



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE PRODUCIR BIOGÁS CON RESIDUOS
ORGÁNICOS GANADEROS PARA SATISFACER LA DEMANDA
ENERGÉTICA, CASERÍO EL TAMBO, MOTUPE 2016”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

AUTOR:

RONALD EDINSON CHONLÓN VELICOSO

ASESOR:

Dr. RICARDO RODRÍGUEZ PAREDES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

GENERACIÓN DE ENERGÍA

LAMBAYEQUE, PERÚ

2016

PÁGINA DEL JURADO

.....
ALUMNO: RONALD EDINSON CHONLÓN VELICOSO

Presentada a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la
Universidad Cesar Vallejo – Chiclayo para optar por el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico Electricista

.....
ING.

PRESIDENTE

.....
ING.

SECRETARIO

.....
ING.

VOCAL

DEDICATORIA

Eternamente estar agradecido con Dios por todos los días de vida que me da por guiarme en mi camino para seguir mejorando día a día, por darme fuerzas para ser una mejor persona capaz de lograr grandes éxitos.

Esta tesis se las dedico a mis padres que me dan fuerzas para salir adelante día a día con superación.

A mi madre Angélica Velicoso Calderón quien siempre está conmigo en las buenas y en las malas aconsejándome para ser una mejor persona cada día.

A mi padre Oscar Chonlón Pérez quien con sus palabras me alienta a ser alguien de progreso.

AGRADECIMIENTO

Siempre agradeciéndole a Dios por todos los días de vida que me da por guiarme en mi camino para seguir adelante día a día, por darme fuerzas para ser una mejor persona capaz de lograr grandes éxitos.

Un agradecimiento a mi centro de estudio Universidad Cesar Vallejo por brindarme los profesores adecuados para culminar mi carrera con éxitos, a mis profesores por brindarme todo su conocimiento para terminar con éxitos mi carrera profesional.

A mi asesor de tesis el Dr. Rodríguez Paredes por guiarme en el transcurso del tiempo de duración de mi tesis para que sea lo más completo y con la mayor fiabilidad que una tesis se merece.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo CHONLÓN VELICOSO RONALD EDINSON identificado con DNI N° 46506701, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la **Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica**, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la **Universidad César Vallejo**.

Chiclayo, Diciembre del 2016

.....
CHONLÓN VELICOSO RONALD EDINSON

DNI: 46506701

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grado y Título de la Universidad César Vallejo presento antes ustedes la Tesis titulada **“Estudio de factibilidad de producir biogás con residuos orgánicos ganaderos para satisfacer la demanda energética, Caserío El Tambo, Motupe 2016”**

La misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Mecánico Eléctrico

El Autor

CHONLÓN VELICOSO RONALD EDINSON

INDICÉ

PÁGINA DEL JURADO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN	vi
INDICÉ	vii
INDICÉ DE FIGURAS	x
INDICÉ DE TABLAS	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN	14
1.1 Realidad Problemática.....	14
1.1.1 Realidad problemática internacional	14
1.1.2 Realidad problemática nacional	15
1.1.3 Realidad problemática local	17
1.2 Trabajos previos.....	18
1.2.1 A nivel internacional	18
1.2.2 A nivel nacional	21
1.2.3 A nivel local.....	24
1.3 Teorías relacionadas al tema	27
1.3.1 Demanda energética.....	28
1.3.2 Energía renovable.....	29
1.3.3 Biogás	31
1.3.4 Ventajas y beneficios en la producción de biogás.....	32
1.3.5 Fundamentos de la tecnología para la producción de biogás	33
1.3.6 Producción de biogás utilizando varios tipos de biodigestores.....	40
1.3.7 Etapas en el proceso de biodigestor anaeróbica.....	45
1.3.8 Parámetros físicos - químicos a considerar en el proceso de biodigestión. 48	
1.3.9 Valor de pH	50
1.3.10 Materiales tóxicos (M.T _x).....	51

1.3.11	Contenido de sólidos totales (S.T.).....	52
1.3.12	Balance de Materia y Energía en un proceso de Biodigestión	52
1.4	Formulación del problema	68
1.5	Justificación del estudio	68
1.5.1	Justificación técnica	68
1.5.2	Justificación económica	68
1.5.4	Justificación ambiental	69
1.6	Hipótesis	70
1.7	Objetivos	70
1.7.1	Objetivo general.....	70
1.7.2	Objetivo específicos	70
II.	METODO.....	70
2.1	Diseño de investigación	70
2.1.1	Tipo descriptiva.....	71
2.1.2	Tipo propositiva.....	71
2.1.3	No experimental	71
2.2	Variables de Operacionalización	72
2.2.1	Variable independiente.....	72
2.2.2	Variable dependiente	72
2.3	Población y muestra	74
2.3.1	Población	74
2.3.2	Muestra	74
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	74
2.4.1	Técnicas.....	74
2.4.2	Instrumentos de recolección de datos	75
2.4.3	Validez y confiabilidad de los instrumentos	75
2.5	Métodos de análisis de datos	76
2.5.1	Aspectos éticos	76
2.5.2	Aspectos ambientales	76
III.	RESULTADOS	77
3.1	Diagnosticar la demanda de energía eléctrica	77
3.2	Calcular el balance de materia y energía para la producción.	81
3.3	Determinar las dimensiones del biodigestor.....	86
3.4	Establecer la factibilidad económica de la generación	93

IV. DISCUSIÓN	97
V. CONCLUSIÓN	97
VI. RECOMENDACIONES.....	98
VII. REFERENCIAS	99

INDICÉ DE FIGURAS

Figura 1 Proyeccion del consumo final de energía.....	16
Figura 2 Proyección de la máxima demanda 2014-2025	29
Figura 3 Reactor de mezcla completa (RMC) sin recirculación.....	34
Figura 4 Reactor de mezcla completa (RMC) con recirculación	35
Figura 5 Digestor de flujo piston	36
Figura 6 Filtro anaerobico	37
Figura 7 Lecho fluidizado	38
Figura 8 Reactor de lecho de lodo granular (UASB)	39
Figura 9 Pozo séptico.....	42
Figura 10 Biodigestor de campana flotante	42
Figura 11 Biodigestor de campana fija	43
Figura 12 Biodigestor de plástico de bajo costo	44
Figura 13 Biodigestor tipo industrial.....	45
Figura 14 Proceso bioquimico.....	48
Figura 15 Digestion anaerobia	48
Figura 16 Balance de materia en un digestor	53
Figura 17 Balance de materia en un digestor	59
Figura 18 Evolución demográfica del Caserío.....	78
Figura 19 Demanda energética.....	80
Figura 20 Esquema referen.....	86
Figura 21 Grupo electrógeno.....	92

INDICÉ DE TABLAS

Tabla 1 Comparación de impacto ambiental	31
Tabla 2 Composición aproximada del biogás	32
Tabla 3 Caracterización química de la excreta de ganado vacuno	40
Tabla 4 Rangos de temperatura y tiempo de fermentación.....	50
Tabla 5 Rangos de valores de pH en la generación de biogás.....	51
Tabla 6 Crecimiento demográfico del caserío El Tambo	77
Tabla 7 Valores de la producción promedio diario de excretas de vacunos	81
Tabla 8 Valores de la producción promedio diario de excretas del Caserío.....	82
Tabla 9 Presupuesto del proyecto.....	93
Tabla 10 Presupuesto de diseño y montaje.....	94
Tabla 11 Detalle de ingresos y egresos.....	94
Tabla 12 Detalle de flujode caja.....	95
Tabla 13 Valor total de la inversión con el flujo de la caja por año.....	95
Tabla 14 Detalle del V.A.N y T.I.R.....	96

RESUMEN

Con la actual investigación de tesis que lleva por nombre: “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE PRODUCIR BIOGÁS CON RESIDUOS ORGÁNICOS GANADEROS PARA SATISFACER LA DEMANDA ENERGÉTICA, CASERÍO EL TAMBO, MOTUPE 2016”, pretende establecer el uso de energías renovables en nuestro país dando uso de nuestra materia prima que disponemos en nuestro ámbito que nos rodea, sin perjudicar nuestro medio ambiente.

Se determina buscar la viabilidad técnica y económica en el Caserío El Tambo ubicada en el distrito Motupe, ya que este Caserío se dedicada a la crianza de ganado vacuno, entre otros animales, es por ello que este mencionado proyecto tiene por finalidad proponer un estudio de producir biogás y usarlo como combustible para el funcionamiento de grupo electrógeno, ya que no cuentan con energía eléctrica.

Para el desarrollo del tema, se analiza profundamente los cálculos necesarios a tener en cuenta, donde se parte de lo ordinario a lo específico, obteniendo toda la información necesaria del campo mismo, para el estudio correspondiente se utilizó investigaciones recientes de acuerdo con el tema referido.

En base a optimizar la eficacia de existencia de los habitantes permite observar un resultado favorable, tomando como referencia las encuestas del mismo campo y los estudios realizados, resaltando una de las aclaraciones más significativas es preservar un consumo adecuado de energía eléctrica en dicho Caserío.

PALABRAS CLAVES

Biodigestor, excreta de ganado, biogás, grupo electrógeno, generación de energía eléctrica.

ABSTRACT

With the current thesis research that is named: "FEASIBILITY STUDY OF PRODUCING BIOGAS WITH ORGANIC RESIDUES LIVESTOCK TO SATISFY THE ENERGY DEMAND, CASERÍO EL TAMBO, MOTUPE 2016", aims to establish the use of renewable energies in our country giving use of our Raw material that we have in our environment that surrounds us, without harming our environment.

It is determined to look for technical and economic viability in the El Tambo farmhouse located in the Motupe district, as this farm is dedicated to the breeding of cattle, among other animals, that is why this project aims to propose a study of Produce biogas and use it as fuel for the operation of a genset, since they do not have electricity.

For the development of the subject, the necessary calculations to be taken into account are analyzed, where it starts from the ordinary to the specific, obtaining all the necessary information from the field itself, for the corresponding study, recent research was used according to the subject mentioned.

Based on optimizing the existence efficiency of the inhabitants allows to observe a favorable result, taking as a reference the surveys of the same field and the studies carried out, highlighting one of the most significant clarifications is to preserve an adequate consumption of electric energy in said Village.

KEYWORDS

Biodigestor, excreta of cattle, biogas, genset, generation of electrical energy.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

“Es necesario el incremento en las tarifas por los procedimientos empleados para la obtención de energía, como es el asunto del combustible fósil, se ha formado más apreciable la exigencia de sondear mejores opciones” (Martínez, 2009, p. 1).

“Para conseguir absolver las considerables demandas del servicio energético, ya que es vital y de suma envergadura hacia el progreso de la humanidad, lo cual implica el beneficio por convertir los residuos orgánicos en diversas fuentes de energía” (Martínez, 2009, p. 1).

1.1.1 Realidad problemática internacional

“Se habita en un mundo donde todo es consumo de energía, que usa sus recursos energéticos para su deseable comodidad y cuanto más energía se consume para su bienestar, es mejor” (Friedman, 2006, p.1).

La idea de progreso en los países desarrollados la calidad de vida son mayores consumistas, que permite que los países subdesarrollados, ambicionen seguir su modelo. En tanto, la máxima parte de disposición de ofrecimiento de energía primaria, está justificada en petróleo y gas en aproximadamente el 90% en todo el mundo. (Friedman, 2006, p.1)

“La expansión de personas (superpoblación) permite apresurar la sección gigantesca. El tema de los sistemas de consumo energético está involucrado otros temas relacionados con la política y la economía de cada país en todo el mundo” (Friedman, 2006, p. 1).

“A nivel mundial existen problemas energéticos y medioambientales, que se hace presente a través de los ya conocidos combustibles no renovables y el planeta sufre un calentamiento global a causa del efecto invernadero” (Agencia Andalucía de la Energía, 2011, p.10).

El aumento de la obtención de electricidad es constante que crece a una cadencia media del 3 % al año. Aumento la mitad en el 2030 la obtención emanará de los conocimientos que aparecen a partir de antaño, como son las turbinas de gas de ciclo combinado, los procesos de vanguardia del carbón y las diferentes energías renovables de bajo costo. (Weto, sf, p.2)

“Desde 1980 el consumo energético ha aumentado 45%. Para el 2030 está proyectado que sea más alto con un 70%, el 75% representa nuevas presiones en los recursos globales, por los mercados emergentes que son china e india” (Schneider Electric, 2010, p.5).

1.1.2 Realidad problemática nacional

Se tiene la expectativa que a pesar de la ejecución del uso eficiente de la energía para el año 2025 la población en aumento conlleva a un mayor consumo inconciente de la misma, que se eleva en función al progreso de la economía interna. (Ministerio de energía y minas, 2014, p. 3)

“La contribución existente que logra la matriz energética es del 80%, está por encima del uso de los combustibles fósiles que seguirá siendo definitivo en la aportación de hidrocarburos líquidos y gaseosos que representa el 76%” (Ministerio de energía y minas, 2014, p. 3).

Los recursos energéticos que intervendrán en todo el territorio nacional serán: el gas natural, gas licuado de petróleo, electricidad y diésel. Su firme objetivo de desarrollo sostenible en la unificación regional por usar energía limpia que es una

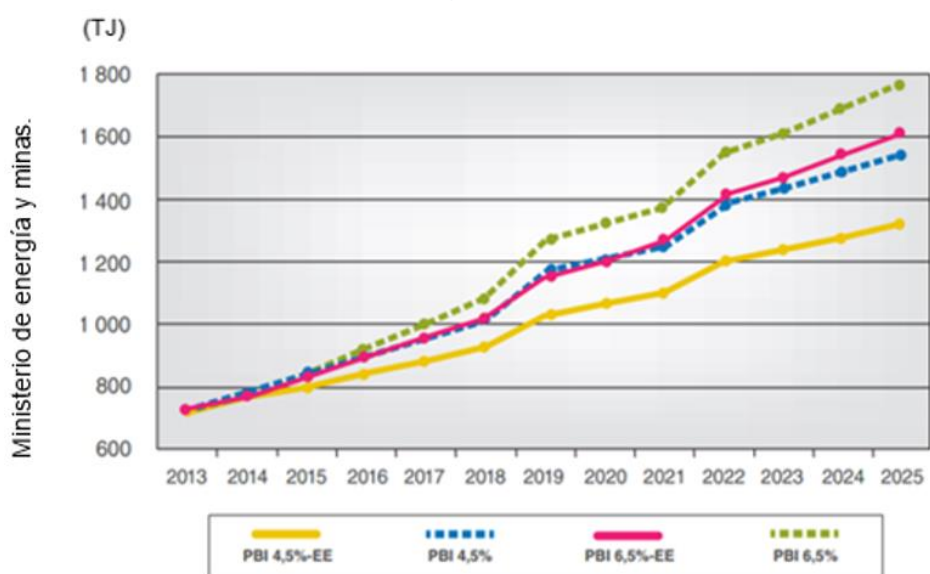
alternativa de solución para el mejoramiento de nuestro planeta tierra. (Ministerio de energía y minas, 2014, p. 3)

En el sector energía, el Perú consignara un significativo acrecentamiento producto del aumento de satisfacer la demanda interna del desarrollo de capital como servicios de calidad y productos a importes de óptimas condiciones en un mercado muy competitivo en las actividades como: el petróleo y sus derivados en su totalidad. (Ministerio de energía y minas, 2014, p. 9)

“La energía final abarca una progresiva utilización que se estima que pase los 800 miles de Tera Joule (TJ), que permanece hasta el momento. En cambio para 2025 aumentará en una demanda de energía que va Aproximadamente entre 1321 a 1612 miles de Tera Joule (TJ)” (Ministerio de energía y minas, 2014, p. 11).

Debido al aumento del producto bruto interno (PBI) los recursos energéticos se aprovechara con tecnologías de generación de energía, a un bajo costo competitivo, donde el más empleado será el gas natural que hará frente a las típicas energías utilizadas como la electricidad, el GLP y diésel. (Ministerio de energía y minas, 2014, p. 11)

Figura 1



Proyección del consumo final de energía con medidas de eficiencia energética.

El constante uso eficiente de la energía obtenida con tecnologías y el uso de las ya conocidas energías renovables comenzaran a surgir un crecimiento puntual con el transcurso del tiempo en nuestro país, que está justificado en teorías sobre el aumento económico, población y adelanto tecnológico. (Ministerio de energía y minas, 2014, p. 11)

El petróleo es empleado para la obtención de energía eléctrica en las centrales térmicas, por ende aumenta los precios significativamente, frente a la necesidad de emplear nuevas elecciones como el uso de residuos orgánicos de ganado vacuno y usarlo como fuente de energía para contribuir con el desarrollo de nuestro país.

1.1.3 Realidad problemática local

Los habitantes de los caseríos aledaños del Distrito de Motupe como es el caso del mencionado caserío el Tambo que no cuenta con energía eléctrica para su bienestar, pese a esto las autoridades locales buscan mejorar su calidad de vida con esfuerzos combinados de gestión para su desarrollo.

Es por ello la motivación de realizar un estudio de factibilidad para producir biogás con residuos orgánicos ganaderos, y usarlo como combustible en el funcionamiento de un grupo electrógeno, que generara la energía necesaria para poder suplir su demanda energética. Dicho sea de paso que en su misma zona cuentan con el ganado suficiente, lo cual se podría usar las excretas como materia prima para la biodigestión.

La demanda del consumo de energía por la mayoría de zonas de expansión de los centros poblados, pueblos jóvenes, asentamientos humanos, empresas de agroindustria, agricultura y otras cargas especiales, se hace cada vez más en el distrito de Motupe, que conlleva a que día a día exista un mayor consumo, y así de alguna manera significa incrementar la contaminación sobre nuestro medio

ambiente, generando alternación con una serie de sustancias que son dañinas para la salud.

Esta situación me ha enfocado a buscar alternativas de solución para el tratamiento de residuos orgánicos de una manera sostenible y adecuar la calidad de vida de los habitantes. Es importante que en el país se necesite tomar decisiones y acciones inmediatas para concientizar a las personas de los beneficios que se puede lograr con los recursos renovables que tenemos en nuestro medio.

1.2 Trabajos previos

1.2.1 A nivel internacional

Siles (2012, pp.199) en su tesis: “Generación de Energía Eléctrica a partir de Producción de Biogás”.

Objetivo:

- Está basado en producir biogás para generación de energía eléctrica producida por los rellenos sanitarios.

Problema:

- Rellenos sanitarios que son un problema para el medio ambiente, por ello se abordan definiciones básicas generales para poder entender y conocer de manera más técnica la definición de residuo y su clasificación respectiva.

Conclusiones:

- Se determinó la composición del biogás, respecto a sus características físicas y químicas de que está compuesto. Este proyecto tenía como propósito la construcción de una planta de biogás en la localidad de Oaxaca (México), accediendo a información de estudios anteriores.

- La investigación sobre la energía eléctrica de su proceso de generación a partir del biogás se dio a través de un análisis de cargas eléctricas de un conjunto de usuarios de la localidad en mención.
- Se estudiaron las consideraciones de factibilidad sobre el proceso, así como sus controles respectivos, como temperatura, presión, nivel, control y seguridad, etc.
- Evaluaron los costos del proyecto y posibles financiamientos para la ejecución respectiva, recolección de datos y trabajos complementarios para el éxito del proyecto.

González (2008, pp. 111) en su tesis: “Análisis de factibilidad de producción de energía eléctrica a partir de biomasa”.

Objetivo:

- La biomasa es una buena elección dentro de las energías renovables que forma parte de las fuentes de energía cuya finalidad brinda diferentes propuestas para su utilización.

Problema:

Para lograr una alternativa rentable frente al problema que se presenta en el metano con un alto índice de contaminación lo cual se origina el efecto invernadero, se busca implementar las centrales de energía con biogás y reaprovechar los desperdicios el ganado agropecuario. Existe la posibilidad de tener una rentabilidad de un 16% que representa una inversión de 1.690.563.260 dólares para generar una potencia eléctrica instalada de 500 Kw, y la otra que tiene una rentabilidad de 57% que representa 4.775.094.899 dólares para generar una potencia superior que equivale a 1.5 Mw.

Se busca en ambas opciones un plan de financiamiento para asegurar principalmente un retorno de la inversión requerida que equivale a un 12%.

- La utilización de biogás se estudia de acuerdo a la factibilidad en la apreciación de dos propuestas. La inicial es la ejecución de una planta generadora de energía eléctrica a partir de biogás con una potencia instalada de 500 kW.
- La segunda propuesta es una planta de mayor tamaño en correspondencia con la anterior, que cuenta con una potencia instalada de 1.5 MW.

Conclusiones:

- Estas centrales de energía están orientadas para ser llevadas a cabo por una granja agropecuaria de gran dimensión o por una agrupación de pequeñas granjas individualmente.
- Para conseguir los objetivos propuestos se debió calcular la disponibilidad de materias primas para la producción de biogás, en donde se logró determinar que la zona con mayor factibilidad de implementar una planta de biogás en dicha región.
- Para la estimación, se consideró que el proyecto sea prudente mostrar dos propuestas de plantas generadoras, las cuales presentan diferentes aspectos para su análisis económico técnico.
- El análisis a partir de estas propuestas, es viable determinar lo positivo de las plantas de biogás producto de la existencia de las materias primas que se requiere.
- El estudio además es un peligro que indica que el proyecto sobrelleva un aumento en los costos directos de obtención, conservando una rentabilidad de carácter muy alto.

1.2.2 A nivel nacional

Cersso y Ortiz (2012, pp. 105) en su tesis: “Estudio de pre factibilidad para la recuperación de energía en la región Ica a través de un sistema de biogás”.

Objetivo:

- Es la obtención de gas-butano es significativo ya que permite conseguir recursos orgánicos en fermentación lo cual amerita que sean lugares sellados donde generan gases naturales provenientes de todos los compuestos que se hallen en los procesos de degradación.

Problema:

- Tratando de encontrar una manera innovadora y dar un buen uso a los desechos orgánicos que se botan como desperdicio a los botaderos de basura, ya que existe un método en la actualidad para obtener gas combustible y esto se efectúa a través del sistema biogás el cual serviría para el uso doméstico.

Conclusiones:

- Nos menciona que es lo que se puede lograr en un proceso para conseguir biogás y esta se ejecuta en cámaras mediante todo sistema de procesos cerrados.
- Se conoce como instalación a una planta de biogás o biodigestor. El metano obtenido puede ser usado para cocinar, iluminar y calentar. También puede ser usado para un motor como combustible, siempre y cuando éste sea ligeramente modificado.
- Tener una planta de proceso de gases del tipo combustible energético de calor es de gran ayuda, porque nos permite la producción de energía renovable esta a su vez se realiza con

desechos orgánicos que después de obtener un compuesto de gas natural sus residuos se transforman en un guano fertilizante con un alto grado de nitrógeno el cual sería muy beneficioso para los trabajos de campo.

Verde (2014, pp. 51) en su tesis: "Producción de Biol a partir de residuos sólidos orgánicos en la empresa prestadora de servicios Lima CILSA S.A".

Objetivo:

- Resalta que en su país la avicultura es una de las actividades económicas con mayor importancia porque satisface las necesidades de alimentación de la población, partiendo de ese punto se podría dar uso al estiércol y así producir biogás.
- El presente estudio planteó el proceso de digestión anaeróbica en biodigestores de una sola carga y el monitoreo de la temperatura y el pH de tres sustratos: estiércol de gallinaza de jaula, rastrojo de maíz y la mezcla de ambas para determinar la calidad del efluente.

Problema:

- En todos los países existe en su totalidad, el consumo de carne de pollo, consecutivamente aumenta lo que equivale directamente al incremento de la producción avícola. Este aumento origina volúmenes grandes de estiércol almacenados en la superficie.
- Generalmente el estiércol de gallina (gallinaza) está rodeado de mayor materia seca y NPK (de nitrógeno 6.11%, de fósforo 5.21% y potasio 3.20%) asimismo con el estiércol de cerdo y vaca, por lo tanto se aprecia que el biol de la fermentación de gallinaza, tendrá mayor contenido de importantes nutrientes y también secundarios para el desarrollo de distintos recolecciones.

Conclusiones:

- En la actualidad hay tecnologías para tratar los residuos agropecuarios (estiércoles de animales) como: lagunas de oxidación, compostaje y biodigestores anaerobios. La última tecnología situada convierte los residuos en productos energéticos como el biogás y el guano fertilizante como el biol y biosol, siendo una opción viable económica y ambiental a la manipulación de estos residuos.
- En el Perú se conocen dos tipos de prácticas sobre el manejo de gallinaza en la granjas de aves de la Empresa San Fernando que utiliza la digestión aerobia del mismo, logrando un producto llamado compost, materia que es de uso extenso en la agricultura de exportación y para la siembra de la papa en la sierra; y el Fundo la Calera que utiliza el proceso de digestión anaerobia, para obtener dos productos: biol para venta como fertilizante líquido orgánico y biogás para generar electricidad.
- La fermentación anaeróbica es un proceso que convierte el estiércol de gallina en un gas combustible eficiente y limpio con un alto porcentaje de metano y un efluente (biol) con alta concentración de nutrientes cuyo uso es como guano fertilizante líquido orgánico debido a su composición de nutrientes fundamental para el crecimiento de la vegetación.
- Este efluente es una alternativa en el uso intensivo de agroquímicos en cultivos hortícolas. También muestra ventajas con la exclusión de agentes patógenos. El tratamiento del estiércol de gallina mediante la fermentación anaeróbica se convertiría en una opción ambiental y económica porque tendría valor agregado a la gestión de manejo de residuos sólidos para los productores avícolas.

1.2.3 A nivel local

Chávez (2008, pp. 145) en su tesis: “Generación de electricidad a partir de las aguas residuales de Chiclayo”.

Objetivo:

La presente investigación representa una opción viable, tanto técnica como económica, que incrementa las posibilidades de desarrollo de la comunidad de San José, al propiciar mejoras en la calidad de vida del poblador de las zonas aledañas a las actuales lagunas de oxidación: un ambiente libre de malos olores, generación de fuentes de trabajo, provisión de agua apta para riego, se evita la contaminación de recursos marinos y se genera electricidad.

Se manifiesta que nuestra sociedad está tomando conciencia progresivamente sobre la necesidad del crecimiento sostenible, que asegura la conservación del medio ambiente; es un complejo pero no imposible restaurar la calidad del agua usada y descargada por las distintas ciudades.

- Caracterizar las aguas residuales ubicadas en la ciudad de Chiclayo.
- Diseñar una planta de proceso anaerobio de las aguas residuales de Chiclayo para generar energía eléctrica.
- Determinar la sostenibilidad ambiental por la implementación de la planta.
- La producción de energía sostenible contribuye al desarrollo de las regiones, así como también, mejora el entorno ambiental y sanitario de las comunidades. Pero no solamente es importante rescatar el cuidado del medio ambiente en cuanto a tratamiento de residuos se refiere, sino también al valor agregado que tiene el

uso de las tecnologías; y al beneficio que traería la implementación de éstas.

Problema:

- Asimismo, se tienen los problemas sanitarios, como la generación de malos olores, la confluencia de enfermedades entre los pobladores aledaños, y el de producir un efluente que, a pesar de no tener las características para el riego de alimentos, es usado para este fin. El agua tratada restante desemboca en el mar, afectando la vida marina, y a su vez a los pobladores del distrito, cuya principal actividad es la pesca artesanal.
- El país atraviesa en los últimos meses otro problema, la deficiencia energética, y al mismo tiempo la necesidad de fuentes de energía limpia, debido a la disminución de las reservas de los recursos no renovables. Frente a esta problemática existe la opción de aprovechar el potencial energético de los residuos por diferentes métodos y de forma económica, para generar energía eléctrica. Existe tecnología adecuada que permite tratar las aguas residuales mediante sistemas anaerobios y así obtener energía renovable. En este contexto se plantea la siguiente interrogante ¿Es posible producir energía eléctrica a partir de fuentes de agua residual de la ciudad de forma sostenible?

Conclusiones:

- El tratamiento es esencial en aguas residuales. En la ciudad de Chiclayo, los residuos líquidos son tratados en lagunas de oxidación que están al aire libre y se encuentran geográficamente ubicadas en el distrito de San José.
- Una de las desventajas que presenta esta tecnología es que carece de un sistema de captación de gases que tienen como resultado la desintegración de la materia orgánica, que se

emanan a la atmósfera favoreciendo al calentamiento global del planeta.

- Para encontrar todos los métodos económicos y prácticos deben ser estimados, en particular los tratamientos biológicos, porque tienen la capacidad de biodegradar los contaminantes compuestos.
- El proceso anaerobio es el más favorable y beneficioso; debido a su capacidad de degradar componentes infecciosos, así como contaminantes orgánicos comunes que se encuentran en las aguas residuales.
- Se tiene en cuenta que es un proceso microbiológico complejo que se realiza en ausencia de oxígeno, donde la materia orgánica es convertida a biomasa y compuestos orgánicos, en su totalidad volátiles.
- Este tratamiento no sólo mejora las condiciones del agua tratada, sino que permite la captación del biogás generado en el proceso.
- Demostrar que es posible la generación sostenible de energía eléctrica partir de las fuentes agua residual de la ciudad de Chiclayo mediante el uso de tecnología anaeróbica.

Huanca y Palacios (2008, pp. 170) en su tesis: “Plan de negocio para la venta, instalación y mantenimiento de biodigestores para el servicio de energía eléctrica y gas para el consumo humano autónomo en el distrito de Pomalca – Chiclayo”,

Objetivo:

- El análisis del sector identificando la necesidad a satisfacer en generar energía eléctrica y gas en el distrito de Pomalca.

- Se obtuvo un plan de marketing que los ayudó a determinar las tácticas para la venta, de biodigestores en cuanto a la instalación y mantenimiento, que conlleva al servicio de energía eléctrica y gas para el consumo autónomo en el distrito de Pomalca,

Problema:

- La investigación se basa en un plan de negocio, dentro del cual el siguiente problema se formuló: ¿La venta, es factible para la instalación y mantenimiento de biodigestores para el servicio de energía eléctrica y gas de consumo humano autónomo en el distrito de Pomalca?

Conclusiones:

- Un estudio técnico se llevó a cabo, que precisó la zona del local y aspectos técnicos del producto y asistencia para la venta, disposición y mantenimiento de biodigestores para el servicio de energía y gas para el consumo independiente en el distrito de Pomalca.
- Se consuma que el comercio de biodigestores para el servicio de energía eléctrica y gas para el consumo humano autónomo es una oportunidad que crea un ahorro económico en el consumo de combustibles al sustituir la energía no renovable por energía renovable.

1.3 Teorías relacionadas al tema

Desde tiempos nacies, se han presentado varias técnicas energéticas: casi todos ellos ponderan cualquier forma de ajuste a la demanda de energía o de medidas de preservación de los recursos, con la esperanza de obviar así las temidas dificultades de suministro de energía. Sin embargo, no parece constar una definición clara de la forma en que podríamos apagar nuestros futuros y previsibles problemas energéticos.

En realidad, una primitiva prueba de precisar con exactitud la demanda de energía y sus interacciones con otros objetivos, como claro ejemplo los financieros, refleja que se trata de un conocimiento sumamente complicado, que aún entendemos mal.

1.3.1 Demanda energética

Es una categoría de medida de la tasa del consumo promedio eléctrico de sus servicios en interrupciones por $\frac{1}{4}$ de hora. En lo habitual, mientras más electrodomésticos se acierten trabajando en el mismo tiempo, mayor será la demanda. En la totalidad de los procesos, las tarifas por demanda se encierran como un componente adicional de la factura de la prestación eléctrica para compañías y mercados comerciales e industrias manufactureras. (Txu Energy, 2016, p 1)

La demanda energética continuará con la tendencia creciente de las dos últimas décadas. Su crecimiento se basará básicamente en el progreso de los recientes proyectos industriales y mineros, y en la factibilidad de las inversiones, así como en la mejora de las ciudades del Perú.

El consumo de energía cambiará de lo que actualmente es 5 800 megavatios (MW) a una magnitud entre 9 500 MW y 12 300 MW que se espera al 2025 según el incremento del PBI de 4,5% y 6,5% correspondientemente, estimados en la matriz energética del Perú. Durante el primer lustro, su incremento tendrá tasas de 6,6%, y luego reducirá en expectativa de diferentes proyectos de inversión.

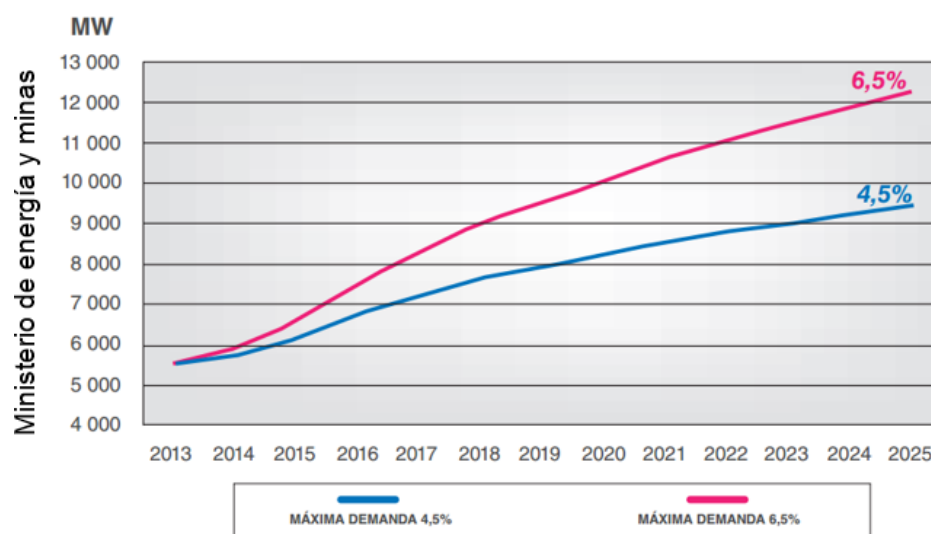
La electricidad en el mercado nacional es bisectorial pues se calcula con dos cuestiones: en el primer lugar que es regulado, pues atiende a más de 6,5 millones, y en el segundo lugar, con 260 compradores de la industria minera.

El consumo de electricidad en el Perú, los niveles actuales son del 91% los cuales lograrán valores cercanos al cien por ciento en los

próximos años, mediante la instalación convencional de redes, en zonas de fácil acceso como son carreteras y ciudades, así como pueden ser sistemas convencionales aislados (sistemas fotovoltaicos off-grid) para las poblaciones alejadas o de difícil acceso.

El aumento asociado de la demanda de energía no será significativa en proporción al desarrollo del mercado, sin embargo, será imprescindible contar con una política energética sostenible para las reformas.

Figura 2



Proyección de la Máxima Demanda 2014-2025

1.3.2 Energía renovable

“La energía según la física es un contenido potencial que tienen los cuerpos para originar calor o trabajo, y se presenta mediante un cambio” (Vela, 2009, p. 6).

Podemos decir que, el esfuerzo, la energía, que hace un individuo al pedalear una motocicleta. Asimismo, podemos decir que la energía es el continuo movimiento de las aguas de un arroyo, o el desprendimiento de calor del carbón cuando se quema. Desde antaño, el hombre ha manipulado las fuentes de energía a su eficacia para obtener calor o algún trabajo que se requiera. (Vela, 2009, p. 6)

“Existen muchas fuentes para producir energía, entre ellas podemos citar, la hidráulica, mini hidráulica (Pequeñas centrales hidroeléctricas), eólica, solar, biomasa, biocarburantes, geotérmica, undimotriz, entre otras” (Vela, 2009, p. 7)

Las distintas fuentes de energía que se encuentran en nuestro medio, las renovables o alternativas son las que se producen de forma perpetua y son ilimitados para la humanidad, aunque que se podría decir que, para fuentes como la biomasa (excreta de ganado vacuno), esto se puede llevar a cabo siempre que los ciclos naturales se respeten.

El sol es el principio de todas las energías renovables, su influencia, como la propagación de calor, induce en la tierra diferentes niveles de presión que dan comienzo a las corrientes de vientos, que constituye a la energía eólica; provoca la evaporación de las aguas del mar, las cuales por el fenómeno de condensación van a dar a los ríos o cascadas y estas a su vez, generan la energía hidráulica. (Vela, 2009, p. 7)

El tema de la producción de energía viene acompañado de la polémica de contaminación ambiental, pues como se sabe la emisión de gases de efecto invernadero (SO, CO, SO₂, CO₂, NO, NO₂) contribuyen al debilitamiento de la atmosfera (capa de ozono), en aumento de la temperatura promedio de la tierra, alteración en los cambios climáticos, entre otras consecuencias. (Pérez, 2008, p. 47)

En la siguiente tabla 1 se muestra la igualación de impacto ambiental que hay en las diferentes formas de producir energía:

Tabla 1

(Emisiones de contaminantes para todo el ciclo de combustible. En toneladas GWh producido)

FUENTE	CO ₂	NOX	SO ₂	PARTICULAS SOLIDAS EN SUSPENSION	CO	HIDROCARBUROS	RESIDUOS NUCLEARES	TOTAL
Carbón	1058,2	2,986	2,971	1,626	0,267	0,102	-	1066,1
Gas natural	(**)824,0	0,251	0,336	1,176	TR(*)	TR	-	825,8
Nuclear	8,6	0,034	0,029	0,003	0,018	0,001	3,641	12,3
Fotovoltaica	5,9	0,008	0,023	0,017	0,003	0,002	-	5,9
Biomasa	0,0	0,614	0,154	0,512	11,361	0,768	-	13,4
Geotérmica	56,8	TR	TR	TR	TR	TR	-	56,8
Eólica	7,4	TR	TR	TR	TR	TR	-	7,4
Solar térmica	3,6	TR	TR	TR	TR	TR	-	3,6
Hidráulica	6,6	TR	TR	TR	TR	TR	-	6,6

US Department of Energy, Council for Renewable Energy Education y Worldwatch Institute

Comparación de impacto ambiental entre las diferentes formas de producir energía

1.3.3 Biogás

“El biogás, se origina en el proceso de fermentación o digestión anaerobia, es decir en ausencia del oxígeno, a través de la putrefacción de la parte orgánica de los residuos que vienen hacer las excretas de ganado” (Constanza y Riveros, 2013, p. 9).

Está compuesto especialmente por el (CH₄) gas metano y (CO₂) dióxido de carbono, asimismo de otros gases en mínimas cantidades, tal como muestra la Tabla 2. Los desechos orgánicos comienzan el tratamiento químico de fermentación, emanan una suma de gases, los cuales en su conjunto son llamados biogás. Con los conocimientos apropiados, el biogás se puede convertir en diferentes tipos de energía, como en formas de calor, energía mecánica, electricidad. (Constanza y Riveros, 2013, p. 9)

“El CH₄ (metano), este gas permite tener las mismas características similares de un combustible fósil, suficientemente eficiente y limpio que puede ser directamente utilizado para fines de satisfacer alguna o en su totalidad las demandas de energía” (Constanza y Riveros, 2013, p. 9).

Tabla 2

Gas	Fórmula Química	Volumen (%)
Metano	CH ₄	60 - 70
Dióxido de carbono	CO ₂	30 - 40
Hidrógeno	H ₂	1.0
Nitrógeno	N ₂	0.5
Sulfuro de hidrógeno	H ₂ S	0.1
Oxígeno	O ₂	0.1
Monóxido de carbono	CO	0.1

Composición aproximada del biogás

1.3.4 Ventajas y beneficios en la producción de biogás

1. Generación directa de energía térmica, debido a la reacción exotérmica dada durante el proceso; y energía eléctrica, a través de la combustión del mismo, mediante un sistema de turbinas acoplado a un grupo electrógeno.
 - a) Debido a que su producción continua, podría conectarse a la red eléctrica, como energía de base, de tal manera que se puede hacer más confiable.
 - b) Con la energía térmica liberada durante la reacción exotérmica, ésta puede ser usada en sistemas de calefacción o hasta incluso en sistemas de refrigeración.
 - c) Debido a que posee una producción masiva de biomasa, ésta puede independizarse de las redes eléctricas, es decir puede constituirse como una red independiente.
2. En el proceso final, se genera un excelente bio-fertilizante para uso agrícola, el cual sirve para mejorar suelos y cultivos, y con ello el rendimiento productivo de la tierra.
3. Puede usarse en procesos de rellenos sanitarios, pues, el producto final del proceso sirve para alcanzar una reducción del

volumen del relleno, prolongando la vida útil del mismo, disminuyendo su impacto ambiental.

4. Regalías consecutivas, pues el proceso es sostenible a largo plazo, debido a la generación de gas metano, además energía eléctrica, energía térmica, además del valor agregado que se le da al producto o residuo final del proceso químico: los bio-fertilizantes sólidos y líquidos.
5. Plantea la buena gestión de los residuos sólidos en una nación, pues reutiliza los desechos con el fin de obtener energía en sus dos formas, térmica y eléctrica, así como también contribuye al cuidado del medio ambiente, ya que evita la acumulación de desperdicios y prevé la emanación secuenta de gases del efecto invernadero.

1.3.5 Fundamentos de la tecnología para la producción de biogás

Una de las particularidades más usuales de obtención de biogás es el proceso de la digestión anaeróbica que consiste en un depósito sellado, denominado biodigestor, pues, en conjunto con unas bacterias anaerobias, en un determinado tiempo la biomasa se homogeniza con agua, liberando gases como es el metano, dióxido de carbono, entre otros. (Silva, 2012, p. 3)

La licuefacción es el primer proceso, la materia orgánica es descompuesta por hidrólisis enzimática y fermentada, para provocar principalmente alcoholes y ácidos. Luego, en el segundo proceso, la gasificación, las bacterias metanogénicas rompen los alcoholes y los ácidos, para dar origen al CH₄ metano, CO₂ dióxido de carbono, H₂SO₄ ácido sulfhídrico y N nitrógeno. (Silva, 2012, p. 07)

En los diferentes diseños que se usa para la digestión anaerobia, logran ser ordenados en condiciones de su contenido para tener numerosas acumulaciones de microorganismos en el reactor de

digestión (recinto donde se llevan a cabo las reacciones químicas), continuando con los diferentes tipos de métodos. El reactor de digestión más sencillo, es el que compone un mezcla completa cuyas siglas son RMC, o en inglés CSTR, y es el más manipulado para residuos. (Silva, 2012, p. 07)

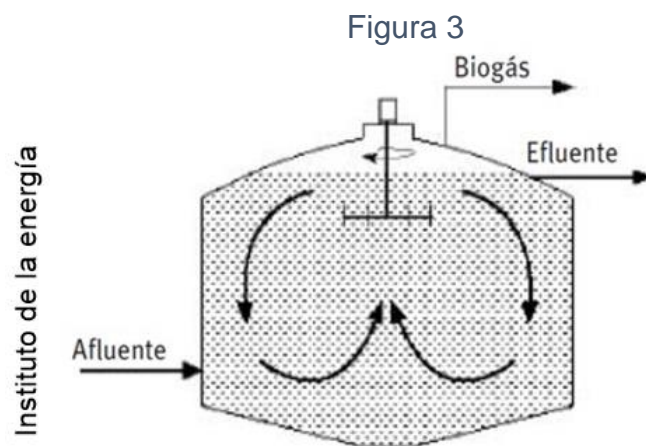
A continuación, describiremos las principales tecnologías con las que se puede producir biogás:

Reactor de mezcla completa sin recirculación.

“Esta tecnología reside un bio reactor, en el que uniformemente las concentraciones de substrato se encuentran en los microorganismos que provocan la reacción química. Esto se alcanza mediante una agitación en el sistema neumático o mecánico” (Biodisol, 2015, p. 45).

Este modelo de reactor no origina dificultades de diseño y es el más se usa para residuos orgánicos. En comparación a otros modelos de reactores, el tiempo de conservación es alto, debido a que la acumulación de la biomasa de cualquier especie que se mantiene en el reactor en régimen fijo, es la igual a la que se estima en el líquido residual. (Biodisol, 2015, p. 45)

“La reacción química determina una velocidad que depende de la cantidad concentrada de la biomasa, como ocurre en los métodos biológicos, la velocidad será relativamente menor, y la forma de compensar este proceso, es ampliando el tiempo de retención o el tiempo de reacción” (Biodisol, 2015, p. 45).



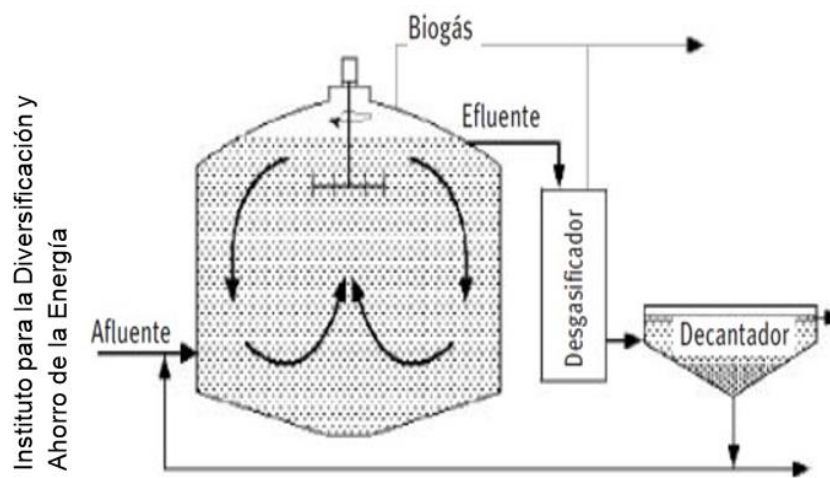
Reactor de mezcla completa con recirculación.

“Este sistema, también es conocido como reactor anaerobio de contacto, ya que es equivalente a los métodos activos anaerobios, los cuales se usan para el tratamiento de aguas residuales” (Biodisol, 2015, p. 47).

Se comprueba que, sistematizando la circulación continua, es viable tener adecuados tiempos en la retención relativamente bajos en un reactor de simple mezcla completa. Debido al acrecentar el tiempo de conservación de los microorganismos, gracias a su hermetismo en el sistema, mediante la disgregación en un recipiente y un sistema de recirculación. (Biodisol, 2015, p. 47)

La separación de bacterias en el recipiente es un sistema que se aplica solamente a aguas servidas de mucha carga orgánica, para que a su vez sea permitida una disgregación de fases líquido-sólido, con la porción sólida permanente, esencialmente en la aglomeración de partículas biológicas. Al inicio del recipiente, tiene que disponerse de un sistema de desgasificación, sin que se vea impedida la separación de sustancias. (Biodisol, 2015, p. 47)

Figura 4



Reactor de mezcla completa (RMC) con recirculación

Reactor con retención de biomasa, sin recirculación.

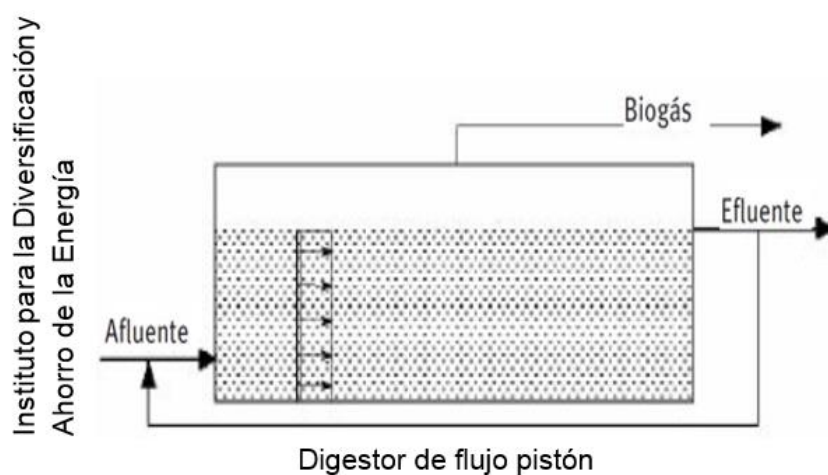
“Al poder detener un conglomerado de microbios en el interior del recinto o bioreactor, evadiendo la disposición del bioreactor de mezcla, es factible minimizar el tiempo de retención o tiempo de reacción” (Biodisol, 2015, p. 51)

La retención de biomasa tiene dos métodos:

- a) Detención sobre un soporte.
- b) Separación de biomasa y su retención por gravedad.

Este tipo de reactor ha sido estudiado varios tipos de residuos orgánicos, como los de porcino y bovino, uno de los problemas es debido a la falta de mezcla homogénea en la sección transversal a la dirección del flujo, en las configuraciones horizontales, lo cual se puede evitar con un sistema de vibración transversal. (Biodisol, 2015, p. 51)

Figura 5



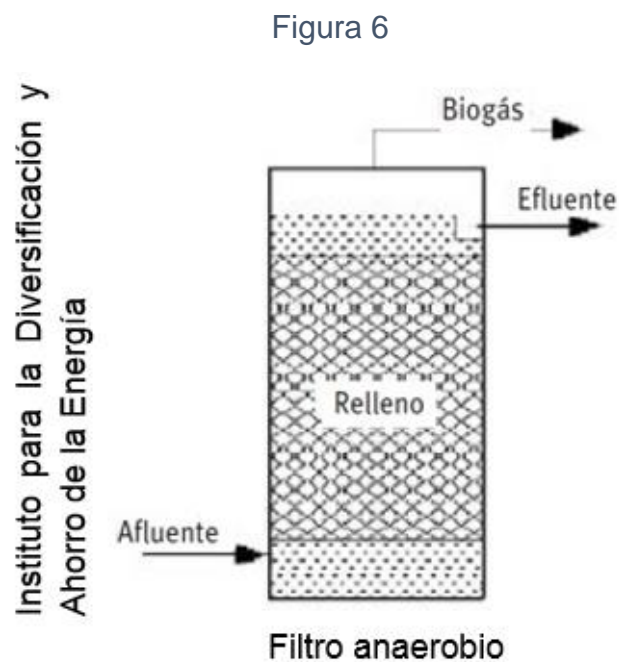
El filtro anaerobio.

“Esta técnica contiene bacterias anaerobias que están adheridas al área de un soporte inerte por biopelículas formadas por columnas de repleto relleno, o alcanzadas en las aberturas de éste mismo, con flujo

vertical es diferente, el soporte puede ser de material plástico o cerámico” (Biodisol, 2015, p. 53).

“En caso ser orientado verticalmente se debe manipular un soporte con flujo empinado y uno de sustrato paulatinamente degradable, con un elevado tiempo en la retención, por la sedimentación de los fragmentos de biopelícula desprendidos obtiene un resultado importante en el movimiento del reactor” (Biodisol, 2015, p. 53).

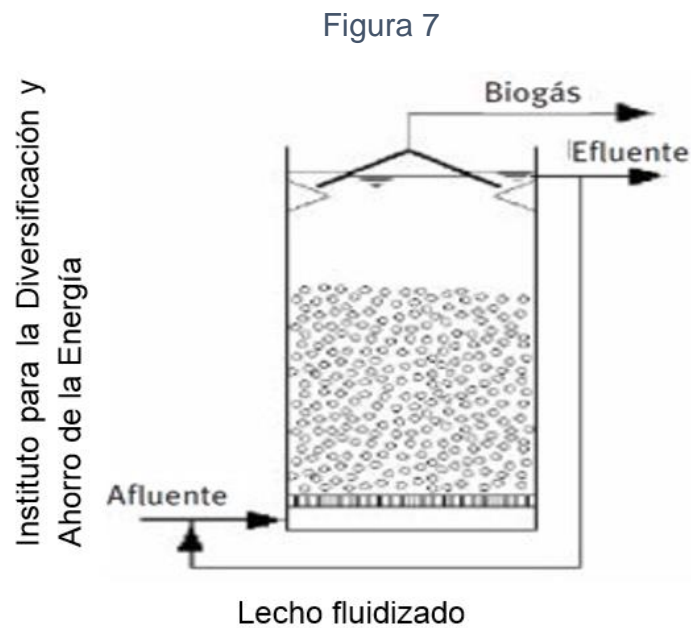
“Extensamente ha sido aplicado este sistema para el proceso de aguas residuales de industria agroalimentaria, y preceden prácticas piloto para una parte líquida de residuos ganaderos. El coste de inversión abarca una condición limitada para su implantación”. (Biodisol, 2015, p. 53)



El lecho fluidizado.

“Las bacterias se hallan fijadas, estableciendo una biopelícula, sobre pequeñas cantidades de partículas de material inactivo que se conservan fluidizadas mediante el flujo ascendente apropiado del fluido” (Biodisol, 2015, p. 53).

Conservar un caudal apropiado, que optima la fluidización del lecho y expansión del mismo, se recurre a la circulación continua. Semejante al filtro, logra ser aplicado a aguas residuales, fundamentalmente de la industria agroalimentaria, y a fracciones líquidas de residuos ganaderos, aunque las experiencias en este espacio son limitadas. (Biodisol, 2015, p. 53)



El reactor de lecho de lodos

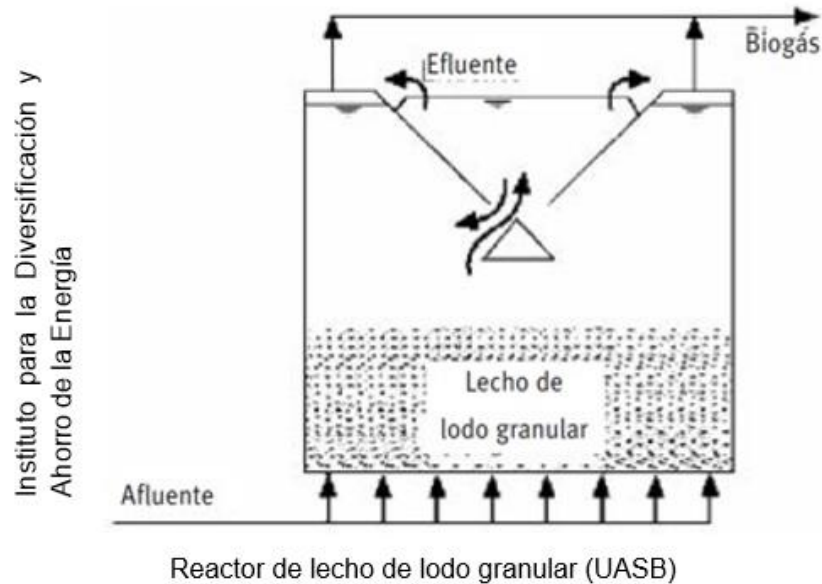
La floculación o agregación en este sistema se favorece de bacterias que entre ellas forman gránulos que por sedimentación se conservan en el interior del reactor, con la velocidad ascendente apropiada del fluido, constantemente en la parte superior exista un adecuado separador para los sólidos: que corresponde a la biomasa, liquido, gas (Biodisol, 2015, p. 55)

“El diseño más común es el Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB), que significa: Manta de lodo anaeróbico de flujo ascendente el cual está siendo ampliamente aplicado al tratamiento de aguas residuales de la industria como agroalimentaria” (Biodisol, 2015, p. 55).

El más simple diseño se traduce con los sistemas con retención de biomasa y el único limitante para su aplicación es que la

biomasa activa sea granulada, que esto es, la forma agregada de alta densidad. Es por ello es preciso la composición del (H₂O) a tratar y mantener una operación apropiada en su control. (Biodisol, 2015, p. 55)

Figura 8



Digestión anaerobia, proceso de producción de biogás

Durante el procedimiento que se obtiene en la producción y control de biogás, la digestión anaerobia, es uno de los más eficientes para minimizar los contaminantes de propagación de gases de efecto invernadero, de tal manera que se pueda realizar el máximo aprovechamiento energético de estos residuos orgánicos, para posteriormente obtener como residuo del proceso, un fertilizante con un valor agregado. (IDAE, 2016, p. 104)

“El mencionado proceso anaerobio puede aplicarse a residuos ganaderos y agrícolas, así como también a los residuos que genera las industrias de las modificaciones de los productos que se obtiene. Se puede mencionar entre los residuos: estiércol, residuos agrícolas o excedentes de cosechas” (IDAE, 2016, p. 104).

“En las zonas ganaderas, donde existen rebaños vacuno, de aves o de cerdo, generan considerables cantidades de excreta de ganado

vacuno, que es una materia orgánica excelente para biodigerir y producir gas, ya que contienen una significativa cantidad de componentes químicos, los cuales pueden procesarse para obtener energía” (IDAE, 2016, p. 104).

En la universidad agraria de la Habana que se sitúa en Cuba, según sus investigaciones, menciona que el ganado vacuno estabulado, por cabeza se produce aproximadamente entre 10-12 kg de estiércol húmedo al día. (Tecnológicos, 2014, p. 1)

Tabla 3

Laboratorio UAM	pH	7.3
	Sólidos en suspensión (g/l)	13.54
	Materia Orgánica (g/l)	4.74
	Nitrógeno (mg/l)	7920.00
	Fósforo (mg/l)	192.20
	Potasio (mg/l)	2297.20
	Calcio (mg/l)	230.60
	Magnesio (mg/l)	151.20
	Sodio (mg/l)	667.5

Caracterización química de la excreta de ganado vacuno

1.3.6 Producción de biogás utilizando varios tipos de biodigestores

Los biodigestores conservan una ingeniería que constituye una de las alternativas más factibles de los últimos años, están pueden transformar las excretas y residuos orgánicos, en biogás y abono orgánico, de tal forma que, a este último producto, se le dé un valor agregado en el mercado de fertilizantes.

Para la implementación y construcción de los biodigestores, se han creado diversas formas y tipos de construcción, cuyo propósito es la búsqueda de la mayor eficacia de producir biogás, en un mínimo costo de inversión. En breve, se representan ciertas de las varios biodigestores más usados para

la descomposición anaeróbica de los excrementos orgánicos ganaderos. (Ingeniería, 2013, p. 125)

Pozo séptico

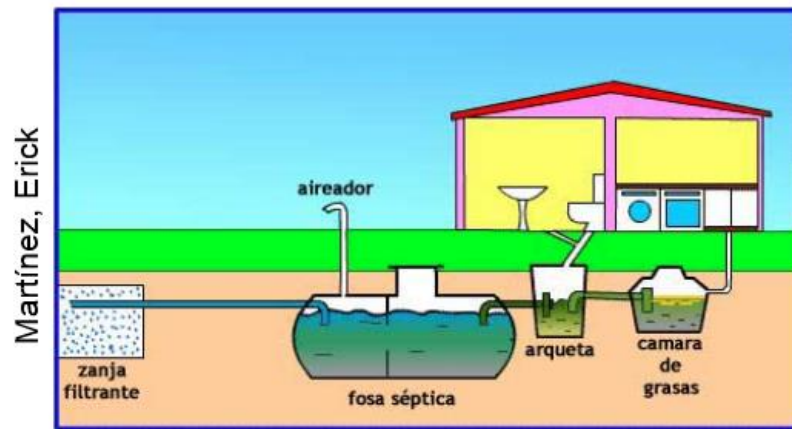
La acumulación de aguas residuales domésticas se utiliza en este tipo de biodigestores, es la base de mecanismos para la descomposición anaeróbica de los mencionados residuos. Un adecuado funcionamiento y manipulación es necesario clasificar y separar de las aguas servidas las aguas que tengan en su contenido detergente. (Ingeniería, 2013, p. 125)

“En consecuencia de los detergentes y jabones, detiene la acción metabólica de las bacterias que descomponen la mezcla de residuos orgánicos, la razón por la que los pozos adquieren una formación de sedimentos con facilidad y tienen dificultad en la operación, realizando frecuente la limpieza periódica para dar un reinicio a la producción de biogás” (Ingeniería, 2013, p. 125).

“Apartar las aguas negras ricas en nutrientes, de las que están llenas de detergente como ocurre en el desagüe ya que no es factible. Es obligatorio establecer un minucioso procedimiento químico con adecuados polímeros a estas aguas servidas, con el finalidad de lograr una adecuada separación antes de iniciar la descomposición anaeróbica”. (Ingeniería, 2013, p. 125)

Esta clase de biodigestor consiste en unas cámaras que en su gran cantidad son cilíndricas, en las cuales son vertidos los excrementos caseros para después ser acarreados a un pozo séptico lo cual causa la fermentación que prontamente sigue su recorrido a una cuneta para su adecuada manipulación, como se representa en la figura 9.

Figura 9



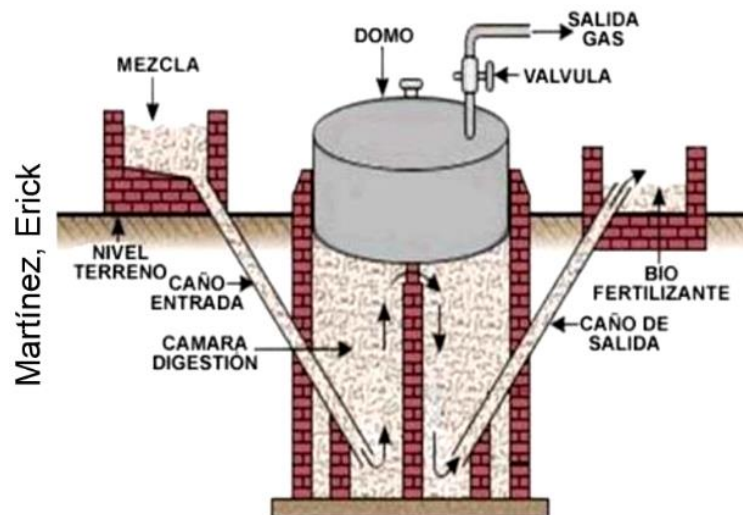
Pozo séptico

Biodigestor de campana flotante

“Este modelo consiste en un tambor que así mismo se le denomina de tipo indio. Su fabricación es de acero originariamente, posteriormente se usó fibra de vidrio reforzado en plástico en su reemplazo; para así superar a las condiciones ambientales que produce corrosión en su interior” (Ingeniería, 2013, p. 132).

El material empleado es ladrillo, en su profundidad formada por una pared también es necesario utilizar refuerzo de hormigón. El gas que se produce bajo una tapa superficial que sube y baja en una guía que se encuentra en el centro internamente. El gas depende de una presión equivalente a su peso acumulado en un área que regularmente varía entre 4 y 8 cm de presión, a través de una tubería que se ubica en la entrada del reactor y mantiene una presión semi-continua. (Ingeniería, 2013, p. 132)

Figura 10



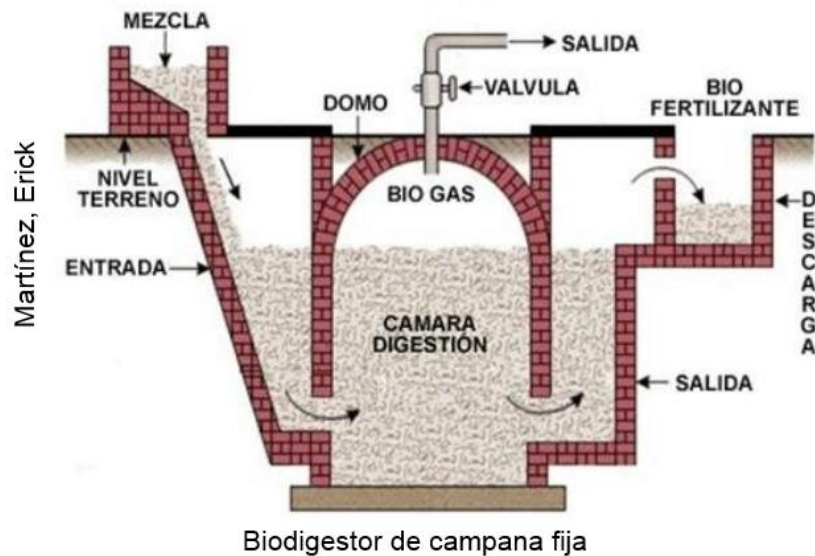
Biodigestor de campana flotante

Biodigestor de campana fija

“Su estructura esta cimentada por ladrillos, piedra y hormigón; conocido de tipo chino que se basa en una cámara de gas-firme. En el fondo de la superficie es hemisférica y se incorpora de unos lados rectos adecuados internamente” (Ingenieria, 2013, p. 132).

Se conforma por varias delgadas capas de mortero que totalmente en su interior es una superficie cerrada para que sea firme. El efluente de la cámara emana volúmenes de digestión que se guarda bajo el domo con presiones en la cúpula que varía de 1 a 1.5 metros de agua. Las fuerzas que se generan son suficientemente altas por lo que se genera una estructura sólida en la superficie hemisférica y cerrada totalmente en el fondo. (Ingenieria, 2013, p. 132)

Figura 11



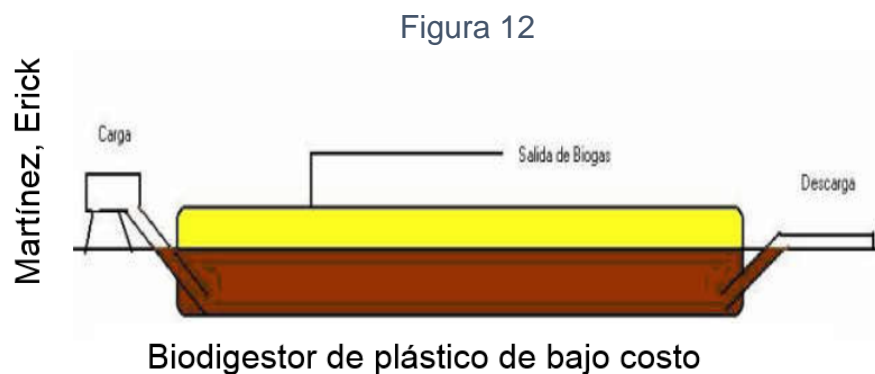
Biodigestor de plástico tubular

“Es conocido también típicamente como salchicha que es uno de los más baratos y favorables ya que básicamente se compone por plástico. Una doble bolsa de polietileno lo conforma, una válvula de seguridad y otra de salida” (Ingenieria, 2013, p. 136).

La fermentación de excrementos dentro de la bolsa, dan como efecto el biogás producido. Una ventaja que tiene esta clase de biodigestor es que puede ser mantenido con la excreta de ganado: vacuno, porcino, y hasta inclusive excreta de humanos, menos con el excremento de las aves porque tienen una gran cantidad de amoniaco y esto causaría una reducción en la vida útil del biodigestor. (Ingeniería, 2013, p. 136)

“El biogás que se produce por la fermentación de la biomasa en degradación se acumula en la parte superior de la bolsa que se va inflando con una presión mínima de operación” (Ingeniería, 2013, p. 136).

“Se tiene un balance adecuado para que no exceda la presión de los límites máximos permisibles que pueda soportar el material que es aproximadamente de 70 psi (libras por pulgada cuadrada), si no se mantiene esa presión podría colapsar y perder su funcionalidad” (Ingeniería, 2013, p. 136).



Biodigestor tipo industrial

La producción de biogás en las instalaciones industriales emplea metal en sus tanques que aprovechan la materia orgánica donde es almacenada por separado. Debido a la cantidad de materia orgánica que se emplea lo que garantiza una producción de biogás y biofertilizante que se acumula en enormes reservorios de almacenamiento y acumulación de residuos cimentados con cemento y ladrillo. (Ingeniería, 2013, p. 139)

Este tipo de biodigestores por otra parte, utiliza biomasa que contiene grandes cantidades de corrosivos que implica a ciertos tipos de excrementos que presenta un alto grado amoniaco en su composición ya que no puede ser conveniente para otros tipos de biodigestores que se explicó precedentemente. (Ingenieria, 2013, p. 139)

En la figura 13 se puede observar que este sistema presenta un depósito para la acumulación de residuos conocido como fertilizantes, que es empleado como guano para diversas actividades del campo agrícola. (Ingenieria, 2013, p. 139)

“Las mezclas se realizan en una caja recolectora la cual está distribuida por tuberías de (PVC) en el interior del biodigestor que a su vez cumple un proceso de fermentación anaerobia para así obtener biogás” (Ingenieria, 2013, p. 139).

Figura 13



Biodigestor tipo industrial

1.3.7 Etapas en el proceso de biodigestor anaeróbica

Bioquímica del proceso anaeróbico

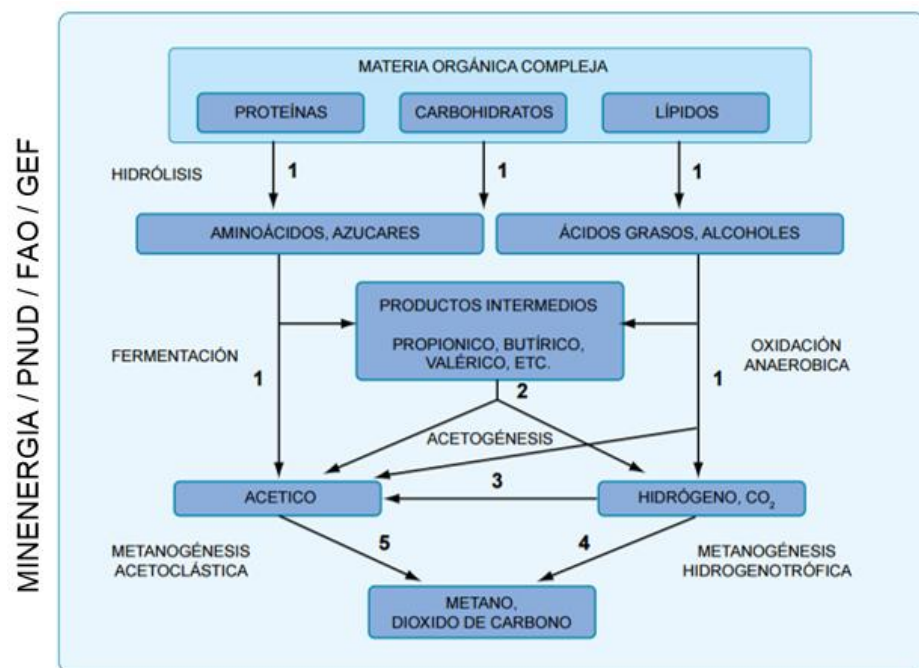
“Es muy complejo el proceso anaeróbico por la razón de que el número de reacciones bioquímicas da lugar a los microorganismos en cantidades grandes lo que involucra de que ciertas reacciones ocurren simultáneamente” (agrowaste, 2013, p. 3).

“Proteínas, carbohidratos y lípidos, contienen partículas y moléculas confusas que son producidas por los microorganismos que se fermentan por el tiempo de retención” (agrowaste, 2013, p. 3).

“Se produce un compuesto soluble como resultado que contiene aminoácidos, azúcares y ácidos grasos de cadena larga, para luego ser metabolizados por bacterias acidogénicas, dando espacio a ácidos grasos de cadena corta, alcoholes, dióxido de carbono e hidrogeno” (agrowaste, 2013, p. 3).

Los microorganismos metanogénicos llegan a producir metano a partir de ácido acético H_2 y CO_2 ; también mediante la acción de microorganismos acetogénicos los ácidos grasos de cadena corta son transformados de igual manera que la anterior. (agrowaste, 2013, p. 3)

Figura 14



Proceso bioquímico anaeróbico

Los estudios bioquímicos y microbiológicos realizados hasta ahora, dividen el proceso de descomposición anaeróbica de la materia orgánica en cuatro etapas:

Hidrolisis o licuefacción

“Proceso por la cual la degradación anaeróbica; es llevada a cabo por grupos de moléculas que impiden su actividad extracelular excretadas por microorganismos fermentativos. Este proceso puede ser un muy limitado, sobre todo que se trate con residuos con un alto contenido de sólidos en su composición” (Campos, 2013, p. 12).

Fermentación y producción de ácidos

“Los compuestos tienen una dilución, originados en la antes mencionada etapa, son incorporados e atraídos por las células de las bacterias fermentativas y posteriormente por las acidogénicas, excretadas como simples sustancias orgánicas que son: alcoholes, ácidos grasos volátiles, compuestos minerales y ácidos lácticos” (Campos, 2013, p. 13).

“La fermentación de las moléculas orgánicas solubles son afectados por distintos organismos y/o microorganismos fermentativas estableciendo compuestos que utilizan los microbios metanogénicas. La proporción que hay entre los distintos productos de la fermentación en función del consumo de hidrogeno varían según parte de los microorganismos que operan con hidrógeno” (Campos, 2013, p. 13).

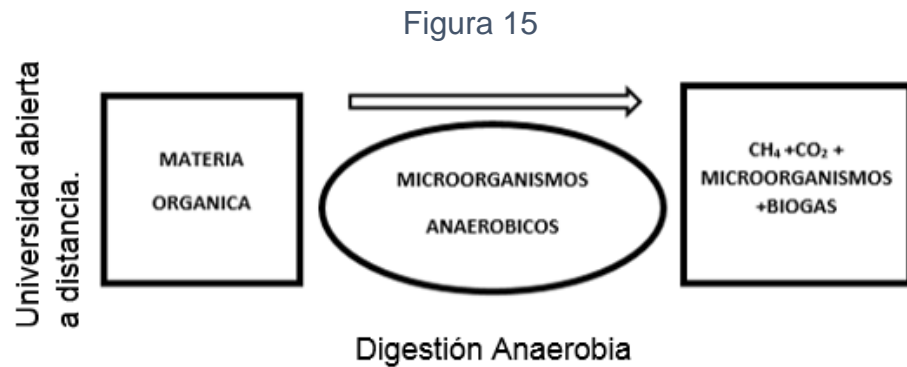
Proceso Acetogénico

Esta etapa depende fundamentalmente del estado de oxidación de la materia orgánica a ser digerida, y la de ácido acético en formación puede acompañarse por la producción de hidrogeno diatómico y dióxido de carbono. Ciertas bacterias acetogénicas y fermentativas dependen de las concentraciones de hidrogeno, siendo posible solo los valores mínimos de presión parcial. La expulsión continua de hidrógeno mediante oxidación de CO₂ facilita el trabajo de los microbios fermentativos. (Desarrollo, 2014, p. 13)

Metanogénica

“Se produce metano (CH_4) en esta etapa y diferentes productos concluyentes gracias a la acción de los microorganismos metanogénicos que son anaerobias que conservan tasas de crecimiento inferiores a las acidogénicas y bacterias hidrolíticas” (Desarrollo, 2014, p. 163).

El ácido acético es utilizado por las bacterias metanogénicas, metanol o dióxido de carbono e hidrógeno para la producción de gas metano, pero el más importante es el ácido acético que es el sustrato capaz de lograr una producción que se aproxima al 70% de este gas. En la Figura 14, se presenta una gráfica de digestión anaerobia. (Desarrollo, 2014, p. 163)



1.3.8 Parámetros físicos - químicos a considerar en el proceso de biodigestión.

Directamente influyen ciertos factores en el proceso Metanogénico y son muy rápidos en modificarse, en la desintegración son:

Concentración de carga (C)

“El tratamiento de efluentes y operación del reactor, para la producción de biogás, no es provechoso que la carga se degrade a medida que este muy reunida y en efecto ni muy diluida” (Castells, 2005, p. 62).

“El proceso de digestión anaeróbica, teniendo en cuenta, la proporción es 1:1, es decir, homogenizar un 1 kilogramo de estiércol

fresco de ganado vacuno con un litro de agua, es lo más recomendable” (Castells, 2005, p. 62).

Temperatura (T°)

Tiene mayor relevancia en el proceso anaeróbico y es uno de los factores considerables, ya que en las zonas se puede definir que la secuencia puede llevarse a cabo ya sea por la altura. La temperatura también tiene un panorama como el factor en potencia para que aumente considerablemente los sistemas la eficiencia. (Castells, 2005, p. 63)

El tiempo de retención es afectado por la temperatura para la digestión del material interiormente, un factor preciso es la velocidad de la materia orgánica con la que se degrada, las temperaturas altas apresuran la reacción biológica y química. La velocidad de reacción de los métodos biológicos depende de la velocidad de los microorganismos en crecimiento para su desarrollo, lo cual son responsables y que a su vez depende de la temperatura. (Castells, 2005, p. 63)

Se pueden distinguir en el tratamiento anaeróbico tres condiciones de temperaturas determinados:

- a) Digestión Psicrófila, varía la obtención de gas de una estación a otra, dependiendo de la temperatura atmosférica, tiene ciertas ventajas de que sus estructuras son de baja inversión y simples.
- b) Digestión Mesófila, la putrefacción es más lenta en la carga que la Termófila, pero con menos energía de consumo.
- c) Digestión Termófila, se caracteriza por una rápida digestión, rendimiento alto de gas y tiempo corto de retención, tiene características óptimas de desinfección.

Tabla 4

	Fermentación	Mínimo	Optimo	Máximo
Dhussa, Anil	Psicrofílica	4-10°C	15-18°C	25-30°C
	Mesofílica	15-20°C	34-38°C	40-45°C
	Promedio	17.5°C	36°C	42.5°C
	Termofílica	25-45°C	50-60°C	75-80°C

Rangos de temperatura y tiempo de fermentación

1.3.9 Valor de pH

“El valor óptimo para el proceso de digestión Metanogénica es de 6.5 - 7.5, cuando baja de 6.4 o sube de 7.6, puede afectar el proceso de fermentación o inclusive detenerlo inesperadamente (Ver tabla adjunta). Se puede corregir con el pH ya que es una forma práctica, de la manera siguiente” (Castells, 2005, p. 64).

“Frecuentemente retirando una pequeña suma de residuo líquido y adicionando materias primas frescas de igual cantidad y en forma sincrónica” (Castells, 2005, p. 64).

“Cuando es bajo el pH se puede agregar cenizas, fertilizante, hidróxido de calcio o una mezcla de ambos, agua amoniacal diluida y licor fermentado” (Castells, 2005, p. 64).

Si es alto el pH de puede considerar algunos de los elementos siguientes:

- Azufre en polvo: 150 a 250 g/m³
- Sulfato de Hierro 1 a 3 g/m³.
- La aspirina, (ácido acetilsalicílico)

Tabla 5

	Valor pH	Característica
Dhusa, Anil	6.5 – 7.5	Óptimo
	Menor de 6.4	Retardo por Ácidos
	Mayor a 7.6	Retardo por Amonios

Rangos de valores de pH en la generación de Biogás

1.3.10 Materiales tóxicos (M.T_x)

“Los métodos biológicos frecuentemente, están afectados de alguna manera cuando la mezcla de elementos satura los niveles estándares. Son afectadas los microbios metanogénicas por la gran cantidad de amoníaco (NH₃), especialmente cuando el pH está por debajo de 6.5” (Calvache, 2006, p. 98).

La presencia de cargas positivas o negativas que se conoce como iones de sodio y potasio en concentraciones muy altas puede perjudicar, y por esto se utiliza el hidróxido de calcio para subir el pH en los digestores. Los metales pesados contienen sales que pueden afectar, ya que en ambientes alcalinos tienen presencia de sulfito, lo cual precipita mucho sobre el sistema. (Calvache, 2006, p. 98)

“En los materiales que contienen partículas sintéticas tóxicas (hidrocarburos clorados como cloroformo) y los detergentes, así mismo pueden causar problemas. También son muy tóxicos los antibióticos, antisépticos que pueden incitar a la reducción de elaboración hasta del 90% a bajas concentraciones” (Calvache, 2006, p. 98).

“En ciertas investigaciones sobre biodigestión se ha comprobado que contiene espiramicina (agente antibacteriano) de $50 \frac{mg}{l}$ que puede provocar en los residuos una reducción en la producción de gas que alcanza un 56%” (Calvache, 2006, p. 98).

1.3.11 Contenido de sólidos totales (S.T.)

La materia orgánica en su mayoría está conformada de agua y una fracción sólida conocida como sólidos totales (S.T). El nivel de sólidos totales comprendidos en la mezcla con que se llena el digestor es un importante factor a tomar en cuenta para asegurar que el proceso se efectuó favorablemente. (Calvache, 2006, p. 105)

“Las bacterias metanogénicas en movimiento dentro del sustrato se observa que crece de una manera limitada a medida que va en aumento el contenido de sólidos, por lo tanto puede verse afectada la eficiencia y la obtención de biogás” (Calvache, 2006, p. 105).

Un adecuado intervalo en la aglomeración de sólidos es el peso dentro del digestor que está entre 3% y 9%. Cuando muchos estudios muestran que la digestión anaeróbica es posible llegar hasta un rango específico de 10% al 16% de sólidos aproximadamente, una agrupación de sólidos entre el 3% y el 10% es necesaria y a la vez óptima. (Calvache, 2006, p. 105)

Las concentraciones reducidas de contenidos sólidos hacen que las exigencias de calor sean mayores y que las velocidades de carga sean muy bajas para lograr un equilibrio en el sistema; con altas agrupaciones, la digestión requiere largos tiempos de conservación, lo cual permite ácidos volátiles en aumento en el reactor y de CO₂ (dióxido de carbono) en el gas. (Calvache, 2006, p. 105)

1.3.12 Balance de Materia y Energía en un proceso de Biodigestión

BALANCE DE MATERIA

“La ley de conservación de la materia se basa en establecer que la masa en un sistema cerrado o adiabático persevera siempre constante (exceptuando, por consiguiente, las reacciones nucleares o atómicas y la materia cuya velocidad es

aproximadamente parecido a la velocidad de la luz)” (Prupton, 2008, p. 25).

La masa que ingresa en un sistema, debe, por lo tanto, salir del mismo, o acumularse dentro de él, es decir:

Figura 16

$$\text{Maron Y, Prutton} \left[\begin{array}{l} \text{Acumulación} \\ \text{dentro del} \\ \text{sistema} \end{array} \right] \equiv \left[\begin{array}{l} \text{Entrada por} \\ \text{los límites} \\ \text{del sistema} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \text{Salida por} \\ \text{los límites} \\ \text{del sistema} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{Generación} \\ \text{dentro del} \\ \text{sistema} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \text{Consumo} \\ \text{dentro del} \\ \text{sistema} \end{array} \right]$$

Balance de materia en un digestor

Si no existe generación o consumo de materia dentro del sistema:

$$\mathbf{Acumulación = Entradas - Salidas}$$

Si no se manifiesta la acumulación o utilización de materia internamente en el sistema, se dice que estaríamos en estado permanente, es decir no hay reacción exérgica, sin liberación de energía:

$$\mathbf{Entradas = Salidas}$$

Los flujos de entrada y salida si no existen, se minimiza al concepto esencial de la conservación de la materia dentro de un sistema cerrado (Proceso Adiabático), para todo balance de materia debe precisar un sistema compatible a cualquier porción total de un proceso. (Calvache, 2006, p. 105)

Estos procesos pueden ser:

$$\text{Procesos} \left\{ \begin{array}{l} \text{Sin reacción química} \\ \text{y} \\ \text{Con reacción química – Estequiometría} \end{array} \right.$$

Cálculo esteoquimétrico

La cantidad de sustrato utilizado por proceso se determina de acuerdo a la proporción de sólidos volátiles (SV) presentes en la materia orgánica a descomponer. A partir de estos valores se establecen cargas orgánicas de 2 g SV/L para todos los tratamientos, (Valor referencial). (Rodríguez, 2014, p. 37)

Cálculo de la cantidad de Sustrato

Para el cálculo de la cantidad necesaria de sustrato los procesos con la carga orgánica señalada se utiliza la siguiente relación:

$$R = \frac{V \times COV}{ST \times \frac{SV}{ST}}$$

Donde:

R = Cantidad de sustrato (g)

ST = Sólidos Totales del sustrato (%)

$\frac{SV}{ST}$ = Fracción de Sólidos Volátiles presentes en los Sólidos Totales %

V = Volumen de la Fase líquida del reactor (L)

COV = Carga Orgánica definida (g SV/L).

(Rodríguez, 2014, p. 37)

Determinación de la Cantidad de Sólidos Totales

Para determinar a través del balance de masas, la cantidad de sólidos totales y sólidos volátiles de cada proceso, se hará uso de la expresión mostrada a continuación:

$$\text{Sólidos} = (R_1 \times SR) + (B \times SB)$$

Donde:

R = Cantidad del sustrato que ingresó al proceso (g)

SR = Fracción de sólidos del sustrato (%)

B = Volumen de inóculo (L)

SB = Concentración de sólidos en el inóculo (g/L)

Cálculo de la Demanda Bioquímica de Oxígeno

Cada proceso se compone de sustratos e inóculo, para la determinación de la DQO (Demanda Química de Oxígeno) del sistema, se realiza un balance de masa usando la siguiente relación:

$$DQO_{\text{sistema}} = (R \times DQOR) + (B \times DQOB)$$

Donde:

R = Cantidad del sustrato que ingresó al tratamiento (g)

DQOR = Concentración de DQO del sustrato (g/g)

B = Volumen de inóculo (L)

DQOB = Concentración de DQO del inóculo (g/L)

Calculo de Metano en Condiciones Normales

Para calcular el volumen de metano en condiciones normales, se utiliza la siguiente relación:

$$V = \frac{V_m \times P_m \times T}{p \times T_m}$$

Donde:

V = Volumen de metano corregido (mL)

V_m = Volumen registrado por cada medición realizada (mL)

P_m = Presión registrada al momento de realizar la medición de producción de metano (bar)

T = Temperatura absoluta (1)

P = Presión atmosférica absoluta (bar)

T_m = Temperatura absoluta (Kelvin)

Rodríguez, 2014, p. 39)

Evaluación de eficiencia de remoción de DQO (Demanda Química de Oxígeno).

Para determinar la eficiencia de remoción que se mantiene en un proceso de digestión sobre este parámetro, la eficiencia de remoción Se calcula mediante la siguiente ecuación o relación:

$$\text{Eficiencia de remocion DQO (\%)} = \frac{DQO_i - DQO_f}{DQO_i} \times 100$$

Donde:

DQO_i: Demanda química de Oxígeno inicial del sistema (mg/L)

DQO_f: Demanda química de Oxígeno real del líquido residual del sistema (mg/L).

(Rodríguez, 2014, p. 43)

Evaluación de eficiencia de remoción de sólidos.

La eficiencia de remoción de sólidos de los tratamientos se calcula utilizando la cantidad de sólidos iniciales de los sustratos utilizados y los sólidos de los efluentes de los procesos. Dado que los sólidos determinados de los efluentes, reflejan los sólidos del sistema (sustrato + inóculo), se calcula la cantidad de sólidos del Blanco establecido. A este valor se le resta los valores calculados de los efluentes, obteniéndose el valor final real de los sustratos.

Para calcular la eficiencia de remoción tanto para sólidos Totales (ST) como para Sólidos Volátiles (SV) de utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Eficiencia de remocion sólidos (\%)} = \frac{S_i - S_f}{S_i} \times 100$$

Donde:

S_i: Sólidos iniciales de los sustratos utilizados (mg/ L)

S_f: Sólidos finales de los sustratos utilizados (mg/ L)

(Rodríguez, 2014, p. 43)

Evaluación de escenarios hipotéticos.

Para el balance de materia se evalúan cinco posibles escenarios para cada proceso. Los escenarios se consideraron en función de la alternativa de mayor rendimiento en la producción de metano por kilogramo de sólidos volátil de sustrato, menor tiempo de retención hidráulica, máxima separación de DQO (Demanda Química del Oxígeno) y la alternativa que combine con la mayor captura de emisiones generada por la disposición del estiércol y la dotación energética requerida por el proceso. (Rodríguez, 2014, p. 44)

Todo digestor, se pre diseña en función a los escenarios mencionados anteriormente, es decir, a partir de la caracterización de sólidos volátiles presentes en cada sustrato y su cantidad producida diariamente. Para el cálculo del volumen de sustrato que entra a la fase líquida de cada digestor, se considera que la densidad del estiércol del ganado vacuno es de 1.145 kg/m³. (Hernández, 2012, p 1)

“También puede aproximarse, que la cantidad de sustrato de cada escenario se diluiría en 3 veces el volumen del sustrato (Aproximación infinitesimal)” (Rodríguez, 2014, p. 44).

Para determinar el volumen líquido del digestor (volumen de sustrato + volumen de agua de lavado), se utiliza la siguiente ecuación:

$$\mathbf{VLD = VRD + 3 VDR}$$

Donde:

VLD = Volumen líquido diario que entra al digestor (m³)

VRD = Volumen del residuo producido diariamente (m³)

El volumen de la fase líquida de los digestores se determina a partir del tiempo de retención hidráulica de cada proceso. La Ecuación que permite su cálculo es la siguiente:

$$\mathbf{VFL = VLD \times TRH}$$

Donde:

VFL = Volumen de la fase líquida del digestor (m³)

VLD = Volumen líquido diario que entra al digestor (m³)

TRH = El tiempo de retención hidráulica de cada proceso (días).

Para la mayoría de digestores o biodigestores, se puede considerar que la fase líquida de los representa el 75% del total del volumen del digestor.

Para determinar este volumen se puede emplear la siguiente ecuación:

$$\mathbf{VTD = \frac{VFL}{0.75}}$$

Donde:

VTD = Volumen total del digestor (m³)

VFL = Volumen de la fase líquida del digestor (m³)

Así mismo, para determinar el volumen de la fase de almacenamiento de gases de los digestores, se puede aproximar, que esta fase representa un 25% del total del volumen del digestor, de tal manera que, la ecuación puede ser representada por:

$$\mathbf{VFG = VTD \times 0.25}$$

Donde:

VFG = Volumen de la fase gaseosa del digestor (m³)

VTD = Volumen total del digestor (m³)

(Rodríguez, 2014, p. 46)

Para determinar el volumen de la fase líquida del digestor, se determina la carga orgánica que entraría diariamente a cada sistema. La ecuación a utilizar es:

$$\mathbf{COVD = \frac{SVS}{VFL}}$$

Donde:

COVD = Carga orgánica volátil diaria (kg *SV/día*)

VFL = Volumen de la fase líquida (m³)

(Rodríguez, 2014, p. 47)

Cálculo de la producción de Metano

La producción de metano diaria esperada en un digestor, se calcula a partir del rendimiento de metano de cada kilogramo de sólido volátil de los sustratos utilizados. La ecuación matemática a utilizar es la siguiente:

$$MD = COVD \times RT$$

Donde:

MD = Metano diario esperado (m³)

COVD = Carga orgánica volátil diaria (kg *SV/día*)

RT = Rendimiento en de cada proceso (*m³CH₄/kg SV*)

(Balagurusamy, 2012, p. 61)

Balance de Energía

“Se debe tener en cuenta ciertos balances de materia que manipula la ley de conservación de la masa, la cual demuestra que la masa que ingresa al sistema es idéntica a la resultante, más la acumulada en el proceso” (Prupton, 2008, p. 31).

“De igual manera se puede manifestar la ley de la conservación de energía, la cual manifiesta lo siguiente, que toda la energía que entra a un proceso es similar a la que sale, más la que permanece en dicho proceso” (Prupton, 2008, p. 31).

Figura 17

$$\text{Maron Y. Prutton} \left[\begin{array}{l} \text{Acumulación} \\ \text{de energía} \\ \text{dentro del} \\ \text{sistema} \end{array} \right] \equiv \left[\begin{array}{l} \text{Transferencia} \\ \text{de energía hacia} \\ \text{el sistema por el} \\ \text{límite del mismo} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \text{Transferencia} \\ \text{de energía del} \\ \text{sistema por el} \\ \text{límite del mismo} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{Generación} \\ \text{de energía} \\ \text{dentro del} \\ \text{sistema} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \text{Consumo} \\ \text{de energía} \\ \text{dentro del} \\ \text{sistema} \end{array} \right]$$

Balance de energía en un digestor

Se tiene en cuenta que la energía incorporada con la cantidad de masa, se divide en tres tipos: energía interna (U), energía cinética (K) y energía potencial (P). Además la energía se puede transferir por calor (Q) y trabajo (W). La generación de energía dentro del sistema siempre existirá una reacción química causada por algún campo eléctrico o magnético externo. (Prutton, 2008, p. 32)

El cálculo de balance general de energía se puede manifestar así:

$$m_2(\widehat{U} + \widehat{K} + \widehat{P}) - m_1(\widehat{U} + \widehat{K} + \widehat{P}) + Q - W + P_1V_1m_1 - P_2V_2m_2 + Sr$$

Donde:

Sr , es la generación de energía neta dentro del sistema (Sr es positivo siempre y cuando la energía se libera)

El apóstrofo que se encuentra sobre las variables, nos indica que cada variable es una relación másica (Por unidad de masa). En diferentes casos reales, no se enfocan todas las variables, o en su mejor caso, muchas de ellas poseen valores infinitesimales, los cuales pueden desestimarse. (Prutton, 2008, p. 33)

Diseño del biodigestor

Existen diversos criterios que se deben tener en consideración para el diseño de un biodigestor, pues deben de satisfacer las necesidades por el cual se pretende elaborar. Dentro de los principales factores a tomarse en cuenta se detalla:

- a. Determinación del volumen y su geometría. Esto se realiza en función a la necesidad energética requerida. El volumen estimado por el biodigestor debe ser considerado empleando la carga volumétrica (Volume Load, VL) a tolerar o por el tiempo de retención hidráulico (Hydraulic retention time, HRT).

- b. Carga orgánica o caudal diario. Esta se determina con la siguiente relación:

$$Q = \frac{V}{TRH} \text{ l/día}$$

Dónde:

Q= Carga hidráulica

V= Volumen del proceso del biodigestor

TRH= Tiempo de retención en días

“El rango del tiempo de retención hidráulica (TRH) a una temperatura Mesofílica de 34°C a 35°C según diferentes bibliografías es entre 15 25 días” (Barcelona, 2011, p. 76).

Dispositivos de control en el sistema

“Se debe tener en cuenta distintos parámetros para un funcionamiento óptimo, que indiquen si el biodigestor opera de manera adecuada; por ello se debe monitorear con los parámetros siguientes” (Engineering, 2013, p. 4)

- ✓ Temperatura
- ✓ pH o Redox
- ✓ Producción de biogás
- ✓ Ácidos grasos volátiles (AGV)
- ✓ FOS/TAC

Temperatura:

En su totalidad los diferentes tipos de digestores, tienen un funcionamiento óptimo, si los límites son temperaturas mesófilas que varía de 35 a 37 °C que se lograrán con un adecuado cuidado utilizando sensores que se ubiquen de manera estratégica para tener

las mediciones de sustrato respectivo, teniendo en cuenta que existe tres tipos de rangos de temperatura: psicrófilico, mesófilico, termófilico. Por debajo de 25 °C, entre 25 y 45 °C hasta los 60 °C respectivamente. (Engineering, 2013, p. 5)

“Se debe tener cuidado con los sensores que se manipulan respetando las especificaciones recomendadas, en cuanto a las condiciones de trabajo que se encuentra ya sea al tener contacto con el agua o estar sumergidos en el mismo, tener en cuenta que existen sensores fabricados para trabajos no muy agresivos” (Engineering, 2013, p. 5)

pH o Redox

“Los micro organismos tienen más duración en degradarse frente a las bacterias hidrolizables ya que su nivel de pH desciende paulatinamente, sin lugar a duda puede generar una formación de metano (CH_4) por lo niveles de ácidos altos, si existe bacterias de metano génicas” (Engineering, 2013, p. 6)

“La biomasa en su contenido presenta proteínas, hidratos de carbono; el nivel del pH baja considerablemente, debido a la composición bioquímica que se genera en el fondo del digestor” (Engineering, 2013, p. 6)

Las bacterias producen ácidos y metano se debe tener en cuenta los niveles óptimos del pH que corresponde de 5,2 a 6,3 y 6,7 a 7,5 respectivamente, si bien es cierto lo adecuado sería controlar un nivel aproximado que va desde 6,5 a 7,5 para logra una degradación alta en biomasa y lógicamente una concentración elevada de metano. La medición de pH se deberá realizar todos los días de forma periódica y constante para obtener buenos resultados. (Engineering, 2013, p. 6)

Producción de biogás

La operación de producir biogás en los digestores se debe conocer a detalle, para tener un funcionamiento estable y constante manteniendo todos los cuidados necesarios. (Engineering, 2013, p. 7)

“Se debe tener en cuenta que las condiciones climáticas, la cantidad de residuos orgánicos y la calidad de la misma deben ser adecuadas, el obtener biogás de forma regular no debe variar de principio a fin. Si aumentara los porcentajes en más de un 10% es señal que el proceso anaeróbico esta alterado y puede disminuir la obtención de biogás drásticamente” (Engineering, 2013, p. 7)

Ácidos grasos volátiles (AGV)

“Son los principales productos que puede tener la fermentación animal, que contienen principalmente hidratos de carbono. El acético, propiónico y butínico son ácido grasos volátiles primarios conocidos frecuentemente en la actualidad como iones disociados” (Engineering, 2013, p. 8)

También son llamados importantes el valérico, isovalérico, isobutírico denominados ácidos grasos volátiles que no tienen un nivel elevado por su composición metabólica. (Engineering, 2013, p. 8)

FOS/TAC

Con la finalidad de determinar la concentración de nivel ácido y de sustrato, se desarrolló un análisis de FOS/TAC con un test conocido como (MÉTODO NORDMANN) que se llevó acabo en el FAL (Centro Federal Alemán de Investigación Agrícola). (Engineering, 2013, p. 8)

“Desde antaño la relación FOS/TAC (ácidos orgánicos volátiles/carbonato inorgánico total) sirve como valor guía para evaluar los procesos de fermentación anaeróbico donde se mide en mg Ac. Acético/L y mg CaCO_3 /L respectivamente. Detecta

principalmente los problemas del proceso, para así contrarrestarlos inmediatamente dentro de los parámetros establecidos” (Engineering, 2013, p. 9)

Medidas de seguridad en el sistema

1. Restricción del acceso

“El digestor tendrá acceso el cual debe estar restringido por los trabajos de la excavación en forma de laguna con la finalidad de proteger el terreno ya preparado e impermeabilizado. También se tendrá en cuenta la restricción en el momento del llenado para todo aquel que sea ajeno al trabajo” (Sagarpa, 2013, p. 12)

2. Cerco perimetral

Para evitar que el personal no autorizado o los animales que de alguna manera accedan al digestor, una vez terminado el digestor se deberá montar un cerco perimetral que puede ser de malla ciclónica, paredes o rejas. (Sagarpa, 2013, p. 15)

“Si en caso se utilizara un cerco perimetral, se debe tener en cuenta que debe ser de aproximadamente de 2 metros de altura, también se dispondrá de letreros de aviso con anuncios de restricción en las puertas de ingreso. Si disponemos de un digestor dentro de las instalaciones de una limitada área, solo se montara un cerco de tal forma que protegerá el sistema de manejo de biogás, equipos de medición y control” (Sagarpa, 2013, p. 15)

3. Ubicación del quemador

“Debe estar lo suficientemente lejos del mismo digestor, cables y tuberías aéreas, para así poder instalar sobre una superficie de cemento. La distancia mínima permisible será aproximadamente de 30 metros de todas las instalaciones mencionadas” (Sagarpa, 2013, p. 18)

4. Señalizaciones

En ambientes que se trabaje con digestores y sistemas de manejo de producción de biogás se tendrá en cuenta lo siguiente: instalar carteles visibles que indiquen los siguientes mensajes como: “SE PROHIBE FUMAR”, “PELIGRO GAS ALTAMENTE INFLAMABLE”. (Sagarpa, 2013, p. 18)

5. Seguridad en el sistema de tuberías

Para evitar posibles fugas se instalara tuberías de entrada y salida de residuos con sellos hidráulicos especiales y válvulas de alivio para mantener una presión normal en el sistema del digestor dando así un previo cuidado a las tuberías que tienen contacto con el gas. (Sagarpa, 2013, p. 19)

“El mantenimiento que se dispondrá será rutinario a manera que se pueda lograr un adecuado trabajo. Las señalizaciones tendrán que ser visibles y permanentes brindando seguridad e higiene, de tal manera que puedan ser divisadas y entendidas por los operadores que se encuentran trabajando en la zona” (Sagarpa, 2013, p. 19)

6. Instalación de tuberías

Las válvulas de alivio hacen un papel importante ya que si el sistema se encuentra con sobre presión automáticamente se liberara, eliminando así el riesgo de que la membrana se rompa o en su defecto explote, usando una válvula de alivio se mantendrá el digestor en buen funcionamiento. (Sagarpa, 2013, p. 21)

7. Prevención y control de incendios

“Si el digestor está construido en su totalidad se tendrá en cuenta la información que se brindara a todos los que estén en zonas aledañas cercanas sobre su ubicación, para así prevenir las quemas que acostumbran hacer y tener total cuidado con los incendios” (Sagarpa, 2013, p. 23)

8. Equipos de protección y seguridad personal

A los operarios se tendrá que suministrar los accesorios correspondientes para laborar con total seguridad dentro del área del digestor en la que se encuentren los equipos. (Sagarpa, 2013, p. 23)

Es importante que en áreas donde se produce la generación de energía, se deberá contar con su equipo de protección personal (E.P.P) que son los lentes de seguridad, overol, zapatos de seguridad y casco. (Sagarpa, 2013, p. 23)

9. Caseta de seguridad para la planta de generación de energía eléctrica

“El grupo electrógeno y las instalaciones eléctricas deberán tener una caseta de seguridad para su funcionamiento, el personal que no esté capacitado deberá abstenerse al acceso, los gases de escape serán canalizados hacia el exterior para no permitir que los gases tóxicos perjudiquen la salud” (Engineering, 2013, p. 12)

10. Grupo electrógeno

“Se dispondrá de un manual de especificaciones técnicas de operación, para evitar cualquier tipo de accidentes en el área que se encuentre destinada el grupo electrógeno. Antes de iniciar su funcionamiento se de tener en cuenta todos los niveles de fluidos que puede ser el aceite y el refrigerante, cabe mencionar que las partes móviles no estén bloqueadas y sea un espacio ventilado” (Engineering, 2013, p. 15)

“Normalmente el grupo electrógeno necesita un mantenimiento periódico y rutinario, es necesario seguir las pautas adecuadamente para evitar posibles inconvenientes siguiendo un rol coordinado. Dentro del área se contara con un extintor ABC, especial para incendios según el caso lo amerite” (Engineering, 2013, p. 15)

Manejo de efluentes del bioreactor

La materia orgánica produce biogás lo cual genera un efluente rico en nutrientes que se debe tratar adecuadamente para los terrenos de cultivo que se utilizaran en determinadas épocas del año, el tanque de almacenamiento debe tener la dimensiones necesarias para poder ocupar todo el efluente que se necesita y posteriormente no tirarlo directamente al suelo, ya que así contribuimos con la contaminación del medio ambiente. (Sagarpa, 2013, p. 26)

“El efluente posee alternativas de solución que puede separarse tanto en fibra como en líquido, la fibra es utilizada para el compostaje o el tratamiento de suelos y el líquido encontramos niveles altos de nutrientes que es beneficioso para terrenos ya trabajados mejorando la calidad de los suelos” (Sagarpa, 2013, p. 26)

“Los derivados que se obtienen por la digestión anaerobia, ayuda mucho a los agricultores a reducir sus gastos por la compra de fertilizantes artificiales que maltratan los suelos en todo sentido, por su fabricación que no es sostenible para el medio ambiente” (Sagarpa, 2013, p. 26)

Por otro lado los efluentes también son empleados para estimular las algas en su crecimiento que viven en estanques piscícolas y sirve como alimento para peces. Según sea el caso el efluente es utilizado como suplemento en la alimentación de animales lo cual implica una evaluación del mismo. (Sagarpa, 2013, p. 27)

“El efluente no cumple con los requisitos necesarios de calidad, ya que por ningún motivo debe ser vertido a pozos de aguas naturales o desagües, esto facilitaría la contaminación del medio ambiente, para no causar tal contaminación es necesario concientizar a las personas por el adecuado uso de los efluentes” (Sagarpa, 2013, p. 29)

1.4 Formulación del problema

¿Cómo influye el estudio de factibilidad de producir biogás con residuos orgánicos ganaderos en la demanda energética del Caserío El Tambo?

1.5 Justificación del estudio

1.5.1 Justificación técnica

La obtención de energía eléctrica utilizando biogás es una forma de (Demanda energética) que conlleva a una alternativa de solución para solventar la demanda de energía eléctrica en el Caserío Tambo, ya que a los pobladores les permitirá suplir en parte o en su toda su magnitud sus necesidades de consumo de energía eléctrica, sino que también, fomenta minimizar la demanda local.

La generación de energía eléctrica con biogás permitirá alcanzar grandes mejoras en el procedimiento y utilización de los desechos orgánicos en las fincas agropecuarias, estableciendo un apoyo al cumplimiento necesario del compromiso con el medio ambiente. Así mismo permite una adaptación inmediata a las cambiantes exigencias de los cambios tecnológicos.

1.5.2 Justificación económica

La propuesta del presente trabajo determinará la factibilidad técnica y financiera para la producción de biogás usando residuos ganaderos (excretas de vacunos) como materia prima, la cual servirá para activar un grupo electrógeno que generará energía eléctrica, de tal forma que, se pueda satisfacer la demanda energética que se necesita en el caserío el Tambo del distrito de Motupe.

Las excretas de vacuno en su mayor parte son usadas como abono en forma bruta en granjas, chacras y/o huertas debido a su alto contenido de sales y minerales que sirve de abono para los cultivos,

mientras que en algunos casos no es aprovechada y es desechada. Pero, así como dichas excretas son usadas como abono, también pueden ser usadas para generar combustible natural llamado, a este combustible se le denomina "biogás", así mismo, después del proceso bioquímico que se lleva a cabo para la producción del biogás, se generará un residuo orgánico final, al cual se le dará un valor agregado, pues constituye un fertilizante de buenas propiedades y cuya apreciación en el mercado es muy alta.

1.5.3 Justificación social

Promover a su vez las técnicas que permiten obtener elementos de producción de energía (calor, luz, electricidad), para obtener beneficios microeconómicos por medio de la generación de energía y guano fertilizante, la elevación de ganancias y del crecimiento en la productividad de ganado vacuno de la región.

El biogás busca siempre favorecer esencialmente a la preservación y el desarrollo, con la ayuda de la tecnología que se presenta hoy en día. Así mismo presenta una alternativa de satisfacción para los problemas higiénicos ocasionados por los desechos orgánicos, mejorando la calidad de los suelos agrícolas con el uso de los guanos fertilizantes producto del residuo del estiércol del ganado vacuno.

1.5.4 Justificación ambiental

El uso adecuado de las excretas de ganado vacuno logrará producir biogás sin un costo elevado, ya que para este tipo de proyectos no se necesita un gran presupuesto, así mismo se dejará de dañar o perturbar los componentes del aire ya que es biodegradable para el medio ambiente y para todos los seres vivos.

1.6 Hipótesis

Con el estudio de factibilidad de producción de biogás con residuos orgánicos ganaderos se satisface la demanda energética en el Caserío Tambo.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

- Realizar un estudio de factibilidad de producir biogás con residuos orgánicos ganaderos para satisfacer la demanda energética en el Caserío El Tambo, Distrito de Motupe 2016.

1.7.2 Objetivo específicos

- Diagnosticar la demanda de energía eléctrica que necesitan las viviendas del Caserío Tambo.
- Calcular el balance de materia y energía para la obtención de Biogás
- Determinar las dimensiones del biodigestor para la selección del grupo electrógeno en base a la cantidad de estiércol.
- Establecer la factibilidad económica de generar electricidad por medio de biogás.

II. METODO

2.1 Diseño de investigación

Este diseño será no experimental por que no se modifican las variables.

2.1.1 Tipo descriptiva

El tipo de investigación en este proyecto de tesis permitirá el progreso de cada uno de los elementos, ya que es preciso recurrir a la indagación bibliográfica, como compendios, registros, internet, con el plan de instalar de una extensión más extensa del tema, que consintió verificar un estudio a fondo y recomendar las medidas correctivas, así mismo se acudió al método científico ya que se identifica por la búsqueda, reflexiva, sistemática y metódica.

2.1.2 Tipo propositiva

Traza el proyecto de una idea de propuesta delante a las dificultades reveladas en la realidad que se estudia, parte de un punto experimental y en función de las peticiones y necesidades detectadas; o partir de variados estudios que marcan las demandas, necesidades o problemas. La propuesta tiene valor como aporte de investigación si está sostenida en estudios previos o ha sido aprobada en la experiencia.

2.1.3 No experimental

“Las instrucciones que se desarrollan es sin la alteración intencional de variables y que solo se examina las anomalías en su ambiente natural para después analizarlos minuciosamente”. (Fernández, sf, p. 28).

En este proyecto de tesis, la investigación no se manipularan ni se elabora al azar, se tiene en cuenta la no manipulación de variables, en este estudio no crea ninguna clase de situación.

2.2 Variables de Operacionalización

2.2.1 Variable independiente

- Estudio de Factibilidad de producir Biogás.

2.2.2 Variable dependiente

- Demanda Energética.

Cuadro de Operacionalización de variables

Variable		Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Instrumentos	Escala de medición
Independiente	Estudio de factibilidad de Producir biogás	Tiene como finalidad determinar si existe o no, una demanda que justifique la puesta en marcha de producir biogás y otorgar ciertos bienes o servicios, en un espacio de tiempo determinado para cubrir las necesidades básicas que se disponga. (Burgos, 2011, p.17).	En este estudio de factibilidad se tendrá que seleccionar el mejor proceso de biodigestión mediante la producción de biogás, abasteciéndose de sus propios recursos, que viene hacer la excreta de ganado vacuno para lograr los valores adecuados de eficiencia.	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de excreta de ganado • Combustión de gas metano • Temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> • Ficha de recolección de excreta vacuna. • Ficha técnica • Registro de medición de gases 	Razón o proporción
	Demanda Energética	La demanda energética es una medida de la tasa promedio del consumo de energía eléctrica de toda instalación, en general mientras más aparatos eléctricos se encuentren en funcionamiento al mismo tiempo, mayor es la demanda. (Osinerg, sf, p.8)	Llegar a satisfacer la demanda energética de todas las viviendas y mejorar su calidad de vida.	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de cargas • Voltaje • Corriente • Tensión • Potencia • Tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas de observación • Hoja de Cálculo • Encuestas 	Razón o proporción

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

A tener en cuenta la población y que es objeto de estudio, está constituido por 200 cabezas de ganado vacuno de diferentes edades pertenecientes a los propietarios del Caserío El Tambo.

2.3.2 Muestra

La muestra, objeto de estudio considerado en la actual investigación es igual a la población.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.4.1 Técnicas

Encuesta

En cuestión la encuesta nos permitió realizar sin número de interrogantes e indagar a los propietarios de los domicilios sobre el consumo de energías convencionales o combustibles tradicionales que utilizan diariamente, con la finalidad de suplir sus necesidades energéticas cotidianas.

Entrevista

Con la entrevista nos proporcionó conocer a detalle la situación energética actual y anterior del caserío El Tambo, así como, la indagación de la existencia de algún proyecto similar a esta memoria.

Revisión de base de datos

Los datos se obtuvieron como base de toda la data recogida a diario, correspondiente a la masa de estiércol producida por cada vacuno en el Caserío El Tambo.

Informes

Considerando los informes y/o reportes de libros, catálogos y revistas sobre generación de biogás, búsquedas en páginas de internet de estudios realizados anteriormente en diversas partes del Perú.

Observación

Esta técnica nos permitió conocer la magnitud de cómo se concentra y distribuye la materia orgánica del ganado vacuno en el Caserío Tambo, Motupe.

2.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Guías de Control y encuesta

Acceder de manera directa al campo de trabajo, comprobando las teorías, considerando las actividades permanentes de la comunidad.

Reporte y registro de producción

Se controlará la documentación, lo cual describe la cantidad de materia prima como producción proveniente del ganado vacuno con la que cuenta la población.

Guía de información

Se tendrá en cuenta la información sobre experiencias anteriores referidas a la propuesta, validando resultados que se hayan obtenido, y que estén contemplados con las normas reguladoras de cuidado del medio ambiente.

2.4.3 Validez y confiabilidad de los instrumentos

Validez: En lo que concierne a la validez de la siguiente tesis fue mediante la propuesta de la instalación de un biodigestor para producir biogás utilizando el estiércol de ganado vacuno del caserío El Tambo,

teniendo en cuenta que para el presente trabajo de investigación la información obtenida es veraz y no está alterada en ningún momento.

Confiabilidad: la presente tesis empleó instrumentos ya validados por autores que han realizado investigaciones similares a la generación y producción de biogás, ya que de alguna manera, se está mencionando a cada uno de los autores, añadiendo su respectiva cita bibliográfica.

2.5 Métodos de análisis de datos

En el actual trabajo de tesis se consideró los datos recolectados y los análisis descriptivos, la recolección de datos se procesarán aplicando el programa Microsoft Excel para analizar una comparación estadística y proyecciones, tales como él (VAN y TIR) que es un análisis de rentabilidad.

2.5.1 Aspectos éticos

Los datos recolectados serán analizados con toda la veracidad y no serán alterados al momento de la ejecución del proyecto.

El ejecutor del proyecto se comprometerá a respetar todas las pautas necesarias para que el proyecto sea confiable para el jurado evaluador del proyecto

2.5.2 Aspectos ambientales

Con este proyecto se podrá satisfacer la demanda energética del Caserío El Tambo, además, mediante el uso de búsqueda de nuevas alternativas de fuentes de energía, como es el caso de los biodigestores, se obtiene una reducción de contaminantes gaseosos, entre ellos el CO₂, gases que afectan al medio ambiente.

III.RESULTADOS

3.1 Diagnosticar la demanda de energía eléctrica que necesitan las viviendas del Caserío El Tambo

Para iniciar el diagnóstico de la demanda de la energía eléctrica se analizó el crecimiento demográfico del Caserío El tambo en últimos 50 años, pues al aumentar la población, aumenta la demanda energética, es decir son magnitudes directamente proporcionales. Éste análisis empieza con la tabla resumen del número de pobladores por intervalo de 5 años que se muestra a continuación:

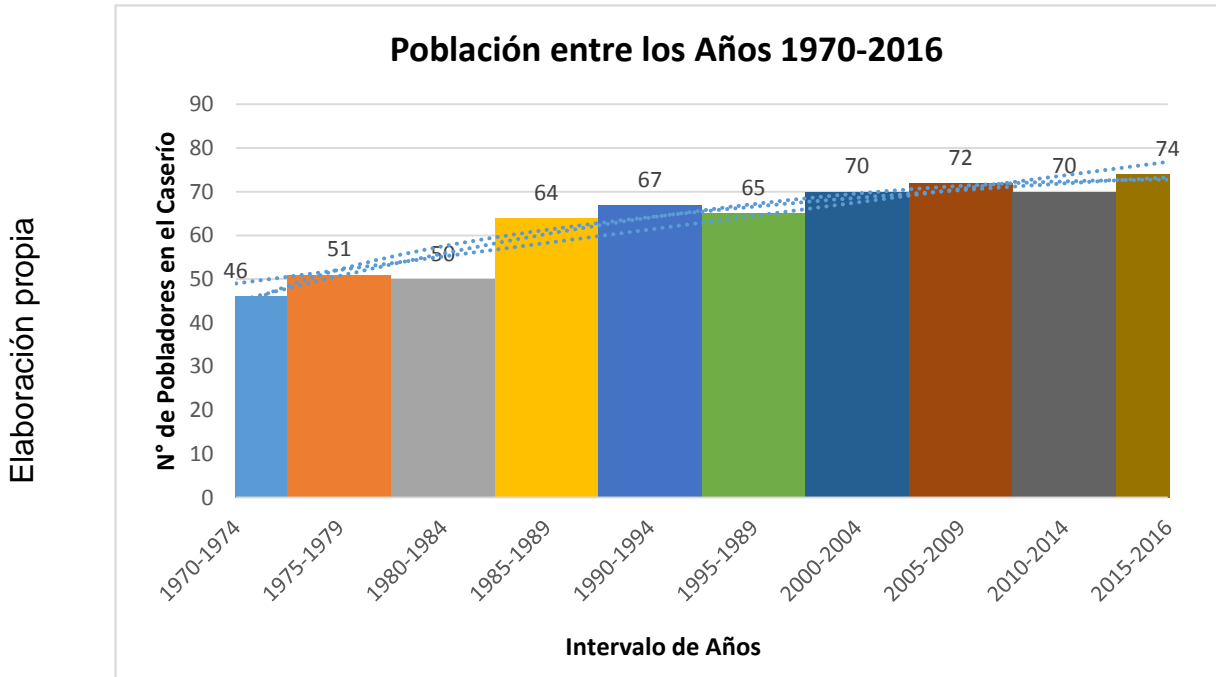
Tabla 6

	Escala	AÑO	POBLACION
Elaboración propia	A	1970-1974	46
	B	1975-1979	51
	C	1980-1984	50
	D	1985-1989	64
	E	1990-1994	67
	F	1995-1999	65
	G	2000-2004	70
	H	2005-2009	72
	I	2010-2014	70
	J	2015-2016	74

Crecimiento Demográfico del Caserío El Tambo en los Últimos 50 Años.

La tabla puede resumirse y mostrarse en el siguiente cuadro:

Figura 18



Descripción gráfica de la evolución demográfica del caserío El Tambo en el periodo 1970-2016.

En la tabla y figura adjunta puede observarse que la población tiende a aumentar en los próximos años, es por ello que se tiene que tener una proyección en el incremento de la demanda energética para los años siguientes, pues al aumentar la población, aumentarán también las viviendas, y como se verá más adelante, la demanda energética se calcula por m^2 , por consiguiente el cálculo y balance de materia y energía tiene que ser mayor al valor a obtener debido al cálculo de la demanda energética del caserío.

Diseño del sistema

a. Descripción general

Se pretende implementar un sistema de generación eléctrica para abastecer de energía al caserío El Tambo. Para generar energía eléctrica se utilizará un bio-digestor a base de los desechos del ganado vacuno

producir biogás (gas metano) el cual se ingresara a un grupo electrógeno para finalmente producir energía eléctrica.

b. Parámetros de diseño

Demanda a abastecer

En el presente proyecto se pretende abastecer el 100% de la demanda del Caserío El Tambo, Para el cálculo de la demanda del Caserío El Tambo se utilizaron dos criterios: 1) Diagnostico de la máxima demanda utilizando el CNE 2006 y 2) Estimación de la demanda basándose en encuestas a la población y proyecciones.

1) CNE 2006

La estimación de la máxima demanda por medio del CNE se basa en el número de viviendas y en la carga de cada vivienda.

En caso de viviendas unifamiliares o departamentos en edificios de vivienda de las que no se dispone de información específica sobre las cargas, la demanda máxima total a prever no será inferior a 3000 W, para viviendas de hasta 90 m² según dimensiones interiores según el CNE 2006 (Código Nacional de Electricidad) sección 050-110 inciso 2.

Existen 15 viviendas en el Caserío El Tambo, de dimensiones 5m x 10m aproximadamente, la cual hace un área de 50 m² por vivienda. Como cada vivienda tiene un área menor a 90 m²; se considerará una carga de 3000W por vivienda.

Realizando el cálculo de la demanda energética por todo el Caserío obtenemos lo siguiente:

$$Demanda\ Energética = 15\ viviendas \times 3\ 000\ W$$

$$Demanda\ Energética = 45\ 000\ W$$

$$\text{Demanda Energética} = 45 \text{ kW}$$

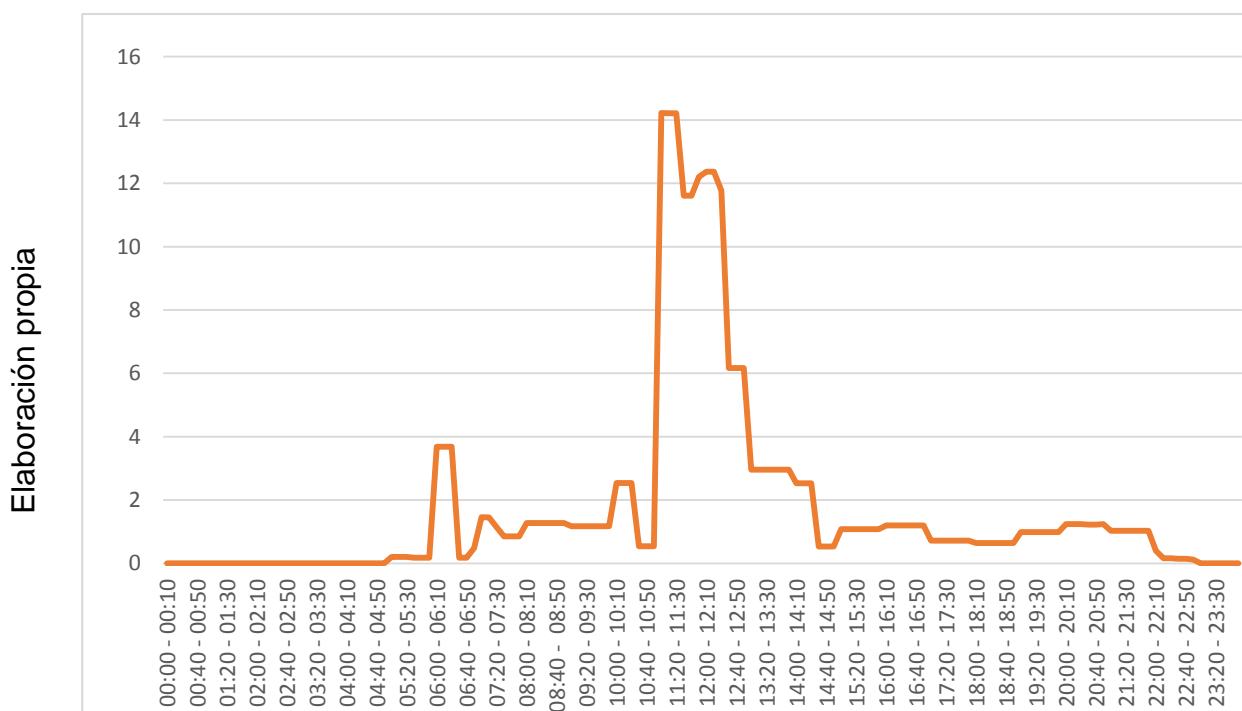
Es necesario un equivalente energético de 45 kW para poder suplir la necesidad del Caserío el Tambo.

2) Utilizando las encuestas y proyecciones

Evaluando las encuestas realizadas a los pobladores del caserío que se encuentran en el anexo XX. Se tienen las siguientes conclusiones:

La energía eléctrica necesaria para abastecer al caserío es de aproximadamente **41,003 Kw-h** al día. Presenta una demanda máxima del caserío de cerca de **35,700 Kw** con una demanda máxima real de **14,220 Kw**. La curva de la demanda energética se puede observar en el siguiente gráfico.

Figura 19



Demanda energética del caserío El Tambo.

Teniendo en cuenta la máxima demanda, según real encuestas y según el CNE 2006 tenemos:

$$DMR (\text{Según encuestas}) = 14,220 \text{ kw}$$

$$DM (\text{CNE}) = 45 \text{ KW}$$

Sería recomendable tomar el máximo valor, pero eso implicaría elevar los costes iniciales en la compra del generador. Por lo que elegiremos un valor promedio como demanda máxima.

$$\text{Demanda Máxima} = 25\text{KW}$$

3.2 Calcular el balance de materia y energía para la producción de Biogás.

Para realizar el balance de materia y energía, es preciso realizar el cálculo del volumen del biodigestor. Para ello se precisa calcular la producción diaria de excreta. A continuación, se muestra el cuadro de producción de excreta vacuna en el Caserío El Tambo.

Volumen de biomasa generado

Otro parámetro a considerar en el diseño es la cantidad de excreta generada. A continuación, se muestra el cuadro de producción de excreta vacuna en el Caserío El Tambo.

Tabla 7

<i>Tamaño</i>	<i>Cantidad de Excreta por día (kg)</i>	<i>N° de Animales</i>	<i>Masa. excretas / día (kg)</i>
Grande (vacas)	12	114	1368
Mediano (toros)	9	14	126
Pequeño (vaquillonas)	6	47	282
Ternero	4	25	100
	SUBTOTALES	200	1876

Elaboración propia

Valores de la producción promedio diario de excretas de vacunos en diferentes edades en el caserío El Tambo,

Teniendo en cuenta la Tabla 7, se tiene una producción diaria de 1876 kg de excreta en promedio.

La siguiente tabla señala las características de la excreta utilizada.

Tabla 8

Tamaño	Cantidad de Excreta por día (kg)	Rendimiento de Biogás (m³/kg. excreta)	Producción de Biogás (m³/animal. Día)	Relación Agua: Excreta
<i>Grande</i>	12	0.04	0.60	2:1
<i>Mediano</i>	9	0.04	0.40	2:1
<i>Pequeño</i>	6	0.04	0.32	2:1
<i>Ternero</i>	4	0.04	0.16	2:1

Valores de la producción promedio diario de excretas de vacunos en diferentes edades según data recogida de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ingeniería Agrícola.

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ingeniería agrícola.

Para poder iniciar la anaerobiosis metanogénica es necesario adicionar una masa equivalente de agua. Para algunos expertos es preciso adicionar 3 kilogramos por cada kilogramo. En esta tesis se consideró adicionar solo 2 kilogramos de agua, esto se debió a que las excretas de los vacunos del caserío El Tambo presentan en su composición gran porcentaje de agua, esto se debe al tipo de alimentación que se les suministra.

Debido a ello, se calculó la masa de agua necesaria para la anaerobiosis metanogénica:

$$2 \text{ kg. Agua} / \text{kg. excreta} \times 1892 \text{ kg. excreta} = 3752 \text{ kg de agua}$$

Con esto se calculó la biomasa que entrará en proceso de anaerobiosis:

$$\text{Biomasa} = 1876 + 3752 = 5628 \text{ kg. Biomasa} / \text{día}$$

Considerando una densidad:

$$\rho = \frac{1000kg}{m^3}$$

Con esto, se calculó el volumen diario de biomasa (VBM):

$$\mathbf{VBM = 5.628 \text{ m}^3/\text{día}}$$

Otras variables a considerar

1. La relación de mezcla de estiércol y agua es de 1:2, una parte de estiércol por dos de agua.
2. El tiempo de retención, es el periodo que duran las bacterias en descomponer el afluente para producir el biogás y depende de la relación estiércol y agua, por lo que una mayor cantidad de agua requiere un tiempo de retención mayor. Para el caso del proyecto se estimó un tiempo de 30 días.

Diseño del biodigestor

Una vez calculado los parámetros de diseño procedemos al diseño del biodigestor. El parámetro más importante es la biomasa generada puesto que el diseño está sujeto a ese parámetro.

Características y tipo del biodigestor

Volumen del biodigestor

Se utilizara un biodigestor industrial de forma cilíndrica, según criterio técnico.

Se procederá a calcular el volumen:

$$VB = TR * \left(\frac{EP}{\rho EP} + \frac{RA}{\rho A} \right)$$

Donde:

VB: es el volumen del biodigestor.

TR: es el tiempo de retención.

EP es el estiércol producido.

ρ_{EP} : es la densidad del estiércol, equivalente a 993 kg/m^3

RA: es la cantidad de agua agregada en la mezcla según la relación estiércol agua.

ρ_A : es la densidad del agua, equivalente a 1000 kg/m^3

Calculando:

$$VB = 30 * \left(\frac{1876 \text{ kg}}{993 \text{ kg/m}^3} + \frac{3752 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} \right)$$

$$VB = 169.23 \text{ m}^3$$

Balance energético del sistema

Para tener datos acerca de la cantidad de energía generada con la cantidad de excreta disponible, se debe realizar un balance energético.

Para realizar este balance se calculará el volumen de biogás que produce un kilogramo de excreta y luego la cantidad de energía eléctrica que el volumen de biogás determinado.

Volumen de biogás generado

Según: Universidad de Costa Rica Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Eléctrica Proyecto Eléctrico GENERACIÓN ELÉCTRICA POR MEDIO DE BIOGÁS.

El volumen del biogás generado varía entre el 30% al 50% del volumen del biodigestor, que se calculó anteriormente.

Por tanto, VB es:

$$VB = 169.23 \text{ m}^3$$

Y el volumen de Biogás generado será:

$$V_{Biogas} = \frac{30}{100}(169.23) \text{ o } \frac{50}{100}(169.23)$$

$$V_{Biogas} = 50,769 \text{ o } 84,615$$

Tomando el valor promedio, el volumen del biogás será:

$$V_{Biogas} = 67,692 \text{ m}^3$$

Ese valor es el volumen generado por 1876kg de excreta, aplicando un cálculo proporcional.

1kg de excreta produce 0.0360 m³ de biogás

Considerando la producción del generador.

1kw-h de energía eléctrica es producido por 0,64 m³ de biogás

Por lo tanto, 1kg de excreta producirá.

$$e = \frac{0,0360}{0,64}$$

$$e = 0,05625 \text{ kw} - h$$

1kw-h es el equivalente a:

$$1 \text{ kw} - h = 3600000 \text{ J}$$

Por lo que 1kg de excreta producirá:

$$0,05625 \text{ kw} - h = 202500 \text{ J}$$

Haciendo la equivalencia para los 1876 kg de excreta diaria, la cantidad de energía eléctrica diaria que se puede producir es:

$$E_t = 1876(0,05625 \text{ kW} - h)$$

$$Et = 105,525 \text{ kw} - h$$

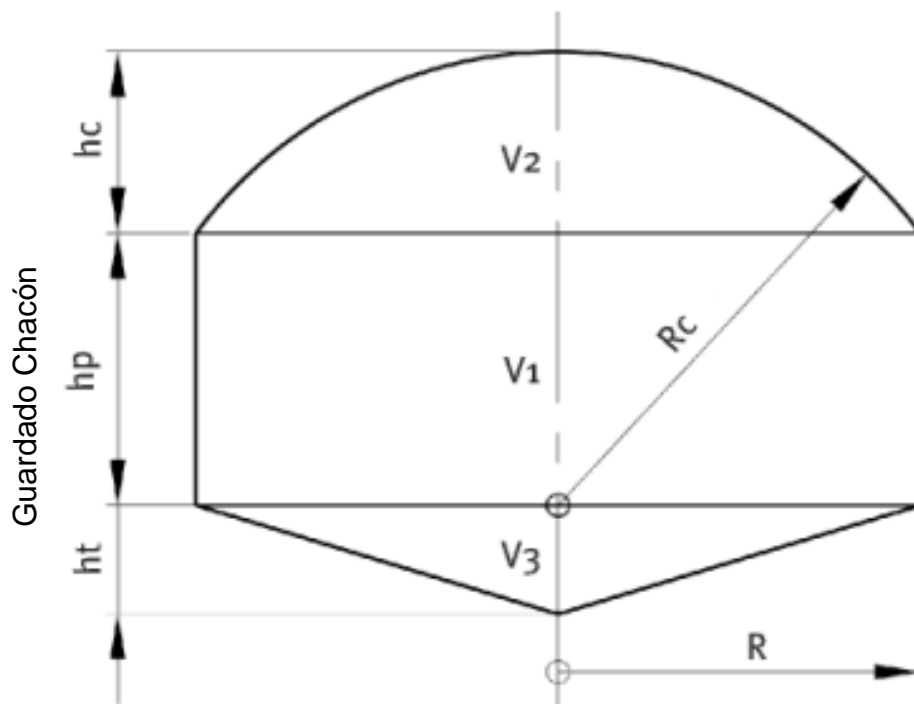
La demanda energética del caserío se estimó en 41,003 Kw-h al día por lo que se confirma que se puede abastecer sin ningún problema el 100% de la demanda energética, ya que dispongo de biogás resultante podría utilizarse para otras fuentes de energía como vendría a ser el uso de biogás doméstico o calefacción.

3.3 Determinar las dimensiones del biodigestor para la selección del grupo electrógeno en base a la cantidad de estiércol.

Dimensionamiento del biodigestor

Las dimensiones para el tipo de biodigestor señalada anteriormente son:

Figura 20



Esquema referencial de diseño

En donde:

VB= Volumen total del biodigestor

V1=Volumen del cilindro

V2=Volumen del segmento cilíndrico

V3=Volumen cono base

U= Unidad

Hc= Altura de la cúpula

Hp= Altura de la pared

R=Radio básico

Rc=Radio de la cúpula

D=Diámetro del Cilindro

Ht=Altura del cono base

En donde el Volumen Total será igual a:

$$VB = R^3 \cdot \pi \cdot 1,121 = V1 + V2 + V3$$

Donde el factor de 1.121 corresponde a una constante de relación entre el radio básico con el volumen total del biodigestor, tenemos:

$$R = \sqrt[3]{\frac{VB}{1.121 * \pi}}$$

Pero el VB ya está calculado:

$$VB = 169.23 \text{ m}^3$$

Por lo que el radio básico R será:

$$R = \sqrt[3]{\frac{169,23}{1.121 * \pi}}$$

$$R = 3,635 \text{ m}$$

Calculamos la unidad en metros (U)

$$U = \frac{R}{4}$$

$$U = \frac{3,635}{4}$$

$$U = 0,908 \text{ m}$$

Radio de cúpula:

$$Rc = 5 * U(m)$$

$$Rc = 5 * 0,908$$

$$Rc = 4,544$$

Diámetro del cilindro:

$$D(m) = 8 * U(m)$$

$$D(m) = 8 * 0,908$$

$$D(m) = 7,264 \text{ m}$$

Altura de la cúpula:

$$hc(m) = 2 * U(m)$$

$$hc(m) = 2 * 0,908$$

$$hc(m) = 1,816 \text{ m}$$

Altura de la pared

$$hp(m) = 3 * U(m)$$

$$hp(m) = 3 * 0,908$$

$$hp(m) = 2,724 \text{ m}$$

Altura del cono base:

$$ht(m) = 0.15 * D(m)$$

$$ht(m) = 0.15 * 7,264$$

$$ht(m) = 2.934 \text{ m}$$

Volúmenes parciales

Volumen del cilindro:

$$V_{cil.} = R^2 * hp * \pi$$

$$V_{cil.} = 3,635^2 * 2,724 * \pi$$

$$V_{cil.}(m^3) = 113,075$$

Volumen de la cúpula semiesférica:

$$V_{segmento\ esferico} = \pi * hc^2 * Rc * \left(\frac{hc}{3}\right)$$

$$V_{segmento\ esferico} = \pi * (1,816)^2 * 4,544 * \left(\frac{1,816}{3}\right)$$

$$V_{segmento\ esferico} = 28,498$$

Volumen de la base cónica:

$$V_{con.}(m^3) = R^2 * \pi * \frac{ht}{3}$$

$$V_{con.}(m^3) = 3,635^2 * \pi * \frac{2.934}{3}$$

$$V_{con.}(m^3) = 40,597 \text{ m}^3$$

Finalmente, se calcula por suma directa el volumen total:

$$V_{total} = V_{cil.}(m^3) + V_{cúp.}(m^3) + V_{con.}(m^3)$$

$$V_{total} = 113,075 \text{ m}^3 + 28,498 \text{ m}^3 + 40,597 \text{ m}^3$$

$$V_{total} = 182,845 \text{ m}^3$$

Valor cercano al volumen calculado anteriormente para el biodigestor que es:

$$VB = 169.23$$

El error se debe a que las formulas son solo aproximadas, esta variación no influirá en el proceso del biodigestor, tan solo en las dimensiones.

El diagrama de flujo referencial del diseño de instalación, se puede observar en el anexo N° 06

Cálculo del tanque de compensación

Para el cálculo del tanque de compensación se considera que equivale a un tercio del volumen total del digestor.

$$V_{comp} = \frac{1}{3} V_{total}$$

$$V_{comp} = \frac{1}{3} 182,845 \text{ m}^3$$

$$V_{comp} = 60,948 \text{ m}^3$$

El radio del tanque de compensación es igual al radio del volumen predefinido (R). Se calcula la altura del tanque de compensación considerando que el tanque es cilíndrico.

$$htc = \frac{1}{\pi * R^2} V_{comp.}$$

$$htc = \frac{60,948}{\pi * 3,635^2}$$

$$htc = 1,468 \text{ m}$$

Se dejará un margen de 20 cm en la parte superior del tanque. Se calcula la altura total del tanque de compensación como:

$$h_{total_{tc}} = h_{tc} + 0.2$$

$$h_{total_{tc}} = 1,468 + 0.2$$

$$\mathbf{h_{total_{tc}} = 1,668 \text{ m}}$$

Cálculo del tanque de mezcla

El volumen del tanque de mezcla como el volumen de entrada diario del digestor, la suma del agua y el estiércol, además, se tiene sobredimensionando un valor de 15%.

$$V_{tanq.mezcla} = \frac{V_{agua} (m^3) + V_{excreta} (m^3)}{1000} * 1.5$$

$$V_{tanq.mezcla} = \frac{1876 \text{ m}^3 + 3752 \text{ m}^3}{1000} * 1.5$$

$$\mathbf{V_{tanq.mezcla} = 8.4420 \text{ m}^3}$$

Finalmente, se calcula el radio del tanque de mezcla, teniendo en cuenta la relación de fórmulas, en función de su altura y volumen:

$$R_{tm} = \sqrt{\frac{V_{tanq.mezcla}}{h_{tc} * \pi}}$$

$$R_{tm} = \sqrt{\frac{8.4420}{1,468 * \pi}}$$

$$\mathbf{R_{tm} = 1.0434 \text{ m}}$$

Selección del generador

Un generador eléctrico es un maquinas que transforma energía mecánica en energía eléctrica.

Para nuestro proyecto se utilizar un generador de biogás que en realidad es un generador acoplado a un motor de combustión interna, el cual utiliza como combustible biogás, conocido también como Grupo Electrónico.

En la sección anterior hemos considerado una demanda máxima de 25 KW, hemos considerado esto para no elevar los costes del proyecto.

Con esta consideración basándonos en el catálogo de Aqua Limpia Engineering e.k. hemos escogido el modelo:

AQL25

Con las siguientes características que se detallan en el anexo 5

Figura 21

Aqua Limpia Engineering



Grupo electrónico de 25 KVA

3.4 Establecer la factibilidad económica de la generación de electricidad por medio de biogás

Para determinar la factibilidad del proyecto, se procedió a elaborar un presupuesto de cada elemento que conforma el sistema de biodigestión, tal como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla N° 9

Presupuesto total del proyecto					
Instrumentación y Maquinaria					
Ítem	Descripción	Cantidad	Valor	Total	Garantía (años)
1.00	Gasómetro - Bioreactor	1.0	S/.4,265.00	S/.4,265.00	5
2.00	Filtro de Agua	1.0	S/.1,322.36	S/.1,322.36	1
3.00	Filtro de H ₂ S	1.0	S/.578.30	S/.578.30	1
4.00	Filtro de CO ₂	1.0	S/.869.30	S/.869.30	1
5.00	Manómetros	6.0	S/.150.00	S/.900.00	1
6.00	Bomba de biogás	1.0	S/.1,204.00	S/.1,204.00	2
7.00	Grupo electrógeno de 25 KVA para biogás	1.0	S/.11,000.00	S/.11,000.00	2
8.00	Tablero de fuerza y control	1.0	S/.1,250.00	S/.1,250.00	2
9.00	Tablero de distribución	1.0	S/.1,500.00	S/.1,500.00	2
10.00	Válvula reguladora de presión	1.0	S/.234.50	S/.234.50	1
11.00	Válvula de retención	1.0	S/.82.30	S/.82.30	1
12.00	Sistema de cañería	1.0	S/.2,125.00	S/.2,125.00	2
13.00	Adicionales	1.0	S/.1,614.08	S/.1,614.08	
			TOTAL	S/.27,788.84	

Presupuesto del proyecto

Tabla N° 10

Diseño y montaje				
Ítem	Descripción	Cantidad	Valor	Total
1.00	Diseño y elaboración de planos	1.0	S/.2,500.00	S/.2,500.00
2.00	Montaje de estructuras	1.0	S/.2,700.00	S/.2,700.00
3.00	Mantenimiento preventivo- 6 meses	2.0	S/.400.00	S/.800.00
			TOTAL	S/.6,000.00
	Monto total de inversión	S/.33,788.84		

Presupuesto de diseño y montaje

En la tabla mostrada se tiene un valor de la inversión que equivale a S/. 33, 788.84, nuevos soles, lo cual será financiado por una empresa privada que le convenga invertir en este proyecto lo cual no solo será un beneficio económico sino que también de alguna forma se podrá mitigar la contaminación ambiental. Este presupuesto contiene toda la instrumentación requerida que va desde la cúpula de almacenamiento de biomasa, hasta el grupo electrógeno, el cual generará energía eléctrica para satisfacer la demanda energética del Caserío.

Así mismo se puede detallar los ingresos y egresos para seguir el cálculo con los flujos de caja o flujo neto, los cuales equivalen a la diferencia entre los ingresos y egresos anuales considerados durante los 5 primeros años, en los cuales se proyecta tener una rentabilidad. Partiendo de la potencia de operación que se dispondrá y claro esta su costo de la energía como se detalla a continuación:

Tabla N° 11

Potencia de operación	105.525	kwh	Costo kWh	S/.1.30
INGRESOS		EGRESOS		
Año	Valor	Año	Valor	
1	S/.6,173.21	0	-33788.84	
2	S/.9,259.82	1	800	
3	S/.12,346.43	2	800	
4	S/.15,433.03	3	800	
5	S/.18,519.64	4	800	
		5	800	
TOTAL	S/.61,732.13	TOTAL	4000	

Detalle de ingresos y egresos

Tabla N° 12

FLUJO NETO	
Año	Valor
1	S/.5,373.21
2	S/.8,459.82
3	S/.11,546.43
4	S/.14,633.03
5	S/.17,719.64
TOTAL	S/.57,732.13

Detalle de flujo de caja

Análisis del VAN y la TIR

Teniendo en cuenta el monto de inversión de proyecto, y considerando un periodo de 5 años, se calcula el VAN y la TIR de la siguiente forma:

Tabla N° 13

Elaboración propia

Monto de Inversión	S/.33,788.84					
		AÑOS				
	Inversión	1	2	3	4	5
Flujo de caja (neto anual)	-33,788.84	5,373.21	8,459.82	11,546.43	14,633.03	17,719.64

Valor total de la inversión con el flujo de caja por año

En la tabla N° 13, adjunta, se puede observar que el valor de la inversión equivale a S/. 33, 788.84, nuevos soles, el cual es considerado como egreso. Este valor referencial, tendrá un periodo de inversión de 5 años, por lo que a partir del quinto año a más, este podrá retornar y convertirse en ingresos continuos.

Posteriormente se calcula el Valor Actual Neto (V.A.N) y la Tasa Interna de Retorno (T.I.R) con las siguientes fórmulas que a continuación se presentan:

V.A.N

$$VAN = -A + \frac{Q1}{(1+K)^1} + \frac{Q2}{(1+K)^2} + \frac{Q3}{(1+K)^3} + \frac{Q4}{(1+K)^4} + \frac{Q5}{(1+K)^5}$$

Donde:

A: El monto total a invertir en negativo

Q1, Q2, Q3, Q4, Q5: Flujo neto de caja que se presenta cada año.

K: Tasa de descuento, equivalente para mi proyecto que es de 10 %

T.I.R

$$0 = -A + \frac{Q1}{(1 + K)^1} + \frac{Q2}{(1 + K)^2} + \frac{Q3}{(1 + K)^3} + \frac{Q4}{(1 + K)^4} + \frac{Q5}{(1 + K)^5}$$

Donde:

A: El monto total a invertir en negativo

Q1, Q2, Q3, Q4, Q5: Flujo neto de caja que se presenta cada año.

K: Tasa de descuento, equivalente para mi proyecto que es de 10 %

Tabla N° 14

Elaboración propia	Tasa de descuento	10.00%	
	V.A.N a cinco años	7,759.55	Valor positivo, inversión (en principio) factible
	T.I.R a cinco años	17.09%	Valor superior a la tasa, inversión (en principio) factible

Detalle del V.A.N y T.I.R

En la tabla adjunta se muestran los valores para el VAN y la TIR, los cuales son: VAN equivalente a S/. 7,759.55, lo que hace factible la inversión, pues constituye un valor positivo que viabiliza el desarrollo del proyecto. La TIR con un valor del 17.09 %, superior en un 7.09 % a la tasa de descuento considerada (10 %), lo que hace que el proyecto en su totalidad sea factible.

IV. DISCUSIÓN

El presente trabajo de investigación, es un sin número de posibilidades de mejora con respecto a las antes mencionadas en los trabajos previos donde se puede resaltar lo siguiente:

- Para la instalación de un biodigestor se tiene que tener en cuenta las variables externas como son la temperatura y humedad relativa del medio ambiente, pues estas influyen en la aceleración del proceso si es que no instala un sistema de autorregulación térmica.
- Es por ello que para esta investigación se plantea la instalación de un sistema de regulación térmica automática, pues, el caserío El Tambo, posee una temperatura ambiental promedio de 30°C, lo que influye en el periodo de retención de la biomasa e inestabilidad el punto de reacción.
- Otro punto que entra en discusión es el material del cual está constituido el silo o bóveda (biodigestor) de almacenamiento de la biomasa, pues para algunos autores influye mucho en el periodo de retención de la biomasa y para otros es un punto inherente; para esta investigación no se ha tomado en cuenta el tipo de material del silo.

V. CONCLUSIÓN

Como se puede observar en los cálculos anteriores, se pudo llegar a:

- La demanda de energía eléctrica se diagnosticó tomando con referencia al código nacional de electricidad 2006 y encuestas realizadas donde se determinó que el Caserío El Tambo que cuenta con 15 viviendas de 5 x 10 metros, ya que su consumo de energía total podría ser aproximadamente de 25 $kW - h$ lo cual resulta beneficioso ya que así podría solventar otras fuentes de energía
- Procesar todo el estiércol de ganado vacuno durante un día podemos calcular el volumen diario que podemos disponer, que viene hacer 5.628

m³ de biogás al día, para así tener un dimensionamiento aproximado del biodigestor lo que es muy importante para su diseño

- Partiendo de mi segundo objetivo calculado se puede continuar en determinar las dimensiones del biodigestor lo cual será de un radio de 3.635 metros con una altura total de 7.474 metros, de esta manera se selecciona el Grupo electrógeno Aqua Limpia Engineering que reúne las condiciones necesarias para llegar a producir un equivalente energético de 105.505 KW-h, es decir suficiente energía para suplir la demanda energética del Caserío El Tambo a media que cada año sigue aumentando su población.
- La factibilidad económica del proyecto, establece un valor de inversión que equivale a S/. 33, 788.84, nuevos soles. El VAN equivalente a S/. 7,759.55, lo que hace factible la inversión, pues constituye un valor positivo que viabiliza el desarrollo del proyecto. La TIR con un valor del 17.09 %, superior en un 7.09 % a la tasa de descuento considerada (10%), lo que hace que el proyecto en su totalidad sea factible.

Con este resultado se plantea la reutilización y aprovechamiento de las excretas del ganado vacuno y además puede darse un valor agregado al producto final del proceso, pues constituye una masa que sirve como abono, ya que contiene nutrientes para realimentar suelos pobres.

VI. RECOMENDACIONES

- Para posteriores investigaciones, se recomienda incorporar los desechos orgánicos producidos en la vivienda durante el día, tales como restos de frutas, hortalizas, entre otros, de tal manera que exista un gran porcentaje de biomasa para degradar.
- Se recomienda realizar ensayos de optimización del proceso de fermentación o digestión anaerobia de tal modo que permita aprovechar al máximo la producción de biogás.

- Se recomienda mejorar los métodos de laboratorio para separar el metano de los demás gases componentes del biogás, de tal forma que permita obtener el mayor volumen del gas combustible.
- El estudio podría abarcar lo beneficioso que podría llegar hacer es el uso adecuado de las energías renovables sin perjudicar el medio ambiente.

VII. REFERENCIAS

- **Agrowaste. 2013.** 15, 2013.
- **Albert, Lilia A. 2002.** *Curso Básico en Toxicología Ambiental.* México : Noriega Editores, 2002.
- **Barcelona, Escola Técnica Superior d'Enginyeria Industrial de. 2011.** *Estudio de alternativas y Dimensionamiento de Biodigestores para Aplicaciones Domésticas en la Zona Rural de Nwadjahane en Mozambique.* Barcelona : Universitat Politècnica de Catalunya, 2011.
- **Biodisol. 2015.** Energías Alternativas, Energías Renovables, Energías Limpias, Bioenergías. *Energías Alternativas, Energías Renovables, Energías Limpias, Bioenergías.* [En línea] 2016 de 07 de 2015. <http://www.biodisol.com/>.
- **Calvache Wilma, Chavez Marivel, Duran Christian. 2006.** *Tratamiento de Aguas: Tratamiento Primario y Parámetros Hidráulicos.* Quito : Universidad Central, 2006.
- **Castells, Xavier Elias. 2012.** *Biomasa y Bioenergía.* Madrid : Energía, Medioambiente, Tratamiento de Residuos, 2012.
- **—. 2005.** *Tratamiento y Valorización Energética de Residuos.* Barcelona : Diaz de Santos, 2005.
- **CIE. 2016.** Corporación para la Investigación Energética. *Corporación para la Investigación Energética.* [En línea] 10 de 10 de 2016. www.energia.org.ec.
- *Demanda energética en el mundo.* **Weto. sf. sf.**
- **Desarrollo, Programa de las Naciones Unidas para el. 2014.** *Manual de Biogás.* Santiago de Chile : Global Environment Facility, 2014.

- **Elena Campos, Xavier Elias, Xavier Flotats. 2013.** *Procesos Biológicos: La Digestión Anaerobia y el Compostaje*. Madrid : Ediciones Diaz de Santos, 2013.
- **Energy, Txu. 2015.** *Demanda energetica*. 2015.
- **Engineering. 2013.** 75, 2013.
- **Erick, Martinez Ortega. 2009.** *Estudio de factibilidad de uso racional y eficiente de la materia prima no tradicional del sector avícola para la generación de energía eléctrica*. 2009.
- **Fernando López Rodríguez, Alejandro Lahoz Muñoz. 2014.** *Aprovechamiento Energético del Residuo Ganadero. Aprovechamiento Energético del Residuo Ganadero*. Mexico : Agencia Extremeña de la Energía, 2014.
- **Hernández, Francisco M. 2015.** *10 Casos del Éxito en el Sector Industrial*. Nuevo México : Nuevas Ideas, 2015.
- **IDAE. 2016.** Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. *Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía*. [En línea] 14 de 10 de 2016. <http://www.idae.es/>.
- **Ingenieria, EG. 2013.** *Tecnología Sustentable. Tecnología Sustentable*. [En línea] 24 de 08 de 2013. <http://www.eg-ingenieria.com.ar/>.
- **Liset, Rodríguez Achata. 2014.** *Generación de energía renovable a partir del desarrollo de actividades en el departamento de Madre de Dios*. Iquitos : s.n., 2014. 2222-7431.
- **Milton, Friedman. 2006.** *El pensamiento economico de milton friedman - IESE Business School*. 2006.
- **MINEM. 2014.** Plan Energético Nacional 2014 - 2025. [En línea] 12 de 03 de 2014. [Citado el: 20 de 10 de 2016.] <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/2reseje-2014-2025%20vf.pdf>.
- **Nagami Balagurusamy, Keshav C. Das. 2012.** *Avances Tecnológicos en la Producción de Biogas*. Sevilla : Academia Española, 2012. 260.
- **Paz Hernández, Oscar G. Martinez. 2012.** *Evaluación del balance de masa y energía para el diseño de un Biodigestor. Evaluación del balance de masa y energía para el diseño de un Biodigestor*. Mexico : Colima, 2012.
- **Pérez, Emilio Menéndez. 2008.** *Energías Renvables, Sustentabilidad y Creación de Empleo*. Madrid : GALLEGO & PÉREZ - ENCISO, 2008.

- **Perú, Pontificia Universidad Católica del. 2015.** Energias Alternativas. [En línea] 11 de 11 de 2015. [Citado el: 20 de 10 de 2016.]
- **Prutton, Maron Y. 2008.** *Fundamentos de Fisicoquímica*. Mexico : LIMUSA, 2008. 1004.
- **Sagarpa. 2013.** 39, 2013.
- **Tecnológicos, Centro de Estudios de Energía y Procesos. 2014.** Universidad de Las Tunas, Cuba. *Universidad de Las Tunas, Cuba*. [En línea] 12 de 05 de 2014. <http://www.cubasolar.cu/>.
- **Vela, Jaime Gonzales. 2009.** *Energía Renovable*. Barcelona : Reverté, 2009.

ANEXO 2 – FICHA DE OBSERVACIÓN – CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

2.1 ESTIMACION DE CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO

Escala	AÑO	POBLACION
A	1970-1974	-
B	1975-1979	-
C	1980-1984	-
D	1985-1989	-
E	1990-1994	-
F	1995-1999	-
G	2000-2004	-
H	2005-2009	--
I	2010-2014	-
J	2015-2016	-

ANEXO 3 – TABLAS DE FUJO NETO

INGRESOS	
Año	Valor
1	S/.
2	S/.
3	S/.
4	S/.
5	S/.
TOTAL	S/.

EGRESOS	
Año	Valor
0	S/.
1	S/.
2	S/.
3	S/.
4	S/.
5	S/.
TOTAL	S/.

FLUJO NETO (INGRESO - EGRESO)	
Año	Valor
1	S/.
2	S/.
3	S/.
4	S/.
5	S/.
TOTAL	S/.

ANEXO 4 – HOJA DE CÁLCULO PARA EL VAN Y LA TIR.

1	Datos para el análisis						
		importe					
	Ingrese monto de Inversión		S/.				
			AÑOS				
		inversión	1	2	3	4	5

	Flujo de caja (neto anual)	-		MONTO	MONTO	MONTO	MONTO	MONTO
				1	2	3	4	5
2	Cálculo del V.A.N. y la T.I.R.							
		%						
	Tasa de descuento	TASA	Ingrese tasa de descuento					
	V.A.N a cinco años	VALOR CALCULADO	Valor positivo, inversión (en principio) factible					
	T.I.R a cinco años	VALOR CALCULADO	Valor superior a la tasa, inversión (en principio) factible					

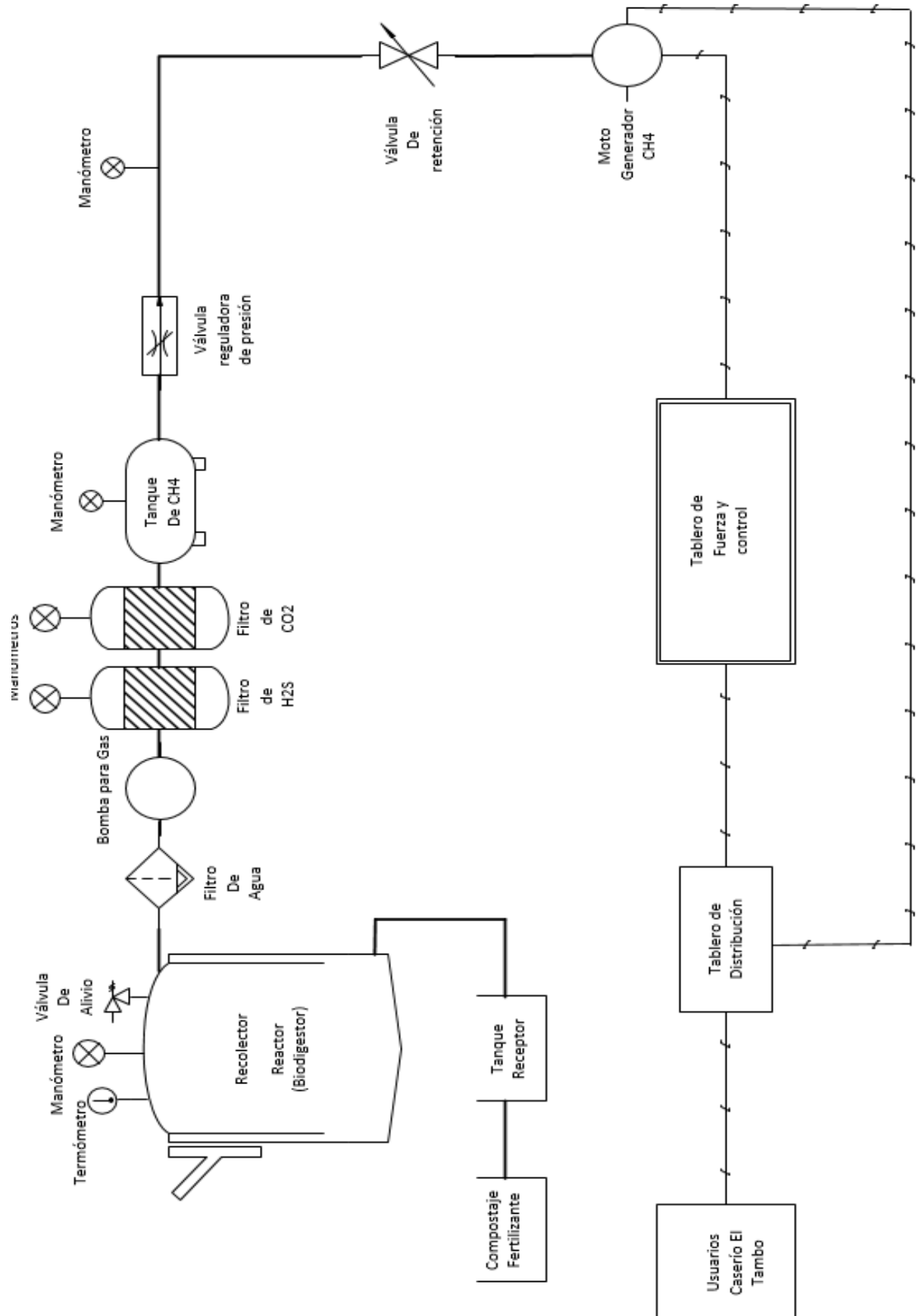
ANEXO 5 – FICHA TÉCNICA DEL GRUPO ELECTRÓGENO



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERADORES DE 10 – 33 kW

	Standby(kVA)	10	16	25	25	30	33
	Model	AQL10	AQL16	AQL25	AQL25	AQL30	AQL33
standby power	kVA/kW	10/8.0	16/13.0	25/20	25/20	30/24	33/26
prime power	kVA/kW	9/7.0	15/12.0	22/18	22/18	28/22	30/24
frequency	Hz	60	60	60	60	60	60
rated voltage	V	480	480	480	480	480	480
brand							
Model motor	—	M-F10A	M-4Y	M-Isuzu 4JB1	M-4Y	M-Isuzu 4JB1T	M-4Y
displacement	L	1,051	2,237	2,771	2,237	2,771	2,237
speed	RPM	3.600	1.800	1.800	3600	1.800	3.600
starting method	—	electric start	electric start	electric start	electric start	electric start	electric start
cooling method	—	water cooled	water cooled	water cooled	water cooled	water cooled	water cooled
brand alternator	—	Stamford	Leroy Somer	Leroy Somer	Stamford	Leroy Somer	Stamford
model	—	PI 042 D	LSA 40 VS2	LSA 40 M5	PI 042 G	LSA 42.3 VS1	PI 144 E
phase	—	3 phases, 4 wires	3 phases, 4 wires	3 phases, 4 wires	3 phases, 4 wires	3 phases, 4 wires	3 phases, 4 wires
controller type	—	DS DSE7320	DS DSE7320	DP DSE7320	DS DSE7320	DS DSE7320	DS DSE7320
display	—	LCD	LCD	LCD	LCD	LCD	LCD
fuel	—	biogas	biogas	biogas	biogas	biogas	biogás
gas inlet pressure	kPa	1-5.5kPa	1-5.5kPa	1-5.5kPa	1-5.5kPa	1-5.5kPa	1-5.5kPa
dimension (open type)	mm*mm*mm	—	1400*710*920	1,500*600*980	1400*710*920	1,500*600*980	1400*710*920
net weight (open type)	kg	—	480	600	480	600	480
biogas consumption	m ³ /kW.h	0,65	0,65	0,64	0,64	0,62	0,60

ANEXO 6 – DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE BIOGÁS.



ANEXO 7 – REGISTRO DE MEDICIÓN DE GASES.

Ítem	Descripción del gas	Unidad de medición	Valor Nominal - %	Valor medido	Rango filtrado
1.00	Oxígeno	ppm	0-1		
2.00	Nitrógeno	ppm	0-15		
3.00	Monóxido de Carbono	ppm	Traza		
4.00	Amoniaco	ppm	0-1		
5.00	Hidrógeno	ppm	1-2		
6.00	Hidrógeno Sulfhídrico	ppm			
7.00	Dióxido de Carbono	ppm	30-45		
8.00	Metano	ppm	55-70		
9.00	Vapor de Agua	ppm			

ANEXO 8 – ENCUESTA.

FORMATO DE ENCUESTA

OBJETIVO: Conocer las condiciones sociales y necesidades energéticas de la población.

Localidad:

1. UBICACIÓN:

Departamento: Provincia: Distrito:
.....

Región: Altitud: Temperatura
Promedio:

2. POBLACIÓN:

Número de habitantes por vivienda:

3. DATOS GENERALES:

Sexo: (F) (M)

Edad:

Estado civil: Soltero () Casado ()

Recibe algún apoyo de programas del estado: Si () NO ()

4. COMUNICACIONES:

¿Qué medio utiliza para comunicarse con su caserío?

Carretera () Trocha () Río () Otro ()

¿Qué distancia y que tiempo hay entre su localidad y la carretera principal?

..... Kilómetros

..... Minutos

5. SERVICIOS BASICOS

Agua potable proviene de: Pozos () Ríos () Noria ()

Instalaciones sanitarias: Desagüe () Pozo ciego ()

6. ENERGIA:

¿Tiene energía eléctrica? SI () NO ()

Central hidráulica: () Grupo térmico: ()

Sistema Interconectado: () Panel solar: ()

Gasto equivalente de energía en velas, mecheros, combustible, carbón, etc. Por familia S/.

¿Qué combustible utilizar para cocinar?

Leña: () Gas: ()

7. SALUD:

¿Existe puesto o centro de salud en su localidad?

SI () NO ()

8. EDUCACION:

Centro de educación inicial: SI () NO () N° de alumnos:

Centro de educación primaria: SI () NO () N° de alumnos:

Centro de educación secundaria: SI () NO () N° de alumnos:

Instituto tecnológico: SI () NO () N° de alumnos:

9. ACTIVIDADES ECONOMICAS:

Agricultura: () productos principales:

Cuenta con ganado: SI () No ()

GANADO	CANTIDAD
Vacuno	
Bovino	
Caprino	
Ovino	
Porcino	
Aves	

¿Su ganado está en una zona cercana o al aire libre, de ser así que extensión ocupan para el pastoreo aproximadamente?

.....
.....

¿Qué hace con el estiércol del ganado vacuno?

Uso de abono () Nada ()

10. APARATOS ELECTRODOMESTICOS

De la siguiente lista con que le gustaría contar:

APARATOS ELECTRICOS	CANTIDAD	TIEMPO DE USO
Televisión		
Radio		
Horno de microondas		
Refrigerador		
D.V.D		
Lavadora		
Terma		
Olla arrocera		
Electrobomba 0.5 HP		
Licuada		
Cafetera		
Ducha eléctrica		
Computadora		
Ventilador		
Cocina eléctrica		
Plancha		
Aspiradora		
Equipo de sonido		
Secadora		
Conexiones a celular		
Focos ahorradores		

➤ ¿Qué pensaría de la posibilidad de tener energía eléctrica producida aquí mismo en el caserío?

Está de acuerdo

No está de acuerdo

No le importa

No sabe

POR EL CONSULTOR:

Nombre:

(Firma del responsable de la encuesta)

POR EL POBLADOR:

Nombre:

DNI: