas con contenedores, extractores y un equipo de cómputo con el cual se pretende almacenar y suministrar el bio gas para cubrir las necesidades de GLP, de modo que la ciudadanía del municipio de Chalco no sufra los incrementos del precio del GLP, gracias a un modelo automatizado mediante computadora para llevar control de niveles de líquidos, gases y materia orgánica con el fin de hacerlo seguro para los usuarios.

## **1.1 El medio ambiente en el mundo**

Se calcula que la población urbana de los países en desarrollo aumentará de 2.300 millones en 2005 a 4.000 millones para 2030. Y a medida que las ciudades van creciendo, con viviendas inadecuadas y comunidades con

crecimiento descontrolado muchas formadas por gente que huyeron de su vida rural fracasada su vulnerabilidad al cambio climático aumenta. Las inundaciones y los desprendimientos de tierra, el agua contaminada, la escasez de alimentos y las enfermedades se combinan para afectar a los habitantes urbanos pobres más que a todos los demás. Y muchas de estas conglomeraciones urbanas en expansión se encuentran en la costa, y por ende en riesgo del alza del nivel del mar, que ahora sube a un promedio de 4,2 milímetros por año (Bindra, 2011).

La degradación ambiental por la emisión de bióxido de carbono en la atmosfera nos ha demostrado que las moléculas generan en el medio ambiente un efecto invernadero causando en ello el sobre calentamiento de la tierra mencionando esto los modelos numéricos nos muestran que se podría ocasionar condiciones atmosféricas extremas donde el calor excesivo en la tierra podrá ocasionar destrozos en la agricultura y el comercio un ejemplo de la contaminación en la CDMX se muestra en la Figura (1).



Figura 1 Contaminación de la CDMX. Fuente: (GALVAN, 2016)

## 1.2 Generación de energía

Desde el descubrimiento de la electricidad por Benjamín Franklin y su para rayo impulso a otros científicos para descubrir el uso que se podría obtener de la electricidad esto nos con lleva a que en la actualidad uno de los recursos más utilizados por la humanidad es la electricidad ya sea por la creación de energía: Eólica, Hidráulica, Nuclear, Térmica, Solar, Biomasa, como se aprecian en las Figuras (2, 3, 4, 5 y 6). En la generación de energía mediante descomposición de materia orgánica nos con lleva a nuevas y mejoras de utilidades de energía barata para la humanidad ayudando al medio ambiente.

Dado el costo elevado de energía renovable su inserción en el mercado es lenta sin embargo a medida que el costo de energía convencional incrementa los yacimientos de recursos se van agotando, para esto las ventajas en el uso de este tipo de recurso (Biogás) es sustancial por:

- a) Mínimo impacto sobre el medio ambiente.
- b) No generan residuos difíciles de tratar, ni gases contaminantes como lo hacen los combustibles fósiles (Petróleo).



Figura 2 Energía Eolica. Fuente (MELECSA, 2016)



Figura 3 Energía Hidráulica. Fuente: (MELECSA, 2016)

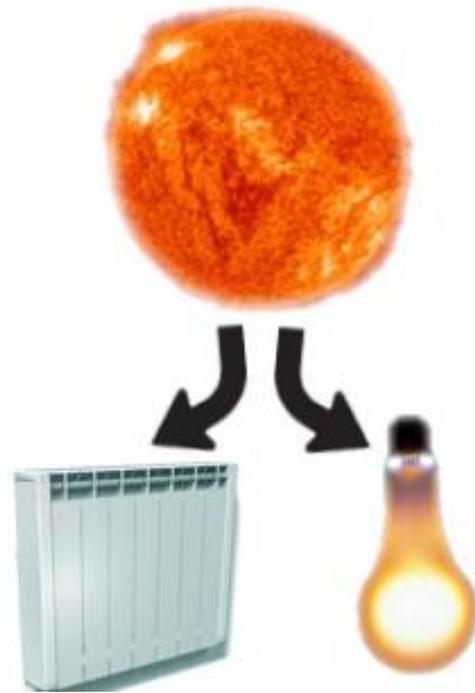


Figura 4 Energía Térmica. Fuente: (Energíarenovable, 2008)

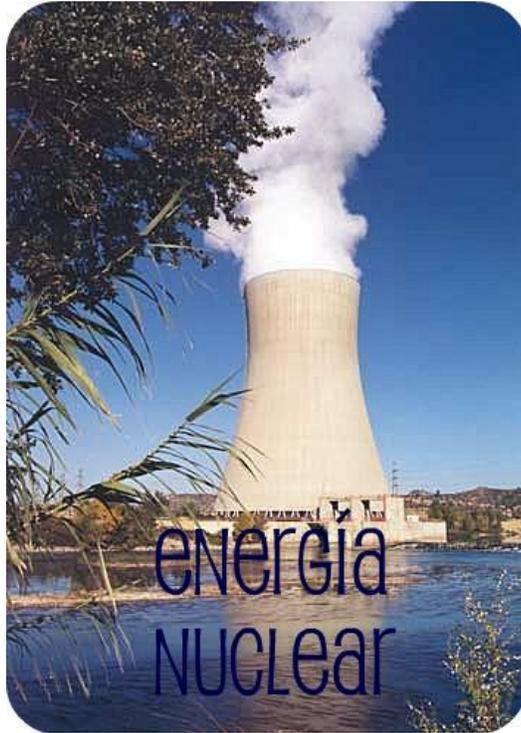


Figura 5 Energía Nuclear. Fuente: (MELECSA, 2016)



Figura 6 Energía Solar. Fuente: (MELECSA, 2016)



Figura 7 Energía Biomasa. Fuente: Erenovable, 2015)

La promoción de la eficiencia en el uso de las nuevas fuentes alternas de energías no evitará que estas se exploten en el largo plazo. Esto debido a que el petróleo seguirá siendo una buena opción para la generación de energía primaria. Existen oportunidades reales para cambiar combustibles tradicionales por combustibles alternativos, que serán los que desplacen al petróleo y al gas natural, algo que ya ocurrió en el pasado. Por ejemplo, la madera fue la fuente predominante de energía desde el tiempo de la fundación de las primeras colonias americanas en el siglo XVII hasta finales del siglo XIX.

En el siglo XIX, aproximadamente en 1895 el petróleo comenzó a desplazar al carbón, el cual a su vez había complementado a la energía hidroeléctrica. Posteriormente en 1957 apareció la energía nuclear, lo que permitió la diversificación del sector de las fuentes generadoras de energía eléctrica.

A partir de 1970 se comenzaron a utilizar otras fuentes de energía alternativa como son:

- LA FOTOVOLTAICA
- LA SOLAR

- LA TÉRMICA
- LA GEOTÉRMICA.

### 1.3 Energía renovable

Las distintas fuentes de energía se clasifican en dos grupos, como se muestra el tabla 1. Estas son:

- Renovables. Son aquellas fuentes que no desaparecen al transformar su materia en energía útil; se renuevan continuamente a causa de la presencia de fuerzas físicas como marea, viento, gradiente térmico del océano o la generación de materia vegetal y animal.
- No renovables. Es el sistema material que se agota al transformar su energía en energía útil, se refiere principalmente a combustibles fósiles depositados en la tierra hace cientos de millones de años, cuando son explotados se reduce su capital energético.

Tabla 1 Fuente de energía. Fuente propia

RENOVABLES	NO RENOVABLES
<b>Agua almacenada en presas (energía hidráulica).</b> <b>El Sol (energía solar).</b> <b>El viento (energía eólica).</b> <b>La biomasa (materia orgánica)</b> <b>Las mareas (energía mareomotriz).</b> <b>Las olas.</b>	Combustibles fósiles: Carbón. Petróleo. Gas Natural. Geotérmica. Uranio (energía nuclear de fisión).

Una fuente de energía es renovable cuando se convierte en inagotable y su aprovechamiento no causa alteraciones graves al medio ambiente, algunas de estas fuentes de energía renovable son la radiación solar, el viento, el movimiento de las olas y mareas, el desnivel del agua de los ríos, el calor del subsuelo terrestre y la energía acumulada por los seres vivos (Biomasa).

## **1.4 La biomasa**

La biomasa es un combustible de origen biológico el cual es totalmente bueno con el medio ambiente para ello tenemos tipos de biomasa:

Forestal:

- Residuos de explotación forestales.
- Residuos industriales (Carpinterías, fábricas de muebles, etc.).
- Cultivos energéticos.

Agrícola:

- Residuos de cultivo agrícola.
- Residuos industriales (cascaras de almendras, piñas, huesos de oliva, etc.).

## **1.5 Biogás**

El biogás es un gas combustible y su principal componente es el metano 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 y otros factores en ausencia de aire. Cuando la materia orgánica se descompone en ausencia de oxígeno actúa este tipo de bacteria, el biogás con su alto contenido de metano es una fuente de energía que puede usarse para cocinar, iluminar generar calor y electricidad.

## **1.6 Beneficios del uso del biogás**

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

## 1.7 Análisis de los recursos.

El Biogás es un gas formado principalmente por CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, y N<sub>2</sub> que es el resultado de la acción de un tipo de bacterias sobre los residuos biodegradables dentro de un mecanismo de digestión anaerobia. Como tal un subproducto del tratamiento de residuos. Los residuos empleados como materia prima para la obtención del Biogás son los siguientes:

- **Residuos Ganaderos:** La digestión anaerobia en este proceso es una tecnología importante para tratar los residuos producidos en explotaciones ganaderas intensivas con alta concentración de ganado. No obstante, y debido a la competencia de otras tecnologías, como el secado térmico de abono empleando gas natural como combustible, esta aplicación tiene en nuestro país un nivel de utilización muy bajo.
- **Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos:** Estos residuos pueden emplearse para producir Biogás de dos maneras principales. A través de la desgasificación de vertederos o mediante la digestión anaerobia en biodigestores. En el primer caso se trata de una tecnología aplicable a partir de un volumen de capacidad de 200-250 t/día de capacidad; la digestión anaerobia de los residuos de biodigestores se trata de una tecnología que hoy por hoy resulta menos atractiva por el manejo del compostaje anaerobio.
- **Residuos Industriales Biodegradables.** El empleo de tecnologías de digestión anaerobia para el tratamiento de los residuos biodegradables generado por industrias como las cerveceras, azucarera, alcoholera, láctea, oleícola, etc., es bastante común en nuestro país y sus

perspectivas de desarrollo son consistentes pero nulas debido a que este tipo de tecnologías no están insertas dentro del propio proceso industrial.

- Lodos de Depuración de Agua Residuales Urbanas. Los lodos de depuración procedentes de los tratamientos primarios y secundarios que se realizan en las estaciones depuradoras de aguas residuales pueden someterse a tecnologías de digestión anaerobia para producir Biogás, lo que resulta interesante, cuando se trata de considerar una aplicación energética del Biogás producido se trata a partir de la cifra de 100.000 habitantes.

En la actualidad la evolución de este sector de tratamiento de residuos en nuestro país es muy lenta, aunque ya se empieza a utilizar el Biogás generado a partir de este residuo, y se le da cada vez mayor importancia, reduciendo así la dependencia de hidrocarburos.

## **1.8 Fermentación y su uso del biogás**

La transformación aerobia o fermentación anaerobia de la materia orgánica consiste en la degradación produciendo biogás que es una mezcla de múltiples componentes donde predomina el metano. En principio el biogás puede ser utilizado en cualquier ámbito comercial ya que está diseñado para su uso como gas natural en lugares para generar calor para cocinar alimentos o calentar agua para bañarse, como también para generar electricidad para iluminar residencias (casas o departamentos) este tipo de gas está diseñado para el uso a gran medida ya que para su utilización se necesitan grandes contenedores (biodigestores) para su generación de materia.

## 1.9 Complementos y sustitutos para el biogás

En ello son muy diversos los factores que se pueden complementar o sustituir alguna materia prima según las siguientes características para saber exactamente la viabilidad de la producción para ello se debe conocer los modos y tipos de complementos que necesitamos para poder implementar un suministro de biogás en una residencia:

## 1.10 Temperatura del sustrato

Para que se inicie el proceso se necesita una temperatura mínima de 4° a 5° C y no se debe sobrepasar una máxima de alrededor de 70 °C. Se realiza generalmente una diferenciación en tres rangos de temperatura de acuerdo al tipo de bacterias que predominan en cada una de ellas, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2 Tipo de bacterias. Fuente:(Considine, 2005)

<b>Bacterias</b>	<b>Rango de temperaturas.</b>	<b>Sensibilidad.</b>
<b>Psicrofílicas.</b>	Menos de 20°C.	± 2°C/hora.
<b>Mesofílicas.</b>	Entre 20°C y 40°C.	± 1°C/hora.
<b>Termofílicas.</b>	Más de 40°C.	± 0,5°C/hora.

Para esto la actividad biológica y por lo tanto la producción de gas aumenta con la temperatura al mismo el tiempo que se deberá tener en cuenta que al no generar calor el proceso la temperatura deberá ser lograda y mantenida

mediante energía exterior. El cuidado en el mantenimiento también debe extremarse a medida que aumenta la temperatura, dada la mayor sensibilidad que presentan las bacterias termofílicas a las pequeñas variaciones térmicas.

Todas estas consideraciones deben ser evaluadas antes de escoger un determinado rango de temperaturas para el funcionamiento de un digestor ya que a pesar de incrementarse la eficiencia y producción de gas paralelamente aumentará los costos de instalación y la complejidad de la misma. Los digestores que trabajan a temperaturas meso y termofílicas poseen generalmente sistemas de calefacción, aislamiento y control los cuales son obviados en digestores rurales económicos que trabajan a bajas temperaturas.

La temperatura está íntimamente relacionada con los tiempos que debe permanecer la biomasa dentro del digestor para completar su degradación (Tiempo de Retención Hidráulica, TRH). A medida que se aumenta la temperatura disminuyen los tiempos de retención y en consecuencia se necesitará un menor volumen de reactor para digerir una misma cantidad de biomasa.

### **1.11 Velocidad de carga volumétrica**

Con este término se designa al volumen de sustrato orgánico cargado diariamente al digestor. Este valor tiene una relación de tipo inversa con el tiempo de retención, dado que a medida que se incrementa la carga volumétrica disminuye el tiempo de retención. Existen diferentes formas de expresar este parámetro siendo los más usuales los siguientes: kg de material/día; kg de materia seca/día; kg de sólidos volátiles/día, todos expresados por metro cúbico de digestor.

## 1.12 Tiempos de retención

Este parámetro sólo puede ser claramente definido en los sistemas discontinuos donde el tiempo de retención coincide con el tiempo de permanencia del sustrato dentro del digestor. En los digestores continuos y sami-continuos el tiempo de retención se define como el valor en días del cociente entre el volumen del digestor y el volumen de carga diaria.

De acuerdo al diseño del reactor, el mezclado y la forma de extracción de los efluentes pueden existir diferentes variables entre los tiempos de retención de líquidos y sólidos debido a lo cual suelen determinarse ambos valores.

El tiempo de retención está íntimamente ligado con dos factores: el tipo de sustrato y la temperatura del mismo. La selección de una mayor temperatura implicará una disminución en los tiempos de retención requeridos y consecuentemente serán menores los volúmenes de reactor necesarios para digerir un determinado volumen de material.

La relación costo beneficio es el factor que finalmente determinará la optimización entre la temperatura y el tiempo de retención, esto debido a que varían los volúmenes, los sistemas paralelos de control, la calefacción y la eficiencia. Con relación al tipo de sustrato, generalmente los materiales con mayor proporción de carbono retenido en moléculas resistentes como la celulosa demandarán mayores tiempos de retención para ser totalmente digeridos. Es decir, se distribuye en función al tiempo de retención y la producción diaria de gas para materiales con distintas proporciones de celulosa.

A modo de ejemplo se dan valores indicativos de tiempos de retención usualmente más utilizados en la digestión de estiércoles a temperatura mesofílica. El límite mínimo del tiempo de retención está dado por la tasa de reproducción de las bacterias metanogénicas debido a que la continua salida de efluente del digestor extrae una determinada cantidad de bacterias que se encuentran en el líquido. Esta extracción debe ser compensada por la multiplicación de las bacterias que pertenecen dentro del reactor como se muestra en la (tabla 3).

Tabla 3 Tipos de retención hidráulica en materia prima. Fuente: (Omar,2002)

<b><i>Materia prima.</i></b>	<b><i>T.r.h.</i></b>
<b><i>Estiércol vacuno líquido.</i></b>	<i>20 - 30 días.</i>
<b><i>Estiércol porcino líquido.</i></b>	<i>15 - 25 días.</i>
<b><i>Estiércol aviar líquido.</i></b>	<i>20 - 40 días.</i>

Por esta razón en los últimos años se han buscado diseños de cámaras de digestión que procuran lograr grandes superficies internas sobre las cuales se depositan como una película las bacterias u otros sistemas que logran retener a las metanogénicas pudiéndose lograr de este modo T.R. menores.

### **1.13 Valor de acidez (ph)**

Una vez estabilizado el proceso fermentativo el pH se mantiene en valores que oscilan entre 7 y 8,5. Debido a los efectos buffer que producen los compuestos bicarbonato dióxido de carbono (CO<sub>2</sub> -HCO<sub>3</sub>) y Amonio -Amoníaco (NH<sub>4</sub> -NH<sub>3</sub>)

el proceso en sí mismo tiene capacidad de regular diferencias en el pH del material de entrada.

Las desviaciones de los valores normales son indicativos de un fuerte deterioro del equilibrio entre las bacterias de la fase ácida y la metanogénica provocado por severas fluctuaciones en alguno de los parámetros que gobiernan el proceso.

### **1.14 Contenido de los sólidos**

La movilidad de las bacterias metanogénicas dentro del sustrato se ve crecientemente limitada a medida que se aumenta el contenido de sólidos y por lo tanto puede verse afectada la eficiencia y producción de gas. Por otro lado, podemos encontrar en la literatura datos de producciones de gas importantes logradas en rellenos sanitarios con un alto contenido de sólidos.

En este punto tampoco existen reglas fijas; mediciones realizadas utilizando mezclas de estiércoles de distintos tipos de animales en agua han determinado que para digestores continuos el porcentaje de sólidos óptimo oscila entre el 8% y el 12%.

Se debe considerar que los objetivos buscados con la agitación es remoción de los metabolitos producidos por las bacterias metanógenas, mezclado del sustrato fresco con la población bacteriana, evitar la formación de costra que se forma dentro del digestor, uniformar la densidad bacteriana y evitar la formación de espacios muertos sin actividad biológica.

En la selección del sistema, frecuencia e intensidad de la agitación se deberán realizar algunas consideraciones, el proceso fermentativo involucra un equilibrio simbiótico entre varios tipos de bacterias. La ruptura de ese equilibrio en el cuál el metabolito de un grupo específico servirá de alimento para el siguiente grupo implicará una merma en la actividad biológica y por ende una reducción en la producción de gas.

Como conclusión en la elección de un determinado sistema se tendrá siempre presente tanto los objetivos buscados como el perjuicio que puede causar una agitación excesiva debiéndose buscar un punto medio óptimo.

Existen varios mecanismos de agitación utilizados, desde los más simples que consisten en un batido manual o el provocado por la entrada y salida de los líquidos, hasta sofisticados equipos que involucran agitadores a hélice, recirculados de sustrato e inyectores de gas.

Los inhibidores son la presencia de metales pesados, antibióticos y detergentes en determinadas concentraciones pueden inhibir e incluso interrumpir el proceso fermentativo. Cuando es demasiada alta la concentración de ácidos volátiles (más de 2.000 ppm para la fermentación mesolítica y de 3.600 ppm para la termofílica, se inhibirá la digestión). También una elevada concentración de Nitrógeno y Amoníaco destruyen las bacterias metanogénicas.

Se suelen dar valores de concentraciones de ciertos inhibidores comunes. Valores que se deben tomar como orientativos, puesto que las bacterias intervinientes pueden con el tiempo adaptarse a condiciones que en un principio las afectaba marcadamente.

## 1.16 Producción del biogás

El biogás es una mezcla conformada principalmente por CH<sub>4</sub> (50%-70%) y CO<sub>2</sub> (25%-40%), que se genera por el proceso biológico de biodigestión anaerobia, que consta de una serie de reacciones bioquímicas en la que residuos orgánicos son degradados o consumidos por un conjunto de microorganismos. La acción de los microorganismos produce calor, mismo que se usa para mantener el proceso en su temperatura ideal (35 C). En el proceso también se generan efluentes líquidos y sólidos que pueden ser utilizados como fertilizante orgánico como se muestra en la siguiente Tabla 4.

Tabla 4 Gases existente en el biogás. Fuente (REMBIO, 2006)

COMPONENTE	CONCENTRACIÓN
<b>Metano (CH<sub>4</sub>)</b>	50-75% (vol.)
<b>Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)</b>	25-45% (vol.)
<b>Vapor de agua (H<sub>2</sub>O)</b>	2-7% (vol.)
<b>Ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>S)</b>	20-20 000 ppm
<b>Nitrógeno (N<sub>2</sub>)</b>	<2% (vol.)
<b>Oxígeno (O<sub>2</sub>)</b>	<2% (vol.)
<b>Hidrogeno (H<sub>2</sub>)</b>	<1% (vol.)

El correcto manejo de los residuos orgánicos se logra a través de diferentes tratamientos que implican un reciclaje de materias orgánicas, transformándolas. El reciclaje de materia orgánica ha recibido un fuerte impulso con el alto costo de los fertilizantes químicos, con la búsqueda de alternativas no tradicionales de energía, así como también, la necesidad de vías de descontaminación y eliminación de residuos.

En primer lugar, se hará un estudio ontológico, psicológico y social, donde el tema será pensar en el impacto social de usar desechos como

energía, indagar por medio de entrevistas a un grupo de personas lo que representan los desechos orgánicos, esto para saber la manera en que será introducido el proyecto al mercado, y al mismo tiempo sea aceptado.

Después se debe hacer un análisis físico por medio de experimentación y determinar cuanta cantidad de desecho orgánico se necesita para generar 1 PSI (lb/in<sup>2</sup>) y cuanta cantidad de PSI se necesitan para darse una ducha de 5 minutos (por ejemplo), se determinará el proceso que se requiere para generar biogás y la manera en que se depositará y su ciclo de vida. De igual forma pensar que hacer con los desechos finales, se generaran posibles soluciones en cuanto a diseño de forma para el biodigestor y sus materiales, ahí mismo se determinaran forma de uso, practicidad, interfaz y dimensiones.

### **1.17 Características para la producción**

Para la extracción de biogás de los vertederos nos presenta muchos problemas específicos ya que cada vertedero tiene características propias, tanto por su ubicación como por la composición de los residuos sólidos de sus basuras. Para su extracción de biogás se necesita perforar el suelo produciendo una serie de pozos que conduzcan el biogás desde el vertedero a la planta de tratamiento a través de un sistema de líneas de polietileno, cada una de las líneas dispondrá de un suministro de regulación de caudal automatizado para el biogás controlando la composición del biogás.

También es necesario los contenedores en los cuales se descompondrá la materia para su extracción del recurso solicitado, esto nos lleva a un control en el cual necesitaremos un sistema automatizado donde una computadora controlará los fluidos y los gases contenidos dentro de los biodigestores, a su vez para el control regular de biogás.

## **CAPITULO 2 ELEMENTOS CARACTERÍSTICOS PARA LA PRODUCCIÓN DEL BIOGÁS**

La extracción de biogás presenta muchos problemas específicos ya que cada subestación tiene unas características propias, tanto por su ubicación como por la composición de los residuos sólidos de sus basuras. Para la a extracción del biogás se perforan una serie de pozos que conduzcan el biogás desde la subestación a la planta de tratamiento a través de un sistema de líneas de tubería compuesta de polietileno. Cada línea tubería dispondrá de un sistema de regulación del caudal automatizado de biogás en función de la composición y del consumo del mismo necesario para el funcionamiento de la planta generadora de gas. En cada línea se controla el caudal y la composición del biogás:

Instalación del sistema extracción se compone de una serie de pasos, una vez realizada la perforación del pozo.

- Construcción interior del pozo donde se colocará el biodigestor la cual mantendrá la materia la materia a una temperatura de ambiente hibernador para la descomposición de la materia.
- Instalación de la tubería de captación: El material empleado para esta tubería suele ser de polietileno, se perforada como mínimo un 8% de su superficie una parte ciega en lo más alto, introducida en el biodigestor.
- Relleno del espacio existente entre la tubería y la pared del pozo con material granular detrítico de 30-40 mm. En ningún caso el material

de relleno debe ser de naturaleza calcárea ya que se disolvería por el conjunto biogás-condensados-lixiviados.

- Material de separación entre la capa de relleno detrítica y la arcillosa (junta de plástico, caucho, etc.) para impedir la entrada de oxígeno a los conductos de transporte del biogás.
- Unión flexible entre el biodigestor y la tubería de transporte de biogás que admita los movimientos del propio vertedero con el paso del tiempo. Control extracción la extracción del biogás debe seguir un control para lo cual será necesario disponer de un equipo analizador para metano y oxígeno, de modo que se obtenga un biogás lo más homogéneo posible en cuanto a su composición, previniendo la aparición de mezclas explosivas debido a la presencia de oxígeno en ciertas concentraciones.
- Control de materia en la cual se pretende mantener un nivel adecuado de metano y oxígeno para ello es necesario implementar un modelo automatizado por computadora donde mano a mano el caudal y la computadora mantendrán los contenedores con niveles óptimos de uso residencial.
- Contenedor de metano general el cual se pretende que se almacene en el gas metano para poder distribuir a las residencias de una unidad habitacional, en cada residencia contarán con un contenedor el cual es un tanque estacionario el cual este deberá estar conectado al contenedor general en el cual será el distribuidor de gas metano de manera regular y automatizada.

## **2.1 Control extracción**

La extracción del biogás debe seguir un control para lo cual será necesario disponer de un equipo analizador para metano y oxígeno, de modo que se obtenga un biogás lo más homogéneo posible en cuanto a su composición, previniendo la aparición de mezclas explosivas debido a la presencia de oxígeno en ciertas concentraciones.

## **2.2 Diseño de los biodigestores**

Los biodigestores se pueden diseñar para la alimentación de lotes o continua: Con los biodigestores en lotes, se pone una carga completa de materias orgánica en el biodigestor a sellar y se deja fermentar en tanto se produzca el gas necesario para su uso, cuando la producción de gas se haya terminado, se vacía el biodigestor y se vuelve a llenar con un nuevo lote de materias orgánica.

Por otra parte los biodigestores en lotes requieren poca atención diaria, sin embargo los biodigestores en lotes tienen desventajas debido a que se requiere gran cantidad de energía para vaciarlos y cargarlos; por otra parte la producción de gas y sedimentos tiende a ser esporádica. Se puede solventar este problema construyendo varios digestores en lotes conectándolos al mismo depósito de almacenamiento de gas.

De este modo los biodigestores individuales se pueden rellenar en secuencia escalonada para asegurar un suministro relativamente constante de gas. La mayoría de los biodigestores antiguos eran del tipo en lotes. En el caso de los biodigestores de carga continua se agrega al biodigestor una pequeña cantidad de materias primas cada día, poco más o menos. De este modo, el

índice de producción, tanto de gas como sedimentos, es más o menos continuo y digno de confianza. Los digestores de carga continua son especialmente eficientes cuando las materias primas consisten en un suministro regular de desechos fácilmente digeribles, procedentes de fuentes, tales como estiércol de animales, plantas marinas, vegetación, o algas de estanques de producción.

### **2.3 Equipos de limpieza y filtrado del biogás**

Los equipos de limpieza y filtrado se aplican en la enseñanza primaria y secundaria de fermentación con el objetivo de producir Biogás a través de digestiones anaerobia de los lodos. Gracias a sus propiedades, los equipos de limpieza realizan:

- Una continua y controlada la mezcla de los lodos la uniformidad del proceso de la digestión en el interior de la digestores.
- La uniformidad de la temperatura (T) de los lodos a ser tratados.
- La eliminación de la estratificación térmica.
- La ausencia de cualquier depósito en el interior de los digestores
- La optimización de las condiciones del proceso, tales como el contacto íntimo, de digestión rápida, no la corteza superficial.

Estas ejecuciones mejorar una mejora del proceso de la digestión que dispone lo siguiente:

- Un aumento de los lodos tratados de flujo.
- Una disminución del tiempo de residencia (R.T.).
- Una mayor flexibilidad de trabajo.

Un aumento de Biogás de producción dado que los lodos no la separación de agua, no se requiere mantenimiento, garantiza una alta utilización de elevadas prestaciones y del digestor en la que se aplica. motores de combustión interna.

## 2.4 Tubería de conducción de biogás

El sistema de conducción consiste en la construcción de una red de tuberías de polietileno para transportar el biogás desde los pozos de captación hasta la planta de extracción. El sistema de tuberías de conducción incluye lo siguiente:

- Tubería de diámetro de 4, 6, 8, 10, 12, 14, y 18 pulgadas, los cuales conectan las subestaciones Figura (8).
- Subcabezales que conectan a grupos de biodigestores.
- Cabezales que transportan el biogás desde los subcabezales hasta la planta de extracción.



Figura 8 Tubería de Cobre. Fuente: (Metálica, s.f)

Los arreglos de la red de tuberías deberán facilitar el drenado de los líquidos para el manejo de condensados. Las líneas de cabezales y las líneas laterales constituyen el sistema de conducción de biogás, el cual es transportado posteriormente hasta los sistemas de tratamiento.

## **CAPITULO 3 AUTOMATIZACIÓN DE SUMINISTRO**

Para este bloque es necesario redactar las necesidades con las que contamos para poder automatizar la subestación en este caso la automatización será al contenido de materia sólida y líquida dentro de los biodigestores para eso necesitaremos de un control manual y un control automatizado para seguridad de la planta.

Una vez instalado la subestación debemos conocer el tipo de control que utilizaremos para mantener un control adecuado de los desechos sólidos y líquidos para ello se deberá implementar un sistema de control de caudal por el cual necesitaremos:

- Computadora de pulverización.
- Computadora de control de presión.
- Sistema de monitorización de la presión líquida y gaseosa.

### **3.1 Seguridad manual**

En este caso el control manual es para mantener una segunda seguridad alterna para drenar el flujo de residuos si es necesario para ello necesitaremos una serie llaves de paso industriales en tuberías de seguridad alterna para el flujo de residuos sólidos y líquidos.

### **3.2 Seguridad por computadora**

En este caso se contará con un módulo de control donde en una base de datos conectada a un servidor local se contará con los niveles bajos, óptimos y

críticos de materia dentro de los biodigestores para ello la computadora tendrá un control automatizado a las llaves de paso de residuos primarios con esto se mantendrá los biodigestores al día para no contar con residuos ya inservibles para producir energía.

### **3.2.1 Software en la automatización**

Es el control de procesos computarizado es el uso de programas digitales en computadoras para controlar el proceso de una industria, hace el uso de diferentes tecnologías como el PLC está guardado en el proceso de una computadora. Hoy en día el proceso computarizado es muy avanzado ya que los procedimientos de datos y otras funciones se pueden controlar más.

En cuanto al proceso de los datos que se introducen a la computadora y los que salen de ella se implementa en sistema de monitoreo y control que es lo que para principalmente se usa el software en la automatización. Para monitorear un proceso información de manufactura tiene que ser introducido para que la interfaz de la computadora sepa que monitorear en este caso todos los índices de producción dentro de los contenedores de los biodigestores para esto es esencial la base de datos ya cargada en el software donde se contara con los índices indicados que la computadora deberá tener en una monitorización continua para mantener regulada la producción de energía para la residencia donde se implementara el suministro de biogás.

### **3.3 La automatización**

En este proceso se requiere un modelo específico el cual nos ayudara a entender el proceso que requiere nuestra planta de biogás, para ello nos

guiaremos del modelo lineal secuencial de la ingeniería del software para tener un control detallado de como funcionara nuestro sistema de automatización.

Para ello iniciaremos con cada una de las etapas requeridas para este sistema computacional:

Etapa 1(Ingeniería del sistema): Se necesita conocer los requisitos que ocupara el sistema para poder automatizarlo y a su vez como optimizar sus procesos. El sistema requiere un software el cual ayude a tener un control de niveles de líquidos, sólidos y gas automatizando el drenado de los dichos fácil de usar para el usuario y dinámico.

Para esto se explica en los siguiente diagrama de flujo (Figura 9) la función que debe cumplir el software mediante el control de niveles de materia en los biodigestores:

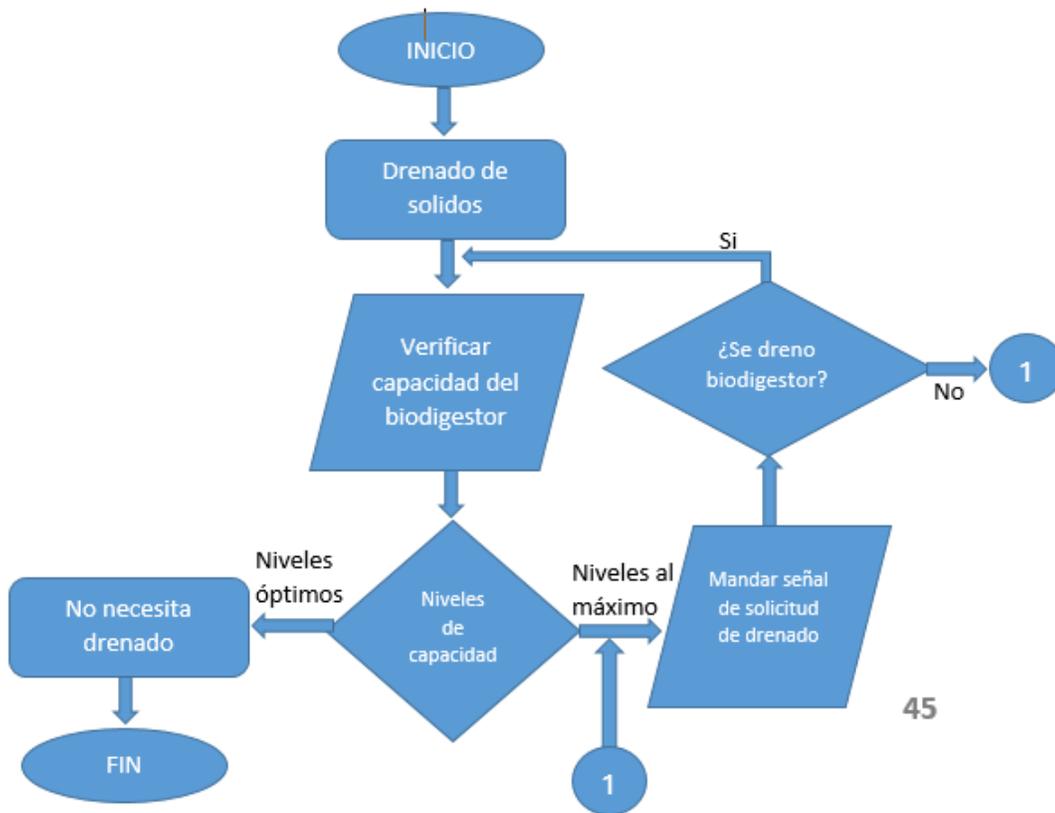


Figura 9 Diagrama de Flujo Drenado de Solidos. Fuente Propia

Fase 2 (Análisis): El software que se necesita para desarrollar la automatización debe contar con una interfaz fácil de usar para el usuario que la maneja a su vez dinámica ya que es necesario que se conozca los niveles con los que cuenta cada uno de los biodigestores para poder administrar de una manera correcta cada uno de los recursos que se obtendrán en el dicho.

El software debe contar con manuales de uso para los usuarios, control independiente de cada uno de los tipos de contenedores que se manejan y medidas de emergencia en el momento que sean necesarias el uso de estas herramientas para la seguridad del cliente.

Fase 3 (Diseño): En la interfaz de nuestro software debe contar con un menú de herramientas para el control del recurso, debe contar con graficas muy precisas que le den una idea al usuario de la cantidad de materia que se contiene dentro del biodigestor para esto debe ser fácil y manejable para hacer más óptimo el trabajo de usuario encargado de llevar el control de los recursos para el biodigestor.

Fase 4 (Codificación): Mediante el lenguaje de programación en java se busca realizar un software que cumpla con los requerimientos solicitados para mantener automatizados los recursos de los biodigestores, con ello se mantendrá una base de datos en MySql actualizada para el registro de los datos importantes obtenidos en las etapas de producción de los biodigestores.

Fase 5 (Prueba): Una vez realizada la interfaz se aran pruebas del funcionamiento del software con la interacción con los equipos mecánicos de los biodigestores obteniendo resultados en tiempo real de los recursos obtenidos dentro del contenedor.

Fase 6 (Utilización): El software debe ser dinámico para el usuario ya que día a día en la generación de biogás se deben tener datos actualizados de los requisitos que se necesitan para la producción de fertilizantes y gas, con ello la

base de datos nos arrojará datos estadísticos de consumo semanal, mensual y anual de la utilización del biodigestor.

Fase 7 (Mantenimiento): Una vez transcurriendo 2 meses de la utilización del software se buscarán errores para repararlos a su vez se implementarán mejoras en la interfaz y actualizaciones de seguridad de los biodigestores.

### **3.3.1 Neumática**

Este proceso de automatización se destaca por máquinas que utilizan el aire comprimido para trabajar, hay que tomar en cuenta dos las máquinas que producen el aire comprimido y aquellas que lo utilizan, aquellas que lo producen se llaman compresores.

Anteriormente se usaban pistones para comprimir el aire, ahora los compresores modernos utilizan dos tornillos giratorios para comprimirlo en un solo paso. Obviamente estas máquinas utilizan el aire como su materia prima, aunque este puede ser tratado para una mayor pureza y mejor trabajo.

Principalmente la neumática se utiliza para accionar herramientas rotativas como desarmadores y taladros neumáticos, equipos de percusión como rompedoras, así como también en equipos de pintura. La presión comúnmente utilizada para trabajar es de 7 Atmósferas.

### **3.3.2 Hidráulica**

Son aquellas máquinas que usan fluidos para trabajar, usando mayormente áreas para moderar las potencias en este proceso de neumática se utilizan distintos tipos de fluidos para obtener una alta relación de potencia y aceleración en pocas áreas.

Estás maquinas utilizan la incompresibilidad de los líquidos para generar grandes cantidades de potencia en muy poco tiempo. Por este mismo hecho se usan máquinas neumáticas donde se requiere mucha potencia.

Usando principios hidráulicos, se aplica una determinada fuerza sobre una determinada área, para producir un efecto de mayor potencia en la plataforma que se encuentra del lado opuesto.

Estás máquinas pueden utilizar distintos tipos de aceites para trabajar, entre ellos destacan tres tipos, mezclas de aceites minerales, mezclas de agua-aceites y aceites sintéticos, además, estos tienen una doble función, aparte de generar potencia, también funcionan como lubricantes. Algunas de las máquinas que utilizan principalmente la hidráulica son las grúas, equipos de perforación, taladros y equipos de minería.

### **3.3.3 Mecánica**

Es el uso de máquinas automáticas para sustituir principalmente las acciones humanas este tipo de automatización se utiliza principalmente para sustituir las acciones humanas, estas máquinas transforman la energía eléctrica en energía mecánica para desarrollar algún trabajo para el cual fueron diseñadas, este tipo de máquinas se usan generalmente para trabajos que son repetitivos como los de corte, moldeo y troquelado entre otros, y también en aquellos tipos de trabajos que ponen riesgo la vida del trabajador.

### **3.3.4 Electrónica**

La electrónica es el campo de la ingeniería y de la física aplicada relativo al diseño y aplicación de dispositivos, por lo general circuitos electrónicos, cuyo

funcionamiento depende del flujo de electrones para la generación, transmisión, recepción, almacenamiento de información, entre otros. Esta información puede consistir en voz o música como en un receptor de radio, en una imagen en una pantalla de televisión, o en números u otros datos en un ordenador o computadora.

Los circuitos electrónicos ofrecen diferentes funciones para procesar esta información, incluyendo la amplificación de señales débiles hasta un nivel que se pueda utilizar; el generar ondas de radio; la extracción de información, como por ejemplo la recuperación de la señal de sonido de una onda de radio (demodulación); el control, como en el caso de introducir una señal de sonido a ondas de radio (modulación), y operaciones lógicas, como los procesos electrónicos que tienen lugar en las computadoras.

La electrónica es una de las herramientas básicas en la automatización, ya que se pueden combinar una gran gama de estos componentes.

## **CAPITULO 4 FASE DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS**

### **4.1 Alternativas de interés económico**

Debido al secado de residuos empleando como combustible otra fuente alterna de energía (gas natural). La inclusión en el régimen especial de producción eléctrica del secado de residuos con gas natural ha alejado a los posibles inversores del uso de la tecnología de digestión anaerobia para el tratamiento de este tipo, por razones puramente económica, de rentabilidad y de los proyectos.

#### **4.1.1 Complicación tecnológica**

Con relación a la actividad tradicional del productor del residuo. En el ámbito de los residuos ganaderos cabe señalar que el desarrollo de tecnologías de digestión anaerobia dista mucho de ser algo habitual en el medio rural, siendo percibido por partes de los ganaderos como algo ajenos a su actividad. Difundir las posibilidades de esta tecnología en las zonas productoras del residuo resultará ser algo fundamental de cara al futuro de estas aplicaciones. Por otro lado, algo similar ocurre con el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos, industriales biodegradables o lodos de depuración de aguas residuales urbanas para la producción de Biogás con fines Energéticos, pues en ambos casos la aplicación Energética suele ser algo ajeno a la actividad tradicional del productor del residuo.

### **4.1.2 Cumplimiento de lo dispuesto acerca de la eventualidad de depositar materia orgánica en los rellenos sanitarios**

Los rellenos sanitarios pretenden conseguir entre otros objetivos que la cantidad de materia orgánica que se deposite en los mismos sea cada vez menor. Estos tienen una repercusión innegable sobre las posibilidades futuras del desarrollo de aplicación de aprovechamiento de Biogás procedente de las desgasificadoras de rellenos sanitarios, pues se produce precisamente por la fermentación de la materia orgánica.

## **4.2 Fase de aplicación de biogás**

Es importante tomar en cuenta que las plantas de biogás dependen a largo plazo de su mantenimiento de las condiciones atmosféricas de la localidad en donde será implementado para este caso se buscó un lugar donde cada uno de los recursos sean aprovechados por los usuarios: viviendas y agricultores. El biogás requiere una administración mixta tanto sector privado y de gobierno para obtener beneficios de la planta tanto para el mantenimiento y su renovación tecnológica de los biodigestores.

### **4.2.1 Elevadas inversiones**

El interés fundamental de desarrollar proyectos de uso energético de biogás como parte de una motivación ambiental y no energética. Ello es así por la propia naturaleza de los proyectos ligados al tratamiento de un residuo, pero también por las altas inversiones por unidad de potencia instalada. Estas

provocan además que los proyectos sean variables solo a partir de determinada escala de tratamiento de residuos.

#### **4.2.2 Falta de información**

Debido a la gran controversia que se tiene sobre la idea que el Biogás se produce con alimentos o biocombustibles, en el caso de la legislación mexicana se promueve a través de la ley para la promoción y desarrollo de biocombustibles de segunda generación que consiste en el uso de excedentes que no sean alimentos tales como residuos que no sean alimentos tales como residuos forestales, productos forestales, residuos sólidos orgánicos, bagazo de caña, etc.

#### **4.2.3 Tecnología idónea**

En el caso de México es muy dado a la compra de tecnologías, cuando se adquiere está viene con las características de fabricante y del país donde se desarrolla, aunque suelen no ser las más adecuadas, también cabe recalcar que hay instituciones mexicanas con tal buen nivel ingenieril que son capaces de generar tecnologías que beneficien al país con costos más bajos y materiales de alta resistencia a las condiciones de uso.

### **4.3 Propuesta de construcción del biodigestor**

Se propone la instalación del biogás en la localidad del municipio de Chalco en el Estado de México ubicado en la unidad habitacional de Portal Villas Chalco donde en la zona de instalación se aprovecharía cada uno de los recursos

obtenidos ya que detrás de la unidad habitacional se encuentran tierras de cultivo. La finalidad de esto es que cada uno de los recursos sean aprovechados, los fertilizantes para los cultivos la energía eléctrica como energía alterna y el gas metano para las viviendas. Se propone colocar los biodigestores instalados bajo tierra para mantener un efecto invernadero construido en acero inoxidable con sus variantes como lo es tubería y compostas en la superficie se debe colocar un invernadero para mantener una temperatura adecuada para los biodigestores.

### 4.3.1 Construcción del biodigestor

El Biodigestor construido es de tipo “flujo discontinuo” como se muestra la (Figura 10). 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.



Figura 10 Biodigestor discontinuo. Fuente propia

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 (1m<sup>3</sup>) de materia orgánica produce alrededor de medio metro cúbico (0.5m<sup>3</sup>) de biogás y no hay forma de generar más gas del que ya se generó.

#### **4.4.1 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.

#### **4.5.1 Materiales a utilizar en la construcción del biodigestor**

A continuación se mostrara algunos de los materiales necesitados para la elaboración de un sistema de distribución de biogás tomando en cuenta que se utilizara para distribución para un lote de una unidad habitacional:

- Tanques de presión galvanizados (nacionales)
- Presión max 50 psi
- Dimensiones: 13" – altura 16"
- Salidas modificadas
- Entradas y salidas de sólidos:  $\varnothing$  2"
- Salidas para senales: 1/2"
- Salida de gas: 1/8"

#### **VALVULAS:**

- Válvulas roscables de bola pvc, 2", presión max. 150 psi, x 4
- Válvulas roscables de bola acero inox., 1/2, presión maxima 150 psi, x 2
- Válvulas roscables de bola acero, 1/4, presión max. 150psi, x 2

#### **TUBERIA**

- Tubería de acero, sch-20, 2"
- Tubería de cobre, 1/8"

## ACOPLES

- Niplos, sch-20, 1/4", x 2
- Uniones, sch-20, 1/2", x 6
- Tee, sch-20, 1/2", x 2
- Codos reductores de cobre de 1/4 – 1/8, x 2
- Tapones embras sch-20, 1", x 2
- Nudos roscables pvc, 2", x 4

## MEDIDORES

- Manómetro 0 – 160 psi, 1/4, conexión inferior
- Manómetro in
- Manómetro
- Termómetro
- Termómetro

## VARIOS

- Tubo cuadrado, 1" x 1
- Chumacera, 1/2"
- Manguera para gas
- Platina de 1/2", x 1
- Soldadura aga 6011, x 2kg
- Varilla lisa 1/4", x 1
- Baldes de pvc (para transportes de materia prima), x 4
- Balanza 0-12 kg
- Viruta de acero, x 1

#### **4.6.1 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.

## CAPITULO 5 FUNCIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR

La planta de biogás depende de la cantidad y del tipo de residuos disponibles en el medio residencial, de las condiciones de clima, necesidades de biogás que se requiere, ubicación, materiales y técnicas de construcción de que se disponga en cada sitio. Con el objeto de minimizar los costos de la planta, ésta deberá ser adecuada a cada necesidad, construida hasta donde sea posible con materiales y mano de obra locales.

Antes de proceder al diseño de una planta de biogás para el medio rural, es necesario estimar el potencial de producción de biogás, para definir su factibilidad considerando la forma de manejo del ganado y por lo tanto cual es la cantidad mínima de residuos que permita producir el biogás requerido para cubrir las necesidades planteadas. Necesidades de biogás para una familia compuesta por 5 personas como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5 Consumo por vivienda. Fuente propia

USO	CALCULO	TOTAL DE CALCULO
<b>Cocinar (5 Horas)</b>	0.30*5	1.50 m <sup>3</sup> /Día
<b>Lámparas (3 Horas)</b>	0.15*3*3	1.32 m <sup>3</sup> /Día
<b>1 Refrigerador Medio</b>	2.20*1	2.20 m <sup>3</sup> /Día
	Total	5.05 m <sup>3</sup> /Día

Para cubrir estas necesidades se requiere disponer de un determinado número de animales.

Cálculos de cargas en función de materias primas:

- Si se tienen bovinos: 13 animales, o sea, 127 kg estiércol/día.
- Si se tienen porcinos: 39 animales, o sea, 85 kg estiércol/día.
- Si se tienen aves: 365 animales, o sea, 65 kg estiércol/día.

Otra posibilidad es establecer una combinación de estiércol, como por ejemplo se muestra en la tabla 6.

Tabla 6 Mezcla de estiércol. Fuente propia

Cantidad de Animales	Kg de Estiércol/Día	Producción de Biogás m3/Día
2 Bovinos	20	0.80
20 Porcinos	45	2.40
250 Aves	45	2.50
<b>Total</b>	<b>110 kg/Día</b>	<b>5.70 m3/Día</b>

Si resulta favorable la comparación entre las necesidades de biogás y el potencial de generación, se puede proceder al cálculo de la planta. Se debe tener en cuenta que estos materiales se incorporan al biodigestor diluidos en agua. La cantidad de agua a agregar dependerá de la cantidad de sólidos totales de las excretas frescas y del tipo de carga, es decir, si se opera con cargas diarias (semi continuas) o con sistemas estacionarios (discontinuos o batch). Cuando se utilizan biodigestores rurales pequeños de carga semi continua, en forma práctica se recomiendan las siguientes mezclas mostradas en la tabla 7:

Tabla 7 Mezcla recomendada de estiércol. Fuente propia

Animal	Estiércol: Agua
<b>Bovino</b>	1:1
<b>Porcino</b>	1:3
<b>Aves</b>	1:3

El tamaño del digestor está en función de las cargas diarias y del periodo óptimo de fermentación. Este último parámetro dependerá de la temperatura media de cada región, así como de las variaciones de temperaturas diarias y estacionales.

## 5.1 Capacidad de la planta de biogás

Suponiendo que se tiene un potencial de biogás de 5.70 m<sup>3</sup> /día, generado por la combinación de estiércoles que dan un total de 120 kg/día, se debe calcular el volumen de la mezcla de agua y estiércol. Para el ejemplo propuesto, se tiene lo siguiente en la tabla 8 :

Tabla 8 Capacidad de mezcla. Fuente propia

Animal	Kg Estiércol + Litro de agua	Mezcla litros/Día
<b>Bovinos</b>	20+20	40
<b>Porcinos</b>	45+135	180
<b>Aves</b>	45+135	180
	Total de mezcla	400 l/Día

Considerando un tiempo de residencia de 35 días y que el volumen diario de la mezcla es de 400 litros, se tiene:

Volumen diario \* Tiempo de residencia = Volumen digestor

400 l/día \* 35 días = 14000 litros

Volumen digestor = 14 m<sup>3</sup>

Localización y diseño del digestor. Una decisión importante es la elección del lugar donde se construya una planta de biogás. Para determinar estos sitios se deben tomar en cuenta ciertos factores: Materia prima accesible y agua requerida suficiente para efectuar la carga diaria en el caso de digestores semi continuo.

- Cercanía del lugar de uso del biogás.
- Facilidad para el empleo del abono o su almacenamiento en caso de ser necesario.
- Topografía del sitio, así como las características del suelo y los niveles de las aguas subterráneas. Como se mencionó anteriormente existen varios diseños de digestores. Un factor decisivo en la elección del diseño, además de los mencionados en la elección del lugar, es la temperatura promedio mensual atmosférica y el tipo de invierno. La velocidad de biodegradación de los residuos así como la producción de biogás, dependen en gran medida de las características de la materia prima, del tiempo de retención, del porcentaje de sólidos totales y de la temperatura a la cual se lleva a cabo el proceso. En el caso específico del medio rural, la disponibilidad de residuos agropecuarios y el rango promedio de temperatura atmosférica dentro de los límites aceptables para la actividad de las metano-bacterias, serán factores determinantes para definir áreas con posibilidades de implementar la tecnología del biogás.

## 5.2 Etapa de arranque

En el caso de un proceso de carga continua, realizada en un solo depósito de digestión, correspondería a una fermentación de una sola etapa. La producción del biogás, comienza después de cierto periodo (Tiempo de Retención Hidráulica) a partir de una carga inicial, en función del tipo de las materias primas y de la temperatura interna de funcionamiento del biodigestor. Las diferentes etapas para una correcta operación del biodigestor se pueden agrupar en:

- a) Retiro del agua utilizada para la prueba de filtraciones Una vez finalizada la prueba con agua para comprobar que existen filtraciones en el biodigestor, se debe retirar parte del agua (Fig. 8.1), dejando sólo 1/3 de la altura del digestor. Esta agua que se deja, tiene por finalidad contribuir a diluir las materias orgánicas seleccionadas, con que se cargará el digestor en la fase de carga inicial
- b) Preparación de la Carga Inicial o primera carga. Este proceso se caracteriza por el llenado completo del digestor, a través de la parte superior del digestor que es removible, es decir, sin el depósito de almacenamiento de biogás. En tambores limpios de cualquier producto químico o combustible, se prepara una mezcla, en partes iguales de residuos animales y/o humanos con residuos vegetales, como pajas, tallos, previamente trozados. Es necesario incorporar esta carga de materias orgánicas diluida con agua. La proporción final de sólidos totales debe estar cercana al 10% (Figura 11)
- c) Término de la primera carga. Antes de colocar la campana de gas, se debe remover la costra (material fluctuante) que suele formarse en la superficie (Figura 12).

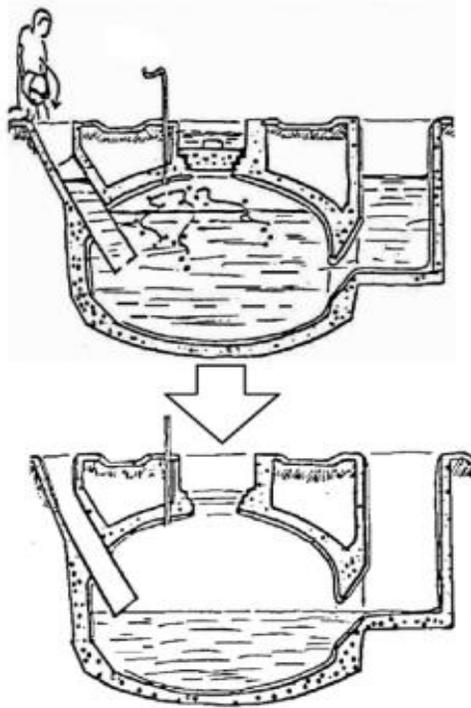


Figura 11 Preparación de carga. Fuente propia



Figura 12 Termino de carga. Fuente propia

Dejar abierta conexión a salida de gas, durante 5 a 7 días, con el objeto de eliminar todo el oxígeno que pueda existir como producto de las primeras fases del proceso de descomposición de las materias orgánicas. Posteriormente cerrar y dejar que se eleve la presión interna y soltar el gas. Repetir esta operación hasta completar 10 – 15 días, con lo cual se elimina todo el oxígeno remanente, junto con el anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) que se genera en las

primeras fases del proceso de fermentación (Figura 13 y 14), previas a la etapa de formación de metano ( $\text{CH}_4$ ).

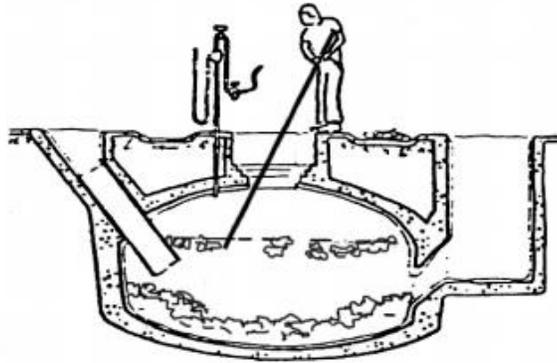


Figura 13 Fermentación. Fuente propia



Figura 14 Drenado. Fuente propia

Pruebas Inicio producción de biogás. Transcurridos 15 días de la carga inicial o de arranque, se debe comenzar a verificar el inicio de producción de biogás ( $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$  en proporción similar), mediante la verificación de “quema de biogás”. Se acopla una manguera a la salida de gas y utilizando un quemador o mechero, se prueba si el gas se enciende. Si el gas quema con una llama azulada y de buena consistencia, se puede iniciar el uso normal del biogás (Figura 15).

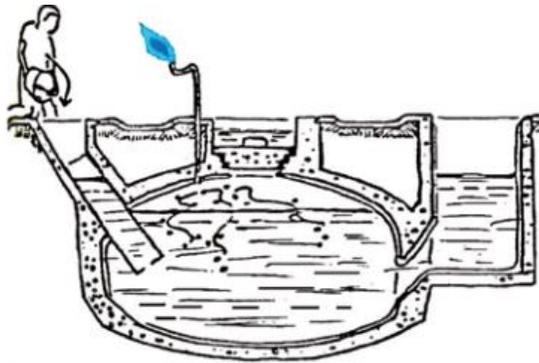


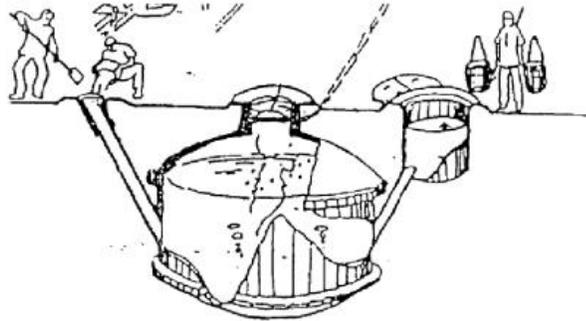
Figura 15 Quema del gas. Fuente propia

En caso contrario, si no enciende o quema mal, se debe eliminar todo el gas y repetir la prueba cada vez que se alcance una presión interna adecuada. Si después de 30 días (o 45 días, de acuerdo a la temperatura interna del digestor) de completada la carga de arranque, el gas que se genera, no se quema, podría existir algún problema en la fermentación. Se debe verificar que no exista una acidificación excesiva de carga (inferior a pH 6) o variaciones bruscas de la temperatura interna del digestor, materiales contaminados con productos químicos que pudieran alterar la actividad microbiana.

### **5.3 Etapa de operación Carga diaria normal**

Con el tubo de entrada tapado de la caja de carga, se prepara una mezcla de residuos (animales) con agua formando un lodo, el cual, debe contener como máximo entre 8 a 12% de sólidos totales. El volumen total de esta mezcla está en función del volumen total del digestor y del Tiempo de Retención Hidráulico. Se coloca un plástico transparente encima de la caja de carga y deja reposar esta mezcla hasta el día siguiente; donde se espera la hora de mayor temperatura atmosférica, se retira el material fluctuante, se homogeniza la mezcla y se deja entrar al digestor (Figura 16). El volumen (afluente) que entra,

conllea a que salga por el tubo de la caja de descarga igual volumen (efluente).



*Figura 16 El volumen de contenido. Fuente propia*

## **5.4 Mantenimiento**

Periódicamente se debe inspeccionar y verificar si existen filtraciones de agua o aire en los digestores de biogás, para proceder a su reparación. En los digestores de carga continua, por lo menos una vez al año, se debe vaciar completamente el digestor, retirando el lodo del fondo. Esto permite realizar lo siguiente:

1. Tratamiento de roturas: cincelar las roturas en forma de V, raspar la superficie circundante; posteriormente llenar ese agujero en forma de V con cemento (1:1), compactar y aplicar dos o tres veces un enlucido hecho de una pasta de cemento puro.
2. Cuando no se encuentran filtraciones, se debe lavar la cámara de fermentación y aplicar dos o tres capas de enlucido con una pasta pura de cemento.
3. Si el enlucido está deteriorado o está deformado, es necesario sacarlo y lavar las paredes; entonces volver a enlucir, aplicando una tras otra, distintas capas de enlucido muy fino con una cuidadosa compactación.

4. Cuando el agua freática penetra al biodigestor, es preciso aplicar una pasta salada con agua; se tapa el hoyo y se aprieta aplicando cemento con una cubierta de cenizas durante 20 minutos y entonces se remueve la cubierta. El cemento del enlucido con material salado se vuelve a aplicar, se vuelve a apretar con la envoltura y se repite este proceso tres veces.
5. Cuando se produce una combinación de filtraciones en caños (tubos de entrada y salida) y cúpula, se cincela alrededor de la filtración y se saca el caño; entonces se vuelve a colocar cemento u hormigón de gravilla, haciendo fraguar localmente para que se fije el caño.
6. Si el fondo se hunde o la pared se separa, se agrandará la resquebrajadura y se profundizará al máximo, rellenándose con una mezcla de hormigón con grava fina.
7. Se debe revisar frecuentemente las juntas de la manguera para asegurar que no se filtre ni el agua ni el aire.
8. Después del trabajo diario, se debe lavar el depósito donde se preparan las mezclas de materia primas con agua limpia.
9. Si el depósito de descarga permanece sin uso por un período largo, se debe exponer al ambiente para evitar su corrosión interna.

## **5.5 Estudio de caso**

En la explotación agropecuaria se dispone un número de 10 bovinos para la capacidad de la planta de gas se necesita lo siguiente:

100 kg de estiércol + 100 litros de agua = 200 litros mezcla/día

Volumen diario \* Tiempo de retención = Volumen digestor

200 litros \* 40 días = 8000 litros

Volumen digestor = 8 m<sup>3</sup>

## **5.6 Propuesta de la distribución y transporte de los insumos del biogás**

Los rellenos sanitarios o basureros en la Ciudad de México, diariamente generan 11,850 toneladas de sólidos municipales, de los cuales el 50 % está compuesto por residuos orgánicos y 34% de reciclables; de ahí el interés por generar energía a través de una planta de biogás por resultar muy competitiva, además de que contribuiría a disminuir el excesivo consumo de combustibles fósiles.

Cabe resaltar que son responsabilidades de las autoridades municipales que disponen de un periodo de administración muy corto de tres años, para que se pueda dar continuidad al proyecto, y los tramites necesarios, al no dar seguimiento al proyecto de un presidente a otro, ocasiona altas cantidades de desperdicios en las delegaciones y municipios y una capacidad de los transportes para recolectar la materia prima insuficiente.

La cantidad de desechos generados en la ciudad es dependiente de la capacidad del relleno sanitario del Bordo Poniente. Por esta razón se debe seleccionar el medio de transporte idóneo y del proceso y construcción de ductos los cuales tienen un costo fijo de mil novecientos ocho millones de dólares, una capacidad de 70.3 MW y un costo de procesamiento unitario de 4679 millones dólares por tonelada generada de desechos.

El costo de embarque anuales por unidad de la planta generadora de biogás a la red pública hace que el embarque minimice el capital total de 7835 millones de dólares, los costos de operación son de 2.27 millones de dólares, los costos de extracción por KW es de 0.08 dólares. El objetivo es la optimización del proceso de biogás en cuanto al costo de transporte.

1. Recolección de desechos orgánicos.

Se realiza la captación de residuos sólidos orgánicos de diversos puntos de la zona metropolitana y conurbada con un tiempo de duración de 6 horas.

2. Descarga de desechos sólidos orgánicos.

Este procedimiento se realiza cuando llegan los diversos medios de transporte recolectores al relleno sanitario de Bordo Poniente en aproximadamente 30 min.

3. Almacenes.

Los desechos sólidos orgánicos son separados en el almacén en un promedio de 30 min.

4. Preparación de los desechos sólidos orgánicos.

A través del proceso de fermentación anaeróbica en aproximadamente 30 minutos.

5. Introducción al biodigestor.

La materia sólida orgánica se deposita en los biodigestores o tanque para que ocurra la fermentación en 30 minutos.

6. De lo anterior se obtienen dos resultados.

Uno que es el que nos ocuparemos en el estudio, que son los desechos que pueden ser usados como abono o composta, y el concerniente a nuestro objetivo que es el biogás.

7. Filtrado.

El biogás se pasa a través de un filtro que limpia de impurezas y humedad; este proceso tarda aproximadamente 2 minutos.

## **CAPITULO 6 MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN EMPLEADAS**

Para llevar a cabo este proyecto es importante definir los pasos que se deberán seguir para lograr con éxito el propósito de generar un biodigestor que use materia de desecho orgánico del hogar. Primero para llegar a este conocimiento se desarrollará de dos formas inductiva y deductiva. Método Lógico Inductivo, el cual es el razonamiento que, partiendo de casos particulares, se eleva a conocimientos generales.

Este método permite la formación de hipótesis, investigación de leyes científicas, y las demostraciones. La inducción puede ser completa o incompleta en este caso completa este componente específicamente instrumental de la investigación, referido especialmente a la parte operatorio del proceso, es decir a las técnicas, procedimientos y herramientas de todo tipo que intervienen en el desarrollo de la investigación, ayudara a encontrar las variables que se necesitan para impactar a la sociedad con un biodigestor y que la misma sociedad la adapte a su forma de vida. (Rueda)

Después tenemos al método Hipotético-Deductivo. Aquí se propondrá una hipótesis como consecuencia de sus inferencias del conjunto de datos empíricos o de principios y leyes más generales, quiere decir que por medio de las experiencias que se generen al hacer experimentos de materiales, formas y sistemas que generará el elaborar un biodigestor, se ira afinando y descubriendo fallas técnicas que se resolverán. En el primer caso arriba a la hipótesis mediante procedimientos inductivos y en segundo caso mediante procedimientos deductivos. Es la primera vía de inferencias lógico deductivo.

Después para encontrar las necesidades de nuestro municipio se realizarán encuestas donde se pretende localizar si nuestro proyecto de investigación es viable frente a los cambios tecnológicos que tiene nuestro país, para ello nos debemos enfocar en donde y como se realizan suministros de energía eléctrica y GLP.

Para ello se empleara la siguiente encuesta buscando conocer las necesidades que habitualmente hay en Chalco por el uso de los recursos como electricidad y GAS para el uso domestico que cada vivienda le da.

ENCUESTA: Contesta lo que se te pide.

1. ¿Conoces los problemas ambientales que vivimos hoy en día en nuestro planeta?

Sí                      No

2. ¿Cómo participa para remediar los problemas ambientales de nuestro municipio?

---

---

3. ¿Conoce los tipos de energía de recurso natural utilizados para su vivienda?

Sí                      No

4. ¿Cuánto invierte bimestralmente en estos recursos?

\$500                      \$800                      Más de \$1000

5. ¿A escuchado sobre las subestaciones de BIOGÁS?

Sí                      No

6. ¿Le gustaría obtener un recurso autónomo, barato y de menor impacto ambiental?

Sí                      No

7. ¿Cuánto le gustaría pagar al mes por el recurso de GAS y ELECTRICIDAD bimestral por los dos?

\$300                      \$500                      Algo menor de \$1000

8. ¿Sabía que para que las subestaciones de BIOGÁS solo se necesita recaudar basura orgánica?

Sí                      No

9. ¿Qué tipos de desechos orgánicos habitualmente tira en sus contenedores de basura?

---

---

10. ¿Estaría dispuesto a separar su basura de inorgánica e orgánica para obtener este beneficio?

Si                      No

Una vez realizada las encuestas se pretende atacar esas necesidades y darles a conocer a la gente de Chalco los proyectos de biogás con el fin de dar la cultura de la separación de basura y las posibilidades de la implementación de una subestación de BIOGÁS para el uso doméstico para generar GLP y electricidad barata solo con la separación de basura orgánico y con los desechos orgánicos de puestos o locales de fruterías y verdulerías, también a su vez impulsando la búsqueda de fuentes agrícolas como recaudación de estiércol con el fin de brindar fertilizantes excelentes para los campos.

Se analizará cuanta basura es la que un local de verdura y fruta desechan diariamente con el fin de localizar sitios potenciales de recurso con ello se facilitara la recaudación de basura orgánica necesaria para los biodigestores para la generación de energía.

Esto nos lleva a un análisis FODA donde debemos localizar las debilidades, riesgos y fortalezas de la implementación de una subestación en el municipio de Chalco con el fin de conocer un análisis más a fondo de las posibilidades que tenemos para el uso de BIOGÁS como se muestra en la (Figura 17)



Figura 17Análisis Foda. Fuente propia

Al realizar el análisis localizamos los tipos de fuentes de energía que usan para sus viviendas es importante tomar en cuenta el para que se investiga el cómo lo ocupan ya que de eso depende a gran medida el tipo de subestación que se instala que cada residencia para el uso convencional de la materia.

Los tipos de suministros de energía ya sea eléctrica o gas en este caso el administrador, depende de la residencia en algunos casos son los tanques pequeños como lo muestra la (Figura 18) y en otros los estacionarios (figura 19)



Figura 18 Tanque de gas domestico. Fuente propia



Figura 19 Tanque de gas estacionario. Fuente propia

El tipo de energía utilizada es el gas, ocasionalmente es la fuente primaria de recurso en una vivienda ya que es utilizada de muchas formas tanto para calentar agua, calentar comida (Figura 20 y 21).



*Figura 20 Estufa calentando agua. Fuente propia*



*Figura 21 Estufa calentando comida. Fuente propia*



Figura 22 Calentador solar para agua. Fuente propia

Actualmente en México se esta buscando utilizar otros tipos de energía ecológica en lugar de los combustibles fósiles, una de estas es también la energía solar, en la Figura (22) se aprecia un calentador de agua solar que busca sustituir en los hogares los clásicos calentadores de GLP.

## **PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Los resultados obtenidos una vez analizados todos los factores importantes del proyecto de biogás son favorables, por una parte se encuentra el análisis de una planta de biogás dedicada específicamente a la producción de fertilizantes para cultivos a nivel agrícola, y por otro lado la producción de gas metano.

Es importante considerar que cada uno de los datos obtenidos en las encuestas realizadas a un lote residencial en el municipio de Chalco nos dice que el 72% de los habitantes les gustaría contar con un ahorro considerable en gastos habituales de recursos como GAS, AGUA Y ELECTRICIDAD. El 28% restantes de los encuestados nos dicen que si les gustaría un cambio en su gastos habituales pero de igual forma no tienen problemas para adquirir alguno de estos recursos.

Comparando los datos con una planta de biogás para cultivos, la red conductora de electricidad CFE y el GLP, el BIOGÁS residencial tiene altos índices de uso comercial para la población en total del lote residencial ya que 100% de la producción realizada dentro de los biodigestores todo es aprovechado ya que el gas tratara de ser el sustituto total del GLP. A la vez también los fertilizantes obtenidos en el proceso servirán a los cultivos localizados detrás de la unidad habitacional donde se localizará la planta del biogás, así que todo lo producido será utilizado.

## CONCLUSIONES

Al finalizar este trabajo nos podemos dar cuenta que es necesario tomar en cuenta los cambios atmosféricos en nuestro planeta para que proyectos como este de biogás sean empleados para reducir el índice de contaminación, los proyectos de biogás cuentan con un amplio estudio científico para tener un control exacto de cada uno de las partículas contenidas dentro de ellas así que es una medida alterna de un recurso natural que podemos aprender y ayudar al planeta. Es difícil tomar una decisión y tratar de cambiar los hábitos que tenemos como humanos ya que es por eso que nuestro planeta se está degradando por el mal conocimiento de contaminantes.

En lo personal este trabajo de investigación me ayudo a reforzar mis conocimientos como profesionista empleando una nueva idea y actuando en un área difícil de tomar ya que para poder estructurarlo necesite poder analizar las necesidades de la comunidad como el impacto al que deseo combatir en este caso la contaminación, la informática me ayudo a tomar forma y estructura a mi trabajo de investigación buscando ideas y fomentando nuevas formas de compartir información buena para el futuro de nuestro planeta y la administración me ayudo en la estructuración para poder fomentarlo buscando medir y expandir la información a otras ramas de estudio.

Al estructurar el documento me ayudo a tomar decisiones y encontrar las diferencias con las que cuenta cada una de las energías utilizadas habitualmente por la población en general de México, como tal el biogás busca mejorar y reducir los costos de uso y implementación de algunos de ellos es importante saber que el biogás podría ser la sustitución de recursos como el petróleo. En el podemos encontrar usos muy útiles como lo hemos visto tanto a nivel agrícola como domestico.

El buscar medios los materiales para este trabajo fue muy difícil ya que para nuestro país el tema Biogás solo se ve como idea para cultivos y no como alternativa para producción de gas, electricidad y fertilizantes los materiales solicitados para este trabajo son fundamentales encontrar los adecuados para que solo requieran un mantenimiento en un determinado tiempo de uso.

Esto toma que hay que ver más por nuestro planeta que día a día provocamos que los recursos naturales se acaben este proyecto no solo es una investigación si no una reflexión a futuro de que existen alternativas para dejar de contaminar más el medio ambiente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bindra, S. (2011). LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE. TUNZA, 4.
- Cabrera, J. J. (30 de Agosto de 2011). *Diseño de un Biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de an.* Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1593/15/UPS-GT000209.pdf>
- Considine, D. M. (2005). *Enciclopedia de Energía, Tecnología.* Mexico-Barcelona.
- Energía, A. I. (2007). *Agency International de Energy.* Obtenido de Agencia Internacional de Energía, Contribución de renovables para la seguridad energética: <http://www.iea.org/>
- Energiarenovable. (18 de Junio de 2008). *Energía Renovable.* Obtenido de ¿Qué es la Energía Térmica?: <http://www.energiayrenovable.es/%C2%BFque-es-la-energia-termica/>
- Erenovable. (8 de Mayo de 2015). *ERENOVABLE.COM.* Obtenido de ENERGÍA DE BIOMASA: <http://erenovable.com/energia-de-biomasa/>
- GALVÁN, C. R. (12 de Junio de 2016). *Excelsior.* Obtenido de <http://www.excelsior.com.mx/comunidad/2016/05/04/1090544#view-1>
- Guerra, I. L. (2010). Vida verde. *GANAR-GANAR(46)*, 26,27. Recuperado el 29 de FEBRERO de 2016
- MELECSA. (12 de Junio de 2016). *Melecsa.* Obtenido de Tipos de Energía: [http://www.melecsa.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=39&Itemid=80](http://www.melecsa.com/index.php?option=com_content&view=article&id=39&Itemid=80)

- Metalica, D. (s.f.). *Distribuidora Metalica S.A de C.V.* Obtenido de Acero inoxidable para el Futuro:  
[http://www.metalica.com.mx/pdf/DM\\_TUBERIA.pdf](http://www.metalica.com.mx/pdf/DM_TUBERIA.pdf)
- Omar, V. D. (2002). *Planta de biogas de pequeñas dimensiones*. Cuba: Sin Editorial.
- REMBIO. (2006). *Red Mexicana de Bioenergía*. Obtenido de <http://rembio.org.mx/>
- Renovable, I. I. (2014). *IRRI MÉXICO*. Obtenido de <http://www.irrimexico.org/programa-de-biogas/>
- Rueda, D. S. (s.f.). *Carolina Academia*. Recuperado el 14 de marzo de 2016
- Soler, E. Á. (Abril de 2009). *BIOGAS: OPCION REAL PARA EL FORTELECIMIENTO DE LA SEGURIDAD ENERGETICA DE M.* Obtenido de Instituto Politécnico Nacional:  
<http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/5826/BIOGAS.pdf?sequence=1>
- Vargas, A. (03 de Marzo de 2013). *Producción de biogás a partir del reciclaje de la basura orgánica*. Obtenido de <http://suite101.net/article/produccion-de-biogas-a-partir-del-reciclaje-de-la-basura-organica-a55145#.Vur0fuJ97IW>
- Yacord, G. (2015). *Facturo*. Obtenido de PRIMERA PLANTA DE BIOGÁS EN MÉXICO: <http://iofacturo.mx/ecologia/primera-planta-de-biogas-en-mexico>
- Moncayo, R. G. (2012). *BIODIGESTORES: Manual práctico de Diseño (Dimensionamiento, Diseño y Construcción de Biodigestores y Plantas de Biogas)*, Edit. AquaLimpia, Alemania.

Groppelli, E. S. y Giampaoli, O (2013) El camino de la biodigestión Ambiente y tecnología socialmente apropiada, Edit. Universidad Nacional del Litoral (PROTEGER), Buenos Aires, Argentina.

Red Mexicana de Bioenergía (2012) Producción de BIOGÁS en México, Estado actual y perspectivas, Edit. RMB, México. url: <http://rembio.org.mx/wp-content/uploads/2014/12/CT5.pdf>

# ANEXOS

## 1. Aspectos normativos

La legislación relacionada con la generación de energía con Biogás depende del país donde se produce y de la normativa que regule su sector energético. En el caso de México la producción de Biogás es muy baja y en su caso es prerrogativa del Estado, ya que la normativa es muy estricta en ese sentido, debido a la constitución, el Estado, es el encargado de tener el manejo y control sobre los hidrocarburos llamase a este petróleo y gas, y el Biogás que tiene similitudes a los mencionados. Aunque las normativas se han ido acoplado al proceso que podemos dividirla en dos clases:

La primera es la normatividad Nacional vigente y algunas actualizadas para sacar el mayor rendimiento de proyectos entre los que se contempla las siguientes:

- Constitución Política de los Estados Unidos México, Ley de Artículo 27 (CPEUM),
- Ley de Desarrollo y Fomento de Biocombustibles, Ley del ISR (41 y 219) y IEPS, Ley de Comisión Reguladora de Energía, Reglamento Interno de la SENER, Ley de la Eficiencia Energética, Reglamento de Gas LP y Gas Natural, Regla de Metrología y Normalización, Norma Oficial Mexicanas (NOM).

Además de que se llevan auditorias a través de diversas secretarías como SENER, SEMARNAT, SAGARPA, CFE y SHCP, SFP y entre otras, con el propósito de tener mejora continua en los procesos y optimización de recursos.

La segunda forma es llevada a cabo de normativas internacionales tales como las que engloban la Agencia Internacional de Energía, Tratado de Kioto, Bonos de Carbono y la Empresa de Certificaciones tales como las ISO.

## **2. Aspectos ambientales**

El uso del Biogás es la parte final de un proceso de tratamiento de residuos en el que se procura el beneficio del sector ambiental, aspecto de gran importancia a nivel internacional. En primer lugar los sistemas de gestión del residuo biodegradable suponen la implementación de medidas que evitan las diversas contaminaciones y posibles afecciones al medio acuático de estos residuos.

Por otro lado la aplicación energética supone el aprovechamiento de un recurso contaminante y degradante del medio ambiente, en cuya composición el metano es un componente importante. Este gas de efecto invernadero, cuya incidencia en el medio es muy superior a la del CO<sub>2</sub>, es quemado en motores o calderas y parte de instalaciones en las que los sistemas de limpieza y depuración de gases aseguran que las emisiones a la atmósfera se encuentren siempre por debajo de los límites permitidos por la legislación.

La mejora de la eficiencia energética es otro aspecto muy ligado a la defensa del medio ambiente. Desde el punto de vista productivo el tratamiento mediante digestión anaerobia de los residuos resulta una alternativa especialmente interesante para Biogás, ya que a partir de excedentes de explotaciones intensivas se puede producir y reutilizar, en especial, frente a la alternativa de su secado térmico empleando gas natural como combustible.

Existen no obstante afecciones sobre el medio inherente al establecimiento y explotación de una instalación de estas características. Entre ellas se encuentra su impacto paisajístico y la posible existencia de malos

olores relacionado con la gestión del residuo. Sin embargo en la actualidad se cuenta con la posibilidad de desarrollar medidas correctivas de estos aspectos que limiten o incluso eliminen su impacto ambiental.

Otro de los puntos importantes a nivel internacional es el de los llamados bonos de Carbono en los cuales los países desarrollados y altamente contaminantes darán una cantidad de dinero a países que se dedique a restaurar el medio ambiente. Como se muestra en el tabla 9 las estimaciones mundiales de metano.

Tabla 9 Estimación de las emisiones mundiales de metano. Fuente (REMBIO, 2006)

Continente.	Residuos (106t/año).	Emisiones de CH4 (109 kg/año).	Emisiones de CH4 (109m3n/año).
<b>África.</b>	78	1.7	106
<b>Asia.</b>	390	5.2	325
<b>Europa.</b>	230	6.2	388
<b>América.</b>	390	20	1250
<b>Australia y Oceanía.</b>	14	0.5	31
<b>Total.</b>	1.102	34.0	2.125

### 3. Aspectos económicos

Por lo que respecta a las aplicaciones de electricidad a partir del uso energético del biogás se requiere establecer una metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la producción de esta fuente de energía; por lo que se supone un hecho de extraordinaria importancia para el sector, por cuanto marca el régimen legal aplicable a la electricidad producida por el tipo de instalaciones, lo que es clave para asegurar su rentabilidad económica y certeza jurídica a la inversión.