

**USS | UNIVERSIDAD  
SEÑOR DE SIPÁN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA.**

**TESIS**

**EVALUACIÓN PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA, EN BASE A BIOGÁS PRODUCIDO POR LA BOSTA  
DE CERDO EN LA GRANJA RICO CERDO F&G. SAC EN LA  
CLAKE DISTRITO DE REQUE – CHICLAYO-LAMBAYEQUE.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO  
ELECTRICISTA.**

**Autor:**

**Bach. Santos Díaz Paúl Jean Pierre**

**Asesor:**

**Msc. Amaya Checa, Manuel Luis**

**Línea De Investigación:**

**Generación de Energía Renovable**

**Pimentel, Perú – 2018**

---

Bach. Santos Díaz, Paúl Jean Pierre

Tesista

---

MSC. Rojas Coronel, Ángel Marcelo

Presidente de Jurado

---

ING. Vives Garnique, Juan Carlos

**Secretario de Jurado**

---

MSC. Amaya Checa, Manuel Luis

**Vocal de Jurado**

## ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	6
1.1.	SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	9
1.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	11
1.3.	HIPÓTESIS.....	11
1.4.	OBJETIVOS.....	11
1.4.1.	Objetivo general:.....	11
1.4.2.	Objetivos Específicos.....	12
1.5.	JUSTIFICACIÓN.....	12
1.5.1.	Justificación Económica.....	12
1.5.2.	Justificación Social.....	12
1.5.3.	Justificación Ambiental.....	12
1.5.4.	Justificación Tecnológica.....	13
1.6.	ANTECEDENTES DE ESTUDIO.....	13
1.6.1.	Antecedentes:.....	13
1.7.	MARCO TEÓRICO.....	15
1.7.1.	Estado del arte.....	15
1.7.2.	Base teórica científicas.....	18
1.7.2.1.	La biomasa.....	18
1.7.2.2.	Clases de materia orgánicas:.....	22
1.7.2.3.	Relación de carbono-nitrógeno.....	23
1.7.2.4.	Propiedades básicas de la materia orgánica.....	23
1.7.2.5.	Biodigestor.....	25
1.7.2.6.	Evaluación de riesgos.....	33
1.7.2.7.	BIOGÁS.....	36
1.7.2.8.	Usos del biogás.....	42
1.7.2.9.	Material de carga del biodigestor.....	43
1.7.2.10.	Producción y aplicación del biogás.....	46
1.7.3.	Cálculos de diseño.....	47
1.7.3.1.	Cálculo de la cantidad de residuos orgánicos.....	47
1.7.3.2.	Cálculo del tiempo de retención.....	50
1.8.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	51
II.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	53
2.1.	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	53
2.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	55
2.3.	VARIABLES:.....	55

2.4.	OPERACIONALIZACIÓN .....	56
2.5.	ABORDAJE METODOLÓGICO, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. ....	57
2.5.1.	Abordaje metodológico .....	57
2.5.2.	Técnicas de recolección de datos .....	57
2.5.3.	Instrumentos de recolección de datos.....	58
2.6.	PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS. ....	59
2.7.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS .....	59
2.8.	ASPECTOS ÉTICOS .....	60
2.9.	PRINCIPIOS DE RIGOR CIENTÍFICO. ....	60
III.	RESULTADOS .....	62
3.1.	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE BIOGÁS GENERADA POR LA BOSTA PRODUCIDA POR LA GRANJA RICO CERDO F&G. ....	62
3.1.1.	Cálculo de cerdos de la granja.....	62
3.1.2.	Cálculo de la bosta diaria. ....	63
3.1.3.	Calculo de bosta mensual y anual: .....	63
3.1.4.	Calculo de aguas de lavado: .....	66
3.1.5.	CALCULO DEL AGUA RESIDUAL O PURIN. ....	68
3.1.6.	Cálculo y selección de la alternativa de biodigestor más pertinente según la problemática..	69
3.1.7.	Calculando la carga diaria del biodigestor en m <sup>3</sup> /día (C) .....	70
3.1.8.	Cálculo del tiempo de retención (TR). ....	71
3.1.9.	Volumen del digestor (V).....	71
3.1.10.	POSIBLE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS (PG).....	72
3.2.	CALCULO DE POTENCIA PARA LA SELECCIÓN DEL GENERADOR (P) .....	73
3.2.1.	Calculo de la energía (E).....	73
3.2.2.	Calcular la potencia (P). ....	73
3.2.3.	Sistema de almacenamiento. ....	74
3.2.3.1.	Tubería de captación de biogás .....	74
3.2.4.	Instalación de tuberías.....	75
3.2.5.	Sistema de purificación del biogás.....	76
3.2.6.	Volumen del gasómetro (Vg). ....	77
3.3.	RESULTADOS DE LA MÁXIMA DEMANDA EN LA GRANJA. ....	78
3.3.1.	Calculando la tasa de crecimiento. ....	80
3.4.	ANÁLISIS DE AHORRO ECONÓMICO. ....	82
3.5.	ANÁLISIS ECONÓMICO. ....	83
3.5.1.	Ingresos. ....	83
3.5.1.1.	Producción de energía eléctrica.....	83
3.5.1.2.	Bonos de carbono (BC).....	84
3.5.2.	Egresos. ....	84
3.5.2.1.	Costos del biodigestor. ....	84
3.6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS. ....	87
3.7.	PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO. ....	93
3.8.	UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DONDE SE REALIZARÁ EL PROYECTO.....	94
3.9.	PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN. ....	95
3.9.1.	Biodigestor laguna cubierta. ....	95
3.9.1.1.	Partes del biodigestor tipo laguna cubierta.....	97

3.9.1.2.	Construcción de la laguna .....	98
3.9.1.3.	Muro perimetral para sujetar la membrana.....	99
3.9.1.4.	TANQUE DE ALIMENTACIÓN.....	100
3.9.1.5.	TUBERIA DE ALIMENTACION Y DESCARGA.....	100
3.9.1.6.	Tuberías de captación de biogás.....	101
3.9.1.7.	Materiales para cubrir el fondo y cubierta del biodigestor .....	101
3.9.1.8.	Sistema de agitación.....	103
3.9.1.9.	Extracción y recirculación de lodos.....	103
3.9.1.10.	Tanque de alimentación .....	103
3.9.1.11.	Laguna de descarga (Ld) .....	103
3.9.2.	Equipos.....	104
3.9.2.1.	Medidor de biogás.....	104
3.9.2.2.	Bombas de lodo.....	105
3.9.2.3.	Generadores A Biogás.....	106
3.9.2.4.	Agitadores .....	108
3.9.2.5.	Antorchas y filtros H2S.....	109
3.10.	NORMATIVIDAD.....	110
3.11.	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO. ....	111
3.12.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS. ....	112
3.13.	ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD. ....	115
3.14.	DISCUSIÓN.....	117
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	119
4.1.	CONCLUSIONES.....	119
4.2.	RECOMENDACIONES. ....	120
V.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	122
	ANEXO 1 ENCUESTA .....	125
	ANEXO 2 ENTREVISTA.....	139
	ANEXO 3 CÁLCULO DE LA BOSTA DIARIA .....	140
	ANEXO 4 MEDIDAS DE SEGURIDAD.....	148
	ANEXO 5 FOTOGRAFÍAS.....	153
	ANEXO 6 PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DEL BIODIGESTOR.....	155

## RESUMEN

En esta investigación tecnológica cuasi-experimental se evaluó la generación de energía eléctrica, en base a biogás producido por la bosta de cerdo en la granja Rico Cerdo F&G S.A.C. en la Clake Distrito de Reque – Chiclayo- Lambayeque. Para el desarrollo de esta investigación se estimó el volumen de bosta de cerdo y el volumen de agua utilizada en el lavado de los galpones, posteriormente se seleccionó el tiempo de retención adecuado para el tipo de materia prima, seguidamente se calculó el volumen de diseño del biodigestor, calculando luego las cantidades de biogás y metano producido por la bosta de cerdo, de acuerdo a los parámetros ya obtenidos se calcularon las cantidades de energía y potencia eléctrica. El volumen de bosta fue evaluado por la clasificación de cerdos según su edad y sexo obteniendo como resultado 21.230 m<sup>3</sup> de bosta diarios, la evaluación del volumen del agua de lavado, fue mediante el caudal utilizado durante el día, obteniendo un volumen de 23.4m<sup>3</sup>, posteriormente se eligió el tiempo de retención para un estiércol de cerdo líquido obteniendo 25 días de retención obteniendo el volumen máximo de diseño del biodigestor equivalente a 1606.7106m<sup>3</sup>. De acuerdo al volumen de diseño del biodigestor y a las condiciones de la granja, fue seleccionado el biodigestor tipo laguna cubierta. De acuerdo a la evaluación de la bosta, la producción del biogás es de 891.696m<sup>3</sup>/día, la cual producirá una energía de 1765.557Kwh, esta energía será utilizada las 24 horas del día, obteniendo una potencia de diseño de 88.278Kw, por otro lado en el análisis económico se obtuvo un VAN equivalente a s/.1139677.950 y un TIR equivalente a 68%, lo que determinó que la producción de energía eléctrica en base a biogás producida por la bosta de cerdo es factible.

Palabras clave: Energía, biodigestor, biogás, estiércol.

## ***ABSTRACT***

In this quasi-experimental technological research, the generation of electrical energy was evaluated, based on biogas produced by the pig dung in the farm Rico Cerdo F & G S.A.C. in the Claque District of Reque - Chiclayo- Lambayeque. For the development of this investigation the volume of pig dung and the volume of water used in the washing of the sheds were estimated, afterwards the appropriate retention time for the type of raw material was selected, then the design volume of the pig was calculated. biodigester, calculating then the amounts of biogas and methane produced by the pig dung, according to the parameters already obtained, the amounts of energy and electrical power were calculated. The volume of dung was evaluated by the classification of pigs according to their age and sex, obtaining as a result 21,230 m<sup>3</sup> of daily dung, the evaluation of the volume of the washing water, was by the flow used during the day, obtaining a volume of 23.4m<sup>3</sup>, Subsequently, the retention time for a liquid pig manure was chosen, obtaining 25 days of retention obtaining the maximum design volume of the biodigester equivalent to 1606.7106m<sup>3</sup>. According to the design volume of the biodigester and farm conditions, the lagoon-type lagoon biodigester was selected. According to the evaluation of the manure, the production of biogas is 891,696m<sup>3</sup> / day, which will produce an energy of 1765,557Kwh, this energy will be used 24 hours a day, obtaining a design power of 88,278Kw, on the other In the economic analysis, an equivalent NPV was obtained as /. 1139677.950 and an IRR equivalent to 68%, which determined that the production of electric energy based on biogas produced by pig dung is feasible.

Keywords: Energy, biodigester, biogas, manure.

# CAPITULO: I

# INTRODUCCIÓN



## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Situación problemática.**

El estiércol generado en los sistemas ganaderos puede provocar impactos ambientales negativos si no existe un control en el almacenamiento, el transporte o planificación, debido a la emisión de gases contaminantes hacia la atmósfera, y la acumulación de micro y macronutrientes en el suelo y en los cuerpos hídricos superficiales. En EE.UU. hay legislaciones específicas para el manejo del depósito de excreta de animales que impacten cuerpos de agua, suelo y atmósfera, las cuales son supervisadas y certificadas por la agencia de protección ambiental (EPA). En Canadá las regulaciones para manejo y depósito de excreta de animales es escasa y confusa, ya que solo se especifican ciertas normas sobre descargas de contaminantes al agua, restando importancia a las emisiones a la atmósfera y suelo, y sin especificaciones claras relacionadas con excretas de ganado. (Juan M. Pinos- Rodríguez, México, 2012)

Gran parte de las pequeñas granjas porcinas artesanales que existen en Costa Rica se ubican a la orilla de los ríos y quebradas y descargan en estos sus desechos y aguas residuales, con la consecuente contaminación de las aguas y degradación de los suelos, además del malestar que generan en los vecinos por el mal manejo, que produce olores desagradables y propicia la existencia de vectores como moscas y roedores, nocivos para la salud, es necesario involucrar en la gestión ambiental de microcuencas, subcuencas y cuencas la participación de los usuarios y productores y de las instituciones relacionadas con la problemática, para que por medio de un trabajo intersectorial y participativo con un enfoque sistémico, se logre que paralelamente al aprovechamiento de los recursos de la cuenca se dé un adecuado manejo de los mismos con el fin de preservarlos y protegerlos.

A partir del diagnóstico y caracterización de las granjas porcinas de la comunidad, que muestra serios problemas en el manejo de aguas residuales y desechos, muchos de ellos generados a partir de prácticas de alimentación inadecuadas que impactan el ambiente e inciden en el proceso productivo, se establece un plan de gestión ambiental que incluye un biodigestor para el tratamiento de las aguas residuales, la modificación en las prácticas de limpieza y de manejo de desechos, la minimización del recurso agua para el proceso productivo, la modificación en la alimentación de los cerdos; acompañado de un proceso de capacitación que propicie el cambio de actitudes, destrezas y el comportamiento. **(Marín, 2002)**

En el estudio de Spangnoletta, se constata que la mayor parte de los biodigestores instalados en Perú a finales del siglo pasado se encuentran actualmente en desuso. Se han identificado como barreras para la diseminación de la biodigestión entre las familias rurales: tecnológicas (diseños adaptados a las condiciones climáticas), económicas (inversión no recuperable en términos económicos), sociales (capacitación y apropiación), logísticas (instalación y seguimiento) y políticas (falta de apoyo a tecnologías de pequeña producción).

Buena parte de la población de la zona andina peruana vive por encima de los 3000 m.s.n.m en condiciones climáticas y ambientales severas: escasez de agua, bajas temperaturas, intensa radiación solar y poca productividad de biomasa. La mayor parte de energía se consume en el ámbito doméstico y se basa en el uso de biomasa (leña y estiércol seco), que comporta serios problemas de salud, especialmente en las mujeres, y ambientales.

La agricultura es parte de subsistencia y a menudo el manejo de los suelos agrícolas no es sostenible, ya que se ha acortado el tiempo entre rotaciones. En zonas agrícolas periurbanas, a menudo también existe un déficit de servicios y de acceso al agua. En este contexto, la tecnología de los digestores anaerobios puede jugar un papel clave hacia la creación de sistemas agroecológicos que cierren el ciclo de la materia, produciendo a su vez un fertilizante natural y energía renovable. **(Ferrer, 2010).**

La contaminación que se puede observar en la granja RICO CERDO F&G SAC, los altos precios del combustible y la elevada tarifa nacional de energía eléctrica son factores fundamentales para desarrollar una planta de biogás que produzcan energía eléctrica, a partir del uso de bosta de cerdo (21.23085m<sup>3</sup> diarias, 643.919m<sup>3</sup> mensuales) producida por 3521 cerdos de la granja distribuidos de acuerdo a edad y sexo en un área de 3.7 hectáreas

## **1.2. Formulación del problema.**

¿Cómo evaluar la producción de biogás para la generación de energía eléctrica a partir de la bosta de cerdo en la granja RICO CERDO F&G. SAC. ¿La Clake Distrito de Reque - Chiclayo – Lambayeque?

## **1.3. Hipótesis.**

Con el diseño de un sistema de generación de energía eléctrica a partir del biogás producido por la bosta de cerdo, se evaluó la satisfacción de la energía eléctrica, obteniendo un ahorro de s/. 601.8538 nuevos soles mensuales.

## **1.4. Objetivos.**

### **1.4.1. Objetivo general:**

Evaluar la generación de energía eléctrica en base a biogás producido por la bosta de cerdo para la granja “Rico Cerdo f&g SAC”,

#### **1.4.2. Objetivos Específicos.**

Evaluar la cantidad de estiércol (anual, mensual, semanal, diario) producidos en la granja “Rico CERDO F&G SAC” la Clake – Reque – Chiclayo- Lambayeque.

Realizar el cálculo y selección de la alternativa de biodigestor más pertinente según la problemática.

Determinar la máxima demanda eléctrica requerida por la granja para su funcionamiento.

Determinar la potencia eléctrica del generador.

Evaluar el ahorro económico obtenido por la generación de energía eléctrica a base de biogás.

#### **1.5. Justificación.**

##### **1.5.1. Justificación Económica**

La recuperación de biogás para la generación de energía eléctrica es una fuente de energía económica que permita disminuir costos asociados al consumo de la energía eléctrica o sistemas de gas convencionales, mejorando los rendimientos económicos, y maximizando los recursos de la granja de tal manera que puede probarse que es competitiva y considerarse como una alternativa sostenible para la industria ganadera.

##### **1.5.2. Justificación Social.**

La gestión propuesta generará nuevos puestos de trabajo y mejorara la calidad de vida de los pobladores ya que el tratamiento de bostas de la granja reduce los olores desagradables, disminuye la cantidad de moscas y a la vez, es capaz de entregar energía.

##### **1.5.3. Justificación Ambiental**

Al realizar este proyecto de generación, se reducirá la contaminación ambiental minimizando los gases de efecto invernadero producido por la descomposición de la bosta de cerdo expuesta al medio ambiente, por otro lado, se evitara el uso de fertilizantes y pesticidas, ya que se generara abono biotecnológico.

#### **1.5.4. Justificación Tecnológica**

Gracias a la energía eléctrica que se producirá se podrá trabajar con equipos electrónicos y sistemas computarizados para el mejor control en el criado del ganado porcino.

### **1.6. Antecedentes de estudio**

#### **1.6.1. Antecedentes:**

(**Europa 2012**), El último informe presentado en el 2012 por la EBA (European Biogas Association), Alemania es la primera potencia europea en este sector alcanzando las 8.700 plantas de producción de biogás. El gran crecimiento de esta fuente renovable también se observa en los países como Reino Unido, Italia y Francia. Italia consiguió hacer cambios en su legislación, obteniendo introducir biogás en la red de gas natural y asegurar así su distribución. En concreto en España casi el 90% de biogás es producido por vertederos y depuradoras. En los últimos tiempos está intentando impulsar el desarrollo de biogás agroindustrial utilizando deshechos hortícolas.

## EBA presenta las últimas estadísticas de la producción de biogás para Europa

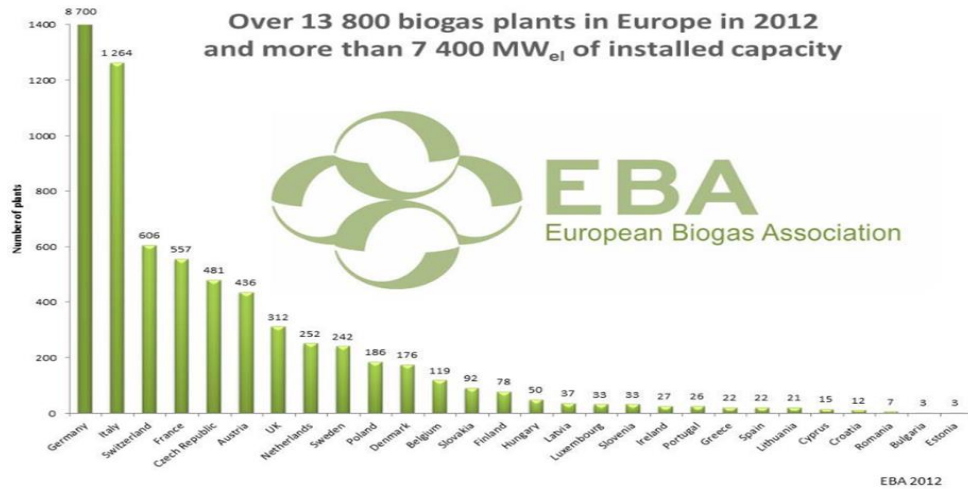


FIGURA 1: BIOGAS INSTALADO EN EL 2012 EN EUROPA

FUENTE: Eba european biogas association

La Finca Pecuaria Integrada (FPI) de la Universidad EARTH ha implementado un sistema de biodigestores para la descontaminación productiva de aguas servidas. En el proceso se obtuvo un doble resultado: La descontaminación del agua, logrando cumplir la normativa vigente, y por otro lado obteniendo biogás. Recientemente se implementó un sistema de generación de energía eléctrica a partir de biogás, generado a partir de excretas de origen animal. La energía eléctrica será generada mediante el uso de un motor de combustión interna y su propio generador. El objetivo de este trabajo fue la evaluación de un filtro de óxido de calcio y filtros de alambrina que se instalaron en la tubería de conducción para incrementar la calidad del biogás. La acción de ambos filtros sobre el incremento de la calidad de biogás fue evaluada mediante análisis químicos del contenido de ácido sulfhídrico. Además se determinó la eficiencia del generador en la producción de energía eléctrica. Con el filtro de óxido de calcio se logró una disminución del 40 % de ácido sulfhídrico mientras que con el filtro de alambrina no pudo ser cuantificado debido a la fluctuación de la concentración de ácido sulfhídrico en las muestras tomadas en la bolsa reservorio de la lechería. La eficiencia del generador encontrada fue de 7 %, con una producción por turno aproximada de 19 kWh con un consumo promedio de 16 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>. Esto indicó una relación de 2 m<sup>3</sup> de biogás por cada kilowatt hora generado. (R. Quesada, 2007)

## **Madre De Dios**

La presente investigación tuvo como objetivo principal la generación de energía renovable aprovechando los residuos orgánicos de la actividad pecuaria del departamento de Madre de Dios, mediante la instalación de tecnologías para la generación de biogás y biol, y de esta manera mejorar la calidad de vida del poblador rural. La investigación se inició en el establo pecuario Juanita, con la construcción e instalación de un reactor tubular de geo-membrana de PVC de 10m<sup>3</sup> con capacidad de reserva de 5m<sup>3</sup> para el gas metano (CH<sub>4</sub>) generado por la descomposición anaeróbica de estiércol de ganado bovino y porcino. Recopilándose datos diariamente en función a las variables establecidas a partir de los objetivos específicos, durante un periodo de 6 semanas. El estudio determinó que, en condiciones ambientales, se puede generar gas metano con combustión completa a partir del día 10 en porcinos y 12 en bovinos, después de la primera carga de residuos orgánicos al reactor, con un tiempo de retención de para la investigación de 30 días, lográndose obtener biol a partir de esta etapa del estudio . Con esos resultados es factible plantear la implementación de tecnologías de manejo de residuos sólidos en centros pecuarios para la generación de energías renovables. (Valdick Fernández- Romero,2014)

## **1.7. Marco teórico.**

### **1.7.1. Estado del arte.**

#### **EE. UU.**

Green Empowerment gestionara el proyecto WISIONS con colaboración de los socios en México, Nicaragua, Perú, Colombia y Costa Rica. Desarrollará una metodología de línea base y evaluación para comparar datos. Ayudará a impulsar el Foro de Biodigestores y RedBioLAC. También coordinara con University of Michigan en investigaciones en modelos económicos y aportes de negocios en biodigestión. (cedecap.org.pe, 2009)

#### **COSTA RICA.**

Earth University compartirá su metodología de investigación para ayudar en la

estandarización de metodología y parámetros. Dentro del marco del proyecto WISIONS, se instalará y evaluará 10 biodigestores, enfocando en la capacitación de técnicos locales del campo para instalar y mantener los biodigestores, siguiendo el modelo de GTZ-Bolivia. Uno de los biodigestores instalados será de alto densidad polipropileno de IRRI- México para comparar diseños. También se enseñará los estudiantes sobre nuevas formas de aplicación de la tecnología motivando para diseñar y hacer investigación en otros temas de la misma biodigestión anaerobia.

## **COLOMBIA**

Aprotec instalara 2 biodigestores en una cooperativa de stevia (vaca y cerdos), un biodigestor para tratamiento de aguas negras y lanzara un anuncio público para diseminar la tecnología y buscar usuarios interesados en colaborar en investigación. Se enfocará en análisis social en la aceptación de biodigestores.

## **BOLIVIA**

Seguirá mejorando quemadores, reservorios y diseños a diferentes alturas.

También le interesa probar los nuevos modelos mostrados durante el taller, como el tipo de alto densidad polipropileno (IRRI-México).

## **MÉXICO**

Instalará 10 sistemas, con capacitación y seguimiento, dentro del marco del proyecto WISIONS. Evaluará indicadores, metodología de investigación, y definición de los beneficios de biodigestores en términos económicos de ciclo de vida. Ayudará en formar Red BioLAC y desarrollar el concepto de un gran plan de biodigestores en América Latina.

## **INDIA.**

En nueva Delhi, se construyó la planta en Punjab, con capacidad de 1 MW. Esta



planta maneja desechos de animales de granja. En Ankleshwar, Gujarat, existe una planta de 2 MW, responsabilidad de las industrias Kanoria Chen. Es una planta de tratamiento de aguas residuales. Se produce biogás que se usa para generar vapor para procesos de la industria química, además se aprovecha para generación de energía eléctrica.

### **ESPAÑA.**

En Valencia existe una planta de tratamiento de aguas residuales propiedad de EDAR Carraixet, En total trabaja con 32 620 m<sup>3</sup> /d de agua que son tratados por biodigestión en la planta. La potencia instalada es de 35 kW. Esta misma empresa cuenta además con otra planta de tratamiento de aguas residuales en Sevilla, con una capacidad de 225 000 m<sup>3</sup> /d de agua tratadas anaeróbicamente, con una potencia instalada de 1 890 Kw.

### **CUBA.**

La primera aplicación industrial del biogás en Cuba data de 1940. En aquel momento se construyeron dos digestores para procesar los residuos de la Cervecería del Cotorro. En 1990 surgió el Movimiento Nacional de Biogás y hasta el 2006 se construyeron más de 500 plantas. Para 2009 ya existían 700 plantas de biogás en granjas estatales y en el sector campesino.

### **NUEVO LEÓN.**

Granja Porcina Ana Margarita, en el municipio de Montemorelos, es una unidad productiva con 1200 vientres. Se tiene un digestor con una producción de 20,478 m<sup>3</sup> de biogás al día, parte de la cual se quema para la contabilización de Certificados de Reducción de Emisiones y otra parte se utiliza para la obtención de energía eléctrica mediante un generador con capacidad de generación de 60 kW. El consumo de energía eléctrica al interior de la unidad productiva es de 40,000 kWh al mes. La energía generada se utiliza para iluminación, calefacción en las salas de maternidad y destetes, ventiladores, líneas de alimentación, laboratorio de semen y bombeo de

agua. En Monterrey Bioenergía de Nuevo León desarrolló una planta aprovechando el biogás que se forma en los rellenos sanitarios. El sistema consiste básicamente en la extracción del biogás mediante la perforación de pozos, los cuales se conectan a un ramal central que lo dirige hacia los módulos generadores de electricidad. La Fase Monterrey I, contaba con una capacidad de generación de 7.42 MWh.

## 1.7.2. Base teórica científicas.

### 1.7.2.1. La biomasa

Biomasa y materia viva son la misma cosa. Cuando nos referimos a ella como fuente de energía de lo que hablamos es del conjunto de la materia orgánica, tanto de origen animal como vegetal, que puede ser utilizada con fines energéticos.

La biomasa es una fuente de energía renovable, de hecho es la fuente de energía renovable que más aporta en la actualidad a las necesidades de la humanidad (Greenpeace).

**Tabla 1** *Clasificación y características del estiércol*

CLASIFICACION	CARACTERISTICAS
Estiércol crudo	Contenidos solidos 8-25% depende del tipo de animal; se diluye o espesa de acuerdo con las necesidades

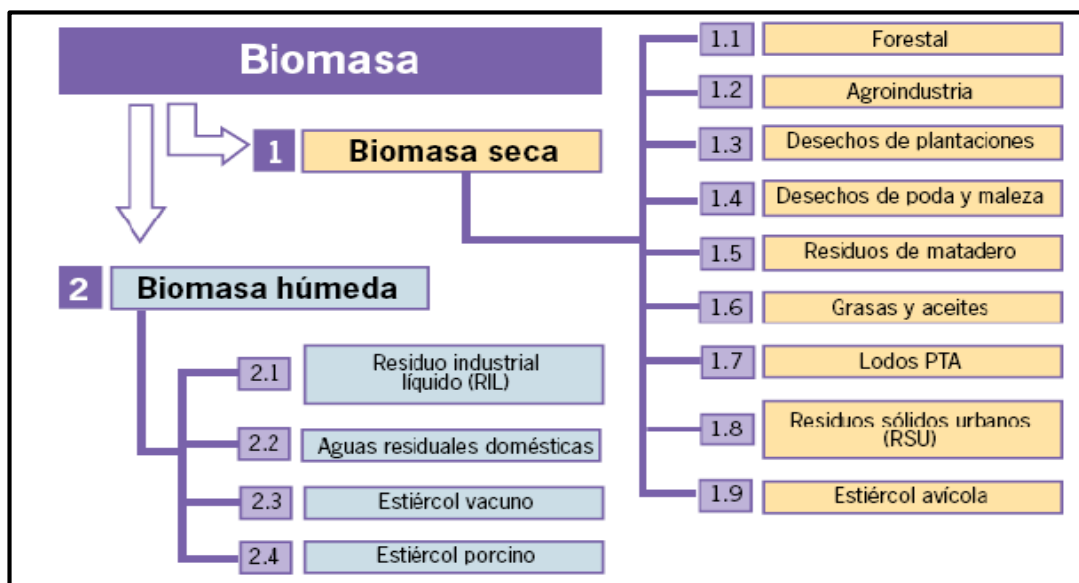
Estiércol líquido	Contenido sólido <3 %; es lavado con agua de donde está depositado; producción de biogás en clima cálido; asociado a la producción de cerdos
Estiércol slurry	Contenido de sólido de 3-10%; es bombeado al sistema y se almacena en tanques: se mezcla con algo de agua.
Estiércol semi sólido	Contenido de sólido 10-20%; puede ser usado si tiene menos de una semana no requiere edición de agua
Estiércol sólido	Contenido de sólido >>a 20%; no es deseable para la producción de biogás al envejecer o secar

**Fuente:** <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/biogas.pdf>

### **A. Tipos de biomasa**

La biomasa se divide en una variedad de residuos y desechos orgánicos

### **Sustratos Disponibles para Generación de Biogás**



**Figura 2:** Tipos de biomasa

Fuente: Subsecretaría de Energía – Revisión Normativa Técnica y de Seguridad de Biogás

**B. Propiedades químicas de la biomasa (bosta).**

El estiércol es la principal fuente de abono orgánico y su apropiado manejo es una excelente alternativa para ofrecer nutrientes a las plantas y a la vez mejorar las características físicas y químicas del suelo. De todos los forrajes que consumen los animales (ovinos, vacunos, camélidos y cuyes), sólo una quinta parte es utilizada en su mantenimiento o incremento de peso y producción, el resto es eliminado en el estiércol y la orina

**Tabla 2:** Composición química del estiércol o guano.

ESPECIE	MATERIA	N%	P2O5%	K2O%	CaO%	MgO%	SO4%
ANIMAL	SECA %						
Vacunos (f)	6	0,29	0,17	0,10	0,35	0,13	0,04

Vacunos (s)	16	0,58	0,01	0,49	0,01	0,04	0,13
Ovejas(f)	13	0,55	0,01	0,15	0,46	0,15	0,16
ovejas(s)	35	1,95	0,31	1,26	1,16	0,34	0,34
Caballos (f)	24	1,55	0,35	1,50	0,45	0,24	0,06
Caballos (s)	10	0,55	0,01	0,35	0,15	0,12	0,02
Cerdos (s)	18	0,60	0,61	0,26	0,09	0,10	0,04
Camélidos (S)	37	3,6	1,12	1,20	s. i.	s. i.	s. i.
Cuyes (f)	14	0,60	0,03	0,18	0,55	0,18	0,10
gallinas(s)	47	6,11	5,21	3,20	s. i.	s. i.	s. i. (f)

NOTA: (f) Fresco, (s) seco, (s.i.) sin información

**Fuente:** SEPAR, 2004. Boletín Estiércoles

**Tabla 3:** Producción de bosta de cerdo según el tipo y edad

Etapa	Estiércol kg/día	Est. +orina kg/día	Volumen l/día	Volumen m <sup>3</sup> /animal/mes
25-100 kg	2.3	4.9	7	0.25
Hembra	3.6	11	16	0.48
H. Lactación	6.4	18	27	0.81
Semental	3	6	9	0.28
Lechón	0.35	0.95	1.4	0.05
Promedio	2.35	5.8	8.6	0.27

**Fuente:** Dourmand, 1991

**Tabla 4:** Componentes por las que se produce olores

COMPUESTO	UMBRAL mg/m <sup>3</sup>
-----------	--------------------------

ACIDO ACETICO	25-10,000
ACIDO PROPANICO	3-890
BUTANICO	4.-3000
ACIDO 3 METIL BUTANOICO	5
ACIDO PENTANOICO	0.8-70
FENOL	22-4000
4 METIL FENOL	0.22-35
INDOLE	0.6
3 METIL INDOL	0.4-0.8
METANETIOL	0.5
DIMETIL SULFITO	2.-30
DIMETIL DISULFITO	3.-14
DIMETIL TRISULFITO	7.3
SULFITO DE HIDROGENO	0.1

**Fuente:** Sutton et al., 1999

### 1.7.2.2. Clases de materia orgánicas:

(Lugones, 2 001)

Para el caso de las materias orgánicas, debido al requerimiento, podemos subdividirla en dos tipos:

#### **Materias primas ricas en Nitrógeno**

Este tipo de materias principalmente está integrado por los residuos humanos y animales. Se caracterizan por estar constituidos por partículas finas, contener compuestos de baja masa molecular, alto contenido de nitrógeno y mayor

velocidad de biodegradación y generación de gas durante la fermentación.

### **Materias primas ricas en Carbono**

Está integrada básicamente por residuos agrícolas, como diversos tallos y hojas; se componen generalmente de compuestos de estructura compleja o cadena larga (celulosa, lignina ceras y otros), se caracterizan por tener una lenta pero mayor producción de biogás en el proceso de fermentación. Es muy importante la categorización de la materia orgánica, Un factor muy importante en la generación de gas del digestor, es la relación carbono nitrógeno (C/N) de la materia orgánica con que alimentamos al mismo.

#### **1.7.2.3. Relación de carbono-nitrógeno.**

Desde el punto de vista biológico los digestores se pueden considerar como un cultivo de bacterias que se alimentan con los desechos orgánicos, transformándolos. Los alimentos principalmente de las bacterias anaeróbicas son el carbono (en la forma de carbohidratos) y el nitrógeno (en proteínas, nitratos, etc.)

#### **1.7.2.4. Propiedades básicas de la materia orgánica.**

Durante la digestión se encuentra que no toda materia prima se digiere, si no que parte se convierte en metano, otra en sedimento y habrá también una porción que no se digiere, esta y otras propiedades básicas de la materia se expresan casi siempre como sigue:

##### **A. Sólidos totales**

Materia orgánica sin humedad, es decir, el peso de la materia seca que queda después del secado como se indicó antes. El sólido total suele ser equivalente al peso en seco (sin embargo, si se secan los materiales al sol, es de suponer que aun contendrán, cerca del 30% de humedad). El sólido total incluye componentes digeribles o “sólidos volátiles” y residuos no digeribles o “sólidos fijos”

### **B. Sólidos volátiles (SV)**

Los sólidos volátiles son considerados como la materia que realmente es transformada por las bacterias. Es el peso de los sólidos orgánicos quemados cuando el material seco se enciende (se calienta unos 538 °C).

### **C. Sólidos fijos(SF)**

Material que no será transformado durante el proceso y es el peso que queda después del encendido (cenizas), se trata de material biológicamente inerte.

### **D. Proporción sólido-líquido**

Para la fermentación en la producción del biogás, es necesario diluir la carga apropiadamente, lo que implica mantener un porcentaje entre los sólidos totales (ST) y el líquido total de fermentación. No es útil para la producción de gas que la carga esté demasiado concentrada o demasiado diluida, pues como se explicó anteriormente las bacterias llegan rápidamente a los materiales frescos en un medio adecuadamente diluido. Con bajas concentraciones; la tasa de aprovechamiento de la carga sería alta, con baja producción de gas; es decir, el rendimiento del digestor sería alto, la producción diaria también sería alta con una producción acumulada y relativamente baja en un tiempo corto de digestión. Por el contrario, una alta concentración permite obtener cantidad de gas pero con una baja tasa de utilización de la carga, debido a que las bacterias no alcanzarían

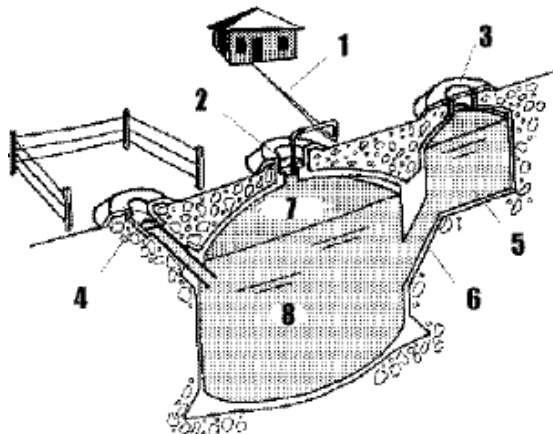


a degradar toda la masa de fermentación, pues el medio no sería lo suficientemente propicio (por la baja dilución de la carga); la producción diaria sería baja, la producción acumulada sería relativamente alta en un tiempo largo de digestión (Bravo, 1992).

### 1.7.2.5. Biodigestor

Es un tipo de bioreactor en condiciones anaerobias diseñado para propiciar un ambiente adecuado a las bacterias que degradan la materia orgánica convirtiéndolo finalmente en biogás y dejando efluentes utilizados como fertilizantes agrícolas.

FIGURA 4: Esquema del digestor chino



Fuente: Flachowsky, 1997

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

#### 1.7.2.5.1. Tipos De Biodigestores

Hay muchos tipos de plantas del biogás pero los más comunes son el dosel flotante (indio) y el domo fijo (chino). La aceptabilidad pobre de muchos de estos biodigestores ha sido principalmente debida a los costos altos, la dificultad de instalación y problemas en la consecución de las partes y repuestos.

### **Pozos sépticos.**

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

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

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

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

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

de agua. El reactor se alimenta semi-continuamente a través de una tubería de entrada.

### **Biodigestor de domo fijo (chino)**

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

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

### **Biodigestor de estructura flexible.**

La inversión alta que exigía construir el biodigestor de estructura fija resultaba una limitante para el bajo ingreso de los pequeños granjeros. Esto

motivó a ingenieros en la Provincia de Taiwán en los años sesenta (FAO, 1992) a hacer biodigestores de materiales flexibles más baratos. Inicialmente se usaron nylon y neopreno pero ellos demostraron ser relativamente costoso.

Un desarrollo mayor en los años setenta era combinar PVC con el residuo de las refinerías de aluminio producto llamado "el barro rojo PVC."

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

En este digestor el gas se acumula en la parte superior de la bolsa, parcialmente llena con Biomasa en fermentación; la bolsa se va inflando lentamente con una presión de operación baja, pues no se puede exceder la presión de trabajo de la misma.

### **Biodigestor laguna cubierta**

Son biodigestores con una vida útil de 12 a 15 años, son del tipo de biodigestores más rentales en el mercado si se cuenta con las características necesarias en la geografía y el tipo de clima del lugar de instalación, Se utilizan lagunas cubiertas a un tamaño superior a 360 m<sup>3</sup>, pues inferior a este tamaño, es más son fabricado en base a geomembrana de polietileno de alta densidad de 1 o 1,5 mm de grosor. Las lagunas se recubren, tanto en el fondo como en la parte superior siendo ancladas en el suelo, utilizando zanjas perimetrales echas de concreto armado o con bloque de concreto armado.

## **Biodigestor continuo**

Entre los biodigestores continuos existen varios tipos; los más comunes son el biodigestor chino de estructura fija, el tipo hindú de campana flotante y el tipo balón de estructura flexible.

El biodigestor chino es el más sencillo; el diseño hindú incorpora una campana flotante en la parte superior de la cámara de almacenamiento del gas, con la función de aplicar presión sobre el biogás y facilitar su extracción; el biodigestor tipo balón emplea una bolsa larga donde se almacena el gas.

Estos biodigestores son perfectos para personas con animales de granja en casa ya que se les da mantenimiento regularmente en pequeñas cantidades.

El diseño continuo es el más común y apropiado para instalaciones chicas (tamaño hogar) ya que no requiere de conocimiento especializado ni maquinaria grande.

El biodigestor continuo tiene tres orificios; uno central que es cerrado después de hacer la carga inicial y es abierto después para limpiar el biodigestor (descarga total); un segundo orificio se usa para cargarlo diariamente en cantidades pequeñas con biomasa nueva; y un tercer orificio el cual permite sacar el bioabono periódicamente. El diseño de este biodigestor es favorable para que sea llenado con materiales blandos como el estiércol.

### **a) Ventajas del biodigestor continuo**

Se puede controlar la digestión que es requerida por medio de la cantidad de biomasa depositada diariamente.

La carga y descarga del biodigestor no requiere de operaciones especializadas.

#### **b) Desventajas del biodigestor continuo**

Baja concentración de sólidos que se pueden depositar adentro.

No posee un buen diseño para tratar materiales que son más pesados que el agua (que no flotan), ya que no cuenta con un agitador.

Puede tener problemas de limpieza y espuma.

Un alto consumo de agua.

#### **Biodigestor discontinuo o de carga intermitente.**

Este biodigestor tiene solamente un acceso por donde se carga y se descarga. Se carga una sola vez para ser llenado y posteriormente usado; la fermentación demora entre 2 y 4 meses (dependiendo del clima) y se descarga cuando concluye la fermentación. Aunque es completamente posible emplear este diseño a una escala chica, es más común en las operaciones municipales o industriales. En este grupo el biodigestor es llenado por única ocasión (se cambia toda la biomasa hasta que se termine el biogás) con la biomasa por lo que no hay cambio de materia orgánica que lo haga sostenible en la producción de biogás.

Un metro cubico de biomasa produce aproximadamente medio metro de biogás y como no se le hace recargas de biomasa no hay manera de que genere más cantidad.

#### **a) Ventajas del biodigestor discontinuo**

Puede procesar gran cantidad de materiales y puede recogerse en campos abiertos sin importar si tiene materia seca pues esto no entorpece la operación del biodigestor.

Puede llenarse con materiales secos que no absorben humedad (que floten en el agua) así como pasto, cascara de frutas y desechos de alimentos.

Se pueden manejar las variables relacionadas con la fermentación como la de la temperatura, tiempo de retención, carga depositada y los periodos de carga y descarga.

No requiere atención diaria.

**b) Desventajas del biodigestor discontinuo.**

Cargar el biodigestor requiere de mucho trabajo y paciencia.

La descarga del biodigestor también es un trabajo muy tedioso

**1.7.2.5.2. Biodigestores en base a su carga.**

**De fermentación continua**

Cuando comienza la digestión normal y la producción del biogás después de cierto periodo a partir de una carga inicial, se agregan materiales continuamente al digestor y el efluente se descarga en forma simultánea en la misma cantidad en que entra el material. De esta manera, la fermentación en el digestor es un proceso interrumpido. El proceso se caracteriza por una fermentación constante, una producción uniforme de gas y facilidad de control, y es que se aplica comúnmente en zonas con materias residuales ricas y digestores de mediano y gran tamaño.

**De fermentación semicontinua.**

La primera carga consta de gran cantidad de materiales. Cuando va disminuyendo gradualmente el rendimiento de gas, se agregan nuevas

materias primas y el efluente se va descargando gradualmente en la misma cantidad.

### **De fermentación discontinua o por lotes.**

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

### **Biodigestores en base a la fermentación**

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

Fermentación en dos etapas y más Esto indica que la digestión ocurre en dos o más depósitos de fermentación. El material de la carga primero se degrada y produce gas en la primera etapa; El efluente de la primera etapa sufre un nuevo proceso de digestión en la segunda etapa. Por este principio pueden construirse digestores de tres o cuatro etapas.

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

### **Proceso de fermentación de dos fases**

Este proceso se diseña para tomar en cuenta una fase de formación de ácido y otra de formación de metano. Aún se están realizando investigaciones sobre este aspecto. (Rilling, 1 985).



## **1.7.2.6. Evaluación de riesgos**

### **1.7.2.6.1. Potenciales Peligros en las Instalaciones de Biogás.**

Del análisis de accidentes y de la literatura internacional, se han detectado los siguientes potenciales riesgos:

Riesgos en Etapa de Producción y Almacenamiento.

Riesgo sobre personas e instalaciones causado por la formación de una atmósfera explosiva.

Riesgo sobre personas e instalaciones causado por la formación de llama.

Riesgo sobre personas por intoxicación.

Riesgo sobre personas de asfixia

Riesgos en Etapa de Transporte y Consumo.

Riesgo sobre personas e instalaciones causado por la formación de una atmósfera explosiva.

Riesgo sobre personas e instalaciones causado por la formación de llama.

Riesgo sobre personas por intoxicación.

Los riesgos potenciales encontrados en las instalaciones de biogás se definen a continuación.

### **1.7.2.6.2. Prevención de Riesgos Toxicológicos.**

Las principales características de tipo toxicológicas del biogás dependen de su composición.

#### **Tabla 9 Características tóxicas del biogás**

GAS	COLOR	OLOR	MIO(1) (ppm)	TVL-TWA(2) (PPM)	TVL-TWA(3) (PPM)	Efectos físicos
Metano	NO	NO	(-)	4	4	Asfixiante
Sulfuro de Hidrogeno	NO	HUEVO PODRIDO	0.7	10(6)	15(6)	Venoso
Metil mercaptano(5)	NO	AJO FUERTE	0.5	0.5(7)	(4)(7)	Venoso
Dióxido de Carbono	NO	NO	(-)	5,000(8)	30,000(8)	Asfixiante

**Fuente:** (Ing/Minenergía, 2011)

En el cuadro siguiente se indican los síntomas típicos que producirían la inhalación de los compuestos con características toxicológicas.

**Tabla 10:** Síntomas típicos de sobre exposición a los componentes del biogás.

GAS	SINTOMAS
Dióxido de carbono	Dolor de cabeza, vértigo, cansancio, Exudación
Sulfuro de hidrogeno	Irritación ocular, convulsiones
Metil mercaptano	Nauseas convulsiones

**Fuente:** (Ing/Minenergía, 2011)

#### 1.7.2.6.3. Prevención de riesgos de inflamación o explosión.

Las características de inflamación del biogás dependen de las características de inflamación del metano (CH<sub>4</sub>).

**Tabla 11:** Características de inflamación del metano (CH<sub>4</sub>)

Densidad relativa	0,5	Aire
Límite inferior de inflamabilidad en el aire	5	%
Límite superior de inflamabilidad en el aire	15	%
temperatura de autoignición	343	°c

**Fuente:** (Ing/Minenergía, 2011)

De acuerdo con lo indicado, el rango de inflamación del metano es de 5 al 15%.

Debido a que el biogás contiene un porcentaje importante de inertes, principalmente el CO<sub>2</sub>, el límite superior de inflamabilidad disminuye por la disminución porcentual de oxígeno en la mezcla, haciéndose más estrecho el rango de inflamación.

Como medidas preventivas básicas, las referencias indican que es necesario impedir posibles mezclas inflamables eliminando pérdidas o fugas del biogás al aire, así como evitando fuentes de ignición cercanas a los puntos donde pudieran presentarse fugas de biogás.

#### **1.7.2.6.4. Protección de Daños Físicos a los Trabajadores.**

En lo relativo a protección personal y en los aspectos de control del medio ambiente y de protección de explosiones, lo exigido en las normas sanitarias internacionales y europeas, es similar a la reglamentación peruano.

#### **1.7.2.6.5. Prevención de Eventuales Daños Físicos en Equipos o Tuberías.**

Estos daños pueden generar fugas de biogás así como daños directos a los trabajadores, aunque no se produzca la inflamación del biogás propiamente.

Válvulas de alivio de presión (Pressure Relief Valves)

Válvulas de Presión de Vacío (Vacuum Brakers)

Corta llamas (Flame Arresters)

Sensores de atmósferas explosivas, y de H S.

Uso de sistemas eléctricos intrínsecamente seguros o a prueba de explosión.

Protecciones contra eventuales daños externos a tuberías y equipos que pudieran resultar afectados.

Colocación de trampas de líquidos en las tuberías, las que deben presentar inclinación para drenar a las trampas cuando exista posibilidad de condensación de líquidos desde el biogás.

#### **1.7.2.7. BIOGÁS.**

##### **1.7.2.7.1. Tipos de biogás.**

Dependiendo del sustrato orgánico del que proceda y de las características de las instalaciones de generación-captación del biogás, el biogás utilizable como energía renovable se puede agrupar en los siguientes tipos:

Biogás de Vertedero (biodigestión natural)

Biogás de Digestores (biodigestión provocada en instalaciones industriales)

##### **1.7.2.7.2. Características Del Biogás.**

La riqueza del biogás depende del material digerido y del funcionamiento del proceso. La producción de biogás para cada tipo de sustrato es variable en función de su carga orgánica y de la biodegradabilidad de la misma. En general,

los residuos orgánicos industriales y la Fracción orgánica de Residuos Sólidos Urbanos (FORSU) presentan potenciales elevados de producción. Los residuos ganaderos y los lodos de depuradora presentan, sin embargo, potenciales menores, debido al relativamente bajo contenido en materia orgánica y a la baja biodegradabilidad de la misma.

Existen opciones que permiten mejorar la producción de biogás de estos residuos:

Mezcla con residuos de mayor producción potencial (codigestión)

Pretratamiento para mejorar la degradabilidad del sustrato

Aumento de la temperatura para mejorar la velocidad de crecimiento de los microorganismos y la eficiencia de la fase hidrolítica.

**Tabla 5:** Componentes del biogas en funcion del sustrato utilizado

<b>COMPUESTOS DEL BIOGAS (%)</b>	
METANO, CH <sub>4</sub>	50-75
DIOXIDO DE CARBONO, CO <sub>2</sub>	0.1-1.0
VAPOR DE AGUA, H <sub>2</sub> O	1.-2
MONOXIDO DE CARBONO, CO	0-0.3
NITROGENO, N <sub>2</sub>	1 -5
HIDROGENO, H <sub>2</sub>	0 -3
SULFURO DE HIDROGENO, H <sub>2</sub> S	0.1-0.5
OXIGENO, O <sub>2</sub>	0.1-1.0

Fuente : (Ministerio de Medio Ambiente, 2010)

**Tabla 6: Componentes del biogás**

<b>COMPONENTES DEL BIOGAS EN FUNCION DEL SUSTRATO UTILIZADO</b>				
<b>COMPONENTES</b>	<b>RECIDUOS ORGANICOS</b>	<b>LODOS DE DEPURADORA</b>	<b>RECIDUOS INDUSTRIALES</b>	<b>GAS DE VERTEDERO</b>
METANO	50-80%	50-80%	50-70%	45-65%
DIOXIDO DE CARBONO	30-50%	20-50%	30-50%	34-55%
AGUA	SUSTRATO	SUSTRATO	SUSTRATO	SUSTRATO
HIDROGENO	0-2%	0-5%	0-2%	0-1%
SULFURO DE HIDROGENO	100-700ppm	0-1%	0-8%	0,5-100ppm
AMONIACO	Trazas	trazas	trazas	trazas
MONOXIDO DE CARBONO	0-1%	0-1%	0-1%	trazas
NITROGENO	0-1%	0-3%	0-1%	0-20%
OXIGENO	0-1%	0-1%	0-1%	0-5%
COMPUESTO ORGANICO	Trazas	trazas	trazas	trazas

Fuente: (Coombs, 1990)

**Tabla 7: Valores y características del estiércol.**

CLASE DE ANIMAL	% Por peso vivo		% Del material de digestión		Relación de carbonos	P- producción de biogás (m <sup>3</sup> de gas/1Kg SO)
	PE- ESTIERCOL	PO- Orina	%EST Solido	%SO Solidos orgánicos		
Vacunos	5	4	15-16	13	20	0.25
Cerdos	2	3	16	12	13	0.35
Caprinos ,Ovejas	3	1.5	30	20	30	0.2
Caballos	5	4	25	15	20	0.25
Avícolas, gallinas	4.5	4.5	25	17	05-06	0.4
Humanos	1	2	20	15	8	0.3

**Fuente:** (GTZ,1987)

### 1.7.2.7.3. Equivalencias Energéticas Del Biogás.

El biogás es un gas combustible cuya composición depende fundamentalmente del tipo de sustrato utilizado y digerido en el proceso, y su alta concentración en metano (CH<sub>4</sub>), de elevada capacidad calorífica (5.750 kcal / m<sup>3</sup>), le confiere características combustibles ideales para su aprovechamiento energético en motores de cogeneración, calderas, turbinas, pudiendo por tanto generar electricidad, calor o ser utilizados como biocarburantes.

La equivalencia energética del biogás depende de la concentración de metano que haya en él, ya que el poder calorífico del CO<sub>2</sub> es nulo. Así cuanto mayor sea la cantidad de metano en el biogás, mayor será el poder calorífico del mismo.

### **Gas Natural**

De manera aproximada, se puede constatar que el gas natural tiene un contenido en metano (CH<sub>4</sub>) del 100%. 1 Nm<sup>3</sup> de Gas Natural = 11 kWh La cantidad de metano (CH<sub>4</sub>) necesaria para obtener 10 kWh de energía total es de 1 m<sup>3</sup> de metano 1 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> ≈ 10 kWh

### **Biogás**

1 Nm<sup>3</sup> de biogás (97 % de metano) = 9,67 kWh

1 Nm<sup>3</sup> de biogás (65 % de metano) =Energía de 0,65 m<sup>3</sup> de gas natural

### **Combustibles**

1 litro de Gasolina = 9.06 kWh

1 litro de Diesel = 9.8 kWh

### **Energía Eléctrica**

El rendimiento eléctrico de un motor es del 40 –45%

a. 1 m<sup>3</sup> de biogás = 2,8 kWh de energía eléctrica renovable.

#### **1.7.2.7.4. Proceso De Formación Del Biogás**

### **Digestión anaeróbica**

La digestión anaerobia es un proceso biológico complejo a través del cual, en



ausencia de oxígeno, la materia orgánica es transformada en biogás o gas biológico, formado principalmente por metano y anhídrido carbónico. Se caracteriza por la existencia de tres fases diferenciadas en el proceso de degradación del sustrato (término genérico para designar, en general, el alimento de los microorganismos), interviniendo diversas poblaciones de bacterias.

Se identifican cinco grandes poblaciones bacterianas, las cuales actúan catalizando tres procesos consecutivos: hidrólisis, acidogénesis (formación de ácidos) y metanogénesis (formación de metano), constituyendo 4 etapas, las cuales se describen a continuación:

**A. Etapas 1 hidrolítica:**

Los compuestos orgánicos complejos, como los lípidos, proteínas e hidratos de carbono, son despolimerizados, por acción de enzimas hidrolíticas, en moléculas solubles y fácilmente degradables, como azúcares, ácidos grasos de cadena larga, aminoácidos, alcoholes, etc.

**B. Etapas 2 acidogénica:**

Los compuestos solubles obtenidos de la etapa anterior se transforman en ácidos grasos de cadena corta (ácidos grasos volátiles), esto es, ácidos acéticos, propiónico, butírico y valérico, principalmente.

**C. Etapas 3 acetogénica:**

Los compuestos intermedios son transformados por las bacterias acetogénicas. Como principales productos se obtiene ácido acético, hidrogeno y dióxido de carbono. El metabolismo acetogénico es muy dependiente de las concentraciones de estos productos.

**D. Etapas 4 metanogénica:**

Constituye la etapa final del proceso, en el que compuestos como el ácido acético hidrogeno y dióxido de carbono son transformados a CH<sub>4</sub>

y CO<sub>2</sub>. Se distinguen dos tipos principales de microorganismos, los que degradan el ácido acético (bacterias metanogénicas acetoclásicas) y los que consumen hidrogeno (metanogénicas hidrogenófilas). La principal vía de formación del metano es la primera, con alrededor del 70% del metano producido, de forma general.

### 1.7.2.8. Usos del biogás

En principio el biogás puede ser utilizado en cualquier equipo comercial diseñado para uso con gas natural. El gráfico que se encuentra a continuación resume las posibles aplicaciones



**FIGURA 3:** USOS DEL BIOGAS

**FUENTE:** TEXTOS CIENTIFICOS.COM

### Utilización del biogás.

El biogás puede ser utilizado como cualquier otro combustible con poder calorífico, está en directa relación con el porcentaje de metano contenido en la mezcla, pero usualmente varía entre 16500 KJ/Kg y 21000 KJ/Kg (Valdivia, 2 000)

Energía térmica.

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

#### Energía eléctrica

La utilización de biogás como combustible alternativo en motores de combustión interna, es una nueva solución para el problema energético a nivel rural en algunos países. Los cuales actualmente están en procesos de mejorar las eficiencias, alentados por los resultados obtenidos. Estos resultados son directamente aplicados para la generación de electricidad mediante motogeneradores. La utilización más difundida de la electricidad es el alumbrado doméstico, la cual presenta una mayor eficiencia frente a la opción térmica de quemadores para alumbrado, a parte de las ventajas en la iluminación obtenida.

#### **1.7.2.9. Material de carga del biodigestor.**

Cada material de carga o materia se compone de: Sustancias sólidas orgánicas, Sustancias sólidas inorgánicas, Agua Como sabemos, el biogás se produce a partir del material orgánico. Los materiales inorgánicos (minerales y metales) son lastre no aprovechable y no son modificados durante el proceso de fermentación anaeróbica. En presencia de agua, aumenta la fluidez del material de fermentación (dilución de la carga), lo cual es importante para el funcionamiento de una planta de biogás, puesto que en un medio líquido las bacterias de metano llegan más rápidamente al material de fermentación fresco acelerándose así el proceso de fermentación, pero disminuyendo la productividad de la masa fermentada (rendimiento).

La dilución de la carga expresa el contenido de sólidos totales en la misma, usualmente expresado en porcentaje; depende del tipo de fermentación con la que estemos trabajando (continua, semicontinua o por lotes). Para sistemas de fermentación continua el porcentaje de sólidos totales aconsejables es de 6 a 10 % y en sistemas discontinuos o por lotes los valores recomendados varían entre 25 a 35 % de sólidos totales. (Rilling,1985).

#### **1.7.2.9.1. Función de los materiales de arranque.**

La degradación de los residuos mediante el proceso general de fermentación metanogénicas exige como material de arranque la presencia de un grupo de bacterias anaeróbicas y facultativas que se encuentran muy generalizadas en la naturaleza. Después de cierto período de descomposición, los excrementos humanos y animales y otras materias primas de fermentación pueden desempeñar un papel de enriquecimiento de bacterias. Generando gas a gran velocidad dentro de un digestor. El material de carga descompuesto con anterioridad más un lodo activado puede servir como material de arranque que da una gran velocidad de formación de metano (Guevara, 1 996)

#### **1.7.2.9.2. Parámetros Que Afectan Al Proceso De Digestión.**

Los factores físicos y químicos que condicionan este proceso son varios.

A continuación, se describen los más importantes

##### **Nutrientes**

Para el desarrollo del proceso se necesita, además de una fuente de carbono

y energía, la presencia de una serie de nutrientes minerales (nitrógeno, azufre, fósforo, potasio, calcio, magnesio, etc.). En el medio a digerir debe haber una relación adecuada entre nutrientes para el desarrollo de la flora bacteriana.

## **Temperatura**

**Psicrófilos** (temperatura óptima de crecimiento inferior a 30°C)

**Mesófilos** (óptimo de crecimiento entre 30 y 45°C)

**Termófilos** (su temperatura óptima es superior a los 45°C y generalmente entre 50 y 60°C).

## **Ph**

El pH representa el grado de acidez presente en el biodigestor , su valor óptimo oscila entre 6,6 y 7,6 cuyo rango es el adecuado para que el reactor opere correctamente, valores de pH por debajo de 5 y por encima de 8 se corre el riesgo de inhibir el proceso de fermentación o incluso detenerlo.

## **Contenido en sólidos**

Es también un factor determinante, ya que la movilidad de las bacterias metanogénicas dentro del substrato se ve limitada a medida que se aumenta el contenido de sólidos y, por lo tanto, pueden verse afectadas la eficiencia y producción de biogás. Sin embargo, se puede encontrar en la literatura datos de producciones de gas importantes logradas en rellenos sanitarios con un alto contenido de sólidos (Pavlostathis y Giraldo-Gómez, 1991

### Parámetros:

Siendo la digestión anaerobia un proceso bioquímico complejo, es necesario mantener las condiciones óptimas que permitan la realización tanto de las reacciones químicas dentro de la matriz líquida del reactor, como las reacciones bioquímicas intracelulares que dan vida a los organismos en juego.

**Tabla 8:** *Tiempo de retención*

<b>TIEMPO DE RETENCION</b>		
<b>MATERIA PRIMA</b>		<b>T.R.</b>
ESTIERCOL LIQUIDO	VACUNO	<b>20-30 DIAS</b>
ESTIERCOL LIQUIDO	PORCINO	<b>15-25 DIAS</b>
ESTIERCOL AVIAR LIQUIDO		<b>20-40 DIAS</b>

**Fuente:** Manual para la producción de biogás. Instituto de Ingeniería Rural, I.N.T.A. Castelar

#### 1.7.2.10. Producción y aplicación del biogás

En el proceso anaerobio la producción de metano está en función de la cantidad de materia orgánica disponible para la degradación anaerobia. El metano es poco soluble de manera que no es probable que existan pérdidas por solubilización del gas en la fase líquida. El CH<sub>4</sub>, el CO<sub>2</sub> y el NH<sub>3</sub> son los gases producidos en la biodigestión y constituyen entre un 95% y un 98% del gas total producido. El resto de gases producidos son el H<sub>2</sub>S y el H<sub>2</sub>. La combustión de metano requiere de dos moles de oxígeno para ser transformado completamente en CO<sub>2</sub> de acuerdo a la siguiente reacción:



A partir de la ecuación, deducimos estequiométricamente que para la combustión de 1 kg de metano se requerirán de 4 kg de oxígeno. De acuerdo a Romero, para producir 0,35 m<sup>3</sup> de metano es necesario estabilizar 1 kg de materia orgánica en términos de demanda química de oxígeno. Realizando un simple cálculo con la ecuación de gases ideales y asumiendo condiciones normales de presión y temperatura sabemos que 0,35 m<sup>3</sup> de metano corresponden a 4 kg de metano. Por lo tanto es posible llegar a la relación de que 1 kg de DQO estabilizada anaeróbicamente produzca 0,35 m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub>.

La degradación bacteriana de materia orgánica bajo condiciones anaerobias produce una mezcla gaseosa conocida como biogás que tiene aproximadamente un 50% a 70% de metano, y un 30% a 50% de dióxido de carbono. Puede contener también trazas de otros gases como sulfuro de hidrogeno, nitrógeno, oxígeno, hidrogeno y monóxido de carbono. Con esto se obtiene un biogás que contiene un valor calórico de aproximadamente 19 a 22 MJ/m<sup>3</sup>. Para obtener un gas de mayor calidad con el valor calórico de 37 MJ/m<sup>3</sup>. Como el del metano, es necesario remover los gases contaminantes como el dióxido de carbono y las trazas de otros gases.

### 1.7.3. Cálculos de diseño

#### 1.7.3.1. Cálculo de la cantidad de residuos orgánicos.

Con el potencial de residuos producidos por animal y su peso vivo promedio, puede estimarse la cantidad de desechos orgánicos producidos diariamente.

#### Cantidad de estiércol diario.

$$E = NA * PVP * \frac{PE}{100}$$

**Formula 1:** Cálculo para determinar la cantidad de estiércol diario.

**Dónde:**

E = Estiércol en kilogramos por día

NA = Número de animales por una especie (cerdos)

PVP = Peso vivo promedio por animal

PE = Producción de estiércol por animal por día en porcentaje de peso vivo.

**Cantidad de orín diario.**

$$O = NA * PVP * \frac{PO}{100}$$

**Formula 2:** Cálculo para determinar la cantidad de orín diario.

**Dónde:**

O = Orín día en kilogramos (se asume que 1 litro de orín pesa 1 kilogramo)

NA = Número de animales por una especie PVP = Peso vivo promedio por animal

PO = Producción de orín por animal por día en porcentaje de peso vivo (se asume que 1 litro de orín pesa 1 kilogramo).

**Cálculo de materia prima para carga.**

$$MPC = E + O$$

**Formula 3:** Cálculo de materia prima para carga.

**Dónde:**

MPC = Materia prima para carga en kilogramos por día.

E = Estiércol en kilogramos por día

O = Orín en kilogramos por día.



### **Masa de agua para la mezcla.**

Solamente se calcula cuando el porcentaje de sólidos totales (%ST) es superior al 10%.

$$MH_2O = \frac{MPC * ST}{10} - MPC$$

**Formula 4:** Masa de agua para la mezcla.

#### **Dónde:**

MH<sub>2</sub>O = Masa de agua para mezcla que disminuye hasta un 10% los sólidos orgánicos contenidos en la materia prima, en kilogramos por día.

ST = Cantidad de sólidos orgánicos contenidos en la materia prima para carga, en kilogramos por día.

MPC = Materia prima para carga en kilogramos por día

### **Carga.**

$$C = MPC + MH_2O$$

**Formula 5:** Carga

#### **Dónde:**

C = carga diaria para alimentar el digestor en kilogramos por día o litros por día (sea asume que un litro pesa un kilogramo).

MPC = Materia prima para carga en kilogramos por día.

MH<sub>2</sub>O = Masa de agua para mezcla que disminuye hasta un 10% los sólidos orgánicos contenidos en la materia prima, en kilogramos por día.

### 1.7.3.2. Cálculo del tiempo de retención.

El posible tamaño del digestor (volumen del digestor) es determinado por el tiempo de retención (TR) y por la carga diaria.

#### Volumen del digestor.

$$Vd = C * TR * 1.2$$

**Formula 6:** Volumen del digestor.

#### Dónde:

Vd = Volumen del digestor, en litros

C = Carga diaria para alimentar el digestor en litros por día TR = Tiempo de retención en días.

1,2 = Volumen adicional para el almacenamiento del biogás

#### Posible producción de biogás.

$$PG = MPC * SO * P$$

**Formula 7:** Cálculo de la posible producción de biogás.

#### Dónde:

PG = Gas producido en litros por día MPC = Estiércol en kilogramos por día

SO = Porcentaje de materia orgánica del estiércol según la especie.

P = Producción aproximada de m<sup>3</sup>de gas/1 kg de masa orgánica seca total.

## **1.8. Definición de términos básicos**

### **Biogás**

Gas combustible que se obtiene de las aguas residuales y desperdicios orgánicos.

### **Biodigestor**

Cámara hermética donde se acumulan residuos orgánicos.

### **Almacenamiento**

Acción de retener temporalmente los residuos, previo a su entrega al servicio de recolección para su posterior valorización o disposición final.

### **Aprovechamiento**

Todo proceso industrial o manual cuyo objeto sea la recuperación o transformación de los recursos o utilidades contenidos en los residuos.

### **Residuos**

Todo material en estado sólido, líquido o gaseoso, ya sea aislado o mezclado con otros, resultante de un proceso de extracción de la naturaleza, transformación, fabricación o consumo, que su poseedor decide abandonar. Se reconocen como sólidos aquellos que no son líquidos ni lodos.

### **Vertedero**

Sitio en donde se arrojan residuos sólidos de forma no controlada, en donde no existen técnicas de manejo y en el que no se ejerce control y representa riesgos para la salud humana y el medio ambiente. Sinónimo de vertedero, botadero o vaciadero.

**Clasificación**

Seleccionar o separar diversos componentes de los residuos, normalmente de forma manual.

**Composta**

Material útil para el acondicionamiento de los terrenos agrícolas, obtenido a través de la transformación bioquímica de un sustrato orgánico, mediante un proceso que ocurre naturalmente o controlado.

**Gases de Vertedero**

Todos los gases que se generen a partir de los residuos vertidos.

# CAPITULO: II

# MATERIALES Y MÉTODOS

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Tipo y diseño de investigación.

#### **Tipo de la investigación.**

Se utilizó un tipo de investigación tecnológico cuasi-experimental, ya que el objetivo de esta tesis es diseñar un sistema de generación de energía eléctrica a partir del biogás, mediante el uso de tecnologías nuevas y sostenibles como la bioenergía.

#### **Diseño de la investigación**



## **2.2. Población y muestra.**

### **Población**

Estará constituida por la granja RICO CERDO F&G SAC, lugar donde se realizará los estudios necesarios para nuestro proyecto de tesis, tomando en cuenta la demanda de energía eléctrica del lugar.

### **Muestra.**

Para el presente proyecto la muestra es la producción diaria, semanal y mensual de bosta (kg) producido por la granja Rico Cerdo, durante el periodo de enero del 2016 – diciembre 2016 Variables.

## **2.3. Variables:**

### **Variable independiente.**

Bosta de cerdo: Es la materia principal e indispensable para el funcionamiento de nuestro biodigestor y producción de biogás.

### **Variable dependiente.**

Producción de biogás, Generación de energía eléctrica: Es lo que se desea obtener mediante el fenómeno de la digestión anaeróbica, de esta manera se contribuirá al mejoramiento económico, social y medio ambiental de la granja RICO CERDO FYG SAC

## 2.4. Operacionalización.

**Tabla 1** Cuadro de operacionalización de variables.

Tipos de variable	Variables	Dimensiones	Indicador	Sub indicador	Índice	Técnicas de recolección de información	Instrumentos de recolección de información	Instrumentos de medida
Independiente	Bosta de cerdo	Cantidad de bosta necesaria para la producción de biogás	Flujo másico	Masa	Kg	Análisis de documentos	Guía de análisis de documentos	Balanza
			Composición de bosta	Materia	b/kg			
Dependiente	Producción de biogás	Biogás requerido	Cantidad	Volumen	M <sup>3</sup>	Observación de entrevista	Guías de observación cuestionario	Transmisor de presión
	Generación de energía eléctrica	Potencia requerida	Demanda de potencia	Potencia consumida	KW	Análisis de documentos	Guía de análisis de documentos	Analizador de redes
			Energía generada	Energía consumida	KW-H			

**Fuente:** Propia



## **2.5. Abordaje metodológico, técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

### **2.5.1. Abordaje metodológico**

#### **Analítico**

Porque tenemos que descomponer el objeto de estudio en sus partes para conocer sus riesgos y propiedades. En nuestro caso se conoció el proceso de la obtención de gas metano como combustible y generación de energía eléctrica para diseñar el sistema.

#### **Investigación analítica**

Por medio de este tipo de investigación podemos aproximarnos a los resultados de una investigación experimental en situaciones en las que no es posible el control y manipulación absolutos de las variables.

### **2.5.2. Técnicas de recolección de datos**

**En este proyecto se utilizó las siguientes técnicas para la recolección de datos:**

#### **Observación**

Observamos la realidad social y económica de la población, así como también la contaminación ambiental que produce la granja, la cual posteriormente ira disminuyendo por el buen control diario, semanal, mensual y anual que se le dará a la bosta de cerdo.

#### **Encuestas**

La encuesta es un cuestionario prediseñado que sirve para obtener información clave, para el desarrollo de esta investigación, de manera rápida y eficaz, aplicada a todos los trabajadores de la granja Rico Cerdo.

## **Entrevista**

Esta entrevista se realizó al dueño de la granja, con la finalidad de recopilar la información adecuada y necesaria como área de la granja, número de cerdos, distribución de los cerdos, esta información fue de mucha importancia ya que nos permitió obtener el análisis de la bosta producida en la granja.

## **Análisis de documentos**

Se tendrá en cuenta libros, revistas, tesis, para la elaboración del marco teórico.

### **2.5.3. Instrumentos de recolección de datos**

#### **Guía de observación**

Se diseñará una guía de observación para determinar la realidad en la que se encuentra la granja, con la finalidad de identificar y evaluar su comportamiento en un lapso de tiempo.

#### **Hoja de encuesta**

Se encuestó a los trabajadores de la granja para poder obtener información sobre la bosta de cerdo y conocimientos de biogás, la encuesta se divide en tres partes, la primera parte se muestran preguntas relacionadas con la producción y almacenamiento final que la granja optó por darle a la bosta producida, la segunda parte se realizaron preguntas con la finalidad de ver si los trabajadores tienen un conocimiento de energías renovables y que es lo que se puede hacer con la bosta de cerdo producida en la granja, la tercera parte se realizaron preguntas para saber si la granja tiene una buena distribución de iluminación. (Ver anexo N° 1)

## **Cuestionario**

Se entrevistó al dueño de la granja con la finalidad de recopilar información y verificar la validez, este cuestionario contiene preguntas están enfocadas en la producción de la granja y la cantidad de estiércol producido, en otra parte de la entrevista hay preguntas relacionadas a la generación de biogás para evitar la contaminación ambiental como también la producción de energía eléctrica en base a biogás el cuestionario se encuentra en el anexo N°2

## **Guía de análisis de documentos**

Se revisará normas ambientales, normas legales dadas por el MEM, libros, tesis, artículos científicos, revistas, informes, páginas electrónicas, donde se encontrará la información adecuada para el correcto desarrollo del proyecto.

### **2.6. Procedimiento para la recolección de datos.**

Para el desarrollo del sistema de generación de energía a partir del biogás.

### **2.7. Análisis estadístico e interpretación de los datos**

#### **Enfoque cualitativo**

Se usarán guías de observación, entrevistas, encuestas las cuales nos brindarán información para calificar las actividades realizadas en la granja

#### **Enfoque cuantitativo**

Enfoque Cuantitativo: se utilizó la estadística descriptiva, donde aplicaremos: la media, mediana, moda, promedio, valores mínimos y máximos. Para esto se utilizará el software de Microsoft office Excel, y el software spss, para procesar los datos obtenidos en las encuestas.

## **2.8. Aspectos Éticos**

Al realizar este proyecto se tomó en cuenta los principios éticos como la dedicación, respeto, responsabilidad conteniendo analizada y seleccionada, dándole interés y seguridad al lector.

## **2.9. Principios de rigor científico.**

La validez de este proyecto de investigación nos concierne a la interpretación correcta y cuidado íntegro del proceso metodológico de los resultados que obtendremos en el estudio del tema científico estudiado en este caso el estudio de la energía renovable y el diseño del sistema de generación de energía eléctrica, que se convertirá en un soporte fundamental para la validez de este proyecto.

# CAPITULO: III

# RESULTADOS

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Resultados de la evaluación de biogás generada por la bosta producida por la granja rico cerdo F&G.

##### 3.1.1. Cálculo de cerdos de la granja

La granja Rico Cerdo F&G tiene una experiencia de más de 15 años, ha ido creciendo gracias al gran desempeño laboral de sus trabajadores, que día a día dan todo de sí para ser una de las granjas con mayor producción de carne de cerdo en el departamento de Lambayeque.

**Tabla 13:** Clasificación de cerdos según edad, sexo.

Mes	CLASIFICACION DE CERDOS DE LA GRANJA RICO CERDO									total de cerdos
	Preñes	Pre Parto	H. Lactantes	Lechón	Crecimiento	Engorde	Recría	Madres de Reemplazo	Semental	
Enero	527	70	135	877	316	160	1092	195	21	3,393
Febrero	532	74	126	896	322	208	1124	195	21	3,498
Marzo	542	78	112	918	332	224	1145	195	21	3567
Abril	545	80	107	937	346	246	1168	195	21	3645
Mayo	552	87	93	959	354	264	1185	195	21	3710
Junio	556	91	85	982	371	278	1198	195	21	3777
Julio	553	95	84	890	300	176	886	195	21	3200
Agosto	537	71	124	902	314	196	1096	195	21	3456
Septiembre	545	83	104	917	329	222	1105	195	21	3521
Octubre	546	87	99	924	336	250	1155	195	21	3613
Noviembre	546	93	93	952	342	284	1187	195	21	3713
Diciembre	547	99	86	850	286	156	919	195	21	3159
Promedio	544	84	104	917	329	222	1105	195	21	3521

**Fuente:** Elaboración Propia

La granja Rico cerdo F&G cuenta con un promedio de 3521 cerdos distribuidos como se detallaron anteriormente (ver tabla N°13).

### 3.1.2. Cálculo de la bosta diaria.

Se calculó la cantidad de bosta según anexo 3 en este punto se calculó las cantidades de bosta producida, y el número de cerdos en los diferentes galpones que conforman la granja

**Tabla 14:** *Bosta producida en un día.*

<b>BOSTA kg/día</b>	<b>Bosta. +orina kg/día</b>	<b>bosta + orina (m3/día)</b>
<b>7,754.150</b>	<b>20,911.150</b>	<b>20.911</b>
7,937.400	21,359.600	<b>21.359</b>
8,015.850	21,546.100	<b>21.546</b>
8,146.450	21,858.750	<b>21.859</b>
8,215.600	22,023.850	<b>22.024</b>
8,303.800	22,229.600	<b>22.229</b>
7,132.600	19,386.100	<b>19.386</b>
7,821.500	21,080.100	<b>21.080</b>
7,887.500	21,230.850	<b>21.231</b>
8,075.3500	21,689.200	<b>21.689</b>
8,237.250	22,086.000	<b>22.086</b>
7,122.550	19,368.900	<b>19.369</b>
<b>7887.500</b>	<b>21230.850</b>	<b>21.231</b>

**Fuente:** *Elaboración Propia*

### 3.1.3. Calculo de bosta mensual y anual:

**Tabla 15:** Cantidad de bosta mensual producida por la granja Rico Cerdo F&G.

Mes	BOSTA kg/mes	Bosta. +orina kg/mes	Bosta + orina (m3/mes)
Enero	240,378.650	648,245.650	648.246
Febrero	222,247.200	598,068.800	598.069
Marzo	248,491.350	667,929.100	667.929
Abril	244,393.500	655,762.500	655.763
Mayo	254,683.600	682,739.350	682.739
Junio	249,114.000	666,888.000	666.888
Julio	221,110.600	600,969.100	600.969
Agosto	242,466.500	653,483.100	653.483
Septiembre	236,625.000	636,925.500	636.926
Octubre	250,335.850	672,365.200	672.365
Noviembre	247,117.500	662,580.000	662.580
Diciembre	213,676.500	581,067.000	581.067
Promedio	239,220.021	643,918.608	643.919

**Fuente:** *Elaboración Propia*



*Realizando la sumatoria de bosta mensual se obtiene lo siguiente.*

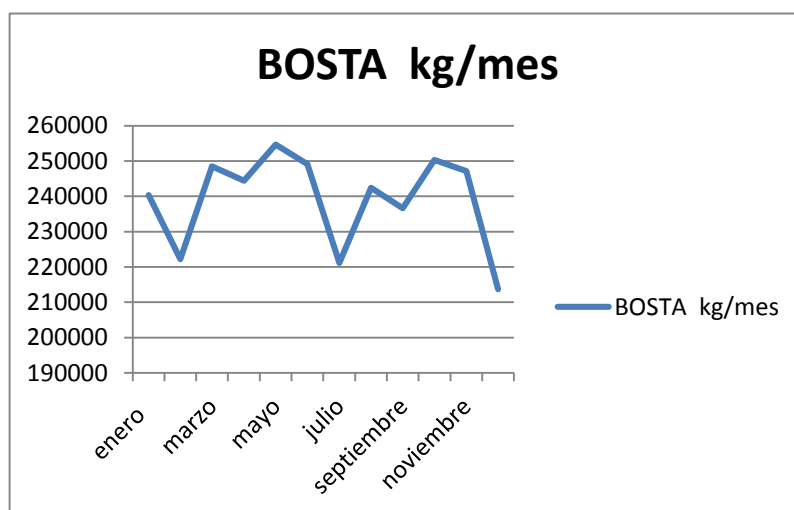
**Tabla 16:** *Bosta anual producida en la granja rico cerdo.*

Anual	<b>BOSTA kg/año</b>	<b>Bosta. +orina kg/año</b>	<b>bosta + orina (m3/año)</b>
	2,870,640.250	7,727,023.300	7,727.023

**Fuentes:** *Elaboración Propia.*

*Análisis de las cantidades de bosta mensuales*

**Grafica 1** *Bosta producida por la granja rico cerdo en un mes.*



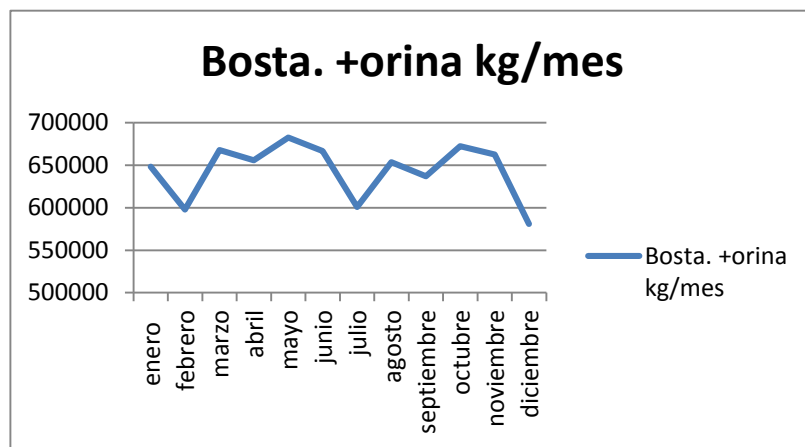
**Fuente:** *Elaboración propia*

En la figura N° 5 se observa que en los meses Mayo y Octubre la granja cuenta con mayor número de ejemplares por lo tanto se produce más bosta que en otros meses esto

es debido a que la granja se prepara para cubrir con la demanda existente en los meses de Julio y Diciembre fechas donde se venden mayor cantidad de cerdos por lo que en julio y diciembre la producción de bosta reduce significativamente.

### *Análisis de las cantidades de bosta + orina mensuales*

**Grafica 2:** Bosta + orina producida por la granja en un mes



**Fuente:** Elaboración Propia

Al igual que en la figura N°5 se observa que las cantidades de bosta y orina tienen el mismo comportamiento que el de la producción de bosta.

#### **3.1.4. Cálculo de aguas de lavado:**

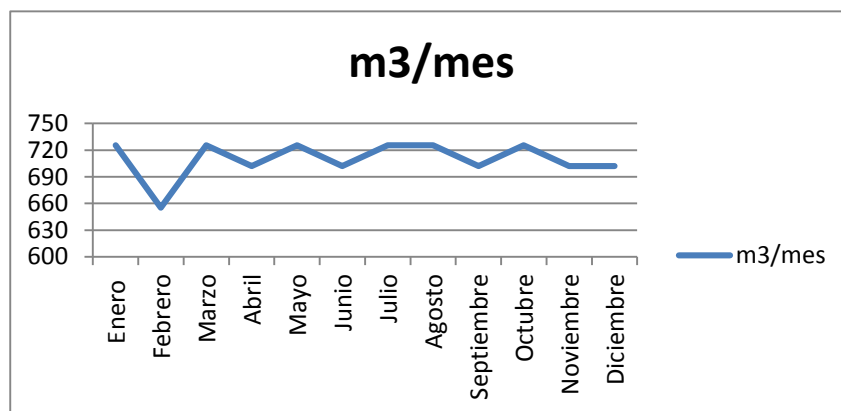
La granja rico cerdo f&g no cuenta con un registro de la cantidad de agua que usa para la limpieza de los galpones, pero se estima que el agua utilizada durante el día es de 5 horas a 6 horas aproximadamente y el flujo del agua es de aproximadamente 1,3L/s, teniendo estos datos podemos calcular la cantidad de agua mensual que se extrae de la poza. Esta cantidad es aproximada para los demás meses.

**Tabla 17** *calculo mensual del agua de lavado de los galpones de la granja rico cerdo f&g*

Mes	m3/mes
Enero	725.400
Febrero	655.200
Marzo	725.400
Abril	702.000
Mayo	725.400
Junio	702.000
Julio	725.400
Agosto	725.400
Septiembre	702.000
Octubre	725.400
Noviembre	702.000
Diciembre	702.000

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Grafica 3** *Cálculo del agua de lavado de los galpones de la granja Rico Cerdo*



**Fuente:** Elaboración Propia

### 3.1.5. CALCULO DEL AGUA RESIDUAL O PURIN.

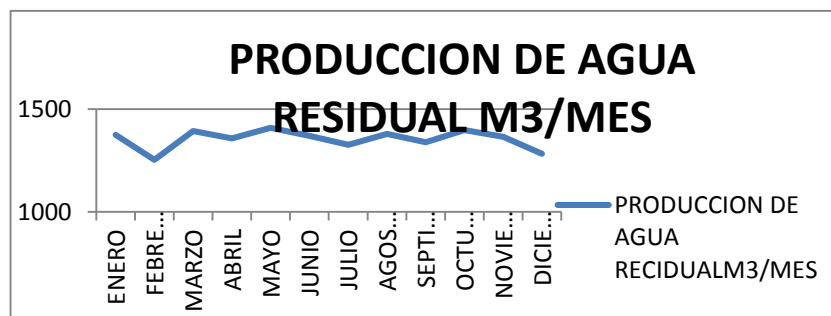
Está compuesta por la bosta + orina de cerdo más el agua de lavado de los galpones, el volumen total viene hacer la carga del biodigestor

**Tabla 18** *Calculo del purín mensual producido en la granja rico cerdo f&g*

MES	Producción de agua residual (m <sup>3</sup> /mes)
ENERO	1373.650
FEBRERO	1253.270
MARZO	1393.330
ABRIL	1357.760
MAYO	1408.140
JUNIO	1368.890
JULIO	1326.370
AGOSTO	1378.880
SEPTIEMBRE	1338.930
OCTUBRE	1397.770
NOVIEMBRE	1364.580
DICIEMBRE	1283.070

**Fuente:** *Elaboración Propia.*

**Grafica 1** *Producción de agua residual o purín*



**Fuente:** *Propia*

### 3.1.6. Cálculo y selección de la alternativa de biodigestor más pertinente según la problemática.

El biodigestor ha sido calculado y seleccionado teniendo en cuenta las cantidades de bosta, cantidades de agua utilizadas para el lavado de galpones y las características geográficas que presentaba el terreno de la granja rico cerdo f&g, acorde a estas características se calculó y selecciono el tipo de biodigestor laguna cubierta.

**Tabla 2** Selección del tipo de biodigestor

		TIPO DE BIODIGESTOR			
		BIODIGESTOR CUPULA FLOTANTE	BIODIGESTOR CUPULA FIJA	BIODIGESTOR DE MANGA DE POLIETILENO	BIODIGESTOR LAGUNA CUBIERTA
CARACTERÍSTICAS	CONDICIONES DEL LUGAR	5	5	5	5
	GRANDES VOLUMENES	3	3	3	5
	MANTENIMIENTO	4	4	5	5
	COSTOS DE EQUIPOS	5	5	5	5
	COSTOS DE INSTALACION	4	4	3	4
	TOTAL	21	21	21	24

**Fuente:** Propia

En la tabla N° 19 se seleccionó el biodigestor tipo laguna cubierta por reunir mayores condiciones para la solución del problema.

Este modelo de biodigestor consiste en realizar una laguna semienterrada, y un muro perimetral donde se sujeta la membrana, el fondo de la laguna estará cubierto con un material impermeable y sobre la laguna se colocara una cubierta de una membrana flexible que almacenara el gas.

### 3.1.7. Calculando la carga diaria del biodigestor en m<sup>3</sup>/día (C)

Para el cálculo de la carga primero se deberán conocer los parámetros de materia para carga (MPC) y cantidades de agua de lavado de bosta (CA)

$$C = MPC + CA$$

El MPC promedio es equivalente a 21.23085 m<sup>3</sup>/día se calculó de acuerdo a tabla N°14

La granja utiliza el agua para el lavado de los galpones (CA) a un aproximado de 5 horas diarias y a 1.3 l/s, datos adquiridos de la granja. (Ver tabla N°17)

$$CA = 1.3 \frac{L}{s} * \frac{m^3}{1000Ls}$$

$$CA = 0.0013 \frac{m^3 * 3600s}{s \quad 1H}$$

$$CA = 4.68 \frac{m^3 * 5h}{h \quad 1dia}$$

$$CA = 23.400 \frac{m^3}{dia}$$

**Obtenido el MPC y CA se procedió a realizar el cálculo de la carga diaria (CA).**

$$C = MPC + CA$$

$$C = (21.231 + 23.400)m^3/dia$$

$$C = 44.631m^3/dia$$

### 3.1.8. Cálculo del tiempo de retención (TR).

El posible tamaño del digester (volumen del digester) es determinado por el tiempo de retención (TR) y por la carga diaria. Este parámetro fue seleccionado del Manual para la producción de biogás. Instituto de Ingeniería Rural, I.N.T.A. Castelar (ver tabla N° 6) recomendado por el ingeniero agrónomo Daniel Duran Cotrina, especialista en diseño de biodigestores.

<b>TIEMPO DE RETENCION</b>	
<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>T.R.</b>
ESTIERCOL VACUNO LIQUIDO	<b>20-30 DIAS</b>
<b>ESTIERCOL PORCINO LIQUIDDO</b>	<b>15-25 DIAS</b>
ESTIERCOL AVIAR LIQUIDO	<b>20-40 DIAS</b>

Obteniendo el TR equivalente a 25 días, se seleccionó este método por las condiciones de la granja.

### 3.1.9. Volumen del digester (V).

$$V = C * TR * 1.2$$

$$V = 44.63085 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} * 25 * 1.2$$

$$V = 1338,926 \text{ m}^3$$

Por diseño se le agrega el 20% más (Vd)

$$Vd = 1338,9255 \text{ m}^3 + 20\%$$

$$Vd = 1338,9255 \text{ m}^3 + 267.7851$$

$$Vd = 1606.711\text{m}^3$$

### 3.1.10. POSIBLE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS (PG)

El Porcentaje de materia orgánica del estiércol según la especie. (so) es de 12% y la Producción aproximada de m<sup>3</sup> de gas/1 kg de masa orgánica seca total (P) es 0.35 (ver tabla N° 7), se sabe que m<sup>3</sup> de biogás equivale aproximada a 1kg de materia orgánica.

$$PG = MPC * SO * P$$

$$PG = 21230.85 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} * 0.12 * 0.35 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$PG = 891.696\text{m}^3/\text{dia}$$

Donde:

PG = Gas producido en litros por día



MPC = Estiércol en kilogramos por día

SO = Porcentaje de materia orgánica del estiércol según la especie.

P = Producción aproximada de m<sup>3</sup>de gas/1 kg de masa orgánica seca total.

### 3.2. Calculo de potencia para la selección del generador (p)

#### 3.2.1. Calculo de la energía (E).

Para el cálculo de Energía se procedió primero a calcular la cantidad de metano que se encuentran en el biogás, se sabe que la composición del biogás es de 60% de metano.

$$CH4 = PG * 60\%$$

$$CH4 = 891.6957 * 0.60$$

$$CH4 = 535.02 \frac{m^3}{dia}$$

La cantidad de ch<sub>4</sub> total se multiplica por la eficiencia de producción de energía eléctrica del motor y generador 33%, ambos multiplicados por la producción específica de biogás por m<sup>3</sup> de metano siendo equivalente a 10kwh/m<sup>3</sup>

$$E = CH4 * 10 * 0.33$$

$$E = 1765.56Kwh$$

Por lo tanto la energía mensual generada será de 52,966.72 kwh y la energía anual será 635,600.69kwh

#### 3.2.2. Calcular la potencia (P).

$$P = \frac{E}{\text{horas uso}}$$

$$P = \frac{1765.557486Kwh}{24h}$$

$$P = 73.565Kw$$

Se le agrega el 20% de seguridad (Pd).

$$Pd = \frac{73.564895Kw * 20}{100} + P$$

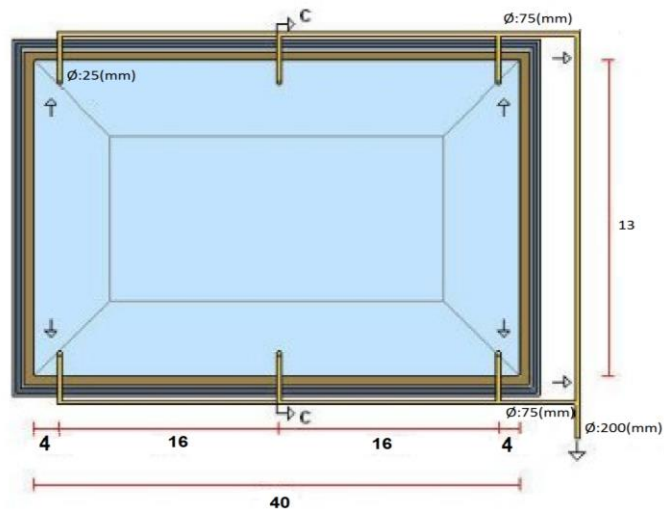
$$Pd = 88.278Kw$$

### 3.2.3. Sistema de almacenamiento.

#### 3.2.3.1. Tubería de captación de biogás

Para la captación de biogás, se utilizaron tuberías ubicadas a lo largo del biodigestor, estas tuberías se conectaron realizando perforaciones en el muro perimetral.

**FIGURA 2:** Sistema de captación de biogás



Fuente: Propia

**Tabla 3** Selección de tuberías para el biodigestor

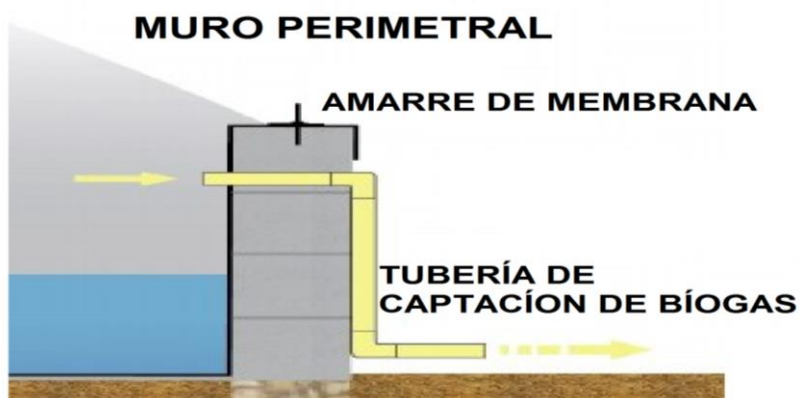
selección de tubería recolectora de biodigestor	
Biodigestores $\leq$ 50 m	25mm
Biodigestores $\leq$ 100 m	50mm
Biodigestores $>$ 100 m	75 mm a mas

Fuente: (ENGINEERING, 2014)

Se seleccionó tuberías con un diámetro de 75mm las cuales conducirán el gas hacia el sistema de tuberías de recolección, para luego ser conducido a un sistema de purificación y ser almacenado.

### 3.2.4. Instalación de tuberías.

La tubería de captación de biogás en el tramo del muro perimetral, se debe colocar con pendiente hacia el biodigestor para que los condensados escurran dentro del biodigestor. Hay que poner mucha atención para que la tubería quede bien sellada y no haya fugas de biogás. La distancia mínima de la captación de biogás debe ser de 0,30 m sobre el nivel máximo de llenado del biodigestor.



**FIGURA 3** Conexión de tuberías de captación de biogás

Fuente: (ENGINEERING, 2014)

### 3.2.5. Sistema de purificación del biogás.

La purificación del biogás consta de dos partes:

**Tratamiento primario.**

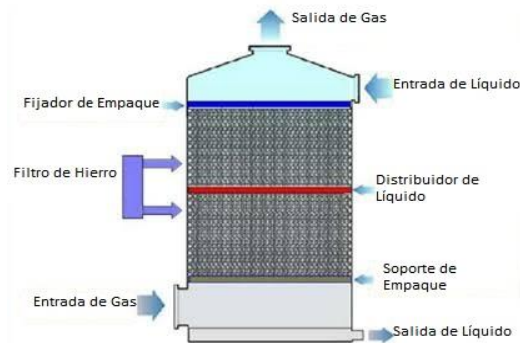
Es la primera fase de purificación del biogás se reduce las cantidades de contaminantes, siendo el principal contaminantes reducidos el agua contaminada (condensado) y partículas sólidas.

Para la eliminación de condensados las tuberías son instaladas con una pendiente mínima de 0.5%

### **Tratamiento secundario.**

Se optó por utilizar el método absorción física la cual es la más adecuada para el proyecto debido a su bajo costo de inversión, bajo costo de operación y a su alta eficiencia de purificación.

Este método utiliza agua presurizada como absorbente. El biogás crudo es comprimido y alimentado desde el fondo a una columna de lecho empacada (filtro de hierro) y el agua presurizada es rociada desde la cima de la columna. El proceso de absorción es un proceso contra-corriente. De esta forma se disuelven el CO<sub>2</sub> y el H<sub>2</sub>S en agua y son colectados en el fondo de la torre



**FIGURA 4** Sistema de absorción física

**Fuente:** Propia

### **3.2.6. Volumen del gasómetro (Vg).**

$$V_g = V * 60\%$$

$$V_g = 1338.9255 * 0.60$$

$$V_g = 803.350 \text{ m}^3$$

El sistema de almacenamiento tendrá una capacidad de 803.35 m<sup>3</sup> por lo que se optó, adquirir una bolsa de almacenamiento de biogás para aplicaciones que requieren hasta 2,000 m<sup>3</sup>, ó 70.600 pies<sup>3</sup>.



**FIGURA 5** Bolsa de almacenamiento de biogás 2 MASRER

Fuente: (Ecomembrane, 2015)

### 3.3. Resultados de la máxima demanda en la granja.

**Tabla 4:** *Energía eléctrica consumida durante 12 meses*

Periodo	Recibo N°	Tarifa	Tipo Conex.	Fecha Lect.	Importe(S/. )	Energia(kWh)
201610	0025132994533	BT5B residencial	monofásica - Aérea(C1.1)	10/18/2016 12:00:00 AM	478.00	598.00
201609	0025132860496	BT5B residencial	monofásica - Aérea(C1.1)	9/17/2016 12:00:00 AM	651.20	586.00
201608	0025132662700	BT5B residencial	monofásica - Aérea(C1.1)	8/18/2016 12:00:00 AM	162.50	563.00
201607	0025132533137	BT5B residencial	monofásica - Aérea(C1.1)	7/18/2016 12:00:00 AM	487.00	463.00
201606	0025132362532	BT5B residencial	monofásica - Aérea(C1.1)	6/17/2016 12:00:00 AM	566.70	532.00
201605	0025132190731	BT5B residencial	monofásica - Aérea(C1.1)	5/17/2016 12:00:00 AM	562.50	540.00
201604	0025132047689	BT5B residencial	monofásica - Aérea(C1.1)	4/16/2016 12:00:00 AM	705.80	680.00
201603	0025131877527	BT5B residencial	monofásica - Aérea(C1.1)	3/18/2016 12:00:00 AM	760.60	715.00
201602	0025131736103	BT5B residencial	monofásica - Aérea(C1.1)	2/16/2016 12:00:00 AM	505.60	479.00
201601	0025131580467	BT5B residencial	monofásica - Aérea(C1.1)	1/18/2016 12:00:00 AM	646.40	617.00
201512	0025131438654	BT5B residencial	monofásica - Aérea(C1.1)	12/19/2015 12:00:00 AM	716.50	712.00
201511	0025131269721	BT5B residencial	monofásica - Aérea(C1.1)	11/19/2015 12:00:00 AM	739.30	718.00
201510	0025131126752	BT5B residencial	monofásica - Aérea(C1.1)	10/19/2015 12:00:00 AM	842.20	833.00

**Fuente:** (ELECTRONORTE)

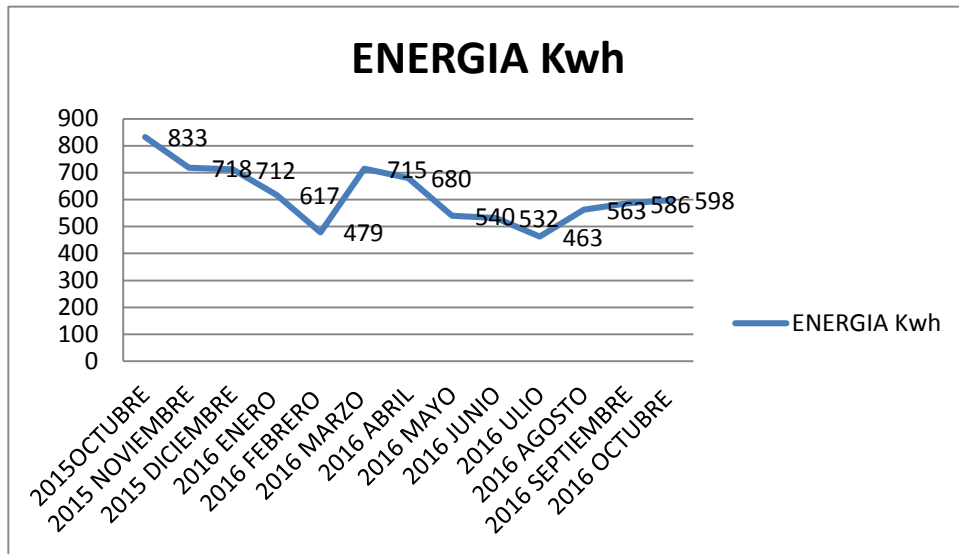
**Tabla 5 :** Selección del consumo de energía

PERIODO	ENERGIA Kwh
2015OCTUBRE	833
2015 NOVIEMBRE	718
2015 DICIEMBRE	712
2016 ENERO	617
2016 FEBRERO	479
2016 MARZO	715
2016 ABRIL	680
2016 MAYO	540
2016 JUNIO	532
2016 ULIO	463
2016 AGOSTO	563
2016 SEPTIEMBRE	586
2016 OCTUBRE	598

**Fuente:** Propia

Se observa que el consumo más alto fue en el mes de octubre del 2015

**Tabla 6** Diagrama de consumo de energía



Fuente: Propio

### 3.3.1. Calculando la tasa de crecimiento.

**Tabla 7** *Máxima demanda anual*

Máxima demanda para el 2015	
Enero	415
Febrero	456



Marzo	427
Abril	463
Mayo	478
Junio	475
Julio	472
Agosto	437
Septiembre	442
Octubre	833
Noviembre	718
Diciembre	712
Total	6328

Fuente: ENSA

**Tabla 8** *Máxima demanda anual año 2016*

Máxima demanda para el 2016	
Enero	617
Febrero	479
Marzo	715
Abril	680
Mayo	540
Junio	532
Julio	463
Agosto	563
Septiembre	586
Octubre	598
Noviembre	577.3
Diciembre	577.3
Total	6927.6

Fuente: ENSA

Tasa de crecimiento

$$i = \left( \frac{\text{consumo final}}{\text{consumo inicial}} \right)^{\frac{1}{\text{año}x - \text{año}0}} - 1$$

$$i = \left( \frac{6927.6}{6328} \right)^{\frac{1}{2016-2015}} - 1$$

$$i = 0.094753$$

La tasa de crecimiento anual es de 9.5 %

Se calculara la máxima demanda con una proyección a 10años y un factor de crecimiento anual de 9.5%, se tomara como parámetro inicial el consumo de energía más alto

**Tabla 9:** *Proyección máxima demanda a 10 años*

Número de años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Crecimiento en (Kw)		79.135	86.653	94.885	103.899	113.769	124.577	136.412	149.371	163.562	179.100
MD	6927.6	7585.72	8306.37	9095.47	9959.54	10905.70	11941.74	13076.20	14318.44	15678.69	17168.17

Fuente: Propia.

La máxima demanda en la granja proyectada a 10 años será de 17168.17 kw-h año

### 3.4. Análisis de ahorro económico.

**Tabla 10** *Pagos mensual y anual en nuevos soles por consumo de energía*

MES	IPORTE S/
OCTUBRE	842.000
NOVIEMBRE	739.300

DICIEMBRE	716.500
ENERO	646.400
FEBRERO	505.600
MARZO	760.600
ABRIL	705.800
MAYO	562.500
JUNIO	566.700
JULIO	487.000
AGOSTO	162.500
SEPTIEMBRE	651.200
OCTUBRE	478.000
PROMEDIO	601.854
IMPORTE ANUAL	7824.100

**Fuente:** (ELECTRONORTE)

La tabla N°25 nos muestra el consumo eléctrico en nuevos soles y podemos observar que la granja ahorra mensualmente un promedio de s/.601.8538 nuevos soles y anualmente la suma de s/.7,824.10 nuevos soles.

### 3.5. Análisis económico.

#### 3.5.1. Ingresos.

##### 3.5.1.1. Producción de energía eléctrica.

Energía eléctrica generada mensualmente será de:

$$E = 1,765.56\text{Kwh} * 30$$

$$E = 56,966.72\text{Kwh}$$

La producción de energía eléctrica anual es de 635,600.69kwh teniendo un costo de s/ 0.4103 por 1kwh teniendo un ingreso económico de s/. 260,780.97 nuevos soles.

### 3.5.1.2. Bonos de carbono (BC)

Para obtener remuneración por bonos de carbono se calculó las cantidades de ch4 existentes en el biogás producido por el biodigestor

$$CH4 = 17388.06 \frac{m^3}{mes}$$

$$BC = 17388.06 * \frac{21}{1000} \frac{m^3}{mes}$$

$$BC = 365.14926 \frac{m^3}{mes}$$

$$BC = 365.14926 * 12 \frac{m^3}{año}$$

$$BC = 4381.791 \frac{m^3}{año}$$

Los bonos de carbono tienen un precio fluctuante de 7 y 8 euros, 10 dólares (s/.30) en el mercado internacional por lo tanto

$$INGRESO MENSUAL = 10,954.48 \frac{s/}{mes}$$

$$INGRESO ANUAL = 131,453.74 \frac{s/}{año}$$

### 3.5.2. Egresos.

#### 3.5.2.1. Costos del biodigestor.

a) Obras civiles para el sistema del biodigestor

Se realizaron trabajos de la limpieza, nivelación del terreno, trazo y replanteo de obra, se realizaron también excavaciones, relleno y compactación, dejando apto para realizar las instalaciones de tuberías para los sistemas de agitación, medición y recolección de datos del biogás.

**Tabla 11:** Excavación y componentes para el biodigestor.

DESCRIPCION	TOTA
TRABAJOS PRELIMINARES	10500
MOVIMIENTOS DE TIERRAS	10000
OBRAS CIVILES	40000
ESTRUCTURA METALICA Y OTROS	4500

**Fuente:** Propia

b) Accesorios utilizados en el biodigestor.

**Tabla 12:** Accesorios utilizados en el biodigestor

ACCESORIOS	UNIDADES	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES	COSTO (USD)	COSTO EN (S/.)	TOTAL (S/)
Geo membrana EPDM	m <sup>2</sup>	2418	Flexible	8	26.8832	65003.578
Bolsa de almacenamiento de biogás	und	1	2000m <sup>3</sup>	3000	10081.200	10081.200
Bomba de lodos	und	2	5,5 HP	1580	5309.432	10618.864
válvula de seguridad	und	1		1200	4032.48	4032.480
Agitadores	und	4	18,5kw	2000	6720.800	26883.200

Tuberías	und	7	$\phi=200$ mm	11.5	38.645	270.512
Tuberías	und	2	$\phi=100$ mm	5.5	18.482	36.964
Codos	und	10	$\phi=4''$	2.5	8.401	84.010
Medidor de caudal de biogás	und	1	Caudal máximo= 2000 m <sup>3</sup> /h	1500	5040.600	5040.600
Medidor de gas	und	1	$\Theta =1''$	50	168.020	168.020
Rejillas de Limpieza	und	1		300	1008.120	1008.120
Antorcha o quemadora de biogás	und	1	$\phi=18''$ y Altura=3,5m	1800	6048.720	6048.720
Filtro de retención de H <sub>2</sub> S	und	1	$\phi=75$ cm y L=100cm	2500	8401.000	8401.000
Equipo electrógeno	und	1	99 kwh	25000	84010.000	84010.00

**Fuente:** propia

c) Gastos intangibles.

**Tabla 13** Capacitación del personal y puesta en marcha

DESCRIPCIÓN	MONTO (S/.)
Gastos de entrenamiento de personal	1500
Asistencia técnica	3500
Gastos de preparación o puesta en marcha	9500

**Fuente:** Propia

d) SALARIOS

**Tabla 14** *Puestos de trabajo*

**Fuente:** Propia

Se estima un egreso de S/. 4000 por mantenimiento mensual y a los 5 años se realizara un egreso de s/. 25000 por cambios de tuberías y cambios de equipos

**3.6. Análisis de**

CARGO	TOTAL (S/.)
Jefe de planta	3500
Analista	500
Operario	2000

**resultados.**

Se realizaron cuadros comparativos para analizar las cantidades de biogás, metano, energía, potencia y costos producidos por la bosta de cerdo en la granja Rico cerdo f&g.

**Tabla 15** *análisis de resultados.*

Bosta M3	Biogás m3	Metano m3	Energía Kw-h	Potencia Kw	Ingresos s/.
23.80	1.00	0.60	1.98	0.08	0.81

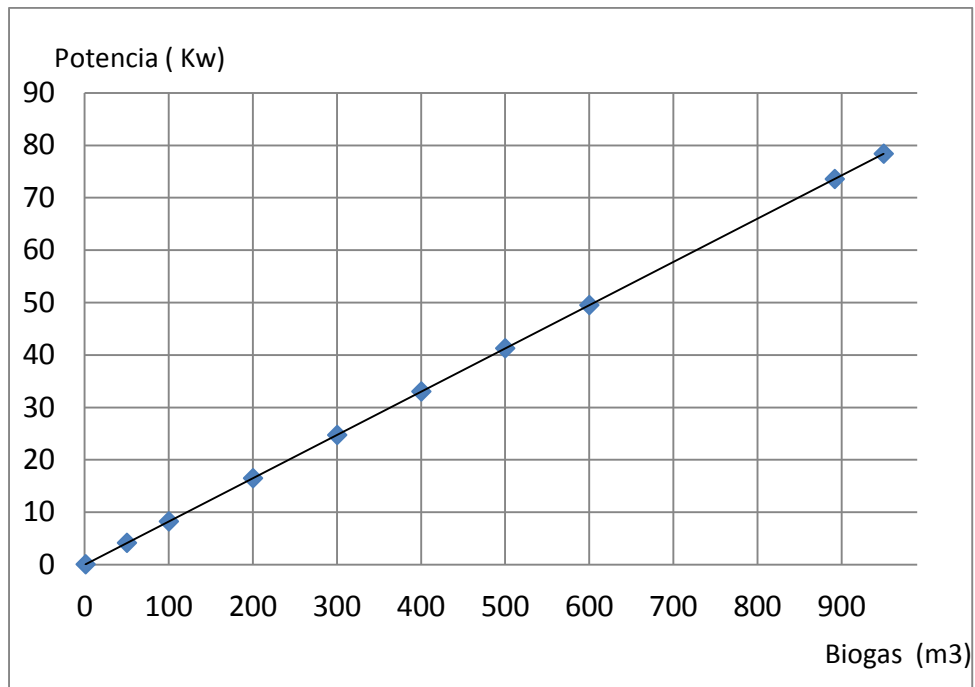
1190.47	50.00	30.00	99.00	4.12	40.61
2380.95	100.00	60.00	198.00	8.25	81.23
4761.90	200.00	120.00	396.00	16.50	162.47
7142.85	300.00	180.00	594.00	24.75	243.71
9523.80	400.00	240.0	792.00	33.00	324.95
11904.76	500.00	300.00	990.00	41.25	406.19
14285.71	600.0	360.00	1188.00	49.50	487.43
21230.85	891.69	535.02	1765.56	73.56	724.41
22619.04	950.00	570.00	1881.00	78.37	771.77

**Fuente:** Propia

Los recuadros sombreados de color celeste son valores reales de producción de bosta, biogás, meta, energía, potencia, ingresos.

**GRAFICA 2:** Potencia generada en (Kw) por m<sup>3</sup> de biogás.

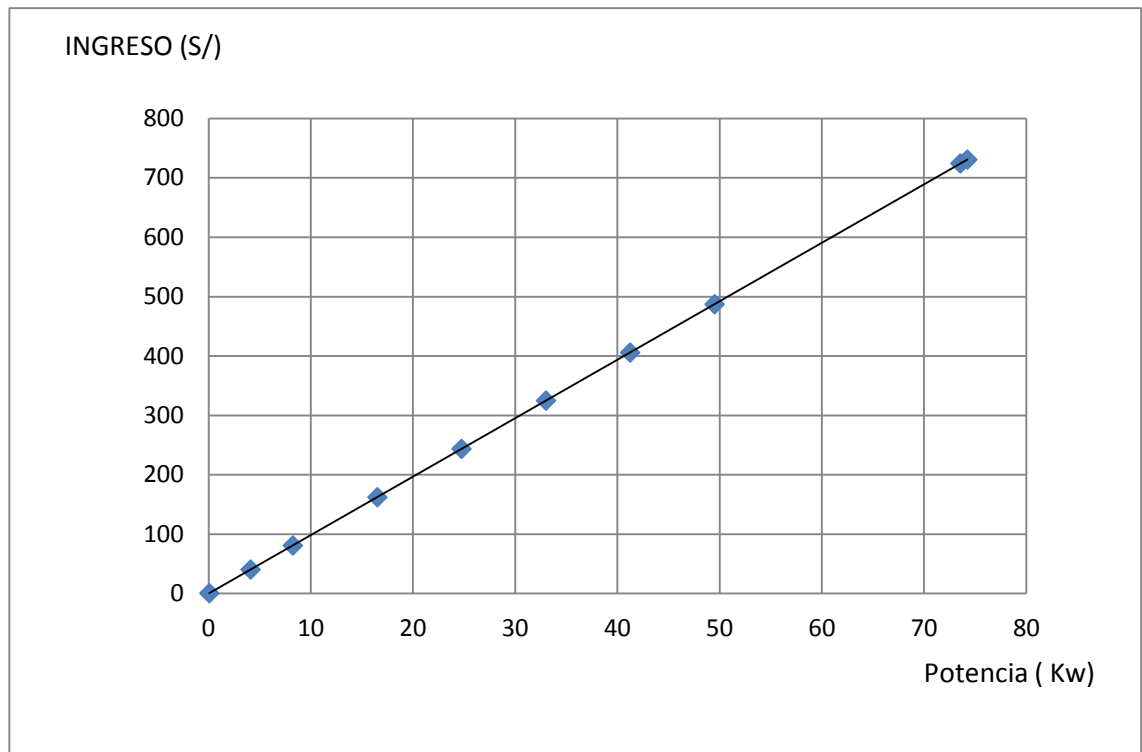




**Fuente:** propia.

La grafica N°5 muestra la potencia generada en Kw por m<sup>3</sup> de biogás producida por la bosta de cerdo, se estima que por 1 m<sup>3</sup> de biogás se generara una potencia de 0.00825 kw, por 50 m<sup>3</sup> de biogás se generara una potencia de 4.125 Kw de biogás, por 100 m<sup>3</sup> de biogás se generara una potencia de 8.25Kw, por 200 m<sup>3</sup> de biogás se generara una potencia de 16.5Kw, por 300m<sup>3</sup> de biogás se generara una potencia de 24.75Kw, por 400m<sup>3</sup> de biogás se generara una potencia de 33Kw, por 500m<sup>3</sup> de biogás se generara una potencia de 41.25Kw, por 600m<sup>3</sup> de biogás se generara una potencia de 49.5Kw, por 891.6957m<sup>3</sup> de biogás se generara una potencia de 73.565Kw.

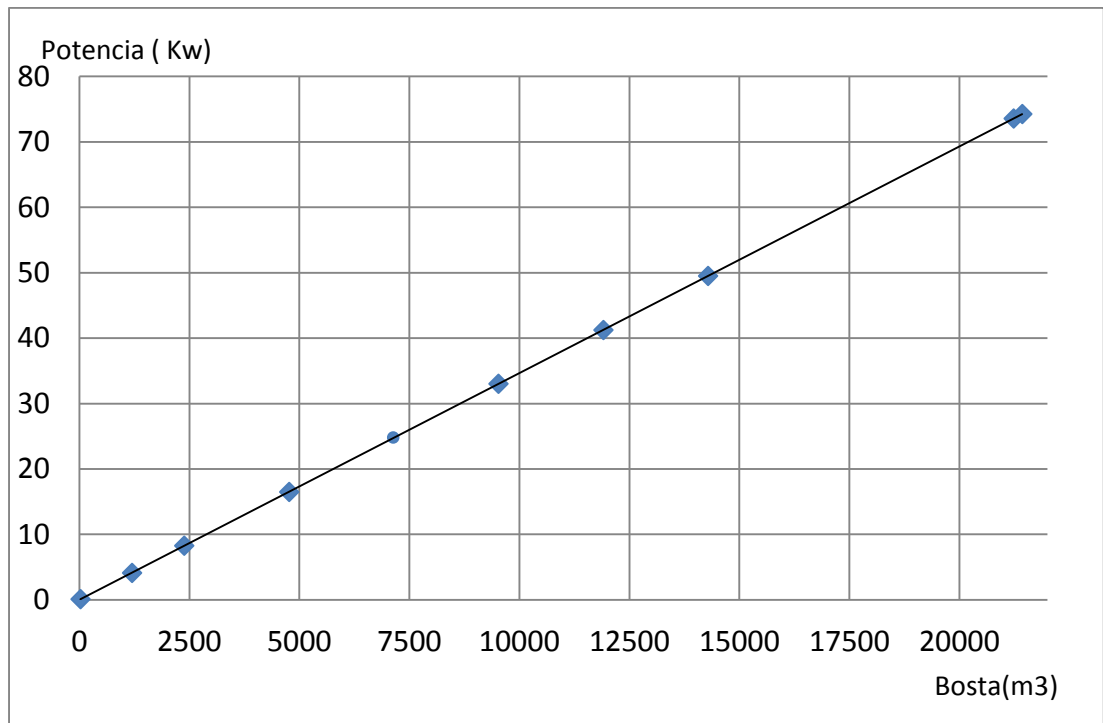
*Γραφικα 3:* ινγρεσοσ γενεραδοσ εν νυεποσ σολεσ πορ κω



**Fuente:** Propia

La grafica N° 6 muestra los ingreso en S/. Producidos por kw generado por la bosta de cerdo, se estima que por 0.00825 Kw se generara un ingreso de s/. 0.81, por 4.13 Kw se generara un ingreso de s/.40.62, por 8.25Kw se generara un ingreso de s/. 81.24, por 16.5Kw se generara un ingreso de s/. 162.48, por 24.75 Kw se generara un ingreso de s/.243.72, por 33 Kw se generara un ingreso de s/. 324.958, por 41.25Kw se generara un ingreso de s/.406.20, por 49.5Kw se generara un ingreso de s/. 487.436, por 73.57 Kw se generara un ingreso de s/.724.41

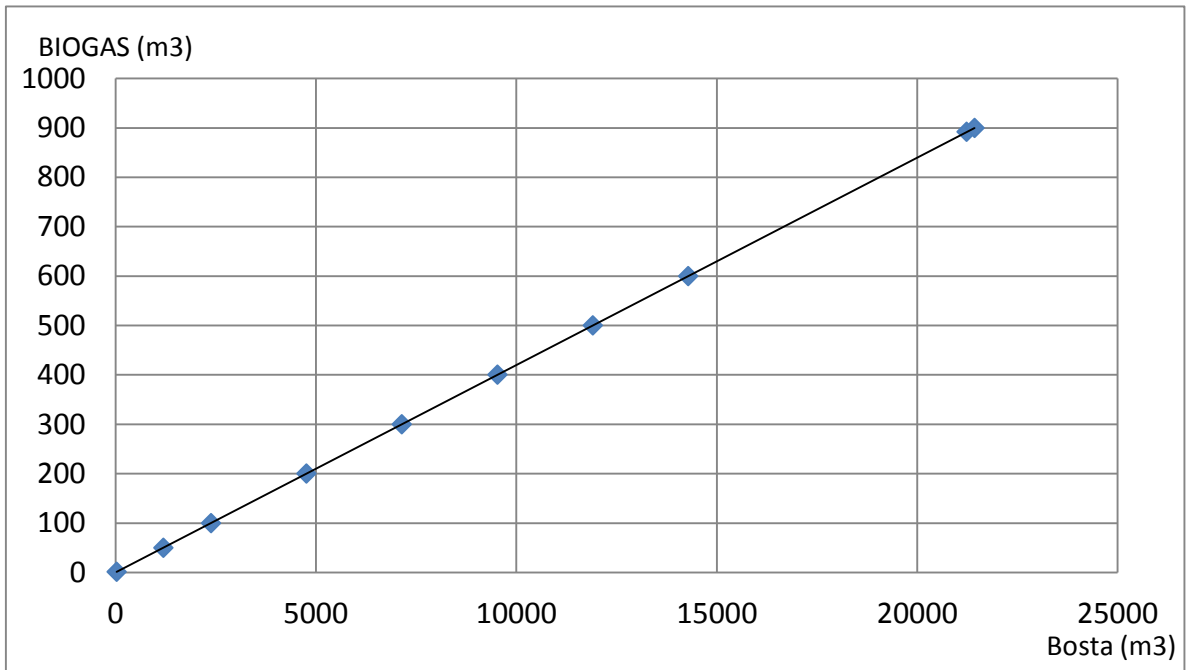
*Grafica 4 Potencia producida en ( Kw) por la bosta (m<sup>3</sup>)*



**Fuente :** Propia.

La grafica N°7 muestra las potencia Kw generada por la bosta(m<sup>3</sup>) producida en la granja, se estima que por 23.809 m<sup>3</sup> de bosta se generara una potencia de 0.00825kw, por 1190.48 m<sup>3</sup> de bosta se generara una potencia de 4.13Kwde, por 2380.95m<sup>3</sup> de bosta se generara una potencia de 8.25Kw, por 4761.91m<sup>3</sup> de bosta se generara una potencia de 16.5Kw, por 7142.86m<sup>3</sup> de bosta se generara una potencia de 24.75Kw, por 9523.81m<sup>3</sup> de bosta se generara una potencia de 33Kw, por 11904.76 m<sup>3</sup> de bosta se generara una potencia de 41.25Kw, por 14285.71m<sup>3</sup> de bosta se generara una potencia de 49.5Kw, por 21230.85m<sup>3</sup> de bosta se generara una potencia de 73.57Kw.

*Γραφικα 5:* Προδουχλι Γν δε βιογ(σ εν (μ<sup>3</sup>) πορ λα βοστα εν (μ<sup>3</sup>)



**Fuente:** Propia

La grafica N° 8 Muestra las cantidades de biogás producidas por la bosta de cerdo, se estima que por 23.809 m<sup>3</sup> de bosta se generara 1m<sup>3</sup> de biogás , por 1190.476 m<sup>3</sup> de bosta se generara 50m<sup>3</sup> de biogás, por 2380.952m<sup>3</sup> de bosta se generara 100m<sup>3</sup> de biogás, por 4761.905m<sup>3</sup> de bosta se generara 200m<sup>3</sup> de biogás, por 7142.857m<sup>3</sup> de bosta se generara 300m<sup>3</sup> de biogás, por 9523.8095m<sup>3</sup> de bosta se generara 400m<sup>3</sup> de biogás, por 11904.762m<sup>3</sup> de bosta se generara 500m<sup>3</sup> de biogás, por 14285.714m<sup>3</sup> de bosta se generara 600m<sup>3</sup> de biogás, por 21230.85m<sup>3</sup> de bosta se generara 891.696m<sup>3</sup> de biogás.

### **3.7. Plan de mantenimiento predictivo.**

Se realizará el mantenimiento programado de los equipos de acuerdo a las recomendaciones de los proveedores.

Se realizara una limpieza general a los alrededores del tanque de carga, biodigestor y laguna de descarga con la finalidad de eliminar la basura arrastrada por el viento.

Se verificara que el estado de la cubierta, no tenga fugas, rasgaduras y daños en general.

Descargar, biodigestor y laguna de descarga con la finalidad de eliminar la basura arrastrada por el viento

Se eliminara inmediatamente el agua acumulada sobre la geomembrana (acumulada por lluvias)

Se deberá realizar la regeneración o sustitución de filtros de acuerdo a las indicaciones del proveedor o fabricante. Especificaciones Técnicas Sistemas de Biodigestión.

Los fabricantes de todos los equipos instalados deberán entregar recomendaciones a los operadores del sistema, que incluyan programas de inspección a puntos específicos a verificar.

Se realizara una limpieza general a los alrededores del tanque de almacenamiento.

Se verificara diariamente el funcionamiento de equipos de medición para llevar un buen control de producción.

Verificar que la tubería de recolección de biogás no presente fugas

Se debe verificar que las trampas de condensación de humedad no se hayan saturado.

### **3.8. Ubicación y descripción del área donde se realizará el proyecto.**

La granja rico cerdo f&g se encuentra en la Clake con coordenadas UTM 17M 0628519 9250860 a 1.1 km de Reque y a 12.2 Km de Chiclayo la granja rico cerdo tiene un área de 3.7 hectáreas.

**Ilustración 1** *fotografía satelital de la clake – Reque – Chiclayo - Lambayeque*



**Fuente:** Google Earth.

La granja rico cerdo f&g, se dedica específicamente a la cría de cerdos, los cuales están separados por camadas, edades y sexo, con la finalidad de tener mayor eficiencia tanto en la alimentación como en la reproducción, actualmente distribuida en galpones de gestación, maternidad, engorde recria y reproductores. Cada galpón está diseñado para satisfacer las necesidades de los cerdos.

### **3.9. Propuesta de investigación.**

#### **3.9.1. Biodigestor laguna cubierta.**



**Ilustración 2:** biodigestor laguna cubierta

**Fuente:** (market)

Este tipo de biodigestor se adecua con la geografía y las características presentes en la granja, además este tipo biodigestor es uno de los más económicos, el costo esta entre el 35-50 % del costo de biodigestores del mismo volumen y rendimiento en la producción del biogás



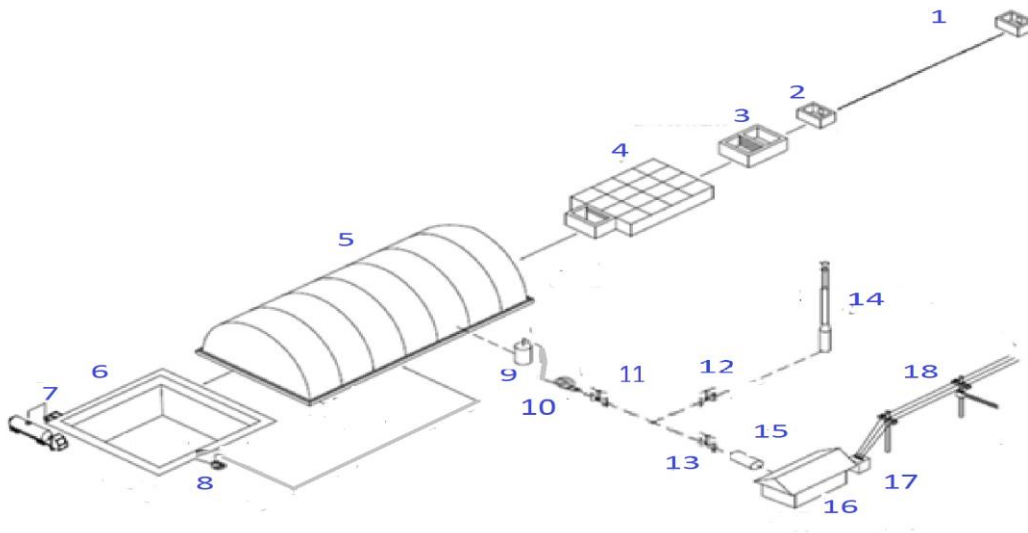


FIGURA 6 *Diagrama de propuesta*

Fuente: Propia

Tabla 16 *Componentes del biodigestor*

N°	COMPONENTE
1,2	Registros
3	Filtros de sólidos
4	Tanque de carga
5	Biodigestor
6	Tanque de descarga
7	Bomba de descarga
8	Bomba de recirculación
9	Unidad contra llamas
10	Soplador
11,12,13	Válvulas
14	Quemador de biogás
15	Unidad de filtrado
16	Caseta del generador
17	transformador 150KVA
18	Líneas de 220VAC

Fuente: Propia

### 3.9.1.1. Partes del biodigestor tipo laguna cubierta.

Laguna revestida de membrana

Muro perimetral para sujetar la membrana

Membrana de cubierta de material elongable y resistente a rayos uv

Bombas de extracción y recirculación de lodo

Tuberías de captación de biogás

Tubería de alimentación y descarga

Tubería para extracción de lodo

Válvula de seguridad para el control de presiones máximas y vacíos

Control de temperatura, redox y ph

Sistema de agitación

Sistema para quemar y/o aprovechamiento del biogás

Lecho de secado de lodo

Laguna de descarga de efluentes del biodigestor

### **3.9.1.2. Construcción de la laguna**

La excavación de para el biodigestor se realiza manualmente o con maquinaria se realiza con el mayor cuidado teniendo en cuenta los taludes, la tierra de excavaciones almacenara a 2 metros de distancia como mínimo de la laguna, el suelo debe ser apisonado o compactado se recomienda revestir con capas de concreto, en zonas de

terreno arenoso se coloca mallas metálicas para reforzar y en algunos casos se puede utilizar hasta 10 cm de revestimiento (concreto armado).

### **3.9.1.3. Muro perimetral para sujetar la membrana**

#### **Muro tipo “A”**

Esta alternativa es desarrollada por la empresa AquaLimpia para biodigestores industriales de hasta 2.500m<sup>3</sup>, este muro puede ser de hasta 1.5 m de altura, agrandando así el volumen del biodigestor, puede construirse en hormigón armado o también con hormigón reforzado

Los bloques de hormigón deben ser de buena calidad con resistencia de  $\geq 120 \text{Kg/cm}^2$ , con un peso de 15kg y con medidas de 20x20x40cm.

Para muros de 1,50m de alto la pared debe de ser de 0.25 – 0.30m de espesor y reforzado con armadura  $\Phi$  de 5/8.

#### **Muro tipo “B”**

Para biodigestores pequeños es de máximo 0.60 m de alto. se construye con bloques de hormigón con refuerzos de acero espaciados cada 0.20 m se puede usar varillas de acero de 12 mm en forma de bastón, en la parte superior del muro perimetral se colocan los pernos que sujetaran la membrana de cubierta, los pernos deben ser de unos 8- 10 cm de largo y deben encajar en la plantilla que sujeta la membrana

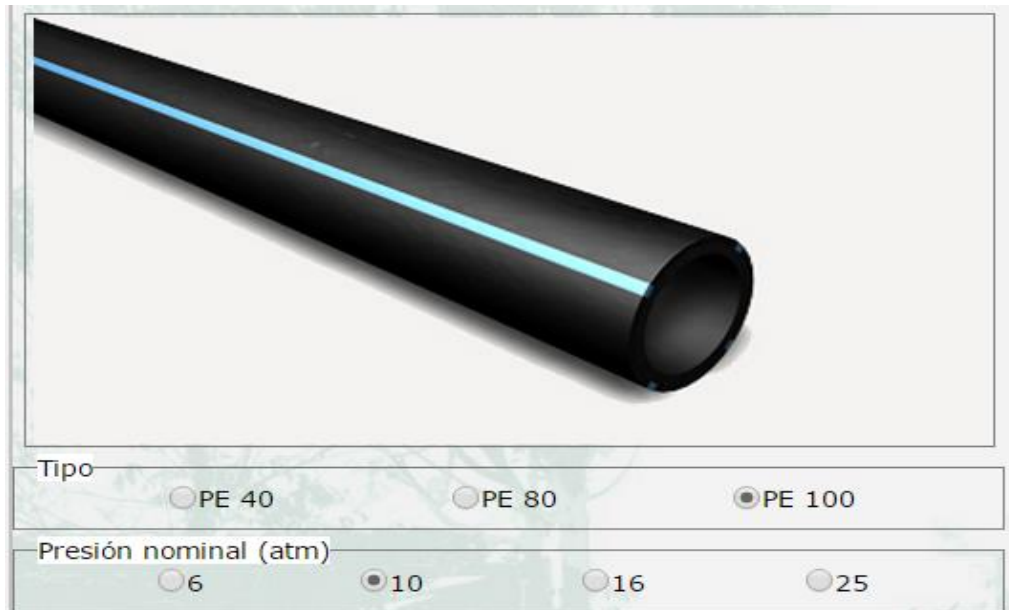
#### 3.9.1.4. TANQUE DE ALIMENTACIÓN

Dimensionamiento para el volumen diario de alimentación del biodigestor, la mezcla se realiza una vez al día y se programa para que toda la carga se alimente al biodigestor en 24 horas de forma automática o manual.

Se sabe que la carga diaria es de 44.63085m<sup>3</sup>/día por lo tanto la capacidad del tanque de alimentación se tomará como la carga diaria y se aumentará el 20% por diseño siendo la capacidad del tanque de alimentación equivalente a 53.55702 m<sup>3</sup>/día

#### 3.9.1.5. TUBERIA DE ALIMENTACION Y DESCARGA

Se utilizará tuberías con las siguientes características, Tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas azules, de 100mm de diámetro exterior y 11,4 mm de espesor, SDR11, PN=16 atm, según UNE-EN 12201-2.



**ΦΙΓΥΡΑ 7** Τυβερία δε πολιετιλενο

**Fuente:**

La tubería de descarga siempre debe descargar en un poso de control que sirve para acceder a la tubería en caso de obstrucciones a futuro, este poso tiene dimensionamientos adecuado para que una persona pueda tener acceso a el y pueda meter una barrilla o manguera para la limpieza respectiva de las tuberías se recomienda que este poso 80x80 de ancho

**3.9.1.6. Tuberías de captación de biogás**

La captación del biogás se puede realizar por la membrana de cubierta o por el muro perimetral, se optó por diseñar el biodigestor con la tubería de captación de biogás en el muro perimetral ya que si se realiza en la membrana de cubierta esta se debilita

Se seleccionara una tubería de 75mm

**3.9.1.7. Materiales para cubrir el fondo y cubierta del biodigestor**

**Material para cubrir el fondo**

El fondo de los biodigestores tipo laguna cubierta pueden cubrirse con una capa de cemento tierra o membrana de caucho HDPE (polietileno de alta densidad) AQFlex(membrana de caucho ) el fondo del biodigestor debe de estar cubierto al 100% para evitar filtraciones del sustrato al suelo .

Para el proyecto seleccionamos polietileno de alta densidad ya que es un excelente material y cumple con las características necesarias.

### **Material para la cubierta**

La selección del material que llevara el biodigestor como cubierta tiene que ser flexible, elongable, resistente a ácidos y sustratos agresivos, resistentes a las inclemencias del tiempo, resistente a rasgaduras, resistentes a los rayos uv e impermeables al biogás.

### **Se seleccionó la cubierta de membrana AQFlex por sus propiedades y por su tamaño de fabricación de 60x15m**

Elasticidad

Flexibilidad

Durabilidad

Impermeabilidad

Versatilidad

Resistentes al biogás

Resistentes a los rayos UV

No se rasgan ni resquebrajan con el sol

Fácil colocación

Fácil, sencilla y reparación económica en frio

#### **3.9.1.8. Sistema de agitación**

Se seleccionó agitadores de acero inox diseñados especialmente para biodigestores con unos motores que cumplen con la ley ATEX antideflagrante.

POR RAZONES MECANICAS –EXTRUCTURALES se debe limitar la longitud del eje de un agitador a un máximo de 6m, este eje está bajo el nivel del agua para que no esté en contacto con el agua evitando así la corrosión

Debido a que el biodigestor es de 580.8780 m<sup>3</sup> seleccionamos 4 agitadores de 18.5kw

#### **3.9.1.9. Extracción y recirculación de lodos**

Todo biodigestor de tipo laguna cubierta debe de tener dos bombas de succión de lodo ubicadas al costado del biodigestor recirculando el efluente y extrayendo lodos hacia el lecho de secado de lodos

Se seleccionó bombas de 5.5kw con tubería de succión de 100mm

#### **3.9.1.10. Tanque de alimentación**

El tanque de alimentación fue diseñado para el volumen diario con el que será alimentado el biodigestor, el volumen de la carga es de 44.63085 m<sup>3</sup> y se tomara como volumen base para el volumen del tanque de alimentación, a este volumen se le agregara el 25% de diseño y se obtendrá un nuevo volumen de 55.79 m<sup>3</sup>

#### **3.9.1.11. Laguna de descarga (Ld)**

Sabiendo que la laguna de descarga se diseña con la finalidad de almacenar 1 o 2 días y el proceso de degradación de la materia del efluente del biodigestor es de un 25 % se tiene:

$$MPC = 21.23m^3$$

$$H_2O = 23.4 \text{ m}^3$$

La laguna de descarga será igual a :

$$\text{Masa no degradada } 21.23 * 75\% = 14.867 \text{ m}^3$$

$$L_d = \text{MASA NO DEGRADADA} + H_2O$$

$$L_d = 14.867 + 23.4 = 38.267 \text{ m}^3$$

Días de almacenamiento 2 por lo tanto LD sería igual a

$$L_d = 38.267 * 2$$

$$L_d = 76.534 \text{ m}^3$$

### **3.9.2. Equipos**

#### **3.9.2.1. Medidor de biogás**

Este medidor mide la producción en m<sup>3</sup>/h y la concentración de metano (%) que se produce en el biodigestor.

Modelo de medidor seleccionado Esters GmbH Otto-Hahn-Str. 2D63110RODGA





*Ιλυστραχι 1ν3* μεδιδορες δε βιογ<σ

Fuente: (ENGINEERING, 2014)

### 3.9.2.2. Bombas de lodo

Esta bomba tiene como función extraer la materia orgánica de la laguna de descarga hacia los campos de agricultura o llevarla a otra laguna donde será separado los biofertilizantes



**ILUSTRACION 4** Bomba de lodos

FUENTE: FLOWROX

Tecnología: De cavidad progresiva

Medios: Para fangos

Sector: Para el tratamiento de aguas residuales

Otras características: Compacta, de alto rendimiento

Presión: 6 bar (87.02 psi)

**3.9.2.3. Generadores A Biogás**

Generador robusto para soportar las fuertes vibraciones que ocasiona la combustión del biogás con alto contenido de CO<sub>2</sub>

**Tabla 17:** Especificaciones técnicas de generadores de 50 – 132KW

ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERADORES							
	Standby(kVA)	50	66	83	99	116	132
	Model	AQL50	AQL66	AQL83	AQL99	AQL116	AQL132
standby power	kVA/kW	50/40	66/53	83/66	99/80	116/92	132/106
prime power	kVA/kW	45/36	60/48	75/60	90/72	105/84	120/96
frequency	Hz	60	60	60	60	60	60
rated voltage	V	480	480	480	480	480	480
brand	—	Cummins brand-new gas engine					
model	—	4BTAA	4BTAA	6BTAA	6BTAA	6CTAA	6CTAA
displacement	L	3,9	3,9	5,9	5,9	8,3	8,3
speed	RPM	1800	1800	1800	1800	1800	1800
compression ratio	—	10:1	10:1	10:1	10:1	10:1	10:1
cooling method	—	water cooled	water cooled	water cooled	water cooled	water cooled	water cooled
brand alternator	—	Leroy Somer	Leroy Somer	Leroy Somer	Leroy Somer	Leroy Somer	Leroy Somer
model	—	LSA 42.3 S5	LSA 42.3 M8	LSA 43.2 L65	LSA 43.2 L8	LSA 44.2 VS3	LSA 44.2 VS45
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	—	DeepSea DSE7320	DeepSea DSE7320	DeepSea DSE7320	DeepSea DSE7320	DeepSea DSE7320	DeepSea DSE7320
display	—	LCD	LCD	LCD	LCD	LCD	LCD
fuel	—	biogas	biogas	biogas	biogas	biogas	biogas
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	1950*1000*1450	2500*1200*1600	2280*1050*1500	2280*1050*1500	2250*1050*1560	2250*1050*1560
net weight (open type)	kg	1000	1000	1000	1000	1350	1350
biogas consumption	m³/kW.h	0,58	0,58	0,58	0,55	0,58	0,55

Fuente : (ENGINEERING, 2014)



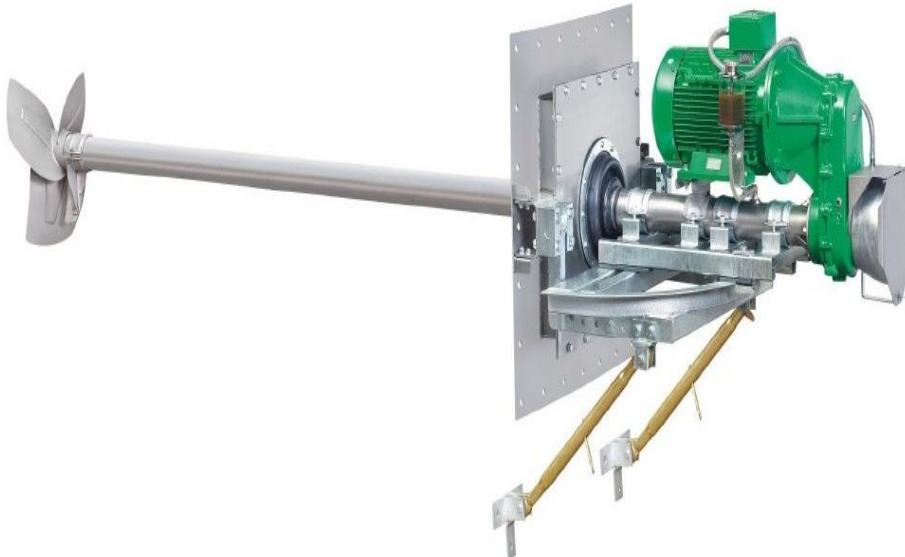
*Εκστροχι 4* Γενεραδορ σελερχιοναδο 99 ΚΩ

Fuente (ENGINEERING, 2014)

#### 3.9.2.4. Agitadores

Los agitadores se instalaron con la finalidad de crear una recirculación vertical de abajo a arriba agilizando el proceso de la digestión.

Se utilizan agitadores para mantener homogéneo el contenido del biodigestor, para prevenir formación de costras que impiden el paso del biogás hacia la superficie.



*Δυστραχι 1v5* Αγιταδορες

**Fuente:** (Romero)

### **3.9.2.5. Antorchas y filtros H<sub>2</sub>S.**

Es necesario instalar antorchas para quemar el biogás en exceso o cuando se están realizando operaciones de mantenimiento en los equipos que aprovechan el biogás la altura mínima debe de ser de 3.5 metros.

Las antorchas son de acero inoxidable o galvanizado resistentes a la oxidación 316 o 318 de alta resistencia estructural. Las antorchas deben tener como mínimo los siguientes componentes:

- Válvula anti explosión
- Encendido automático
- Válvula rápida de cierre
- Válvula solenoide de apertura lenta y cierre rápido
- Sensores de presiones máximas y mínimas



**Ilustración 6:** Αντορχηα

**Fuente:** (ENGINEERING, 2014)

### **3.10. Normatividad.**

Decreto Supremo N° 024-2013-EM - Modifican el Reglamento de la Ley de Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el uso de Energías Renovables.

Ley n° 1002, Promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables.

Decreto supremo N° 012-2011-EMreglamento de la ley de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables.

Ley N° 27345, de septiembre del 2000, “Ley de promoción del uso eficiente de la energía”.

D. Leg. No 613.- Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales.

Ley orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales: ley n° 26821 (26.jun.1997)

Decreto Ley N° 25844 – « Ley de Concesiones Eléctricas» y su Reglamento.

Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.

### **3.11. Operación y Mantenimiento.**

Señala como requisitos principales:

La supervisión por una persona con conocimiento de la eración y riesgos de los productos utilizados y almacenados.

La capacitación periódica del personal.

La obligación de mantener los registros correspondientes.

Mantener fichas de seguridad de los productos presentes, y también rotular tanques y embalajes de sustancias peligrosas.

Limpieza y orden en los locales.

Registros de entrada y salida de productos y digestado.

Verificación periódica de instalaciones eléctricas.

Pautas de operación, para limitar molestias por olores, fugas y supervisión del proceso

de digestión, verificación periódica del medidor de biogás producido, y la carga y descarga de productos en el digestor.

### **3.12. Mantenimiento preventivo del sistema de producción de biogás.**

Para este tipo de operaciones se deberá tener en cuenta lo siguiente:

#### **A. Equipos de Protección y Seguridad Personal.**

Overol; respirador contra gases y vapores, o en su caso mascarilla que evite el contacto directo con los gases; guantes para la operación del sistema, y calzado adecuado para la realización de las actividades concernientes a la operación y mantenimiento del biodigestor.

Cuando se requiera trabajar sobre la geomembrana del biodigestor, se hará en parejas (por ejemplo, remoción del agua de lluvia u otros trabajos), con objeto de garantizar la seguridad de los trabajadores. En este sentido, estos trabajadores deberán portar el equipo necesario para realizar estas actividades (chalecos salvavidas, arneses, cuerdas de salvamento, entre otros).

No se recomienda subir a la geomembrana inflada con calzado inapropiado para evitar rasgaduras. En ese sentido, al trabajar sobre la cobertura del biodigestor, será con zapatos de suela lisa o de goma y se deberán usar prendas antiestáticas como el algodón.

En caso de Inhalación accidental de una alta concentración de biogás, se deberá suministrar atención médica de forma inmediata. Trasladar la víctima a un área no contaminada para que inhale aire fresco; mantenerla caliente y en reposo. Si la víctima no respira, administrarle oxígeno suplementario o respiración artificial.

#### **B. Caseta de Seguridad para la planta de generación de energía Eléctrica**

El generador y las instalaciones eléctricas para su funcionamiento y operación deberán



ubicarse en una caseta de seguridad que limite el acceso a personas ajenas.

El tubo de escape del generador deberá ser canalizado hacia el exterior de la caseta, mediante una chimenea para evitar la inhalación de gases tóxicos por el personal que opere dentro de estas instalaciones. Especificaciones Técnicas Sistemas de Biodigestión. La caseta del sistema de generación eléctrica se deberá situar a no menos de 30 m del biodigestor y en ella deberá colocarse un anuncio que indique la siguiente leyenda “PELIGRO: RIESGO DE DESCARGAS ELÉCTRICAS”.

Esta área debe ser restringida y sólo debe tener acceso personal autorizado.

### **C. Prevención De Riesgos En El Generador.**

Para evitar riesgos de accidentes en la operación de la planta de generación de energía eléctrica, se deberá atender lo establecido en el manual de operación del equipo.

Previo al arranque del equipo, deberá verificarse que no existan fugas del refrigerante o aceite, que no estén bloqueadas las partes móviles, y que no exista obstrucción enfrente del radiador, ni a la salida de los gases de escape. Si se van a realizar actividades de mantenimiento, es importante desenergizar totalmente el equipo, cerrando el paso del biogás, desconectando el interruptor principal y el cable del polo negativo de la batería. Se deberá contar dentro de la caseta con un extintor ABC, especial para incendios en instalaciones eléctricas.

### **D. Mantenimiento de Biodigestor.**

Se deberá realizar inspecciones periódicas del estado de la cubierta, buscando detectar fugas, rasgaduras y daños en general.

Se deberá realizar una remoción de basura y escombros arrastrados por el viento.

Se eliminará inmediatamente cualquier acumulación de agua de la cubierta.

Se realizará periódicamente la extracción de los lodos acumulados en la parte baja del biodigestor para evitar el azolvamiento y la operación incorrecta.

Se realizará el mantenimiento programado de moto generador, bombas, sopladores y todos los equipos, de acuerdo con las recomendaciones de los proveedores.

Se deberá realizar la regeneración o sustitución de filtros de acuerdo con las indicaciones del proveedor o fabricante. Especificaciones Técnicas Sistemas de Biodigestión.

Se hará una inspección diaria de tuberías, válvulas y equipo de medición, para detectar a tiempo cualquier daño que presenten y en caso de haberlo, instrumentar las acciones necesarias para su inmediata reparación.

Verificar que la tubería de conducción del biogás al moto generador no presente fugas.

Se debe verificar que las trampas de condensación de humedad no se hayan saturado.

Revisar que la válvula solenoide de corte de combustible, funcione correctamente, y hacerle limpieza y ajuste periódicamente.

Los fabricantes de todos los equipos instalados deberán entregar recomendaciones a los operadores del sistema, que incluyan programas de inspección a puntos específicos a verificar.

### 3.13. Estudios de factibilidad.

Se determinara la factibilidad mediante el VAN Y TIR teniendo en cuenta una tasa de interés del 10% con una proyección a 10 años y con una inversión inicial de s/. 37,7856.100 nuevos soles.

Flujo de ingresos	A	Flujo de egresos	Inversión por reparación o cambio de equipos	Flujo de efectivo neto	Formulación de datos	
AÑO	VALOR	VALOR		VALOR		
1	392234.699	120000		272234.699	f1	272234.699
2	392234.699	120000		272234.699	f2	272234.699
3	392234.699	120000		272234.699	f3	272234.699
4	392234.699	120000		272234.699	f4	272234.699
5	392234.699	370000	25000	22234.699	f5	22234.699
6	392234.699	120000		272234.699	f6	272234.699
7	392234.699	120000		272234.699	f7	272234.699
8	392234.699	120000		272234.699	f8	272234.699

9	392234.699	120000		272234.699	f9	272234.699
10	392234.699	120000		272234.699	f10	272234.699

## Resultados

**Tabla 18** *Calculo del van*

VAN	S/. 1,139,677.950
-----	-------------------

**Fuente:** Propia

**Obtenemos como resultado:** El valor actual neto es de S/. 1,139,677,950 por lo tanto el proyecto es viable.

**Tabla 19** *Calculo del TIR*

TIR	68%
-----	-----

**Fuente:** Propia.

**Obtenemos como resultado:** La tasa interna de retorno es de 68%

El VAN y TIR se encontró utilizando formulas del programa Microsoft excel 2010

### **3.14. Discusión**

Como se aprecia en la tabla 19 el recuadro verde corresponde a la propuesta más adecuada de biodigestor (laguna cubierta) dado que cumple con los parámetros, condiciones y metodologías ya estudiadas por ingenieros de otros países como: España y Costa Rica. Se recalca además que este tipo de biogás es válido para el área investigada: Clake Reque, Granja Rico Cerdo.

Es importante indicar que se requiere para una mayor validación y exactitud de los resultados que se obtengan, la realización de un modelo o prototipo de biodigestor para validar los resultados ya obtenidos y ampliar de esta manera los rangos de aplicación de la evaluación de generación de energía eléctrica producidos por bosta de cerdo. A partir de la estimación de cantidad de bosta, cantidad de agua y características geográficas.

La generación de energía eléctrica a partir de bosta de cerdo es una fuente de energía económica que permite minimizar costos asociados al consumo de la energía eléctrica o sistemas de gas convencionales, mejorando los rendimientos económicos e incrementando un ahorro mensualmente.

Por último la generación de energía eléctrica en base a biogás se presenta como una alternativa de energía limpia que evitara la emisión de gases contaminantes por parte de las centrales eléctricas que funcionan en base a la quema de combustibles fósiles, los cuales producen efectos negativos y destructivos para el medio ambiente (el cambio climático, el efecto invernadero, destrucción de la capa de ozono, la contaminación de suelos).

# CAPITULO: IV

## CONCLUSIONES Y

## RECOMENDACIONES

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones.

La granja Rico cerdo f&g SAC cuentan con 3521 cerdos los cuales producen las siguientes cantidades de bosta; 21.23085m<sup>3</sup>/día, 643.9186m<sup>3</sup>/mes, 7727.0233m<sup>3</sup>/año.

El biodigestor tipo laguna cubierta fue seleccionado de acuerdo a las características y condiciones del lugar (ver tabla N° 19) teniendo una capacidad de 1016.7106m<sup>3</sup> siendo la carga diaria 44.63085m<sup>3</sup>/día.

El biodigestor requerirá un generador con una potencia de diseño de 88.27787Kw; por la cual fue seleccionado el generador más próximo siendo un generador de 99 kw.( ver tabla N° 34 )

La máxima demanda en la granja con proyección a 10 años y tasa de crecimiento 9.5% es de 2064.36 kw-h

En el análisis económico se obtuvo un VAN equivalente a s/.1139677.950 y un TIR equivalente a 68%, lo que determinó que la producción de energía eléctrica en base a biogás producida por la bosta de cerdo es factible.

## **4.2. Recomendaciones.**

Analizar la máxima demanda del centro poblado la clake, para posteriormente vender la energía residual y cubrir con la demanda.

Realizar el análisis de las excretas para obtener el DQO, DBO para tener un cálculo exacto en la generación biogás



**CAPITULO: V**  
**REFERENCIAS**  
**BIBLIOGRAFICAS**

## V. Referencias bibliográficas

(s.f.). Obtenido de [http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013\\_195.html](http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013_195.html)

(s.f.). Obtenido de

<http://www.redisa.uji.es/artSim2011/TecnologiasParaElManejoDeResiduosSolidos/Tecnolog%C3%ADas%20para%20el%20tratamiento%20de%20los%20residuos%20s%C3%B3lidos%20o%20r%C3%A1gicos%20del%20sector%20residencial%20y%20su%20aprovechamiento%20como%20fuente%20de%20en>

(s.f.). Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v46n4/v46n4a4.pdf>

EL BIOGÁS, LA ENERGÍA RENOVABLE CON MAYOR POTENCIAL EN ESPAÑA Y EN EUROPA. (2014). *twenergy*, 0-1.

*AméricaEconomía » Negocios & Industrias*. (s.f.). Obtenido de

<http://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/peru-promovera-produccion-y-uso-de-biodigestores-y-biogas>

biogas, m. p. (s.f.).

CAMACHO, C. S. (06 de 2006). Obtenido de

[http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/energias\\_alternativas/potencialidades/Alternativas\\_Utiliza\\_Biogas\\_Rellenos.pdf](http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/energias_alternativas/potencialidades/Alternativas_Utiliza_Biogas_Rellenos.pdf)

DIAZ, P. S. (s.f.). Obtenido de [http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013\\_195.html](http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013_195.html)

Dopaz, P. J. (03 de 06 de 2012). Obtenido de

[http://www.edutecne.utn.edu.ar/cytal\\_frm/CyTAL\\_2012/TF/TF019.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/cytal_frm/CyTAL_2012/TF/TF019.pdf)

Ecomembrane. (2015). *BIOGAS MART*. Recuperado el 6 de 12 de 2016, de

<http://www.ecomembrane.com/en/default/26926-0-0/about-us.aspx>

ELECTRONORTE. (s.f.).

<http://www.distriluz.com.pe/ConsultaRecibos/ConsultaRecibo.aspx?empresa=2>.

ENGINEERING, A. (2014). <http://www.aqualimpia.com/PDF/Generadores.pdf>.

Ferrer, E. U. (21 de 3 de 2010). Obtenido de <https://grecdh.upc.edu/publicacions/congressos/energia-1/cng03-ferrer-et-al-ii-upc-sost-paper.pdf>

González, E. J. (2012). *El Diseño sus Fases y Elementos*. Mexico.

- Greenpeace. (s.f.). *solarisante*. Obtenido de <http://www.solarizate.org/pdf/castellano/fichasalumnos/ficha11.pdf>
- Ing/Minenergía. (2011). *Normativa Técnica y de Seguridad Biogás*.
- Juan M. Pinos-Rodríguez, J. C.-L. (16 de mayo de 2012). Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v46n4/v46n4a4.pdf>
- Marín, J. S. (2002). GESTIÓN AMBIENTAL EN GRANJAS PORCINAS. UN ESTUDIO DE CASO EN LA., (págs. 1-8). COSTA RICA .
- market, P. (s.f.). <http://razasporcinas.com/pigmarket/producto/biodigestores-modulares-para-produccion-de-biogas-y-bioabono/>.
- Martínes, S. G. (29 de marzo de 2013). Obtenido de [http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013\\_195.html](http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013_195.html)
- Ministerio de Medio Ambiente, y. M. (2010). Mesa sobre materia prima agraria y biocombustibles. *El sector del biogás agroindustrial en España*.
- Mydory Oyuky Nakasima López, N. V. (2011). Obtenido de <http://www.redisa.uji.es/artSim2011/TecnologiasParaElManejoDeResiduosSolidos/Tecnolog%C3%ADas%20para%20el%20tratamiento%20de%20los%20residuos%20s%C3%B3lidos%20o%20org%C3%A1nicos%20del%20sector%20residencial%20y%20su%20aprovechamiento%20como%20fuente%20de%20en>
- R. Quesada, N. S. (2007). GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE BIOGÁS. *Tierra Tropical*, 1-9.
- Romero, I. G. (s.f.). *manual de dimencionamiento y diseño de biodigestores industriales para clima tropical* . Alemania .
- SANTOS, P. (s.f.).
- Suntásig Chuquitarco, H. D. (2010). *Diseño de un biodigestor para el aprovechamiento energético de la excreta generada por los animales de cría (ovinos, porcinos y vacunos) en la finca de autoconsumo del instituto preuniversitario vocacional de ciencias exactas Federico Engels*. LATACUNGA - ECUADOR : CUBA / Universidad de Pinar del Río / 2010.
- Vadick Fernández-Romero, L. R.-A.-A. (2014). Generación de energía renovable a partir del desarrollo de actividades pecuarias en el departamento de Madre de Dios. *Dialnet*, 11.
- Vinasco, J. P. (s.f.). Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/biogas.pdf>

# ANEXOS

## ANEXO 1 Encuesta

### ENTREVISTA AL LOS TRABAJADORES DE LA GRANJA



#### **“Facultad de ingeniería, arquitectura y urbanismo”**

Escuela profesional académica de mecánica eléctrica

Evaluación para la generación de energía eléctrica, en base a biogás producido por la bosta de cerdo en la granja rico cerdo f&g. Sac en la Clake Distrito de Reque – Chiclayo- Lambayeque

1. ¿Qué hace la granja con la bosta producida?
  - a. La recolecta para abono
  - b. Es llevada a una laguna de oxidación
  - c. Es arrojada al alcantarillado
  
2. ¿Cuál es el sistema que emplea la granja para transportar la bosta a su destino final?
  - a. Sistema de alcantarillado
  - b. Sistema de drenaje
  - c. Desconoce

3. ¿Cuál de los siguientes tipos de energía consideras indispensable para el funcionamiento de la granja?
  - a. Energía térmica
  - b. Energía eléctrica
  - c. Energía eólica
  
4. ¿Qué tipo de energía cree usted que se puede generar a partir de la bosta o estiércol de cerdo?
  - a. Energía eólica
  - b. Energía solar
  - c. Energía del biogás
  
5. ¿Sabe usted que son las Energías Renovables no Convencionales?
  - a. Sí.
  - b. No
  - c. No lo había escuchado
  
6. ¿Ha escuchado sobre el Biogás?
  - a. No.
  - b. Sí.
  - c. Me es indiferente
  
7. ¿Qué es el biogás para Ud.?
  - a. Un derivado del petróleo
  - b. El gas propano
  - c. Un combustible que surge del estiércol.

8. ¿Conoces a personas o empresas que usen o trabajen con biogás?

- a. Conozco a una persona
- b. Conozco una granja
- c. No conozco

9. ¿Sabías que en otros países ya utilizan el biogás como fuente de energía?

- a. Si
- b. No
- c. No lo había escuchado antes

10. ¿La granja tiene todas sus áreas correctamente iluminadas?

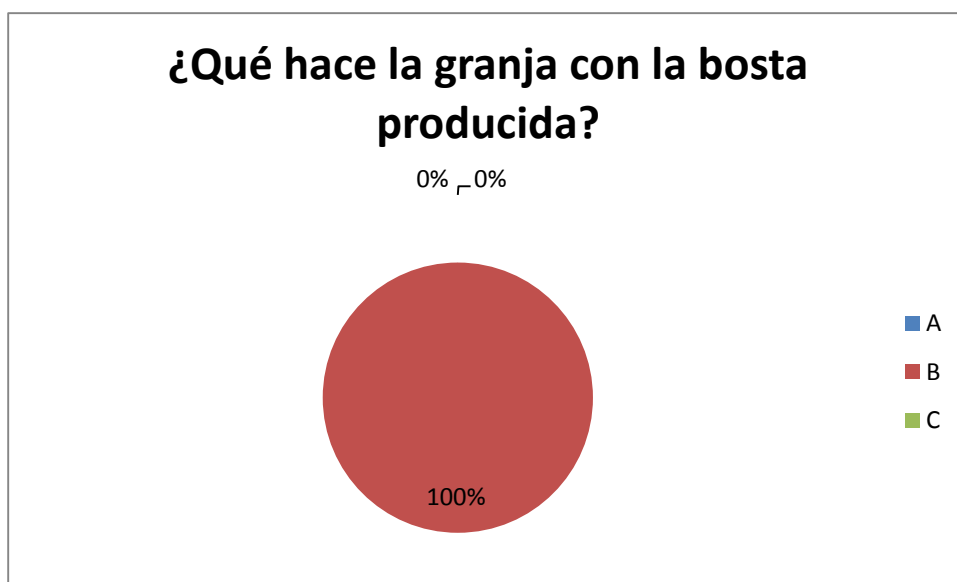
- a. Si
- b. No

Desconoce

## ENCUESTA

La encuesta se realizó a los trabajadores de la granja quienes en su mayoría tenían conocimiento amplio del biogás y en el tipo de energía que se genera

1. ¿Qué hace la granja con la bosta producida?
  - a. La recolecta para abono
  - b. Es llevada a una poza de oxidación
  - c. Es arrojada al alcantarillado

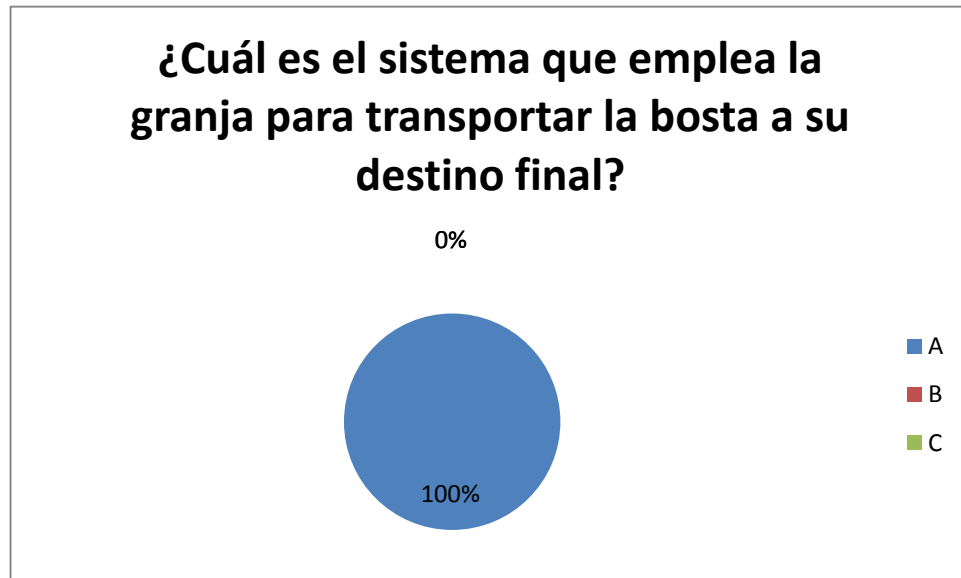


### INTERPRETACION

La pregunta N°1 se realizó con la finalidad de conocer que es lo que hacen con la bosta en la granja, dándonos a conocer que los trabajadores conocen en su totalidad la existencia de un poza de oxidación



2. ¿Cuál es el sistema que emplea la granja para transportar la bosta a su destino final?
- a. Sistema de drenaje
  - b. Sistema de alcantarillado
  - c. Desconoce

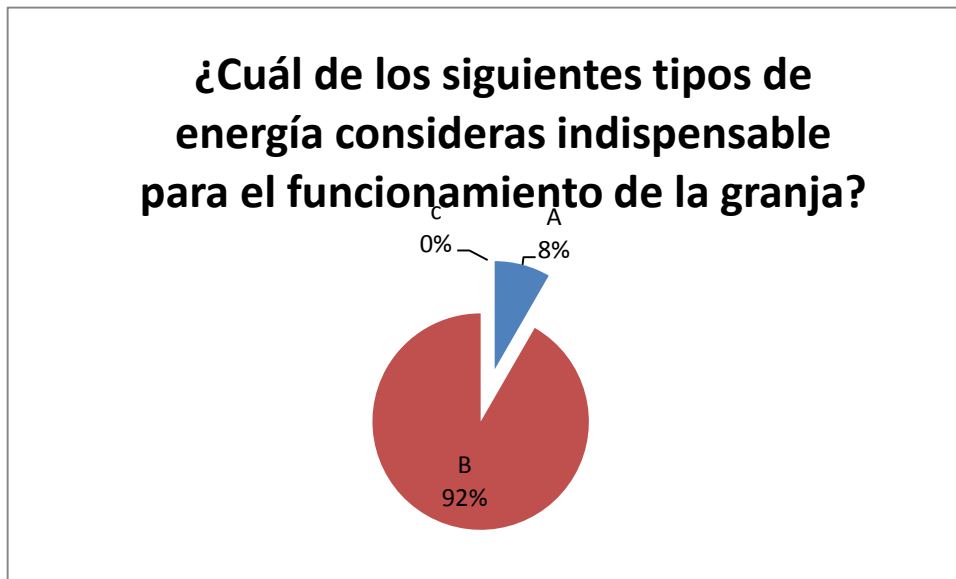


#### Interpretación

Los trabajadores conocen en su totalidad el sistema que emplea la granja para transportar la bosta al destino final

3. ¿Cuál de los siguientes tipos de energía consideras indispensable para el funcionamiento de la granja?

- a) Energía térmica
- b) Energía eléctrica
- c) Energía eólica

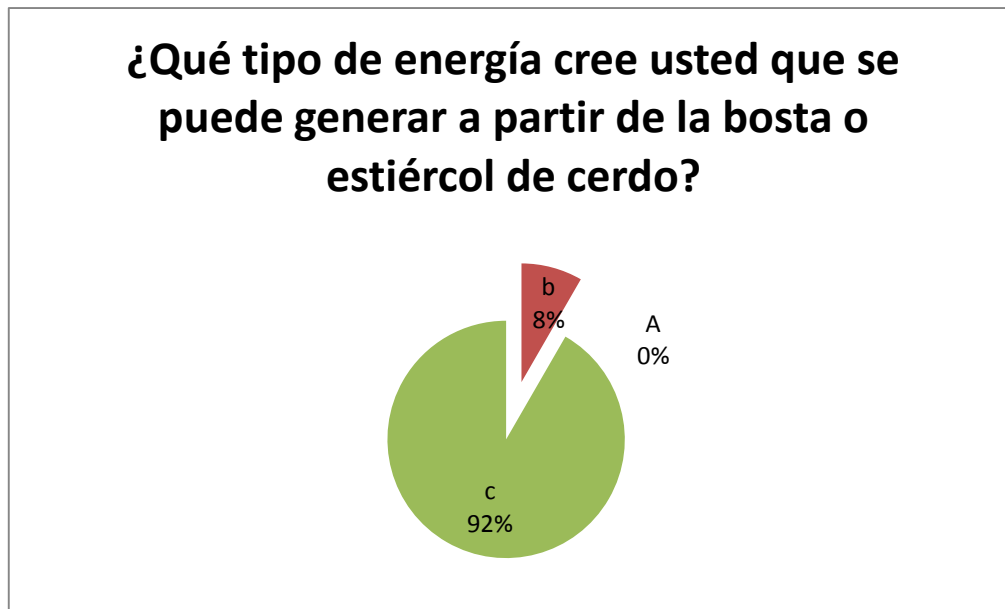


#### INTERPRETACION

En la pregunta número 1 de la encuesta realizada claramente se observa que 92 % de los trabajadores opina que la energía indispensable en la granja es la energía eléctrica y el 8% opina que es la energía térmica es la indispensable para su funcionamiento.

4. ¿Qué tipo de energía cree usted que se puede generar a partir de la bosta o estiércol de cerdo?

- a) Energía eólica
- b) Energía solar
- c) Energía del biogás

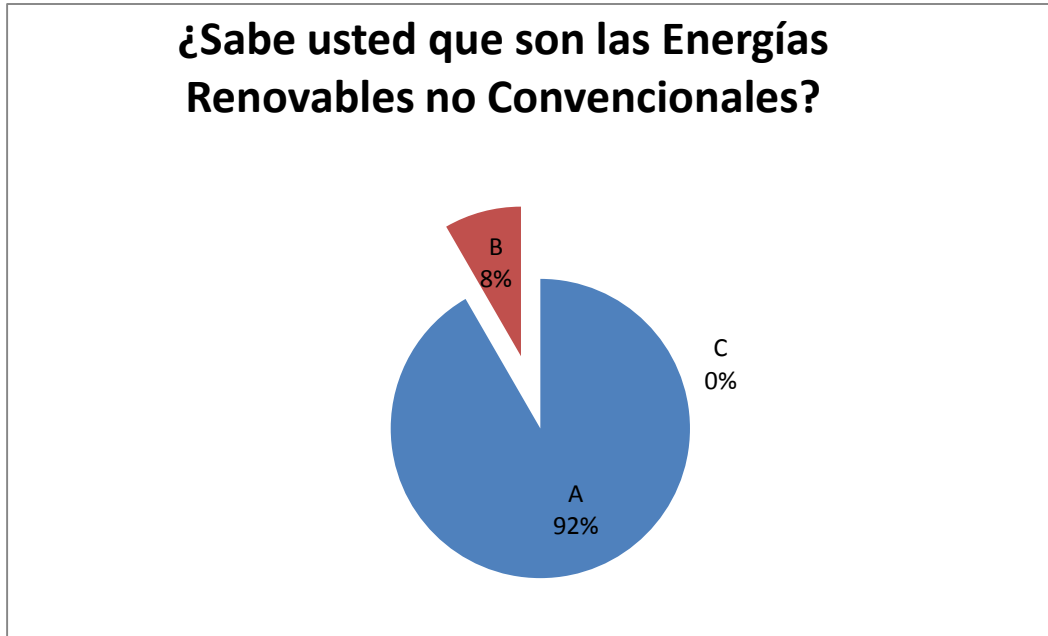


#### INTERPRETACION

La pregunta número 2 de la encuesta el 92% de los trabajadores opinan que a partir de la bosta de cerdo se generara biogás y el 8% energía solar.

5. ¿Sabe usted que son las Energías Renovables no Convencionales?

- a) Sí.
- b) No
- c) No lo había escuchado

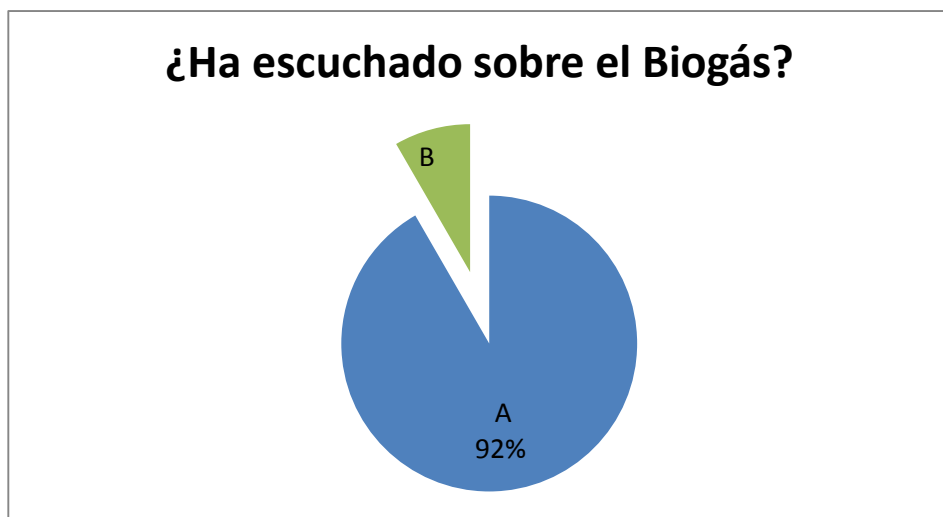


**INTERPRETACION:**

El 92% de trabajadores tienen conocimiento de las energías renovables no convencionales y un 8% desconoce

6. ¿Ha escuchado sobre el Biogás?

- a) SI
- b) NO

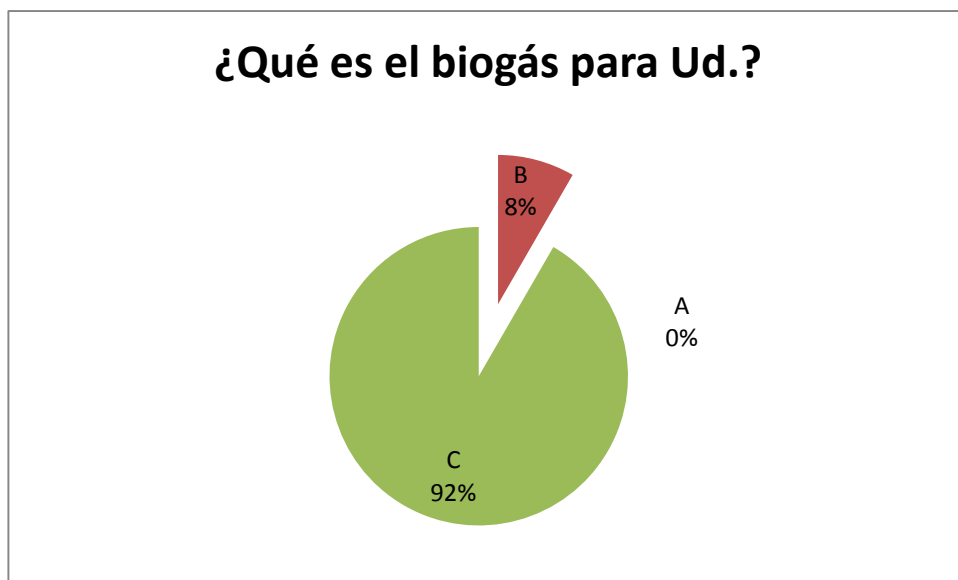


**INTERPRETACION**

El 92% afirmó que escucho sobre el biogás y el 8% de trabajadores no había escuchado

7. ¿Qué es el biogás para Ud.?

- a) Un derivado del petróleo
- b) El gas propano
- c) Un combustible producido por estiércol.

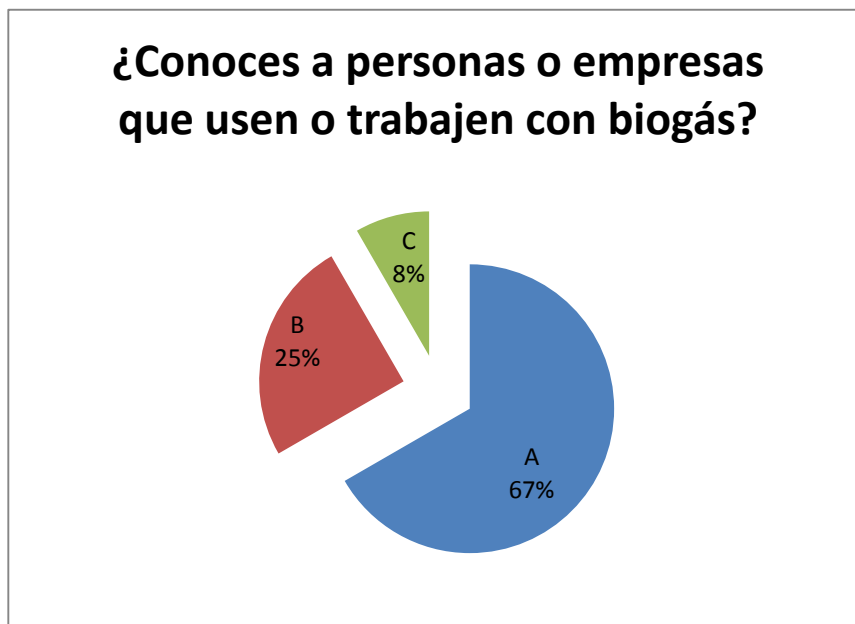


INTERPRETACION

El 92% de los trabajadores dieron como respuesta que el biogás es el gas producido por estiércol Y el 8% de los trabajadores marco que el biogás es el gas propano.

8. ¿Conoces a personas o empresas que usen o trabajen con biogás?

- a) Conozco a una persona
- b) Conozco una graja
- c) No conozco

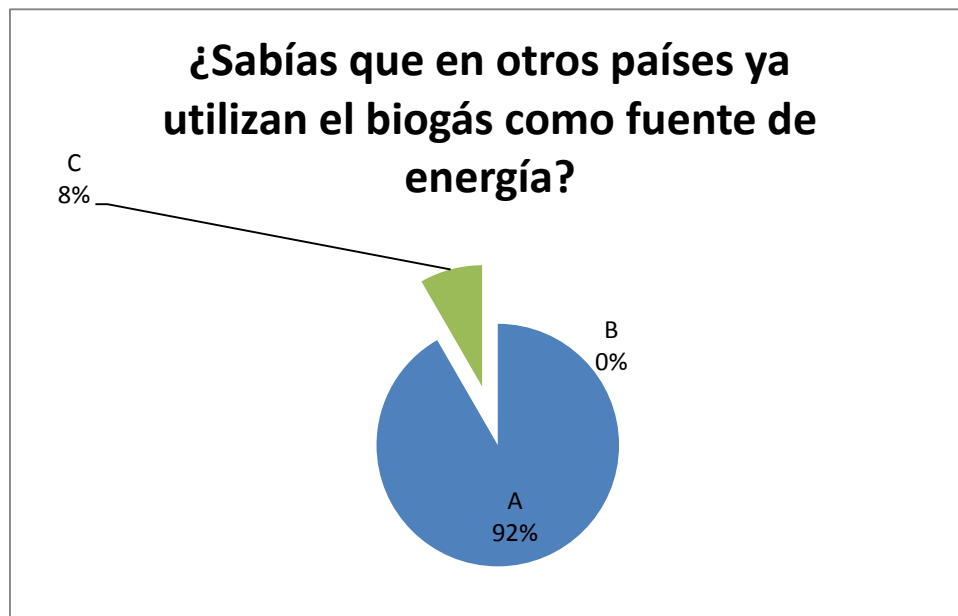


INTERPRETACION

El 67% conoce a una persona la cual trabaja con este sistema de generación el 25% conoce una granja que utiliza el biogás como energía el 8% no conoce sobre el tema

9. ¿Sabías que en otros países ya utilizan el biogás como fuente de energía?

- a) Si
- b) No
- c) No lo había escuchado antes



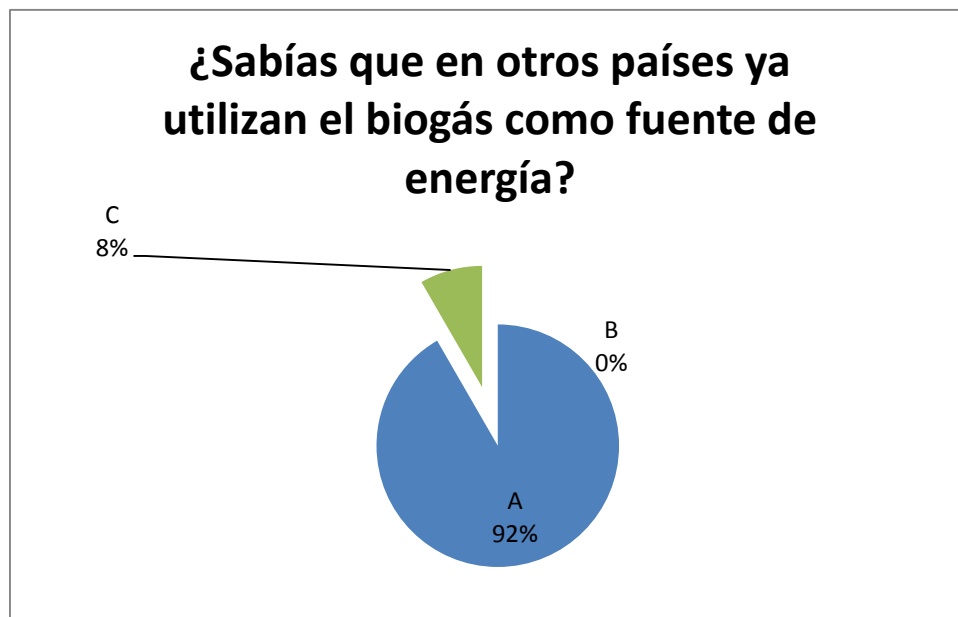
Interpretación



El 92% sabía que otros países utilizaban el biogás como fuente de energía y el 8% no había escuchado.

10. ¿Sabías que en otros países ya utilizan el biogás como fuente de energía?

- d) Si
- e) No
- f) No lo había escuchado antes

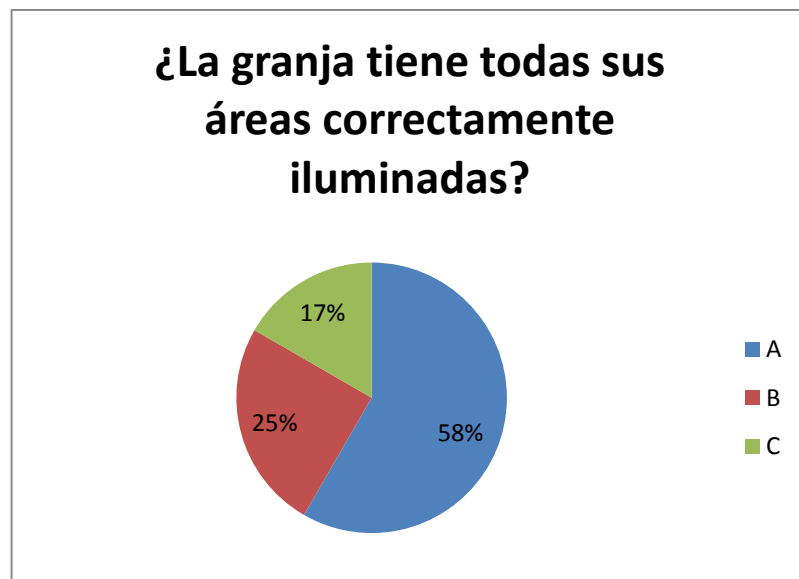


Interpretación

El 92% sabía que otros países utilizaban el biogás como fuente de energía y el 8% no había escuchado.

11. ¿La granja tiene todas sus áreas correctamente iluminadas?

- a. Si
- b. No
- c. No es necesario



**Interpretación**

Los trabajadores de la granja respondieron a la pregunta N°10 en el siguiente porcentaje un 58% respondió que las áreas de trabajo están correctamente iluminadas, un 25% respondió que la

granja no tiene sus áreas correctamente iluminadas y un 17% desconoce del tema por alguna razón.

## **ANEXO 2 Entrevista.**



### **“FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO”**

ESCUELA PROFESIONAL ACADÉMICA DE MECÁNICA ELÉCTRICA

EVALUACIÓN PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, EN BASE A  
BIOGÁS PRODUCIDO POR LA BOSTA DE CERDO EN LA GRANJA RICO  
CERDO F&G. SAC EN LA CLAKE DISTRITO DE REQUE – CHICLAYO-  
LAMBAYEQUE

**ENTREVISTADO:** Carlos Nykolay Fernandez Chuquilin

**CARGO:** Administrador de la granja,

### **CUESTIONARIO:**

1. ¿Cuántas hectáreas cuenta la granja Rico Cerdo?
2. ¿Cuál es su población actual de ganado porcino?

3. ¿Cómo están distribuidos los cerdos y en qué áreas se dividen?
4. ¿Cuánto es la producción de estiércol por galpón?
5. ¿Qué fin tiene la bosta producida (estiércol)?

### ANEXO 3 CÁLCULO DE LA BOSTA DIARIA

a) PARA UN DIA DEL MES DE ENERO

ETAPA	N° Ejemplares por clasificación
25-100 kg	316
Hembra	792
H. Lactación	135
Semental	21
Lechón	877
Promedio	1252
TOTAL	3393

Calculo de bosta

ETAPA	BOSTA kg/ dia	Bosta. +orina kg/día
25-100 kg	726.8	1548.4
Hembra	2851.2	8712
H. Lactación	864	2430
Semental	63	126
Lechón	306.95	833.15
Promedio	2942.2	7261.6
TOTAL	<b>7754.15</b>	<b>20911.15</b>

b) PARA UN DIA DEL MES DE FEBRERO

Calculo de bosta

<b>ETAPA</b>	<b>BOSTA kg/ día</b>	<b>Bosta. +orina kg/día</b>
25-100 kg	740.6	1577.8
Hembra	2883.6	8811
H. Lactación	806.4	2268
Semental	63	126
Lechón	313.6	851.2
Promedio	3130.2	7725.6
TOTAL	7937.4	21359.6

c) PARA UN DIA DEL MES DE MARZO

<b>ETAPA</b>	<b>N° Ejemplares por clasificación</b>
25-100 kg	322
Hembra	801
H. Lactación	126
Semental	21
Lechón	896
Promedio	1332
TOTAL	3498

<b>Etapa</b>	<b>N° Ejemplares por clasificación</b>
--------------	--

25-100 kg	332
Hembra	815
H. Lactación	112
Semental	21
Lechón	918
Promedio	1369
TOTAL	3567

Calculo de bosta

<b>Etapa</b>	<b>BOSTA kg/ día</b>	<b>Bosta. +orina kg/día</b>
25-100 kg	763.6	1626.8
Hembra	2934	8965
H. Lactación	716.8	2016
Semental	63	126
Lechón	321.3	872.1
Promedio	3217.15	7940.2
TOTAL	8015.85	21546.1

d) PARA UN DIA DEL MES DE ABRIL

<b>Etapa</b>	<b>Nº Ejemplares por clasificación</b>
25-100 kg	346
Hembra	820
H. Lactación	107
Semental	21
Lechón	937
Promedio	1414
TOTAL	3645

Calculo de bosta

<b>Etapa</b>	<b>BOSTA kg/ día</b>	<b>Bosta. +orina kg/día</b>
25-100 kg	795.8	1695.4
Hembra	2952	9020
H. Lactación	684.8	1926
Semental	63	126
Lechón	327.95	890.15
Promedio	3322.9	8201.2
<b>TOTAL</b>	<b>8146.45</b>	<b>21858.75</b>

e) PARA UN DIA DEL MES DE MAYO

<b>Etapa</b>	<b>N° Ejemplares por clasificación</b>
25-100 kg	354
Hembra	834
H. Lactación	93
Semental	21
Lechón	959
Promedio	1449
<b>TOTAL</b>	<b>3710</b>

#### CALCULO DE LA BOSTA

<b>Etapa</b>	<b>BOSTA kg/ día</b>	<b>Bosta. +orina kg/día</b>
25-100 kg	814.2	1734.6
Hembra	3002.4	9174
H. Lactación	595.2	1674
Semental	63	126
Lechón	335.65	911.05
Promedio	3405.15	8404.2
<b>TOTAL</b>	<b>8215.6</b>	<b>22023.85</b>

f) PARA EL MES DE JUNIO

<b>Etapa</b>	<b>N° Ejemplares por clasificación</b>
25-100 kg	371
Hembra	842
H. Lactación	85
Semental	21
Lechón	982
Promedio	1476
TOTAL	3777

### CALCULO DE LA BOSTA

<b>Etapa</b>	<b>BOSTA kg/ día</b>	<b>Bosta. +orina kg/día</b>
25-100 kg	853.3	1817.9
Hembra	3031.2	9262
H. Lactación	544	1530
Semental	63	126
Lechón	343.7	932.9
Promedio	3468.6	8560.8
TOTAL	8303.8	22229.6

### g) PARA EL MES DE JULIO

<b>Etapa</b>	<b>N° Ejemplares por clasificación</b>
25-100 kg	300
Hembra	843
H. Lactación	84
Semental	21
Lechón	890
Promedio	1062
TOTAL	3200



## CALCULO DE BOSTA

<b>Etapas</b>	<b>BOSTA kg/ día</b>	<b>Bosta. +orina kg/día</b>
25-100 kg	690	1470
Hembra	3034.8	9273
H. Lactación	537.6	1512
Semental	63	126
Lechón	311.5	845.5
Promedio	2495.7	6159.6
<b>TOTAL</b>	<b>7132.6</b>	<b>19386.1</b>

### h) PARA UN DIA DEL MES DE AGOSTO

<b>Etapas</b>	<b>N° Ejemplares por clasificación</b>
25-100 kg	314
Hembra	803
H. Lactación	124
Semental	21
Lechón	902
Promedio	1292
<b>TOTAL</b>	<b>3456</b>

## CALCULO DE LA BOSTA

<b>Etapas</b>	<b>BOSTA kg/ día</b>	<b>Bosta. +orina kg/día</b>
25-100 kg	722.2	1538.6
Hembra	2890.8	8833
H. Lactación	793.6	2232
Semental	63	126
Lechón	315.7	856.9
Promedio	3036.2	7493.6
<b>TOTAL</b>	<b>7821.5</b>	<b>21080.1</b>

### i) PARA UN DIA DEL MES DE SEPTIEMBRE

<b>Etapa</b>	<b>N° Ejemplares por clasificación</b>
25-100 kg	329
Hembra	823
H. Lactación	104
Semental	21
Lechón	917
Promedio	1327
TOTAL	3521

### CALCULO DE LA BOSTA

<b>Etapa</b>	<b>BOSTA kg/ dia</b>	<b>Bosta. +orina kg/día</b>
25-100 kg	756.7	1612.1
Hembra	2962.8	9053
H. Lactación	665.6	1872
Semental	63	126
Lechón	320.95	871.15
Promedio	3118.45	7696.6
TOTAL	7887.5	21230.85

### j) PARA UN DIA DEL MES DE OCTUBRE

<b>Etapa</b>	<b>N° Ejemplares por clasificación</b>
25-100 kg	336
Hembra	828
H. Lactación	99
Semental	21
Lechón	924
Promedio	1405
TOTAL	3613

### CALCULO DE LA BOSTA

Etapa	BOSTA kg/ día	Bosta. +orina kg/día
25-100 kg	772.8	1646.4
Hembra	2980.8	9108
H. Lactación	633.6	1782
Semental	63	126
Lechón	323.4	877.8
Promedio	3301.75	8149
TOTAL	8075.35	21689.2

k) PARA UN DIA DEL MES DE NOVIEMBRE

Etapa	N° Ejemplares por clasificación	
	BOSTA kg/ día	Bosta. +orina kg/día
25-100 kg	342	
Hembra	834	
H. Lactación	92	
Semental	126	
25-100 kg	786.6	1675.8
Promedio	3002.4	7474
H. Lactación	595.2	1674
Semental	63	126
Lechón	333.2	904.4
Promedio	3456.85	8531.8
TOTAL	8237.25	22086

l) PARA UN DIA DEL MES DE DICIEMBRE

<b>Etapa</b>	<b>CLASIFICACION DICIEMBRE</b>
25-100 kg	286
Hembra	841
H. Lactación	86
Semental	21
Lechón	850
Promedio	1075
TOTAL	3159

### CALCULO DE BOSTA

**ANEXO 4**  
seguridad.

**Medidas de**

<b>Etapa</b>	<b>BOSTA kg/ día</b>	<b>Bosta. +orina kg/día</b>
25-100 kg	657.8	1401.4
Hembra	3027.6	9251
H. Lactación	550.4	1548
Semental	63	126
Lechón	297.5	807.5
Promedio	2526.25	6235
TOTAL	7122.55	19368.9

**Medidas de**

**Seguridad**

**Restricción del Acceso**

Se deberá restringir el acceso al digester desde el momento de la excavación de la laguna para proteger a la superficie ya preparada e impermeabilizada, evitando que se dañe la geomembrana instalada.

Así también se deberá restringir el acceso al momento del llenado, tanto a personas como a animales, ya que cualquier superficie impermeabilizada con geomembranas se vuelve resbalosa, especialmente si está mojada.

### **Cerco Perimetral**

Una vez terminado el digestor se debe instalar un cerco perimetral (por ejemplo de malla ciclónica, reja o paredes), para evitar que personal no autorizado o animales accedan al digestor.

El cerco perimetral, deberá ser por lo menos de 2 metros de altura, y se colocaran letreros de aviso de restricción de acceso en puertas de entrada.

Si el digestor está dentro de las instalaciones del sitio, de manera tal que el acceso es limitado, sólo será necesario construir un cerco alrededor del sistema de manejo de biogás para proteger el equipo de medición y quema de biogás.

### **Ubicación del Quemador**

Los quemadores se deben instalar sobre una plataforma estable metálica o de concreto localizada lo suficientemente alejada del digestor y de cables o tuberías aéreas. La distancia mínima recomendada para la instalación del quemador es a 30 metros del digestor.

### **Señalizaciones**

Además de una señal de acceso restringido en el digestor y el sistema de manejo de biogás, Se deberán instalar anuncios visibles en las áreas de seguridad que indiquen las siguientes leyendas “PELIGRO: GAS ALTAMENTE INFLAMABLE” y “SE PROHIBE FUMAR”.

### **Equipos de Protección y Seguridad Personal**

Se deberá suministrar a los operadores los aditamentos necesarios para trabajar con

seguridad en la realización de las actividades concernientes a la operación y mantenimiento dentro de las instalaciones del biodigestor y las áreas de aprovechamiento energético, por lo que deberán portar casco, overol, guantes y zapatos de seguridad, también tendrán mascarilla que evite el contacto directo con los gases en caso de fuga o accidente.

Cuando se requiera trabajar sobre la geomembrana del biodigestor, se hará en parejas (por ejemplo, remoción del agua de lluvia u otros trabajos), con objeto de garantizar la seguridad de los trabajadores. En este sentido, estos trabajadores deberán portar el equipo necesario para realizar estas actividades (chalecos salvavidas, arneses, cuerdas de salvamento, entre otros).

No se recomienda subir a la geomembrana inflada con calzado inapropiado para evitar rasgaduras. En ese sentido, al trabajar sobre la cobertura del biodigestor, será con zapatos de suela lisa o de goma y se deberán usar prendas antiestáticas como el algodón.

En caso de inhalación accidental de una alta concentración de biogás, se deberá suministrar atención médica de forma inmediata trasladar la víctima a un área no contaminada para que inhale aire fresco; mantenerla caliente y en reposo. Si la víctima no respira, administrarle oxígeno suplementario o respiración artificial.

### **Caseta de Seguridad para la Planta de Generación de Energía Eléctrica**

Para proyectos que instalen equipo de aprovechamiento del biogás para producir energía eléctrica, el motogenerador y las instalaciones eléctricas para su funcionamiento y operación deberán ubicarse en una caseta de seguridad que limite el acceso a personas ajenas.

El tubo de escape del motogenerador deberá ser canalizado hacia el exterior de la caseta, mediante una chimenea para evitar la inhalación de gases tóxicos por el personal que opere dentro de estas instalaciones.

La caseta del sistema de generación eléctrica, se deberá situar a no menos de 30 m del

biodigestor y en ella deberá colocarse un anuncio que indique la siguiente leyenda “PELIGRO: RIESGO DE DESCARGAS ELÉCTRICAS”.

Esta área debe ser restringida y sólo debe tener acceso personal autorizado.

### **Instalación de un grupo electrógeno:**

Este equipo debe instalarse muy cuidadosa mente con las herramientas adecuadas y por un especialista capacitado.

Otra de las ventajas que tiene este sistema es que se puede abastecer con gasolina en tiempo de mantenimiento del sistema de biogás para evitar los cortes.

Son de pequeñas dimensiones y de fácil operación ya instalados por lo tanto no ocupan demasiado espacio y son muy rentables y a la ves contribuimos con la ecología.

### **Cableado eléctrico:**

- A. Previo a la instalación del generador eléctrico, debe de realizarse el cableado eléctrico.
- B. El primer paso en el conexionado eléctrico, es ver las cargas de cada aria a las cual se va abastecer de energía eléctrica,
- C. obteniendo como resultado el voltaje y capacidad adecuados para la instalación que vamos a realizar.
- D. El generador ya viene con un tablero de conexionado de acuerdo al requerimiento calculado solo necesitaría llevar la conexión a un tablero general para su distribución.
- E. A la hora de conectar el tablero general del generador al tablero de distribución se han de seguir los siguientes pasos:
- F. Conecte los cables de acuerdo a la secuencia por colores sea monofásico o trifásico sin cruzar uno del otro para evitar la inversión de giro en motores.

### **Montaje**

El equipo eléctrico debe estar firmemente sujeto a la superficie sobre la que vaya montado, para evitar vibraciones y transferencias de éstas a otros equipos.

### **Protección contra sobre corriente**

Los generadores deben estar protegidos por diseño contra sobrecargas, basándose en interruptores automáticos, fusibles, u otro medio aceptable que proporcione adecuada protección contra sobrecorriente.

### **Características de la energía generada**

Las características de la energía generada por el generador del sistema de biodigestión, debe ser compatible con la tensión eléctrica, la forma de la onda y la frecuencia del sistema al cual esté conectado.

### **Sistema de sincronización**

Se deberá contar con un mecanismo de sincronización manual o automático, para permitir la interconexión entre el generador y la red, siempre que se pretenda trabajar interconectado a la red de suministro de CFE. Este mecanismo permitirá que la interconexión se haga a la misma frecuencia, el mismo voltaje y la misma secuencia de fases.

### **Desconectores**

Las especificaciones de los interruptores y desconectores, se establecen en el artículo 380 de la NOM-001-SEDE-2005.

### **Sistema de protecciones**

Con objeto de garantizar el correcto funcionamiento de la instalación, y proteger el generador y demás equipos eléctricos, se deberá disponer de al menos las protecciones siguientes:

Protecciones de Interconexión

Interruptor automático

Relevador de baja tensión

Relevador de sobre tensión

Relevador de frecuencia

Tres relevadores de sobre corriente



ANEXO 5 Fotografías

PUERTA PRINCIPAL DE LA GRANJA  
RICO CERDO F&G



PERSONAL DE LA GRANJA RICO CERDO  
FYG

GALPONE DE ENGORDE  
GRANJA RICO CERDO F&G





GALPON DE LECHONES  
GRANJA RICO CERDO F&G

GALPON DE MADRES DE  
REEMPLAZO GRANJA  
RICO CERDO F&G



## **ANEXO 6** Planos de construcción del biodigestor

Se realizaron los planos del biodigestor acorde al volumen calculado en la sección 4.2.2.3 donde se obtuvo un volumen de diseño **1606.7106 m<sup>3</sup>**