



UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



V PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN
DE ENERGÍA ELÉCTRICA UTILIZANDO EL
BIOGÁS OBTENIDO DE LA CONVERSIÓN
DEL ESTIÉRCOL DE GANADO PORCINO EN
LA GRANJA MOCUPE, DISTRITO DE
LAGUNAS – CHICLAYO”**

Presentado Por:

Br. JOAO ILDEMARO ESQUÉN ZAMORA

Lambayeque – Perú

2018



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

V PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Para Optar el Título Profesional de
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN
DE ENERGÍA ELÉCTRICA UTILIZANDO EL
BIOGÁS OBTENIDO DE LA CONVERSIÓN
DEL ESTIÉRCOL DE GANADO PORCINO EN
LA GRANJA MOCUPE, DISTRITO DE
LAGUNAS – CHICLAYO”**

Presentado Por:

Br. JOAO ILDEMARO ESQUÉN ZAMORA

Aprobado por el Jurado Examinador:

PRESIDENTE : Ing. Msc. Juan Antonio Tumialán Hinostroza

SECRETARIO : Ing. Teobaldo Edgar Julca Orozco

MIEMBRO : Ing. Percy Edwar Niño Vásquez

ASESOR : Ing. Msc. Jony Villalobos Cabrera

Lambayeque – Perú

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
V PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

TITULO

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA UTILIZANDO EL BIOGÁS OBTENIDO DE LA CONVERSIÓN DEL ESTIÉRCOL DE GANADO PORCINO EN LA GRANJA MOCUPE, DISTRITO DE LAGUNAS – CHICLAYO”

CONTENIDOS

CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACION.

CAPITULO II: MARCO TEORICO.

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO.

CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

CAPITULO VII: ANEXOS.

AUTOR: Br. JOAO ILDEMARO ESQUÉN ZAMORA

PRESIDENTE

SECRETARIO

MIEMBRO

ASESOR

Lambayeque – Perú
2018

DEDICATORIA

A mis padres Juan y Soledad por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes, entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para lograr mis anhelos.

A mi hermano Junior, el suficiente ejemplo para buscar el éxito.

A mi querida Melanie y nuestras adoradas hijas, Abril y Lizzie; mí siempre no doblegar ante las adversidades.

Joao Ildemaro Esquén Zamora.

AGRADECIMIENTO

A Dios todo poderoso, por darme la vida.

A mis queridos maestros, por el compromiso que asumieron en brindarme sus nobles enseñanzas y experiencias en beneficio de mi formación académica.

A mi alma mater, la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo por darme una magnífica oportunidad de desarrollo profesional.

Asimismo, a las personas de actitud positiva que estuvieron presentes durante toda mi experiencia universitaria; y de forma especial a las que me brindaron su tiempo para apoyarme en mi presente trabajo de investigación.

RESUMEN

La presente investigación propone el Diseño de un Sistema de Generación de Energía Eléctrica utilizando el Biogás obtenido de la conversión del estiércol de ganado porcino en la Granja Mocupe, del Distrito de Lagunas - Chiclayo, cuyas acciones propuestas permitirán optimizar el uso del recurso energético y generar ahorros económicos a la empresa.

Se realizó el diseño según fuentes confiables de información para obtener un diseño óptimo, la propuesta de energía establecida para esta zona fue de 0,5 kW como máxima potencia generada por nuestro biodigestor anaeróbico, la cual se dividió en 7,5 horas para el consumo 500 W por hora, la fuente de generación fue a partir del estiércol de ganado porcino, para producir este estiércol necesitan 04 cabezas de ganado porcino.

El tipo de biodigestor diseñado fue de forma tubular o taiwanés, con materiales adecuado, debido a que estos Biodigestores son ideales para zonas rurales donde el costo por instalación de biodigestor es rentable en comparación a la energía eléctrica de (ENSA), se establecieron parámetros en el diseño del biodigestor que solo se pueden utilizar para la zona del proyecto. Se determinó el costo del proyecto, rentabilidad y su recuperación económica de los gastos ocasionados por el diseño del biodigestor.

PALABRAS CLAVES: Biodigestor, Biocombustible, Generación eléctrica.

ABSTRACT

This research proposes the Design of an Electric Power Generation System using the Biogas obtained from the conversion of pig manure in Granja Mocupe, in the District of Lagunas - Chiclayo, whose proposed actions will optimize the use of the energy resource and generate economic savings to the company.

The design was made according to reliable information sources to obtain an optimal design, the energy proposal established for this area was 0.5 kW as the maximum power generated by our anaerobic biodigester, which was divided into 7.5 hours for consumption 500 W per hour, the source of generation was from pig manure, to produce this manure need 04 heads of pigs.

The type of biodigester designed was tubular or Taiwanese, with adequate materials, because these biodigesters are ideal for rural areas where the cost per installation of biodigester is profitable compared to the electrical energy of (ENSA), parameters were established in the design of the biodigester that can only be used for the project area. The cost of the project, profitability and economic recovery of the expenses caused by the design of the biodigester was determined.

KEYWORDS: Biodigester, Biofuel, Electric generation

INDICE

INDICE	8
ÍNDICE DE CUADROS	10
INDICE DE FIGURAS	11
INTRODUCCION	12
CAPÍTULO I	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1. Realidad Problemática	14
1.2. Formulación del problema.....	17
1.3. Delimitación de la investigación	17
1.4. Justificación e importancia de la investigación.....	18
1.5. Limitaciones de la investigación.....	19
1.6. Objetivos de la investigación.....	20
1.6.1 Objetivo General.....	20
1.6.2 Objetivos Específicos	20
CAPÍTULO II	21
MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. Antecedentes del Estudio.....	21
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado	24
2.3. Definición Conceptual de la Terminología Empleada.....	45
CAPITULO III	60
MARCO METODOLÓGICO	60
3.1 Tipo y Diseño de Investigación	60
3.2 Población y muestra.....	60
3.3 Formulación de la hipótesis.....	60
3.4 Variables-Operacionalización.....	61
3.5 Métodos y técnicas de investigación	63
3.6 Descripción de los instrumentos utilizados.....	63
3.7 Análisis estadístico e interpretación de datos	64
CAPITULO IV	65
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	65
4.1 Determinar la cantidad y composición de estiércol disponible del ganado porcino en la Granja Mocupe, para nuestro diseño	65

4.2. Determinar la Máxima Demanda y Consumo de Energía Eléctrica de la Granja Mocupe	67
4.3. Diseño del Biodigestor y selección del generador de energía eléctrica de acuerdo al espacio geográfico y las condiciones climáticas óptimas.....	68
4.4. Realizar la Evaluación Económica de la generación de energía eléctrica producida por el biogás.....	81
CAPÍTULO VI.....	85
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
6.1 Conclusiones.....	85
6.2 Recomendaciones.....	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
ANEXOS	89

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1. Componentes del biogás.....	26
Tabla 2. Bacterias según la Temperatura	45
Tabla 3. Tiempo de retención en la producción de Biogás.....	46
Tabla 4. Relación entre producción de gas y presión interna.....	47
Tabla 5: Operacionalización de variables.....	62
Tabla 6. Producción de estiércol de ganado Porcino al día.	65
Tabla 7: Composición Química del Estiércol del Cerdo.....	65
Tabla 8: Resultados de análisis del estiércol del Cerdo de la Granja Mocupe	66
Tabla 9: Materia prima disponible (estiércol de Cerdo)	67
Tabla 10. Consumo de energía.	67
Tabla 11. Energía eléctrica consumida durante el día	68
Tabla 12.Datos básicos del generador de 500 W.....	80
Tabla 13: Metrado y Presupuesto del Biodigestor.....	82
Tabla 17: Flujo del Análisis Económico.....	83
Tabla 15: Resumen de evaluación económica del proyecto	84

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ecuaciones en la formación de metano.	27
Figura 2. Tanque Imhoff	32
Figura 3. Digestor con desplazamiento horizontal.....	35
Figura 4. Digestor tipo discontinuo.	37
Figura 5. Digestor tipo Chino.....	40
Figura 6. Biodigestor tipo Hindú.	41
Figura 7. Biodigestor tipo Taiwanés.	42
Figura 8. Proceso anaeróbico	44
Figura 9. Gestión del estiércol de ganado porcino.	48
Figura 10. Digestión anaeróbica.....	49
Figura 11. Compostaje.	50
Figura 12. Generador gasolinero - Gas - Biogás.....	50
Figura 13. Biogás para la iluminación rural.	55
Figura 14. Biobolsa para zonas rurales.....	56
Figura 15. Componentes de la intensidad.	56
Figura 16. Biobolsa	77

INTRODUCCION

Las zonas rurales del Perú tienen un gran problema de energía eléctrica, la mayoría de las zonas rurales de los distritos del Perú se encuentran alejadas de algún punto de energía eléctrica por lo que es complicado contar de energía eléctrica para el aprovechamiento en los hogares rurales, en nuestro caso nuestro estudio de investigación estará centrado en la problemática del distrito de Lagunas perteneciente al departamento de Lambayeque.

En la actualidad se viene realizando estudios y proyectos relacionados al suministro de energía eléctrica para dichas zonas alejadas del Perú, en nuestro caso el estudio de investigación será relacionado a la producción de energía renovable no convencional denominada biocombustible o biogás, a través del estiércol de ganado porcino, mediante Biodigestores anaeróbicos, pudiendo utilizar este biocombustible para la generación de energía eléctrica.

Se utilizara este Biocombustible para aprovechamiento en los hogares rurales alejados de del distrito de Lagunas, donde cuenten con crianza de ganado porcino.

El biocombustible o biogás es un producto del metabolismo de ciertas bacterias que participan en la descomposición de tejidos orgánicos en ambiente húmedo y carente de oxígeno, a su vez durante el proceso de descomposición, algunos compuestos orgánicos son transformados a minerales, los cuales pueden ser utilizados fácilmente como fertilizantes para los cultivos de los agricultores.

La producción de biogás depende, principalmente, de los materiales utilizados, de la temperatura y del tiempo de descomposición. El proceso consiste en la descomposición anaeróbica, donde se puede obtener entre otros, etanol, metanol y gas metano.

En este trabajo de investigación se ha plasmado el diseño de un Biodigestor, un sistema que producirá gas metano a partir del estiércol del animal porcino, se espera que sea una propuesta válida para resolver cierta parte del problema que carecen estas zonas rurales del distrito de Lagunas, del consumo de energía eléctrica.

Con el diseño del biodigestor se evitara la depredación del medio ambiente en sus bosques costeros del distrito de Lagunas, la reducción de la contaminación de metano producto del estiércol sin procesar y el uso efectivo del estiércol del ganado porcino en la zona costera del Perú.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

1.1.1. Internacional

Europa

En Alemania a partir de 1923 se empieza a utilizar el biogás, mediante una red pública para satisfacer las demandas de energías. En Inglaterra es sin embargo a partir de 1927 cuando se impulsa el uso de biogás, para suplir las necesidades de las comunidades que pasaban de 7000 habitantes; es aquí también, donde se introduce el sistema para recolectar gas por medio de estructuras flotantes de concreto armado. Herrera (1997).

Asia

Para el año 1939 la India inaugura una unidad experimental para el estudio y diseño de sistemas de equipos que requiere la utilización del biogás, es en este país y en especial en la República Popular China, donde esta tecnología se ha difundido en forma masiva en el sector campesino, existiendo más de 7.5 millones de digestores contruidos y operando. TAYLHARDAT (1986).

América

En América, se han desarrollado algunas experiencias en países como Colombia, Perú, Bolivia, Costa Rica, Honduras, Brasil, México, entre otros. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (F.A.O.) ha venido dando un apoyo decidido; asimismo algunos países industrializados como la

República Federal de Alemania, concibió el programa especial de energías renovables (PEER), este proyecto debería fomentar la investigación sobre el uso de energéticos renovables, entre ellos la tecnología del biogás, teniendo como objetivo la reducción de cargas contaminantes y la sustitución de abonos químicos mediante el uso de los efluentes tratados y de buena calidad fertilizante. Guevara (1996).

1.1.2. Nacional

En el Perú se ha venido desarrollando de manera escalonada proyectos para utilizar el biogás aplicando las nuevas tecnologías renovables, que nacen a partir de la necesidad energética de las comunidades apartadas y de difícil comunicación.

Aunque la difusión no es extensa de acuerdo a lo que se viene ejecutando a nivel nacional, resumiremos la información obtenida de un proyecto en el Departamento de Tacna, para ejemplificar. En la ciudad de Tacna se diseñó, construyó y evaluó el funcionamiento de un biodigestor familiar de 2m³ tipo manga de polietileno, utilizando adobe en las paredes de la zanja, acolchonado por una manta de sacos y revestido por un cobertor negro lo que ayuda a mantener cálido el sistema; alimentado con estiércol fresco de ganado ovino. Se evaluó el sistema en los meses de Marzo y Abril del 2011, donde se controló el pH del lodo; producción de biogás diaria, temperatura de la manga en tres regiones y la temperatura ambiente. El tiempo de retención inicial fue de 30 días, produciendo posteriormente biogás en forma diaria con un promedio de 400 litros/día con un rango de temperatura del biodigestor entre 30 a 40°C oscilando la temperatura ambiente entre 20 y 30°C durante los meses de evaluación. Se

cuantificó la producción diaria de biol, resultando en 40 litros/día en promedio y se modificó una cocina de kerosene para comprobar la utilidad del biogás como combustible. Además, se realizó un estudio descriptivo sobre el desarrollo de biodigestores en Tacna, en las zonas del Cercado, La Yarada e Ite. Haciendo una exhaustiva investigación y aplicando el método de encuesta directa, se encontró que en Tacna predominan los biodigestores caseros tipo chinos de 5m^3 de capacidad en promedio, los cuales fueron construidos hace más de quince años atrás y alimentados por excretas de ganado bovino. Aquellos biodigestores estuvieron en operación alrededor de tres años en promedio y actualmente se encuentran destruidos o abandonados por sus respectivos usuarios por diferentes causas, siendo el más común la baja rentabilidad del negocio pecuario el cual ha sido reemplazado por la agricultura y además, la falta de personal que se dedique al manejo y mantenimiento del biodigestor. Producción de biogás y biol a partir de excretas de ganado: Experiencias en la Ciudad de Tacna. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna, E.A.P. de Física. XIX Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente (XIX-SPES), Puno, 14-17.11.2012.

1.1.3. Local

En la actualidad, el biogás se utiliza en todo el mundo como una fuente de combustible tanto a nivel industrial como doméstico. Su explotación ha contribuido a impulsar el desarrollo económico sostenido y ha proporcionado una fuente energética renovable alternativa al carbón y al petróleo.

Por todo lo antes planteado el presente trabajo representa el resultado de una investigación sobre los diferentes aspectos que involucran la utilización de la biodigestión, tanto con el propósito de saneamiento, como de producción y

aprovechamiento de energía. Por lo tanto, se presenta un diseño para la generación de energía eléctrica a nivel de uso doméstico promedio, teniendo como recurso energético base el biogás obtenido por la conversión del estiércol del ganado porcino en la Granja Mocupe, perteneciente al distrito de Lagunas – Chiclayo, Lambayeque. Para ello y aplicando las nuevas tecnologías renovables, este proyecto será beneficioso tanto para la propia Granja Mocupe en cuanto a una autoproducción energética limpia y a un ahorro económico beneficiando su utilidad, como para la protección, conservación y cuidado del medio ambiente.

1.2. Formulación del problema

¿Es posible suministrar energía eléctrica mediante la energía renovable no convencional denominada Biocombustible o biogás a través de un biodigestor domestico que utilice estiércol del ganado porcino, para la demanda de energía de la Granja Mocupe, del Distrito de Lagunas?

1.3. Delimitación de la investigación

La presente investigación tendrá las siguientes delimitaciones:

1.3.1. Delimitación espacial

Nuestro trabajo de suficiencia profesional está ubicado en el distrito de Lagunas siendo uno de los veinte distritos de la Provincia de Chiclayo, ubicada en el Departamento de Lambayeque, bajo la administración del Gobierno Regional de Lambayeque, en el norte de Perú.

UTM Zona 17S (WGS84): E 651755.0, N 9232074.0

Altitud: 59 m.s.n.m.

Norte: con el Distrito de Saña, Provincia de Chiclayo.

Este: con el Distrito de Saña.

Sur: con el Distrito de Lagunas.

Oeste: con el distrito de Puerto Eten.

1.3.2. Delimitación temporal

El tiempo de limitación del trabajo será entre los meses de mayo a noviembre del 2018.

1.3.3. Delimitación temática

El punto principal de esta investigación está denotado, en el contexto actual de la necesidad de generar energía eléctrica de manera saludable que no afecte al ambiente, sino más bien se rescate algunos materiales que se producen y que pueden darse un valor reciclado.

En este caso es diseñar un biodigestor domestico con las excretas del ganado porcino que genera energía eléctrica para uso doméstico, como alternativa para las familias rurales.

1.4. Justificación e importancia de la investigación

1.4.1. Justificación Técnica

Permitirá estudiar, analizar y aplicar una metodología de cálculo adecuada para la generación de electricidad por medio del biogás a partir del estiércol de ganado, adaptados a nuestra realidad en el distrito de Lagunas, la cual podrá replicarse en otras ciudades del Perú.

1.4.2. Justificación Económica

Este estudio se sustenta económicamente por que la energía eléctrica generada por un biodigestor tendrá un impacto económico positivo a los lugareños de las zonas rurales.

1.4.3. Justificación Social

Las estrategias de acción del presente trabajo promoverán un manejo responsable y racional de la energía eléctrica de la empresa, disminuyendo el consumo, pues consecuentemente se disminuye la generación de energía eléctrica del país, es decir, al utilizar en forma más eficiente la energía, se reduce el consumo de combustibles fósiles, se utilizan de mejor forma los recursos no renovables y se generan menores emisiones y calentamiento al medio ambiente. Ahorrar energía eléctrica nos permite disponer de esa energía para satisfacer otras necesidades y aumentar la calidad de vida.

1.5. Limitaciones de la investigación

Como limitación principal, percibí la carencia en la difusión sobre el desarrollo e implementación de esta tecnología renovable en la región Lambayeque. Aunque al alcance tuve informaciones diversas referidas al proyecto, en aplicativos alrededor de diferentes países, habría sido de mucha ayuda que la información teórica a nivel local no haya sido escasa.

Otra circunstancia de limitación, ha sido por decir, revisar y buscar en ciertos casos asesoramiento técnico con respecto a la materia bruta según las características del animal (estiércol de ganado porcino), sus propiedades y procesos de conversión antes de obtener el recurso energético del biogás, que es la base para la operación del proyecto de investigación.

En cuanto a los accesos y disponibilidad de visitas a la Granja Mocupe, no he tenido mayor inconveniente, ya que la zona de investigación se encuentra en mi lugar de residencia, y ha sido correspondida mi solicitud para poder llevar a cabo la investigación.

1.6. Objetivos de la investigación

1.6.1 Objetivo General

Diseñar un Biodigestor Doméstico, que utilizando el estiércol de ganado porcino, se genere energía eléctrica mediante un generador que trabaje con biogás para suministrarla a la Granja Mocupe del distrito de Lagunas.

1.6.2 Objetivos Específicos

-) Determinar la cantidad y composición de estiércol disponible del ganado porcino en la Granja Mocupe, para nuestro diseño.
-) Determinar la Máxima Demanda Eléctrica de la Granja Mocupe y proyectarla
-) Diseñar el Biodigestor y seleccionar el generador de energía eléctrica de acuerdo al espacio geográfico y las condiciones climáticas óptimas.
-) Realizar la Evaluación Económica de la generación de energía eléctrica producida por el biogás.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Estudio

2.1.1. Internacional

Javier Pérez (2010) desarrollo un estudio sobre “Diseño de un biodigestor para aplicación de pequeños ganaderos y lecheros” en Chile, cuya investigación menciona que el biogás generado a partir de biodigestión anaeróbica de purines de bovino tiene un porcentaje de metano CH₄ cercano al 60% y producto del su alto poder calorífico es un elemento valioso del punto de vista de la energía térmica disponible y de la energía eléctrica aprovechable.

José Hidalgo (2010) en la investigación “Aprovechamiento Energético del Biogás en El Salvador” menciona que Mediante la utilización de materia orgánica biodegradable dentro de la cual se encuentran: excretas de cerdo, vacas, gallinas, residuos vegetales, aguas servidas, se reduce significativamente la contaminación de suelos, mantos acuíferos, ríos, por vertidos de las mismas, así como la contaminación del aire causado por las emisiones de los gases producto de la descomposición de esta materia orgánica, la proliferación de enfermedades, etc.

Asimismo, se obtiene una serie de beneficios tales como la generación de un combustible rico en metano, el cual posee características óptimas para su utilización, bajo costo de producción e implementación, bajos costos de operación y una baja inversión inicial.

2.1.2. Nacional

Jean Salazar (2012) en el Proyecto “Producción de Biogás y Biól a partir de Excretas de Ganado: Experiencias en la Ciudad de Tacna” explican en la ciudad de Tacna se diseñó, construyó y evaluó el funcionamiento de un biodigestor familiar de 2 m³ tipo manga de polietileno, utilizando adobe en las paredes de la zanja, acolchonado por una manta de sacos y revestido por un cobertor negro lo que ayuda a mantener cálido el sistema; alimentado con estiércol fresco de ganado ovino. Se evaluó el sistema en los meses de marzo y abril del 2011, donde se controló el pH del lodo, producción de biogás diaria, temperatura de la manga en tres regiones y la temperatura ambiental.

El tiempo de retención inicial fue de 30 días, produciendo posteriormente biogás en forma diaria con un promedio de 400 litros/día con un rango de temperatura del biodigestor entre 30 a 40°C oscilando la temperatura ambiente entre 20 y 30°C durante los meses de evaluación. Se cuantificó la producción diaria de biól, resultando en 40 litros/día en promedio y se modificó una cocina de kerosene para comprobar la utilidad del biogás como combustible.

Alexander Ortiz (2012) en la tesis “Estudio de Pre-Factibilidad para la Recuperación y Producción de Energía en la Región Ica a través de un Sistema de Biogás” destacan que es de gran ayuda el tener una planta de procesamiento de gases del tipo combustible energético de calor, porque permite la obtención de energía renovable esta a su vez se realiza con desechos orgánicos que después de obtener un compuesto de gas natural sus residuos se convierten o transforman en un fertilizante con un alto grado de nitrógeno el cual sería muy importante para la agricultura.

En la tesis de, CAMARENA Valenzuela, Marco (2012): “Estudio de la influencia del tiempo de fermentación en la producción de biogás a partir de las excretas de ganado vacuno en Ica”. Desarrollada en la Universidad Nacional del Centro del Perú, se manifiesta que los Biodigestores son la solución para aprovechar los desechos orgánicos originados en los domicilios, pues permiten producir metano que luego es utilizado para cocinar e iluminar. Concluyendo que los Biodigestores son la solución para realizar el reciclaje de residuos a un bajo costo.

Finalmente Camarena, recomienda la instalación de un Biodigestor que permita suministrar con metano para las viviendas ubicadas en la zona rural de la Región Ica.

2.1.3. Local

Lenin Cruz (2014) en el Plan de Negocios “Instalación y Mantenimiento de Biodigestores para el Servicio de Energía y Gas para el Consumo Humano Autónomo en el Distrito de Pomalca – Chiclayo” presenta que para los propietarios de los establos, restaurantes e instituciones educativas, se descubrió una demanda potencial al saber que sienten la necesidad de emplear una energía renovable más barata y que además no contamine el medio ambiente, sustituyendo combustibles derivados del petróleo generando un ahorro económico y evitando a las familias a incurrir en crecientes costos de energía así como el ahorro en la adquisición de fertilizantes químicos.

Arias Fernández, Franck (2014), en la Tesis: “Diseño de un Sistema de Generación de Energía Eléctrica a partir del Biogás producido por el Estiércol de

Ganado Porcino en la Granja Maikol”, comprende las bases científicas para el diseño de un sistema de generación de energía eléctrica a partir del biogás producido por el estiércol de ganado porcino en la granja “Maikol”, Distrito de Reque - Chiclayo.

Su finalidad de este sistema es abastecer de energía eléctrica a la granja por medio de un grupo electrógeno, teniendo como biocombustible el gas generado a base de estiércol porcino. Asimismo, algo muy importante a considerar, es que el impacto ambiental por uso de estas fuentes, para la generación de energía es mucho menor en comparación con las fuentes convencionales como son los derivados del petróleo y el carbón. Con este diseño se determinó una producción de biogás de $235.2 \text{ m}^3/\text{h}$, teniendo como volumen un biodigestor de $594,048 \text{ m}^3$, de sistema continuo y un gasómetro de 356.42 m^3 de biogás que viene a ser el 60% del volumen del digestor. Este proyecto es de suma importancia para la contribución de la reducción del efecto invernadero y desarrollo sostenibles de los propietarios y trabajadores de la granja Maikol.

2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado

2.2.1. Origen del Biogás

La creación y utilización del biogás de manera artificial se remonta a la segunda guerra árabe-israelí, a mediados del año setenta del siglo XX, cuando el precio del petróleo subió ostensiblemente al ser utilizado como arma política, lo que hizo que se investigasen otras posibilidades de producir energía. Es entonces que se experimentó con reactores, los llamados de alta carga, capaces de retener los microorganismos anaeróbicos y tratar las aguas residuales mediante este proceso.

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

Se llama biogás “al gas que se produce mediante un proceso metabólico de descomposición de la materia orgánica sin la presencia del oxígeno del aire”, el biogás constituido básicamente por metano y dióxido de carbono, es un combustible que puede ser empleado de la misma forma que el gas natural.

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

2.2.2. Biogás

Es un gas producido por bacterias durante el proceso de biodegradación de material orgánico en condiciones anaerobias y está constituido principalmente por gas metano y bióxido de carbono. La generación natural de biogás es una parte importante del ciclo biogeoquímico del carbono. El metano producido por bacterias es el último eslabón en una cadena de microorganismos que degradan material orgánico y devuelven los productos de la descomposición al medio ambiente.

2.2.3. Componentes del biogás

Los principales componentes del biogás son el metano y el dióxido de carbono. Aunque la composición del biogás varía de acuerdo de la biomasa utilizada, su composición aproximada se presenta a continuación.

Tabla 1. Componentes del biogás.

Componente	Fórmula	Porcentaje (%)
Metano	CH ₄	55 - 70
Anhídrido Carbónico	CO ₂	35 - 40
Nitrógeno	N ₂	0,5 - 5
Sulfuro de Hidrogeno	H ₂ S	0,1
Hidrogeno	H ₂	1 - 3

Fuente: Elaboración propia.

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

2.2.4. Formación del metano

Los orígenes principales del metano son:

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

2.2.5. Proceso biológico en la obtención de biogás

Proceso biológico de digestión de la materia prima, dividido en 3 fases.

2.2.5.1. Hidrólisis o licuación

Las bacterias de fermentación secretan exoenzimas que hidrolizan las materias orgánicas (las descomponen). Durante este proceso existen diversas variedades de bacterias facultativas, las cuales cumplen funciones catabolizantes (descomponiendo y degradando) de celulosa, grasas o proteínas para producir monosacáridos, pépticos aminoácidos, glicerol y ácidos grasos.

2.2.5.2. Producción de ácido

En esta fase las bacterias catabolizan los ácidos superiores, además de los ácidos grasos o de cadena Larga y aminoácidos aromáticos producto de la fase anterior, produciendo hidrógeno y ácido acético. Las bacterias protagónicas de esta fase son facultativas, es decir, viven con presencia y ausencia de oxígeno.

2.2.5.3. Producción de gas

En esta fase las bacterias metanogénicas utilizan los compuestos simples (ácido acético, hidrógeno (H₂), ácido fórmico y CO₂), para formar metano (CH₄) y anhídrido carbónico (CO₂), siendo necesario que no exista ni la más mínima cantidad de oxígeno para que estas bacterias puedan existir. La formación de metano se realiza partir de dos vías:

Por fermentación de ácido acético (CH₃COOH) y por reducción de CO₂ (principalmente). Las siguientes ecuaciones representan las mismas.

Figura 1. Ecuaciones en la formación de metano.



Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar, además que las fases no son estrictamente consecutivas, es decir, una fase se puede estar desarrollándose paralelamente a otra. Durante el proceso de digestión la materia prima se vuelve líquida en un gran porcentaje.

Una variable, de gran importancia en el proceso de digestión, es la temperatura de trabajo del digestor, la cual marca la fermentación (digestión), es decir, el tipo de bacterias productoras de ácidos y metano existentes predominantemente durante el proceso. A pesar, que existen muchas diferencias entre los valores de temperaturas dados para una determinada bacteria, a continuación se da una referencia de los valores y las correspondientes bacterias existentes.

2.2.6. Utilización del biogás

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

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

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

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

La utilización del biogás en el área rural ha sido muy importante dentro de ella se pueden diferenciar dos campos claramente distintos.

- ✓ En el primero, el objetivo buscado es dar energía, sanidad y fertilizantes orgánicos a los agricultores de las zonas marginales o al productor medio

de los países con sectores rurales de muy bajos ingresos y difícil acceso a las fuentes convencionales de energía. En este caso la tecnología desarrollada ha buscado lograr digestores de mínimo costo y mantenimiento fáciles de operar pero con eficiencias pobres y bajos niveles de producción de energía.

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

2.2.7. Beneficios del uso del biogás

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

Aquí mencionamos los beneficios más aplicativos:

- ✓ Producción de energía: calor, luz y electricidad.
- ✓ Transforma los desechos orgánicos en fertilizantes de alta calidad.
- ✓ Mejora las condiciones higiénicas por la reducción de patógenos, huevos de mosca, etc.
- ✓ Reduce la cantidad de trabajo con respecto a la recolección de leña.
- ✓ Favorece la protección del suelo, agua, aire y vegetación, obteniendo menor deforestación.
- ✓ Beneficios micro-económicos a causa de la sustitución de energía y fertilizantes, del aumento de los ingresos y aumento de la producción agrícola-ganadera.

- ✓ Beneficios macro-económicos, a través de la generación descentralizada de energía, reducción de los costos de importación y protección ambiental.

2.2.8. Factores ambientales y el biogás

La generación de biogás, ayuda a eliminar malos olores generados por materias orgánicas descompuestas al aire libre; al mismo tiempo que elimina focos infecciosos responsables de muchísimas epidemias en la humanidad, siendo una de las más recientes el cólera; por lo que no solo protege el medioambiente, sino que ayuda a mejorar la salud pública (siempre y cuando controlemos la composición del biogás, sobre todo ante un elevado valor de H₂S).

2.2.9. Historia del biodigestor

Las primeras menciones sobre biogás se remontan al 1.600, identificados por varios Científicos como un gas proveniente de la descomposición de la materia orgánica. En el año 1890 se construye el primer Biodigestor a escala real en la India y ya en 1896 en Exeter, Inglaterra, las lámparas de alumbrado público eran alimentadas por el gas recolectado de los digestores que fermentaban los lodos cloacales de la ciudad. Tras las guerras mundiales comienza a difundirse en Europa las llamadas fábricas productoras de biogás cuyo producto se empleaba en tractores y automóviles de la época.

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

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

Esta difusión se ve interrumpida por el fácil acceso a los combustibles fósiles y recién en la crisis energética de la década de los años 70 se reinicia con gran ímpetu la investigación y extensión en todo el mundo incluyendo la mayoría de los países latinoamericanos. Los últimos 20 años han sido fructíferos en cuanto a descubrimientos sobre el funcionamiento del proceso microbiológico y bioquímico gracias al nuevo material de laboratorio que permitió el estudio de los microorganismos intervinientes en condiciones anaeróbicas (ausencia de oxígeno).

Estos progresos en la comprensión del proceso microbiológico han estado acompañados por importantes logros de la investigación aplicada, obteniéndose grandes avances en el campo tecnológico. Los países generadores de tecnología más importantes en la actualidad son: China, India, Holanda, Francia, Gran Bretaña, Suiza, Italia, EE.UU., Filipinas y Alemania, cuyas plantas de tratamiento de desechos industriales, han tenido una importante evolución. Habiendo superado una primera etapa a nivel piloto, a lo largo de los años transcurridos, la tecnología de la digestión anaeróbica se fue especializando abarcando actualmente muy diferentes campos de aplicación con objetivos muy diferentes, siendo difundidas para determinados fines en combinación con tratamientos aeróbicos convencionales.

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

Figura 2. Tanque Imhoff



Fuente: TecDepur.

2.2.10. Biodigestor

Un biodigestor (llamado también digestor anaeróbico, reactor anaeróbico reactor biológico), es una planta productora de biogás, biol y bioabono, donde se realiza un proceso anaeróbico de descomposición (proceso de fermentación anaeróbica). La materia prima está constituida por materia orgánica, como desechos agrícolas, residuos animales residuos humanos, es decir en el biodigestor tal como indica su nombre sucede una digestión de la materia prima, luego de la cual se obtiene biogás, biol y bioabono.

La utilización de biodigestores además de permitir la producción de biogás ofrece enormes ventajas para la transformación de desechos:

- ✓ Mejora la capacidad fertilizante del estiércol. Todos los nutrientes tales como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio así como los elementos menores son conservados en el efluente.

En el caso del nitrógeno, buena parte del mismo, presente en el estiércol en forma de macromoléculas es convertido a formas más simples como amonio, las cuales pueden ser aprovechadas directamente por la planta.

- ✓ El efluente no tiene olor.
- ✓ Control de patógenos. Aunque el nivel de destrucción de patógenos varía de acuerdo a factores como temperatura y tiempo de retención.

2.2.11. Características del biodigestor

Para que un biodigestor de desechos orgánicos opere en forma correcta, deberá reunir las siguientes características:

- ✓ Deberá ser hermética con el fin de evitar la entrada del aire, el que interfiere con el proceso, y fugas del biogás producido.
- ✓ Deberá estar térmicamente aislado para evitar cambios bruscos de temperatura.
- ✓ Aun no siendo un recipiente de alta presión, el contenedor primario de gas deberá contar con una válvula de gas.
- ✓ Deberá contar con medios para efectuar la carga y descarga del sistema.
- ✓ Los biodigestores deberán tener acceso para el mantenimiento.
- ✓ Se deberá contar con un medio para romper las natas que se formen.

2.2.12. Tipos de biodigestores según la forma de alimentación

Los tipos de digestores están determinados por los procesos de digestión para producir biogás, los cuales se pueden dividir en 3 clases.

A. Continua

Cuando comienza la digestión normal y la producción del biogás después de cierto periodo a partir de una carga inicial, se agregan materiales continuamente al digestor y el efluente se descarga en forma simultánea en la misma cantidad en que entra el material. De esta manera, la fermentación en el digestor es un proceso interrumpido.

El proceso se caracteriza por una fermentación constante, una producción uniforme de gas y facilidad de control, y es que se aplica comúnmente en zonas con materias residuales ricas y digestores de mediano y gran tamaño. Estos biodigestores se utilizan mayormente para el tratamiento de aguas residuales en gran escala.

B. Semicontinua

La primera carga consta de gran cantidad de materiales. Cuando va disminuyendo gradualmente el rendimiento de gas, se agregan nuevas materias primas y el efluente se va descargando gradualmente en la misma cantidad.

De los más comunes en áreas rurales, estos biodigestores se cargan o alimentan diariamente, con una carga relativamente pequeña en comparación al total contenido en el biodigestor a la vez que se saca de la cámara de descarga un volumen igual de líquido, para con ello mantener el volumen constante.

La producción de biogás es generalmente permanente, debido al constante suministro de nutrientes para las bacterias metanogénicas, responsables de generar el gas.

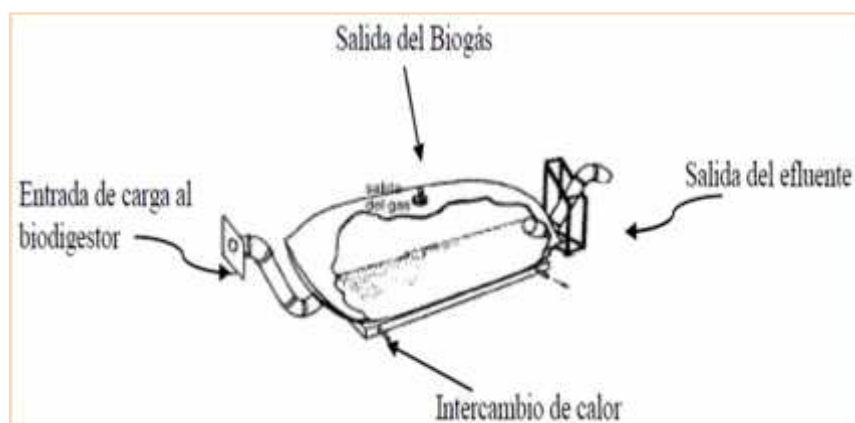
El único factor limitante sería la disponibilidad de agua, ya que la carga entrante debe ser en promedio de 1:4 material.

Los biodigestores continuos poseen en general

- ✓ Hueco de entrada principal para primer gran llenado del BD(excepto en el Taiwán)
- ✓ Hueco de Entrada de material
- ✓ Hueco de Salida: para remover periódicamente el material degradado: biol + biosol
- ✓ Hueco de salida del gas, o cúpula móvil, dependiendo del modelo(aquí fluye o se almacena el gas)

Estos sistemas permiten retirar sustrato ya fermentado por el canal de salida y añadir nueva materia orgánica por el canal de entrada (sin destapar la boca central) que al descomponerse generara nuevo gas. Estos digestores se adaptan bien para tratar material blando, como estiércol de origen pecuario e inclusive humano, materia celulósica, etc. pre fermentado (condición no determinante, pero muy influyente)

Figura 3. Digestor con desplazamiento horizontal.



Fuente: Elaboracion propia.

Ventajas del biodigestor discontinuo:

- ✓ Puede procesar gran cantidad de materiales y puede recogerse en campos abiertos sin importar si tiene materia seca pues esto no entorpece la operación del biodigestor, ya que la combinación será de 1: 4 (estiércol - agua).
- ✓ Su costo es económico.
- ✓ Genera biogás diariamente, recargando el biodigestor.
- ✓ Ideal para zonas rurales.
- ✓ Ideal para zonas donde la producción de estiércol de ganado es continua.

Desventajas del biodigestor discontinuo:

- ✓ Cargar el biodigestor requiere de mucho trabajo y paciencia.
- ✓ La descarga del biodigestor también es un trabajo muy tedioso.
- ✓ Requiere atención diaria, para recargar el biodigestor.

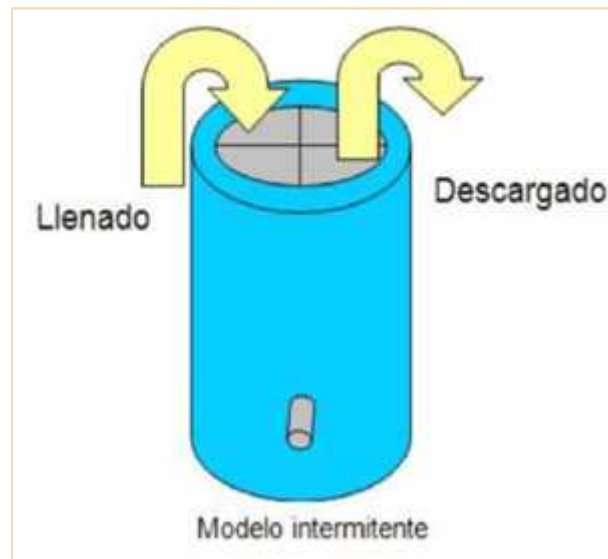
C. Discontinua

Los digestores se cargan con material en un solo lote. Cuando el rendimiento de gas decae a un bajo nivel después de un periodo de fermentación, se vacían los digestores por completo y se alimentan una vez más.

Esta clase de biodigestor, se carga(o se llena) una vez, y se descarga el contenido digerido, una vez que finaliza el proceso de fermentado, cuando deja de producir gas. Tiene un solo orificio para la carga y descarga. La duración de la fermentación varía entre 2 a 4 meses, dependiendo del clima ya sea este cálido, templado, frío, ya que la temperatura afecta directamente la velocidad de reacción dentro del reactor.

Como este sistema de biodigestor tiene a la materia de principio a fin confinada, no hay sostenibilidad en la producción de biogás. Un ejemplo de biodigestor de este tipo es el de Olade Guatemala (tipo batch).

Figura 4. Digestor tipo discontinuo.



Fuente: Elaboración propia.

Ventajas del biodigestor discontinuo:

- ✓ Puede procesar gran cantidad de materiales y puede recogerse en campos abiertos sin importar si tiene materia seca pues esto no entorpece la operación del biodigestor.
- ✓ Puede llenarse con materiales secos que no absorben humedad (que floten en el agua) así como pasto, cascara de frutas y desechos de alimentos.
- ✓ Se pueden manejar las variables relacionadas con la fermentación como la de la temperatura, tiempo de retención, carga depositada y los periodos de carga y descarga.
- ✓ No requiere atención diaria.

Desventajas del biodigestor discontinuo:

- ✓ Cargar el biodigestor requiere de mucho trabajo y paciencia.
- ✓ La descarga del biodigestor también es un trabajo muy tedioso.

2.2.13. Tipos de Biodigestores según la temperatura de operación

A. Fermentación termófila

Se necesita una temperatura de trabajo alta y se caracteriza por una digestión rápida, alto rendimiento de gas y un corto tiempo de retención. Este proceso se emplea para eliminar excrementos humanos y otros residuos por sus mejores características de desinfección.

B. Fermentación mesófila

Es este caso la fermentación necesita una temperatura menor, comparada con la fermentación mesofílica, la descomposición de la carga es más lenta, pero presenta otras bondades.

C. Fermentación psicrófila o a temperatura ambiente

La temperatura de fermentación varía según las condiciones atmosféricas, por lo cual el rendimiento de gas fluctúa marcadamente según la estación. Este proceso requiere poca inversión.

2.2.13. Tipos de biodigestores según la forma de fermentación

A. Fermentación en una sola etapa

La digestión en un solo depósito de fermentación se denomina fermentación en una sola etapa, este tipo de fermentación demanda una estructura simple, bajos costos y es de fácil operación.

B. Fermentación en dos etapas y más

Esto indica que la digestión ocurre en dos o más depósitos de fermentación.

El material de la carga primero se degrada y produce gas en la primera etapa, el efluente de la primera etapa sufre un nuevo proceso de digestión en la segunda etapa. Por este principio pueden construirse digestores de tres o cuatro etapas.

Los digestores múltiples se caracterizan por un largo período de retención, buena descomposición de la materia orgánica y una alta inversión.

C. Fermentación de dos fases

Este proceso se diseña para tomar en cuenta una fase de formación de ácido y otra de formación de metano. Aún se están realizando investigaciones sobre este aspecto.

2.2.14. Tipos de biodigestores según la forma

A. Tipo Chino o de cúpula fija

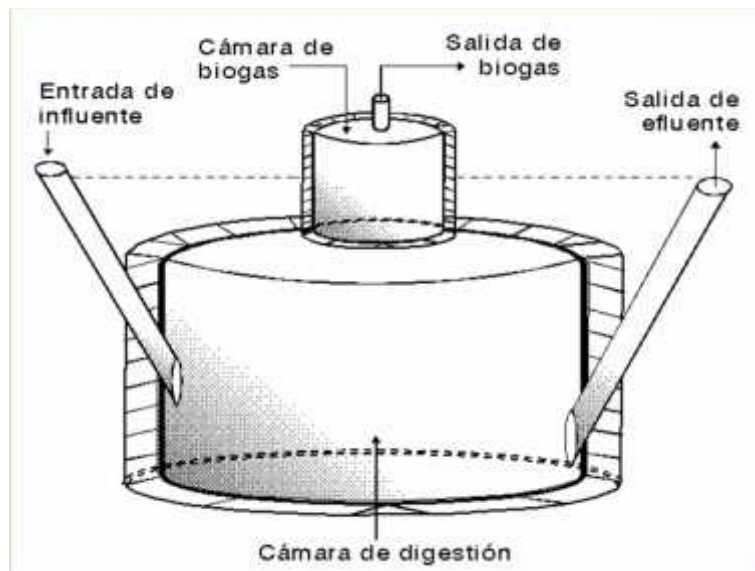
Son aquellos armados en una sola estructura que por regla general es hecha en materiales rígidos (concreto, bloques o ladrillos). Debido a la alta presión que pueden alcanzar en su interior y a la constante variación de la misma, se recomienda su construcción en forma de domo, bajo tierra en suelos estables y firmes, y la impermeabilización de la parte interna de la estructura a fin de evitar el escape de líquido y gases. Estos factores hacen obligatorio el uso de mano de obra altamente calificada para su diseño y construcción.

El modelo de cúpula fija tiene como principal característica que trabaja con presión variable; sus principales desventajas, son que la presión de gas no es constante y que la cúpula debe ser completamente hermética, ello implica cierta complejidad en la construcción y costos adicionales en impermeabilizantes.

Sin embargo, este modelo presenta la ventaja de que los materiales de construcción son fáciles de adquirir a nivel local, así como la inexistencia de

partes metálicas que pueden oxidarse y una larga vida útil si se le da mantenimiento, además de ser una construcción subterránea

Figura 5. Digestor tipo Chino.



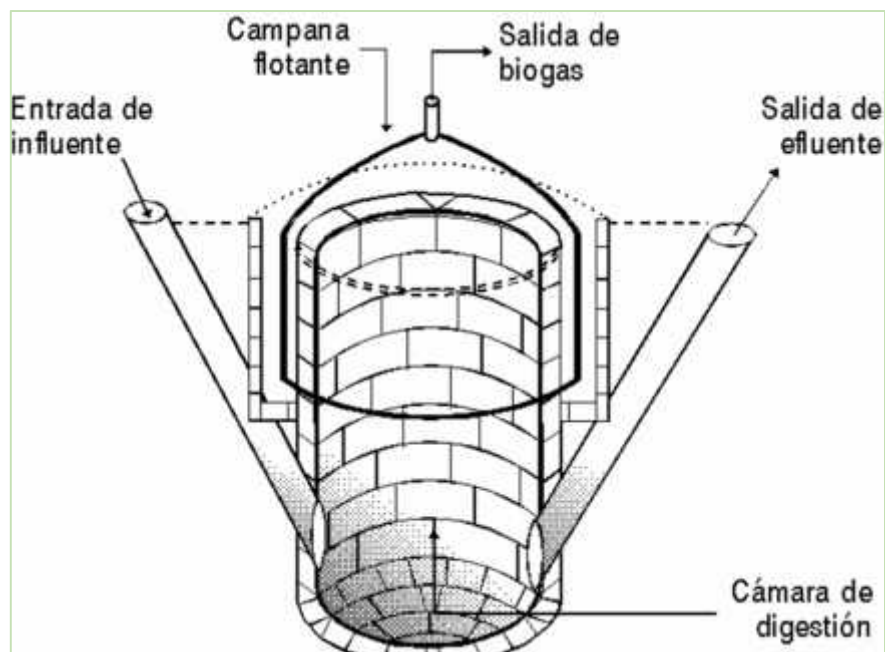
Fuente: Elaboración propia.

B. Tipo Hindú o de cúpula móvil

Los biodigestores de este grupo tienen dos estructuras: la primera al igual que en los de estructura sólida fija, va enterrada y hecha en concreto, bloque o ladrillo; la segunda en la mayoría de los casos es una campana metálica que “flota” sobre la primera estructura.

Se caracteriza por tener un depósito de gas móvil a manera de campana flotante, la campana puede flotar en la masa de fermentación o en un anillo de agua. Las ventajas de este tipo de planta son que trabajan a presión constante y se puede determinar la cantidad de gas almacenado por el nivel de la campana; pero tiene como desventaja que está expuesto a la corrosión ya que las campanas son generalmente metálicas.

Figura 6. Biodigestor tipo Hindú.



Fuente: Elaboración propia.

C. Tipo Salchicha/CIPAV/Taiwanes/Tubular (de Estructura flexible)

La alta inversión que pedía construir un biodigestor de estructura resultaba una grave limitante para los pequeños granjeros por sus bajos ingresos. Esto motivó a unos ingenieros Taiwaneses en los años sesenta a diseñar Biodigestores con materiales flexibles más baratos, locales y accesibles. Primero se utilizó nylon y neopreno, sin embargo; estos demostraron ser algo costosos. Un paso mayor en los setenta era combinar PVC con el residuo de las refinerías de aluminio produciéndose así "el barro rojo PVC", y de ahí fue reemplazado por polietileno más barato y es el que se usa mayormente en América Latina, África y Asia. Desde 1986, el Centro para la Investigación en Sistemas Sustentables de Producción Agrícola (CIPAV), ha estado recomendando biodigestores de plástico económico como la tecnología apropiada por optimizar el uso de excrementos pecuarios, reduciendo con ello presión en otros recursos naturales.

Figura 7. Biodigestor tipo Taiwanés.



Fuente: Elaboración propia.

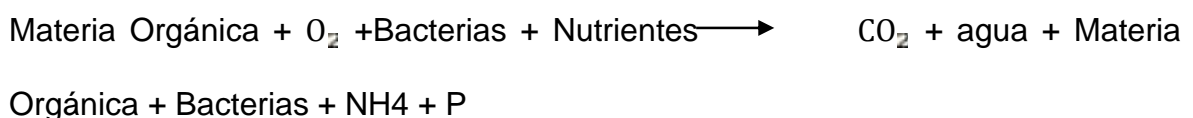
2.2.15. Proceso de biodigestor

El proceso de Biodigestión es un proceso biológico de fermentación natural en el que una comunidad entrelazada de bacterias cooperan para formar una fermentación estable, autorregulada, la cual se puede dar de dos formas en presencia de oxígeno (biodigestión aerobia) y sin la presencia de oxígeno (biodigestión anaerobia).

A. Proceso aerobio

El proceso aerobio es llevado a cabo por bacterias aerobias que precisan de oxígeno atmosférico o disuelto en agua. La materia orgánica es fermentada a partir de un aporte energético, dando lugar a una reacción exotérmica.

La fórmula general del proceso de biodigestión aerobia es la siguiente:



Uno de los procesos aerobios para tratar los residuos sólidos orgánicos urbano es el compostaje.

B. Compostaje

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

C. Proceso anaerobio

El proceso de Biodigestión es un proceso biológico de fermentación natural en el que una comunidad entrelazada de bacterias cooperan para formar una fermentación estable, autorregulada, que convierte materia orgánica residual en una mezcla de principalmente metano y dióxido de carbono. Es decir, la biodigestión anaerobio es un proceso microbiano que incluye microorganismos metano bacteriáceo que degradan la materia orgánica en ausencia de oxígeno.

El residuo a tratar que provea el carbono y la energía necesarios para los procesos biológicos, puede provenir de las más diversas fuentes (domicilio, industrias alimenticias y papelera, ganadería, etc.) con las consiguientes diferencias en composición.

Los alimentos principales de las bacterias anaeróbicas son el carbono (en la forma de carbohidratos) y el nitrógeno (en proteínas, nitratos y amoniacos, etc.). El carbono se utiliza para obtener energía y el nitrógeno para la construcción de estructuras celulares.

La relación ideal de estos es de 30:1. Si el nitrógeno presente es menor al necesario, se ve limitada la velocidad de producción de biogás; por otra parte, si está en exceso, se produce más amonaco del requerido, el cual es toxico e inhibidor del requerido.

a. Bacterias que intervienen en el proceso anaerobio

El proceso de biodigestión anaeróbica involucra siempre cuatro tipos de bacterias:

Bacteria hidrolítica: producen ácido acético, compuestos monocarbonados, ácidos grasos y otros compuestos policarbonatos.

Bacteria acetogénica: productoras de hidrógeno.

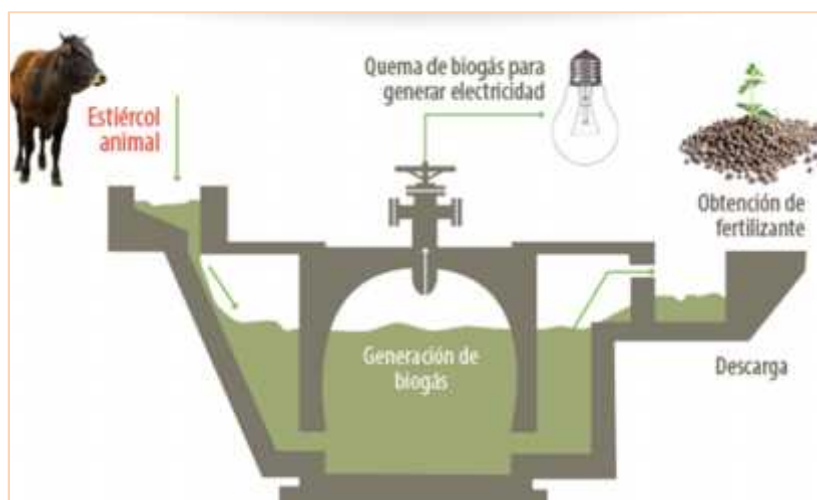
Bacteria homoacéticas: pueden convertir una cantidad considerable de compuestos multicarbonados o mono carbonados en ácido acético.

Bacterias metanogénicas: productoras del gas metano.

En la descomposición anaerobia de los residuos, algunos organismos anaerobios trabajan juntos para llevar a cabo la conversión de la fracción orgánica de los residuos en un producto final estable.

Es importante hacer notar la extrema interdependencia que existe entre ambos grupos de bacterias, pues, mientras las productoras de ácido suprimen el oxígeno y producen el alimento que permite la vida de las metanógenas, estas últimas eliminan los desechos ácidos y evitan que el medio se vuelva muy ácido permitiendo con ello la sobrevivencia del primer grupo.

Figura 8. Proceso anaeróbico



Fuente: Elaboración propia.

2.3. Definición Conceptual de la Terminología Empleada

Se considera que las bacterias son el ingrediente esencial del proceso, es necesario mantenerlas en condiciones que permitan asegurar y optimizar su ciclo biológico.

Para mantener un sistema de tratamiento anaerobio que estabilice eficazmente un residuo orgánico, las bacterias no metanogénicas y metanogénicas deben estar en un estado de equilibrio dinámico.

Para mantener y establecer tal estado, los contenidos del reactor deberían estar libres de oxígeno disuelto y de concentraciones inhibitorias de amoníaco libre y de constituyentes como metales pesados y sulfitos. Existen varios factores que determinan el comportamiento y la eficacia del proceso de biodigestión anaeróbica, entre ellos tenemos.

2.3.1. Temperatura

Bacterias existentes en un proceso anaeróbico según su temperatura de operación.

Tabla 2. Bacterias según la Temperatura

Temperatura (°C) del Biodigestor	Tipo de Bacteria
10 - 20	Psicrofilas
30 - 40	Mesofilas
50 - 60	Termofilas

Fuente: Elaboración propia.

Según la temperatura existente en el digestor, se puede definir también el tiempo de retención del mismo (tiempo de digestión), con su correspondiente producción.

Tabla 3. Tiempo de retención en la producción de Biogás.

Tipo de Bacteria	Tiempo de retención	Descripción
Psicrofilas	Más de 100 días	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se considera que la digestión por las bacterias es estable ✓ Las producción de gas es menor ya que la digestión es lenta
Mesofilas	Más de 20 días	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se considera como ideal ✓ Las bacterias son más estables ✓ Producen sedimentos de alta calidad como fertilizantes
Termofilas	Más de 8 días	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Son muy sensibles a cualquier cambio en el digestor ✓ Los sedimentos que producen son de baja calidad como fertilizantes ✓ Digestión es más rápida

Fuente: Elaboración propia.

Otra variable importante es la presión interna del digestor, la cual ejerce cierta influencia al proceso; sin embargo se desconoce exactamente cómo afecta al mismo. En la Tabla 4 se muestra algunos resultados de estudios realizados en China, en digestores semicontinuos, los cuales nos muestran de una manera referencial el efecto de la presión sobre la producción.

Tabla 4. Relación entre producción de gas y presión interna.

Grupo	Presión interna (mb)	Producción de gas (m3)	Producción (%)
1	0 - 60	179,56	100
2	20	191,66	106
3	35	212,09	118

Fuente: Elaboración propia.

2.3.2. Estiércol

Es el nombre con el que se denomina a los excrementos de animales que se utilizan para fertilizar los cultivos. En ocasiones el estiércol está constituido por más de un desecho orgánico, como por ejemplo excrementos de animales y restos de las camas, como sucede con la paja.

El lugar donde se vierte o deposita el estiércol es el estercolero. En este caso se utilizara estiércol de ganado porcino según los requerimientos de nuestro diseño de biodigestor para las zonas alejadas de los diferentes distritos del departamento de Lambayeque.

2.3.3. Proceso de producción de biogás

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

2.3.3.1. Gestión de los residuos

En esta etapa de la producción de biogás a partir del estiércol de ganado porcino, se recolecta los residuos (estiércol) del ganado según la cantidad de ganado que

presente el agricultor, estos residuos son alojados en tachos metálicos para luego ser combinados con la proporción ideal de agua según el requerimiento en la producción de Biogás.

Figura 9. Gestión del estiércol de ganado porcino.



Fuente: ayudadirecta.org/es/

2.3.3.2. Digestión anaerobia

Proceso en el cual microorganismos descomponen material biodegradable en ausencia de oxígeno. Este proceso genera diversos gases, entre los cuales el dióxido de carbono y el metano son los más abundantes (dependiendo del material degradado).

Figura 10. Digestión anaeróbica.



Fuente: fundesyram.info/

2.3.2.3. Almacenamiento y filtrado del biogás

El almacenamiento del biogás producto de la digestión anaeróbica según los diferentes parámetros de generación de biogás se almacenara en el propio biodigestor para luego ser conducido x tuberías de PVC de alto espesor para no ocasionar roturas rápidas ni fugas que se puedan ocasionar en el funcionamiento continuo del biodigestor.

2.3.2.4. Compostaje

Materia orgánica procedente de residuos agrícolas y de la jardinería tratados para acelerar su descomposición y ser utilizados como fertilizante.

En este caso se utilizara el compostaje según el requerimiento del agricultor para el aprovechamiento propio en sus tierras.

Figura 11. Compostaje.



Fuente: aprovechamientoderesiduosindustriales.

2.3.2.5. Generación de energía

Después de haberse generado las diferentes etapas en la producción de biogás a partir de estiércol de ganado porcino y conducido por tuberías resistentes al ambiente del departamento de Lambayeque, el biogás es utilizado para la producción de energía eléctrica mediante un motor clásico que trabaje con gas natural o biogás en este caso.

Según los requerimientos también se podría utilizar un motor gasolinero, adaptable a gas natural mediante un adaptador mecánico.

Figura 12. Generador gasolinero - Gas - Biogás.



Fuente: alibaba.com

2.3.3. Ph

los microorganismos anaerobicos necesitan un pH en torno a la neutralidad para su correcto desarrollo, aunque permitan cierta oscilacion. El pH afecta esencialmente a la actividad enzimatica de los microorganismos, mediante cambios de estados de los grupos ionizados de las enzimas como el carboxil y amino; alteracion de los componentes no ionizados del sistema.

Un pH neutro es el ambiente mas eficiente en la digestion, esto es un pH en el rango de 6,6 a 7,6.

Si el pH disminuye ya sea por aumento repentino de la carga, presencia de materias toxicas o cambios súbitos de temperatura, se puede corregir dejando de alimentar carga durante un corto tiempo o adicionando sustancias alcalinas como agua de cal que reducen principalmente sustancias tóxicas como ácidos volátiles.

En caso contrario si el pH aumenta, se corrige agregando acido acético para ayudar a que se regule la biodigestión y el pH disminuya.

Dentro del digestor el pH se auto regula con diversos cambios que ocurren durante la digestion. En el primer periodo el pH tiende a bajar debido a la produccion de ácidos volátiles, luego de unas semanas este se eleva de acuerdo al actuar de las bacterias metanógenas que al degradar las proteínas aumenta el amonio subiendo el pH.

2.3.4. Tiempo de retención

Las bacterias requieren de un cierto tiempo de retención para degradar la materia orgánica siendo determinado por el tiempo de retención.

Existen dos tipos de tiempos de retención:

Tiempo de retención hidráulica (TRH): Relación entre volumen del digestor (VD) y de la carga diaria de alimentación.

Tiempo de retención de sólidos (TRS): Se determina dividiendo la cantidad de la materia orgánica (MO) que entra al digestor entre la cantidad de materia orgánica que sale del sistema cada día.

Se consideran dichos tiempos debido a que el periodo que demoran las bacterias metanogénicas en duplicarse es mayor comparativamente con la producción de las bacterias acetogénicas. Si el tiempo de retención es menor que el necesario, las bacterias serán eliminadas del sistema antes de que se hayan duplicado. En caso contrario, la producción de biogás en un primer momento será muy eficiente, pero va a disminuir hasta llegar a una producción cero.

2.3.5. Nutrientes

Además de una fuente de carbono orgánico, los microorganismos requieren de nitrógeno, fósforo y otros factores de crecimiento que tienen efectos complejos. Los niveles de nutrientes deben de estar por encima de la concentración óptima para las metanobacterias, ya que ellas se inhiben severamente por falta de nutrientes. Sin embargo la deficiencia de nutrientes (N) no debe ser un problema con los alimentos concentrados, pues estos aseguran en más que suficientes las cantidades de nutrientes.

Por otra parte, la descomposición de materiales con alto contenido de carbono (C) ocurre más lentamente, pero el periodo de biogás es más prolongado. Los materiales con diferentes relaciones de C:N difieren grandemente en la producción de biogás. Por ejemplo, la relación de C:N en residuales porcinos es de 9:3; en vacunos de 10:20; en gallinas de 5:8; para humanos es de 8 y para

residuos vegetales es de 35. La relación óptima se considera en un rango de 30:1 hasta 10:1, una relación menor de 8:1 inhibe la actividad bacteriana debido a la formación de un exceso contenido de amonio.

2.3.6. Toxicidad

Al igual que otro sistema biológico son susceptibles a materias tóxicas. El envenenamiento se produce con la presencia de ciertos compuestos en altas concentraciones, las cuales, son necesarias para la sobrevivencia de estos organismos, pero en menores concentraciones.

Un nutriente esencial también puede ser tóxico si su concentración es muy alta. En el caso del nitrógeno, mantener un nivel óptimo para garantizar un buen funcionamiento sin efectos tóxicos es particularmente importante.

Los principales microorganismos afectados por altas concentraciones de amonio son los metanogénicos.

2.3.7. Alcalinidad

Corresponde a uno de los parámetros importantes en el control de un biodigestor. Con esto se puede medir su capacidad tampón, es decir su capacidad de amortiguar a cambios de pH.

Asimismo la alcalinidad será suficiente para asegurar que el pH no caerá por debajo de 6,2 porque las bacterias de metano no pueden funcionar por debajo de este umbral. En el rango del pH 6 a 8, el principal equilibrio químico que controla la alcalinidad es el dióxido de carbono-bicarbonato.

2.3.8. Agitación

En función de la tipología de reactor debe transferirse al sistema el nivel de energía necesario para favorecer la transferencia de sustrato a cada población o agregados de bacterias, así como homogeneizar para mantener concentraciones medias bajas de inhibidores.

2.3.9. Potenciales y rendimientos

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

2.3.10. Energía térmica

Es la aplicación más difundida. El biogás se utiliza en aparatos como cocinillas y lámparas, quemándolo y obteniendo calor. Este tipo de uso fue impulsado, debido a que se quema con una llama azul, no produciendo hollín ni olores desagradables.

2.3.11. Energía eléctrica

El biogás de los Biodigestores es directamente aplicado para la generación de electricidad mediante motogeneradores.

La utilización más difundida de la electricidad es el alumbrado doméstico, la cual presenta una mayor eficiencia frente a la opción térmica de quemadores para alumbrado, a parte de las ventajas en la iluminación obtenida.

Figura 13. Biogás para la iluminación rural.



Fuente: guerreros-del-mashiaj.blogspot.pe

2.3.12. Biobolsa

Es un biodigestor anaeróbico tubular pre-fabricado, diseñado para el pequeño y mediano productor agropecuario.

Sistema Biobolsa convierte los desechos del ganado en combustible rico en metano (biogás) y en bioabono (biol). Las características de Sistema Biobolsa son:

- ✓ Tubular de Flujo Semicontínuo.
- ✓ Flexible.
- ✓ Resistente.
- ✓ Modular.
- ✓ Fácil de instalar.
- ✓ Fácil de operar.
- ✓ Eficiente.

Figura 14. Biobolsa para zonas rurales.

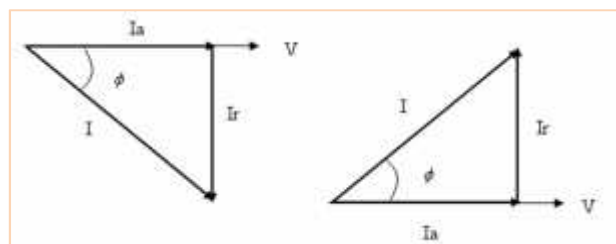


Fuente: sistemabiobolsa.com

2.3.13. Componentes de la intensidad

Consideremos un circuito de Corriente Alterna en el que la corriente y la tensión tienen un desfase ϕ . Se define componente activa de la intensidad (I_a), a la componente de ésta que está en fase con la tensión, y componente reactiva (I_r).

Figura 15. Componentes de la intensidad.



Fuente: es.wikipedia.org

$$I_a = I \cdot \cos \phi$$

$$I_r = I \cdot \sin \phi$$

El producto de la intensidad, I , y las de sus componentes activa I_a , y reactiva I_r , por la tensión, V , da como resultado las potencias aparente (S), activa (P) y reactiva (Q), respectivamente:

$$S = I \cdot V$$

$$P = I \cdot V \cdot \cos \phi$$

$$Q = I \cdot V \cdot \sin \phi$$

La potencia compleja de un circuito eléctrico de corriente alterna (cuya magnitud se conoce como potencia aparente y se identifica con la letra S), es la suma (vectorial) de la potencia que disipa dicho circuito y se transforma en calor o trabajo (conocida como potencia promedio, activa o real, que se designa con la letra P y se mide en vatios (W)).

2.3.14. Métodos de Evaluación Económica

Existen muchos métodos para la evaluación de proyectos, aunque los más difundidos en la actualidad, y los más confiables, son aquellos que toman en consideración el valor del dinero en el tiempo al analizar los beneficios y costos esperados durante la vida útil del proyecto

2.3.14.1. Valor Actual Neto (VAN)

El valor Actual Neto (VAN) llamado también Valor Presente Neto, es una técnica que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja

futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

La fórmula que nos permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$VAN = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1+D)^i}$$

Donde:

K_0 : Inversión o capital inicial.

FC_i : Flujo de caja en el año i .

D : Tasa de Descuento.

n : número de periodos.

Si el resultado de la evaluación:

$VAN > 0$; el proyecto es aceptado

$VAN < 0$; el proyecto es rechazado

2.3.14.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR), es aquella tasa de descuento para a cual el Valor Actual Neto resulte ser igual a cero, es decir, es aquella tasa de retorno donde los costos igualan a los beneficios y por lo tanto representa el tipo de interés o rendimiento que los beneficios que se van obteniendo de haber realizado la inversión del proyecto, solamente cubren dicha inversión y por lo tanto no se obtiene ninguna utilidad.

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1+TIR)^i}$$

Como se puede observar, esta ecuación no se puede resolver directamente, sino que se requiere de un análisis iterativo para obtener el valor de la TIR. En nuestro caso se utilizará el paquete informático Excel.

El criterio general para saber si es conveniente realizar un proyecto es el siguiente:

$TIR > i$, realizar el proyecto

$TIR < i$, no realizar el proyecto

$TIR = i$, el inversionista es indiferente entre realizar el proyecto o no.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y Diseño de Investigación

El diseño para el presente estudio está clasificado de la siguiente manera: No-Experimental, Prospectivo-Transversal

- **No-Experimental**, porque no se manipulan deliberadamente variables, se observa fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para luego analizarlos.
- **Prospectivo**, porque intenta predecir un posible escenario futuro.
- **Transversal**, porque se limita a la toma de datos en un único momento de tiempo

3.2 Población y muestra

La muestra para el trabajo de investigación es igual a la población, viene dada por los 4 ganados porcinos, existentes en la granja Mocupe.

3.3 Formulación de la hipótesis

Mediante el Diseño de un Sistema de Generación de Energía Eléctrica utilizando el Biogás obtenido de la conversión del estiércol de ganado porcino en la GRANJA MOCUPE, distrito de Lagunas – Chiclayo, se podrá solucionar el problema de suministro de energía eléctrica a dicha Granja.

3.4 Variables-Operacionalización

Para probar el estudio de investigación se determinaron dos variables para la Operacionalización:

Variable dependiente: Diseño de un Sistema de Generación Eléctrica utilizando el Biogás.

Variable independiente: Estiércol de Ganado Porcino.

Tabla 5: Operacionalización de variables				
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Instrumentos	Indicadores
Variable independiente Estiércol de Ganado Porcino.	Es un proceso fisiológico, que le permite al organismo eliminar sustancias de desechos y toxicas para el cuerpo	Cantidad en kilogramos por día de estiércol de ganado porcino en la Granja Mocupe, medido en una balanza	Balanza	Masa de estiércol de ganado porcino
Variable dependiente Diseño de un Sistema de Generación Eléctrica utilizando el Biogás.	Ahorro energético para satisfacer las demandas de energía eléctrica con mayor eficiencia y bajo costo.	Tamaño y número de Biodigestores, cantidad de biogás obtenido	Fichas de observación	Volumen del biodigestor, volumen y presión generada por el biogás

Fuente: Elaboración propia

3.5 Métodos y técnicas de investigación

3.5.1 Método de investigación

-) Guías de observación: mediante guías de observación se analizó el trabajo de investigación a realizar.
-) Recolección de documentos: fue muy necesario realizar una recolección de documentación referente al trabajo de investigación.
-) Análisis de documentos: se analizaron los diferentes documentos más relevantes.
-) Selección de documentos: documentos con los cuales se realizó el trabajo incluyendo normas así como método teóricos y prácticos

3.5.2 Técnicas de investigación

Las técnicas a ser utilizadas están en función a las etapas del proceso de desarrollo del proyecto.

Técnica de recolección de datos

- **La Encuesta:** están orientadas a obtener información sobre el ganado porcino existente en la Granja Mocupe.

3.6 Descripción de los instrumentos utilizados

En nuestro trabajo de investigación se utilizó:

-) Hojas de encuestas: sirvió para obtener las diferentes cantidades de ganado porcino en la granja Mocupe.

3.7 Análisis estadístico e interpretación de datos

Los datos obtenidos para el desarrollo del presente trabajo son los elementos que se sometieron a estudio, análisis e interpretación. La interpretación de datos es una de las etapas más importantes, porque se proyecta en las conclusiones.

La información que se obtuvo para el desarrollo del presente proyecto se presenta en forma de tablas y gráfico de barras, utilizando el MS Excel 2010, gracias a ello se ha podido determinar y dar posibles respuestas al problema planteado.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Determinar la cantidad y composición de estiércol disponible del ganado porcino en la Granja Mocupe, para nuestro diseño

El ganado porcino produce el 8% de su peso vivo diariamente en estiércol y Orina, según Mario Mendoza, Consultor/Capacitador GANYTEC S.C.

En nuestro análisis consideramos el 6% de producción de estiércol según el peso de ganado porcino y un 2% en la producción de orín de ganado.

Tabla 6. Producción de estiércol de ganado Porcino al día.

Ganado Porcino	Cantidad	Producción de estiércol (Kg/día)
Cerdo	1	2,25

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar las características del estiércol de cerdo, para ser utilizado en la producción de Biogás, se ha recurrido a la información que aparece en la revista SEPAR ESTIERCOLES – 2004:

Tabla 7: Composición Química del Estiércol del Cerdo

Especie Animal	Materia Seca %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	SO ₄ %
Cerdo (f)	14	0,60	0,03	0,18	0,55	0,18	0,10

(f) Fresco (s) Seco

Fuente: SEPAR, 2004. Boletín Estiércoles

Así mismo para poder contrastar lo antes indicado se ha realizado análisis de laboratorio, tomando una muestra del estiércol de cerdo de la Granja Mocupe.

Tabla 8: Resultados de análisis del estiércol del Cerdo de la Granja Mocupe

Tipo de Estiércol	Código de laboratorio	PH	C.E. Ms/cm	M.O. %	N %	P %	K %	Ca O %	% de Humedad
Estiércol de Cerdo	OS001-SAAD-18	7,25 ± 1.0	9,20	51,37 ± 3,0	1,46	0,11	0,15	16,28 ± 2,0

Fuente: Servicios de Análisis y Asesoría DELTAS S.R.L

Considerando que el PH neutro (6,25 – 8,25) es el mejor para una fermentación optima en un Biodigestor, la muestra reflejó un PH de 7,25, el cual está dentro de los parámetros de neutralidad adecuados (ni muy acido, ni muy alcalino).

La humedad de 16,28%, nos indica que existen excelentes condiciones para la generación de bacterias que contribuyen con el proceso de fermentación requiriéndose menos volumen de agua que en otras realidades (Ecuador, Chile).

En relación al nitrógeno este es mejor aprovechado cuando es procesado para biogás, ya que en su forma natural y expuesto al medio ambiente pierde un 50% de sus propiedades (NH₄).

El porcentaje de materia orgánica es del 51,37%, lo cual es apropiado para la obtención del metano y anhídrido carbónico. (Ya que las muestras contienen un 29,3% de carbono, tal como se deduce el porcentaje total de Materia Orgánica.

Tabla 9: Materia prima disponible (estiércol de Cerdo)

	UNIDAD	AÑO 2018
% Recolectado en corral	%	100
Producción de estiércol total	kg/día/Total	9
Días en 1 año	Días/Año	365
Producción de estiércol en 1 año	kg/Año	3285
Producción de estiércol en Tonelada /año	Ton /Año	3,2
Volumen del agua relación 1:2	m3/Año	6,4

Fuente: Elaboración Propia

4.2. Determinar la Máxima Demanda y Consumo de Energía Eléctrica de la Granja Mocupe

La Máxima Demanda y el Consumo de Energía Eléctrica de la Granja Mocupe son:

Tabla 10. Consumo de energía.

Electrodomésticos	Potencia Instalada (W)	Consumo 1° Hora	Consumo 2° Hora	Consumo 3° Hora
Mañana				
Bomba de agua 1/2 HP	440	440 W/h	440 W/h	0 W
Radio	50	50 W/h	50 W/h	0 W
Total - 1	490 W	490 W/h	490 W/h	0 W/h
Noche				
TV LCD 21	115	115 W/h	115 W/h	115 W/h
Foco 3 x 60 W	180	180 W/h	180 W/h	180 W/h
Foco de 4 x 40 W	160	160 W/h	160 W/h	160 W/h

Total - 2	455 W	455 W/h	455 W/h	455 W/h
TOTAL	945 W	2345 W/h		

Fuente: Elaboración propia.

En Anexo 6 se aprecia el Diagrama de Carga Diario

Tabla 11. Energía eléctrica consumida durante el día

Energía Consumida Durante al Día	
Horas (h)	Consumida (W/h)
1° Hora (Mañana)	490
2° Hora (Mañana)	490
1° Hora (Noche)	455
2° Hora (Noche)	455
3° Hora (Noche)	455
Total	2345

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro anterior podemos apreciar lo siguiente:

Potencia Instalada: 945 W

Máxima Demanda: 472,5 W

Energía Consumida en un día: 2345 W-h

4.3. Diseño del Biodigestor y selección del generador de energía eléctrica de acuerdo al espacio geográfico y las condiciones climáticas óptimas

El biodigestor será tipo tubular o taiwanés, debido a su bajo costo, ideal para las zonas rurales donde la generación de biogás se necesite continuamente o diariamente para generar energía eléctrica.

Este biodigestor requiere un mantenimiento que el mismo agricultor pueda asumir diariamente y mensualmente. Este tipo de biodigestor permitirá una mayor digestión en poco tiempo debido al área (forma cilíndrica).

4.3.1. Diseño del Biodigestor

Producción diaria de estiércol (P_e), ver tabla. 7:

$$P_e = \frac{\text{Numero de Kg}}{\text{estiercol dia}} \dots \dots \dots \mathbf{E} \quad \mathbf{1}$$

$$P_e = \frac{480}{2,25} = 213,33 \frac{\text{Kg}}{\text{estiercol dia}}$$

El tiempo de retención está entre 10 y 30 días (Kiely, 1999), cuanto mayor es la temperatura de operación menor es el tiempo de retención. Teniendo en cuenta las condiciones de temperatura ambiente en la zona, se toma de referencia 15 días.

Tiempo de retención (T_r):

$$T_r = \text{Numero de dias de fermentacion} \dots \dots \dots \mathbf{E} \quad \mathbf{3}$$

$$T_r = 15 \text{ días}$$

El ganado porcino produce diariamente unos residuos de excrementos de 10 a 40 Kg/animal (Grundy, 1980).

Producción de estiércol promedio diario (P_e):

$$P_e = \frac{P_e}{N^\circ \text{ de gando porcino}} \dots \dots \dots \mathbf{E} \quad \mathbf{2}$$

$$P_e = \frac{213,33\text{kg}}{4}$$

$$P_e = 53,33 \frac{\text{Kg}}{\text{estiercol dia}}$$

Las explotaciones ganaderas en la zona son de carácter extensivo (según las hectáreas que poseen los agricultores INEI), por lo que no se puede usar toda la producción de excrementos al estar desperdigados por la finca. Teniendo en cuenta el tiempo que pasaran los animales en el corral (aproximadamente 6 horas).

Para calcular el porcentaje de utilización del excremento del ganado porcino se realizara la siguiente proporción:

$$\begin{array}{lcl} 24 \text{ horas al día} & \longrightarrow & 100\% \text{ (excremento)} \\ 6 \text{ horas al día (corral)} & \longrightarrow & Y \text{ (excremento)} \end{array}$$

$$Y = \frac{6 \text{ h} * 100\%}{24 \text{ h}} \dots \dots \dots \mathbf{E} \quad \mathbf{3}$$

$$Y = 25\%$$

Solo se utilizara el 25% del total de estiércol generado durante el día a día, restando a este porcentaje un pérdidas (P_d) del 7.5% que se puedan generar al

recolectar el estiércol en el corral. Se tendrá un 17.5% de estiércol para el aprovechamiento en la producción de biogás.

Producción diaria utilizable de estiércol (P_e):

$$P_e = (Y - P_d) * P_e \dots \dots \dots \mathbf{E} \quad \mathbf{4}$$

$$P_e = (25 - 7.5)\% * 213,22 \frac{\text{Kg}}{\text{estiercol dia}}$$

$$P_e = 37,31 \frac{\text{Kg}}{\text{estiercol dia}}$$

(Kiely, 1999); como los excrementos tienen un promedio de 15 a 20 % de materia seca (S_e) (Botero y Preston, 1987), en la práctica hay que diluir los excrementos en una proporción de 1:2 (2 partes de agua por cada una de excrementos).

Agua para la dilución (Ad):

$$Ad = P_e * \text{proporcion de agua} \dots \dots \dots \mathbf{E} \quad \mathbf{5}$$

$$Ad = \frac{37,31 * 2 \text{ kg}}{\text{agua dia}}$$

$$Ad = 74,62 \frac{\text{Kg}}{\text{agua dia}}$$

Carga de entrada al biodigestor (agua + excrementos) (C_e):

$$C_e = Ad + P_e \dots \dots \dots \mathbf{E} \quad \mathbf{6}$$

$$C_e = 74,62 \frac{\text{Kg}}{\text{agua dia}} + 37,31 \frac{\text{Kg}}{\text{estiercol dia}}$$

$$C_e = 111,93 \frac{\text{kg entrada}}{\text{dia}}$$

Materia seca en el estiércol (M_s):

$$M_s = P_e * S_e \dots \dots \dots \mathbf{E} \quad \mathbf{7}$$

$$M_s = 37,31 \quad 20\% \frac{\text{kg solidos}}{\text{dia}}$$

$$M_s = 7,46 \frac{\text{kg solidos}}{\text{dia}}$$

Carga de sólidos volátiles diarios (C_s):

Por referencias bibliográficas consideramos 75 % de solidos volátiles (S_v).

$$C_s = M_s \quad S_v \dots \dots \dots \mathbf{E} \quad \mathbf{8}$$

$$C_s = 7,46 \quad 75\% \frac{\text{kg solidos volatiles}}{\text{dia}}$$

$$C_s = 5,59 \frac{\text{kg solidos volatiles}}{\text{dia}}$$

Porcentaje de sólidos volátiles en la entrada al biodigestor (P_s):

$$P_s = \frac{C_s}{C_e} \dots \dots \dots \mathbf{E} \quad \mathbf{9}$$

$$P_s = \frac{5,59 \frac{\text{kg sólidos volátiles}}{\text{día}}}{111,93 \frac{\text{kg entrada}}{\text{día}}}$$

$$P_s = 5 \% \frac{\text{kg sólidos volátiles}}{\text{día}}$$

Volumen diario del afluente será (V_{da}):

Según (Kiely, 1999) la densidad del estiércol húmedo es de 1016 kg/m³, la densidad del agua es de 1000 kg/m³, entonces:

$$V_{da} = \frac{\frac{A}{d} \frac{1}{d} \frac{1}{a}}{P_e \text{ densidad del estiércol húmedo}} \dots\dots\dots E \quad \mathbf{1}$$

$$V_{da} = \frac{\frac{74,62}{1000} \frac{m^3}{d}}{\frac{37,31}{1016}}$$

$$V_{da} = 2,03 \frac{m^3}{\text{día}}$$

Se recuerda que la proporción está en 1/4.

$$\text{Estiércol diario} = 1K$$

$$\text{Agua diaria} = 4K$$

$$1K + 4K = 2,03 \text{ m}^3$$

$$K = 0,41 \text{ m}^3$$

$$\text{Estiércol diario} = 0,41 \text{ }] \text{ } 0,4 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua diaria} = 1,62 \text{ }] \text{ } 1,6 \text{ m}^3$$

Por lo tanto el volumen que necesitara el biodigestor es (V_b):

$$V_b = V_d \cdot T_r \dots \dots \dots \mathbf{E} \quad \mathbf{1}$$

$$V_b = 2,03 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \cdot 15 \text{ días}$$

$$V_b = 30,45 \text{ m}^3$$

Las referencias bibliográficas indican que los valores típicos de la carga de solidos volátiles por día y m^3 (C_s), son 0,2 - 3 Kg SV/d/ m^3 (Kiely, 1999).

$$C_s = \frac{C_s}{V_b} \dots \dots \dots \mathbf{E} \quad \mathbf{1}$$

$$C_s = \frac{5,59 \frac{\text{kg solidos volatiles}}{\text{día}}}{30,45 \text{ m}^3}$$

$$C_s = 0,18 \frac{\text{kg solidos volatiles}}{\text{día m}^3}$$

Corresponde con los valores típicos.

Se implementara una fosa de 8 m de largo, 1,5 m de profundidad; 2 m de ancho en superficie, la bolsa del biodigestor dejando aproximadamente un 15 - 20 % del espacio para almacenar el gas.

El tamaño estándar de la bolsa que utilizaremos es de 2 m de diámetro, debido al área extra que es generada por las conexiones con PVC que se realiza en los extremos del biodigestor. Por lo tanto:

Tamaño del biodigestor (T_b):

$$T_b = \left(\frac{D}{2}\right)^2 L \dots\dots\dots \mathbf{E} \quad \mathbf{1}$$

$$T_b = \left(\frac{2}{2}\right)^2 10 \text{ m}^3$$

$$T_b = 31,4 \text{ m}^3$$

Almacenaje de biogás (A_b):

$$A_b = T_b - V_b \dots\dots\dots \mathbf{E} \quad \mathbf{1}$$

$$A_b = (31,4 - 30,45) \text{ m}^3$$

$$A_b = 0,95 \text{ m}^3$$

Aproximadamente un 15 % del volumen del biodigestor tipo tubular será para el almacenaje de biogás.

La producción de biogás está entre 0,5 y 1,5 m^3 gas por Kg de sólido volátil (SV) eliminado (Kiely, 1999), siendo mayor cuanto más alta es la temperatura de digestión, teniendo en cuenta ese dato, estimamos una producción de 2 m^3 biogás/ kg solidos volátiles eliminado.

Producción de biogás en el biodigestor (P_b):

$$P_b = C_s \cdot 2 \frac{\text{m}^3 \text{ biogas}}{\text{kg solidos volatiles elim}} \dots \dots \dots \mathbf{E} \quad \mathbf{1}$$

$$P_b = 5,59 \frac{\text{kg solidos volatiles elim}}{15 \text{ días}} \cdot 2 \frac{\text{m}^3 \text{ biogas}}{\text{kg solidos volatiles elim}}$$

$$P_b = 0,75 \frac{\text{m}^3 \text{ biogas}}{\text{día}}$$

Se puede apreciar que la capacidad para almacenar biogás en el biodigestor es de $0,95 \text{ m}^3$ y el biogás producido es de $0,75 \text{ m}^3$, lo cual demuestra que la capacidad para almacenaje de biogás será estable sin sobrepresiones que se puedan generar.

1 m^3 de biogás equivale a $0,5 \text{ Kg}$ de gas GLP o a $0,75 \text{ L}$ de gasolina o a más de 2 Kg de leña. Fuente (promoenergia).

$$1 \text{ m}^3 \text{ de Biogás} = 0,5 \text{ m}^3 \text{ GLP} = 5 \text{ kW} - \text{h}$$

$$0,75 \text{ m}^3 \text{ de Biogás/día} = 0,375 \text{ m}^3 \text{ GLP/día} = 3,75 \text{ kW} - \text{h/día de energía generada}$$

La energía generada para aprovecharla durante el día es de 3750 W durante 1 hora (si es que la utilizamos toda la energía durante una hora), lo cual se dividirá generando 500 W durante $7,5$ horas durante el día, mediante un generador eléctrico de 500 W/h .

COMPONENTES DEL BIODIGESTOR

Sistema Biobolsa

Los biodigestores Sistema Biobolsa está disponible en 11 tamaños: 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 30 y 40 metros cúbicos de capacidad en su fase líquida.

En nuestro diseño utilizaremos según los cálculos realizados una biobolsa de polietileno tubular transparente de 30 m³ de la marca sistemabiobolsa modelo BB6 (**ver Anexo 1**), que normalmente contienen filtro ultravioleta (UV) que ayuda a prolongar la vida del plástico cuando se expone totalmente al sol, 10 metros de longitud para la mezcla de estiércol y agua, 1 metro para el acoplamiento (abrazadera) del tubo PVC de entrada de fluente y 1 metro para la salida del mismo. Es deseable que el biodigestor este aislado, una medida acertada seria la construcción de una base con ladrillo (21 cm x 7 cm x 6,5 cm, altura de 20 cm) al contorno del biodigestor para prevenir el enfriamiento a causa de los vientos y las posibles rotaciones que pueda tener la biobolsa.

Figura 16. Biobolsa



Fuente: www.sistemabiobolsa.com

Tubo de entrada

Tubo de PVC de 6" de diámetro PAVCO, debe usarse para la admisión de desechos y debe sumergirse en los residuos al menos a 15 cm de profundidad, lo que previene el escape del metano se utilizara 1 metro. Es necesario colocar un pozo para evitar la llegada a la entrada de material celulitico, piedras, porque podrían obturar la boca de entrada o dañar la bolsa de plástico si finalmente entran en el biodigestor.

Tubo del Salida

El diámetro del tubo debe ser de 4", de material PVC Pavco. Se sitúa más bajo que el tubo de entrada, en el lado opuesto del digestor.

El tubo de salida también debe estar sumergido a 15 cm de profundidad en el fermentador para prevenir el escape de gas. Se debe mantener el flujo constante.

Tubo para salida de biogás

Este tubo se ubica en la parte de la bolsa de almacenamiento de metano, debe tener 2 pulgadas de diámetro y se usa para transportar el biogás a su lugar de uso, se utilizara tubería pavco de 2"x3m (15 tuberías), esta tubería también se utilizara para el recorrido o la distancia hasta la zona donde se consumirá el biogás (generador eléctrico).

Filtro de biogás

El filtro de biogás está diseñado para quitar cantidades excesivas de ácido sulfhídrico (H_2S) en el biogás, que puede dañar y oxidar equipos y dar mal olor al biogás.

El filtro está compuesto de una tuerca unión que permite acceso al medio filtrante en el interior, y cuenta con espigas en los dos extremos para facilitar la instalación rápida en cualquier parte de la línea (tubería de PVC) de gas, **ver Anexo 5**.

Dispositivo de seguridad

Se utiliza para prevenir la ruptura del fermentador debido a las presiones altas producidas por la digestión anaeróbica de los desechos, denominada también válvula de alivio. Consiste en un bidón de 30 cm de alto con un diámetro de 20 cm, a 10 cm de profundidad estará insertada en el tubo de salida del metano, cuando la presión del digestor es mayor que la del agua, se libera el biogás.

Depósito de almacenamiento del gas

Opcional, en este proyecto no se instala.

Cinta teflón

Se utilizara 3 Cinta teflón Topex (1/2"x10m).

Pegamento para PVC

Se utilizara 1 Pegamento para PVC azul 4 oz Oatey.

Llave de paso principal y secundario y de llegada

La llave principal ira acoplado en el tubo de salida del biogás.

La llave secundaria de paso ira después de haberse generado la derivación a la válvula de alivio, y la de llegada es para la zona de consumo (generador).

También se utilizara:

- ✓ Dos adaptadores de PVC (varón y hembra) 2".
- ✓ Dos arandelas de caucho.
- ✓ Dos plásticos rígidos.

- ✓ Cuatro tiras de goma de neumático.
- ✓ 10 codos de PVC 2".
- ✓ Se utilizara una T de 2" para la conexión a la válvula de alivio del biogás.
- ✓ Abrazaderas metálicas de 3" y 5".

Techo de Polipropileno Flexiforte Rojo

Se utiliza 6 Techo de Polipropileno Flexiforte Rojo 1,2 mm 1,10 x 3.05 m Fibrforte, así como 2 columnas de madera de 4 metros (área de 10cmx10cm) y 2 columnas de madera de 3,5 metros (área de 10cm x10cm). Se utilizara 5 maderas de 3 metros (área 5cmx5cm) de largo para los tijerales del techo así como 2 maderas de 6 metros (área 5cmx5cm) para el contorno del techo. Se necesitara medio ciento de clavos de acero así como 18 metros de cerco metálico.

Generador eléctrico

Se utilizara un Hogar extractor gasolina generador 500 W con alambre de cobre, de la marca Power Value y un Kit de Conversión Gasolina a Gas de baja presión de la marca sistema biobolsa.

Tabla 12.Datos básicos del generador de 500 W

Datos Básicos			
Corriente clasificada:	8A	Lugar del origen:	China (Continental)
Número de Modelo:	ZH950	Marca:	Powervalue
Velocidad:	N/a	Voltaje clasificado:	8A 12 V
Artículo:	Generador de gasolina 500 W	Energía clasificada:	500 W
Potencia de salida nominal (kw):	0.65/0.8	Tipo de la salida:	Monofásico de la CA
Max. potencia (HP/rpm):	2.0/3600	Frecuencia:	50/60Hz
Dimensiones (mm) (largo):	380x315x325	Frecuencia (Hz):	50/60
		Tensión nominal (V):	110/120/220/230/240
		Tipo de motor:	Refrigerado por aire, OHV, tiem...
		Cilindrada (CC):	63
		Tanque Foile (L):	4
		N. W./G.W. (kg):	18/20

Fuente: Genourpower

Interrupidores de protección

Para una potencia generada de 500 W/h y un factor de potencia de 0,98. Utilizaremos un factor de sobredimensionamiento de 1,25 de protección para la corriente.

$$P = V \cdot I \cdot C$$

$$500 \text{ W} = 220 \text{ V} \cdot I \cdot C \quad (0,98)$$

$$I = 2,3$$

$$I(d \text{ ño}) = 2,3 \times 1,25$$

$$I(d \text{ ño}) = 3 \text{ A}$$

Se necesitara un interruptor Termomagnético de 3 A.

Se utilizara un interruptor Termomagnético de 6 A, debido a que está Disponible de 6 A en adelante. Garantizan la protección efectiva de la instalación en un breve lapso de tiempo de solo 0,004 segundos para 10 veces la corriente nominal (curva tipo C), BTDIN - BTcino.

4.4. Realizar la Evaluación Económica de la generación de energía eléctrica producida por el biogás

Para realizar la Evaluación Económica que involucra la Generación de Energía Eléctrica utilizando el Biogás producido por las excretas del cerdo, primero determinamos que involucra la instalación del biodigestor diseñado.

Tabla 13: Metrado y Presupuesto del Biodigestor

METRADO Y PRESUPUESTO			
Item	Componente	Cantidad	Precio Total (S./.)
1.00	SUMINISTRO DE MATERIALES		1677,30
1.01	Sistema Biobolsa	2,0 m de diámetro x 10 m de largo	250,00
1.02	Tubo PVC PAVCO	4" de diámetro x 1 m de largo	7,00
1.03	Tubo PVC PAVCO	6" de diámetro x 1 m de largo	26,00
1.04	Tubo PVC 2" PAVCO	2" de diámetro x 3 m de largo (15 tubos)	142,50
1.05	Abrazaderas	3" y 5"	18,00
1.06	Cinta Teflon Topex	1/2" x 10 m de largo (3 Cintas)	3,00
1.07	Conector Hembra y Conector Macho	2"	4,00
1.08	Pegamento PVC	azul 4 oz Oatey	10,90
1.09	2 Columnas de madera - 1	4 m de alto y área de 10cmx10cm	50,00
1.10	2 Columnas de madera - 2	4 m de alto y área de 10cmx10cm	50,00
1.11	5 Tijerales de madera - 1	3 metros (área 5cmx5cm)	100,00
1.12	2 Tijerales de madera -	6 metros (área 5cmx5cm)	50,00
1.13	Llave Principal, secund. Lleg.	2"	10,00
1.14	10 Codos de PVC	2"	15,00
1.15	1 T de PVC	2"	1,50
1.16	1 T PVC	6" y 4"	16,00
1.17	6 Techo de Polipropileno	1,2mm 1,10x3,05 m	221,40
1.18	Clavos	50 unidades	10,00
1.19	Interruptor termomagnetico 6 A	1	20,00
1.20	Caja para interruptores	1	10,00
1.21	Generador eléctrico 500 W (Gasl.)	1	450,00
1.22	Filtro biogás	1	90,00
1.23	Kit Gas para generador 500 W	1	50,00
1.24	Cerco metálico	18 m x 1 m	72,00
2.00	MANO DE OBRA		335,46
2.01	Mano de Obra	Global	335,46
3.00	TRANSPORTE		134,18
3.01	Transporte	Global	134,18
	COSTO DIRECTO		2146,94

Luego realizamos la Evaluación Económica, para ello utilizamos los siguientes parámetros:

Periodo de Evaluación	10 años
Energía Generada por día	3,75 kW-h/día
Días al año	365 días
Energía Generada por año	1368,75 kW-h/año
Costo de la energía	0,5 S./kW-h
Tasa de interés	12 %

Tabla 14: Flujo del Análisis Económico

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EGRESOS	-2146,944	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
Inversión	-2146,94										
Operación y Mantenimiento		-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
INGRESOS	0	684,375	684,375	684,375	684,375	684,375	684,375	684,375	684,375	684,375	684,375
Ahorro en compra de Energía Eléctrica		684,375	684,375	684,375	684,375	684,375	684,375	684,375	684,375	684,375	684,375
BENEFICIOS NETOS	-2146,944	584,375	584,375	584,375	584,375	584,375	584,375	584,375	584,375	584,375	584,375

Fuente: Elaboración propia

4.4.1. Valor Actual Neto:

El Valor Actual Neto para la tasa de descuento del proyecto es:

$$\text{VAN} = \text{S/. } 1154,91$$

Con lo cual se demuestra que el proyecto es Viable.

4.4.2. Tasa Interna de Retorno:

Para el presente proyecto la Tasa Interna de Retorno es:

$$\text{TIR} = 24 \%$$

La Tasa Interna de Retorno es de 24 % que es mayor al costo del capital del 12%, lo cual va a significar un aumento de la rentabilidad.

4.4.3. Resumen de la evaluación económica

A continuación se presenta un cuadro resumen de valores de los indicadores económicos, la inversión y el ahorro anual del proyecto.

Tabla 15: Resumen de evaluación económica del proyecto

Descripción	Valor
Inversión	S/. 2146,944
Ahorro	S/. 684,375
Valor Actual Neto	S/. 1154,91
Tasa Interna de Retorno	25 %

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

De acuerdo al estudio realizado para el presente proyecto, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

-) La cantidad de estiércol del ganado porcino disponible es de 2,25 kg/día. En cuanto a su composición tiene un PH de 7,25, el cual está dentro de los parámetros de neutralidad adecuados (ni muy ácido, ni muy alcalino), la humedad de 16,28%, nos indica que existen excelentes condiciones para la generación de bacterias que contribuyen con el proceso de fermentación requiriéndose menos volumen de agua que en otras realidades. En relación al nitrógeno este es mejor aprovechado cuando es procesado para biogás, ya que en su forma natural y expuesto al medio ambiente pierde un 50% de sus propiedades (NH_4).
-) La Máxima Demanda y la Energía Eléctrica requerida por la Granja Mocupe es de 472,5 W y de 2345 W-h.
-) El biodigestor será tipo tubular o taiwanés, de la marca sistema biobolsa modelo BB6, tendrá un volumen de 30 m^3 y se instalará en una fosa de 8 m de largo, 1,5 m de profundidad; 2 m de ancho en superficie, siendo la capacidad para almacenar biogás en el biodigestor de $0,95 \text{ m}^3$ y el biogás producido es de $0,75 \text{ m}^3$, así mismo la energía producida es de 3,75 kW-h/día. El generador eléctrico será de una Potencia Instalada de 500 W de la marca Power Value y

un Kit de Conversión Gasolina a Gas de baja presión de la marca sistema biobolsa.

) El presupuesto que involucra la instalación del biodigestor es de S/. 2146,94, produciendo un Ahorro mensual de S/. 684,375, lo cual nos da un VAN de S/. 1154,91 y un TIR de 24 %, con lo cual se demuestra que el proyecto es VIABLE.

) El Sistema Biodigestor resulta más beneficioso que otro sistema de Generación (Fotovoltaico, Eólico), puesto que permitirá que además de producir electricidad, utilizar el excremento de los cerdos para abono y de esta manera no estén disgregados en el campo.

6.2 Recomendaciones

) Es importante dar a conocer la tecnología de sistemas de tratamiento de excretas de ganado porcino, utilizando biodigestores en las comunidades que lo requieran, ya que en la mayoría de nuestro país se conoce muy poco de los beneficios que tiene el tratar adecuadamente las excretas de ganado Porcino.

) El biodigestor debe ser techado con materiales apropiados para impedir la entrada de los rayos ultravioleta del sol que queman el polietileno y disminuyen su vida útil.

) Evitar la caída de objetos que puedan romper la biobolsa

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


Bibliografía

- Diseño e implementación de Biodigestores en comunidades rurales de la parte alta de la subcuenta del río viejo, Jinotega, Nicaragua
- Fundamentos básicos para el diseño de Biodigestores anaeróbicos rurales, Ing. Antonio Guevara vera.
- Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, Diseño de un biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del litoral, Tesis previa a la obtención de Ingeniero Industrial, autor Jorge Jimmy Arce Cabrera.
- Estudio y diseño de un biodigestor para aplicaciones en pequeños ganaderos y lecheros, memoria para obtener el Título de Ingeniero Civil Mecánico, autor Javier Andrés Pérez Medel.
- Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna, Obtención de biogás de estiércol porcino y restos vegetales por fermentación semicontinua, tesis para obtener el Título Profesional de Biólogo Microbiólogo, autor Betty Lucila Cueva Ancalla.
- Diseño, construcción y puesta en operación de un biodigestor anaeróbico continuo para el laboratorio de ingeniería química de la facultad de ciencias químicas de la universidad Veracruzana, tesis para obtener el Título de Ingeniero Química, autor López Mendoza Claudia y López Solís Omar Anthelmo

- “Desarrollo y Medio Ambiente en América Latina y el Caribe. Una visión evolutiva.”. M.O.P.U.
- “Biotecnología para el aprovechamiento de los residuos orgánicos”. Desmond A. Ali, Ph. D. et al.
- “Medio ambiente. Tecnología y sociedad”. Ediciones Universidad de Salamanca. (Gestión y tratamiento de efluentes ganaderos: porcino. Ponencia de Dr. Manuel Bao Iglesias).
- “Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión”. Gerard Kiely.
- “Ganadería y Medio Ambiente. La interrelación ganadería y medio ambiente” Guillermo Bendaña G. (I.D.R. -Instituto de Desarrollo Rural, Unidad de Gestión Ambiental. B.I.D. -Banco Interamericano de Desarrollo.

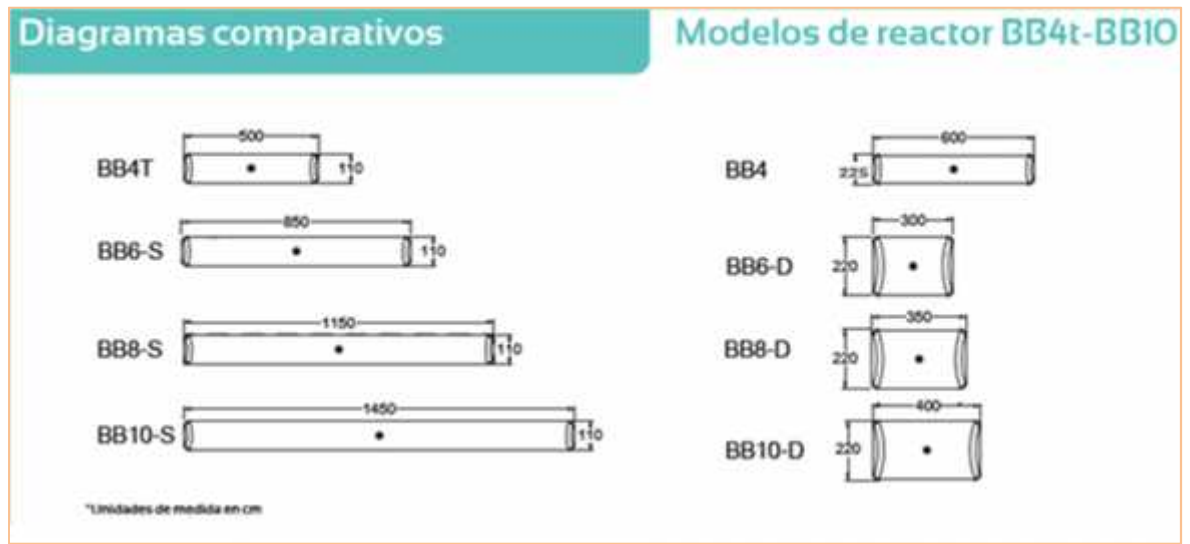
ANEXOS

Anexo 01: Tabla de dimensionamiento.

								
BOVINOS en clima cálido (>23° C)								
Modelo Biobolsa	Sólidos de estiércol (L/día)	Cabezas semi estabulado	Prod. de Biogás (m3/día)*	Prod. de Biogás (horas/día)**	Prod. de Biogás Equiv. en Gas LP (kg/mes)	Con moto-generador (hWh/día)	Prod. de Biol (ha/año)	Prod. de Biol (L/día)
BB4-trop	30	12	1.2	2	14	2.4	4	120
BB4	36	14	1.4	3	17	2.9	5	144
BB6	52	20	2.1	4	25	4.2	7	208
BB8	85	34	3.4	7	41	6.8	12	340
BB10	97	39	3.9	8	47	7.8	14	388
BB12	109	44	4.4	9	52	8.7	15	436
BB14	125	50	5.0	10	60	10.0	17	499
BB16	170	68	6.8	14	82	13.6	24	680
BB20	194	78	7.8	16	93	15.5	27	776
BB25	219	88	8.8	18	105	17.5	31	876
BB30	267	107	10.7	21	128	21.4	37	1068
BB40	364	146	14.6	29	175	29.1	51	1456
BB50	437	175	17.5	35	210	35.0	61	1748
BB60	534	214	21.4	43	256	42.7	75	2136
BB80	729	292	29.2	58	350	58.3	102	2916
BB120	1093	437	43.7	87	525	87.4	153	4372
BB160	1457	583	58.3	117	699	116.6	204	5828
BB200	1821	728	72.8	146	874	145.7	255	7284

Fuente: www.sistemabiobolsa.com






Anexo 02. Modelo de reactores.



Fuente: www.sistemabiobolsa.com

Anexo 03: Características del sistema biobolsa.

Características del Sistema Biobolsa®

- **Durabilidad:** El reactor, también llamado Biobolsa, está fabricado en geomembrana de polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) de 1 y 1.5 mm de espesor. Las tuberías de alimentación y descarga, así como los componentes clave son manufacturados en PVC hidráulico y sanitario.
La selección de materiales está pensada para ofrecer al Sistema Biobolsa® una larga vida útil en las condiciones rudas del campo. Con los cuidados adecuados, la geomembrana puede llegar a tener una duración superior a los 35 años en contacto directo con los rayos UV.
- **Pre-fabricado:** Todos los componentes que conforman el sistema se encuentran pre-armados para optimizar el empaque y transportación y una fácil instalación. La manufactura se hace en serie bajo altos estándares de calidad.
- **Variedad en tamaños:** Nuestro catálogo ofrece 11 tamaños base de reactores, con capacidad de operar desde 4 m³ hasta 40 m³ de en fase líquida.
- **Modular:** Los reactores están diseñados para conectarse entre sí, con el fin de aumentar la capacidad de volumen de tratamiento. Con esta característica aumenta la capacidad de 50 m³ a 200 m³ en fase líquida. El Sistema Biobolsa® se adapta a un amplio número de escenarios, permitiendo expandir el sistema de acuerdo al ritmo de crecimiento en la demanda del usuario.
- **Fácil operación y mantenimiento:** La rutina de operación y mantenimiento de Sistema Biobolsa® no debe representar más gasto que los beneficios brindados por la tecnología. Cualquier miembro de la familia o trabajador puede realizar estas actividades. Fácil y rápida alimentación, agitación rápida y efectiva, muy poco mantenimiento periódico y mantenimiento de largo plazo económico, son características que diferencian a Sistema Biobolsa del mercado.

Fuente: www.sistemabiobolsa.com

Anexo 04. Aplicaciones.

Aplicaciones

Sistema

El sistema está diseñado principalmente para viviendas con ganado de traspatio, pequeñas o medianas unidades de producción pecuaria, rastros, centros comunitarios rurales, etc.

El biogás y el biol son los dos principales productos resultantes del proceso de digestión anaerobia llevada a cabo dentro del reactor del Sistema Biobolsa®.

Biogás

Las aplicaciones del biogás dependen del tamaño del reactor y en consecuencia de su capacidad para producirlo. Los usos más comunes son:

- Para cocinar en escala familiar
- Para calentar agua para usos productivos o para el baño
- Industrialización de productos agropecuarios a pequeña escala; por ejemplo, quesos, yogurt, frutos en almibar, chiles en vinagre, etc.
- Para generar energía eléctrica y mecánica, mediante la adaptación de motores de pequeña escala (hasta 10 kw) para bombear agua, crear vacío para ordeñar, picar alimento, etc.

Biol

El Biol es un abono orgánico líquido que se origina a partir de la descomposición de materiales orgánicos, como estiércoles de animales, plantas verdes, frutos, entre otros, en ausencia de oxígeno. Es una especie de vida (bio), muy fértil (fertilizante), rentable ecológicamente y económicamente. Contiene nutrientes que son asimilados fácilmente por las plantas haciéndolas más vigorosas y resistentes. La técnica empleada para obtener biol es a través de biodigestores. (INIA, 2008).

Fuente: www.sistemabiobolsa.com

Anexo 05: Filtro de biogás.



El filtro de biogás está diseñado para quitar cantidades excesivas de ácido sulfhídrico (H_2S) en el biogás, que puede dañar y oxidar equipos y dar mal olor al biogás.

El filtro está compuesto de una tuerca unión que permite acceso al medio filtrante en el interior, y cuenta con espigas en los dos extremos para facilitar la instalación rápida en cualquier parte de la línea de gas.

Para más información sobre mantenimiento consultar el Manual de Usuario disponible en: www.sistemabiobolsa.com



Consideraciones:

- El tiempo promedio de cambio del material filtrante es de un mes, entonces es importante que se ubique en un lugar accesible.
- Es conveniente instalar todos los componentes del sistema de biogás en el mismo lugar (la válvula de alivio de presión y el filtro de biogás). El filtro debe ser instalado con alguna pendiente para que no se acumule agua en su interior.

Paso 1: Identificar donde se va a instalar el filtro.

Paso 2: Hacer un corte en la línea de gas.

Paso 3: Insertar las espigas del filtro de biogás adentro de los dos extremos del corte, confirmando que las abrazaderas están en la manguera antes de insertar las espiga para posterior fijación de la misma

Paso 4: Confirmar que el tuerca unión del filtro se encuentra bien cerrada.

Fuente: www.sistemabiobolsa.com

Anexo 06: Diagrama de Carga Diario



Anexo 07. Planos

Plano de Ubicación del Biodigestor (PU - 01).

Planos de instalación del biodigestor (I - 01).

Plano biodigestor tipo tubular o taiwanés (B - 01).

Plano biodigestor instalado (BI - 01).