



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**TEMA:**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR ANAEROBIO A PARTIR DE LAS EXCRETAS DE GANADO VACUNO PARA LA OBTENCIÓN DE BIOGÁS PARA SU UTILIZACIÓN COMO GAS DOMÉSTICO EN LA HACIENDA “SANTA INÉS” PROVINCIA DE PICHINCHA, CANTÓN MEJÍA”.**

**AUTORES:**

Kleber Germán Chicaiza López

Marco David Puentestar Caiza

**TUTOR:**

Ing. Enrique Torres Tamayo. Ph.D.

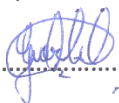
**LATACUNGA - ECUADOR**

**2018**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros **Chicaiza Lopez Kleber German y Puentestar Caiza Marco David** declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica **“IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR ANAEROBIO A PARTIR DE LAS EXCRETAS DE GANADO VACUNO PARA LA OBTENCIÓN DE BIOGAS PARA SU UTILIZACIÓN COMO GAS DOMÉSTICO EN LA HACIENDA “SANTA INÉS” PROVINCIA DE PICHINCHA, CANTÓN MEJÍA”**, siendo **Ing. Enrique Torres Tamayo PhD**, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.



Chicaiza Kleber López Germán

C.I: 172404663-4



Puentestar Caiza Marco David

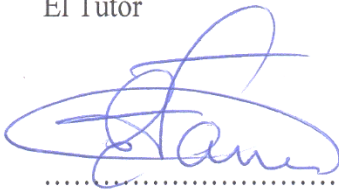
C.I:172181347-3

## **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN**

“IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR ANAEROBIO A PARTIR DE LAS EXCRETAS DE GANADO VACUNO PARA LA OBTENCIÓN DE BIOGAS PARA SU UTILIZACIÓN COMO GAS DOMÉSTICO EN LA HACIENDA “SANTA INÉS” PROVINCIA DE PICHINCHA, CANTÓN MEJÍA”, de Chicaiza López Kleber Germán y Puentestar Caiza Marco David, de la carrera **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la FACULTAD de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS** de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Julio 2018

El Tutor



.....  
Ing. Enrique Torres Tamayo. Ph.D.



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Chicaiza López Kleber Germán y Puentestar Caiza Marco David, con el título de Proyecto de titulación **“IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR ANAEROBIO A PARTIR DE LAS EXCRETAS DE GANADO VACUNO PARA LA OBTENCIÓN DE BIOGAS PARA SU UTILIZACIÓN COMO GAS DOMÉSTICO EN LA HACIENDA “SANTA INÉS” PROVINCIA DE PICHINCHA, CANTÓN MEJÍA”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Julio 2018.

.....  
Lector 1

Nombre: Mg. Mauro Albarracín  
C. C.: 050311373-0

.....  
Lector 2

Nombre: MSc. Luís Cruz  
C. C.: 050259517-6

.....  
Lector 3

Nombre: MSc. Paúl Corrales  
C. C.: 050234776-8



## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Con el presente documento, Yo Rodrigo López con C.C 170645650-4 Administrador General de la Hacienda HD Sucesores Santa Inés, con RUC N°1792693829001 Dejo en constancia que los estudiantes; Chicaiza López Kleber Germán y Puentestar Caiza Marco David, de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, bajo la tutoría del Ing. Enrique Torres Tamayo PhD. implementaron en mi propiedad un proyecto cuyo título es **“IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR ANAEROBIO A PARTIR DE LAS EXCRETAS DE GANADO VACUNO PARA LA OBTENCIÓN DE BIOGÁS PARA SU UTILIZACIÓN COMO GAS DOMÉSTICO EN LA HACIENDA “SANTA INÉS” PROVINCIA DE PICHINCHA, CANTÓN MEJÍA”** Ubicado en el sector Umbría, Parroquia El Chaupi de la Ciudad de Machachi.

Por consiguiente, autorizo que usen el presente documento para cualquier fin legal pertinente de la Universidad.

Machachi, Julio del 2018.

Sr. Rodrigo López

C.C. 170645650-4

Administrador General de la Hacienda Santa Inés

### **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme sus puertas y ante todo a la Facultad de ingeniería electromecánica por ser parte de este largo camino y permitirme alcanzar esta meta profesional y personal, al Ing. Ph.D. Enrique Torres Tamayo, por su apoyo, su paciencia y su dirección para concluir este gran reto. Y a todas las personas que de una u otra forma permitieron que se realice este trabajo brindándome su apoyo y colaboración.

*MARCO*

### **DEDICATORIA**

Este logro se lo dedico a mis padres por sus largos días de incansable lucha, por su amor sincero e incondicional, por sus consejos para hacer de mí una persona de bien. A mis hermanos, que con su apoyo y confianza fueron un pilar importante durante toda mi carrera universitaria. A toda mi familia en general, gracias por estar siempre a mi lado. Y a mis amigos por su amistad sincera y por siempre tenerme paciencia.

*MARCO*

### **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por la apertura de sus puertas para la preparación de profesionales, técnicos y sobre todo de personas humanistas, y a la Carrera de Ingeniería Electromecánica por otorgarme los conocimientos más que suficientes para desenvolverme en el campo profesional. Al Ing. Enrique Torres Tamayo Ph.D, que con sus conocimientos y paciencia nos apoyó durante este camino de preparación y la culminación de este gran reto. Y de alguna manera agradecer a las personas que nos apoyaron y nos seguirán apoyando durante toda la vida.

*KLEBER*

### **DEDICATORIA**

Este logro se lo dedico a mi familia y en especial a mis padres, que siempre me apoyaron en toda mi carrera como estudiante y como profesional, y a mi hermano que siempre estuvo cuando lo necesité, como un apoyo incondicional, en todas mis metas que he cumplido hasta hora. Siendo esta una de ellas.

*KLEBER*

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN .....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
DEDICATORIA .....	ix
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT.....	xvi
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1. INFORMACIÓN BÁSICA.....	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA .....	2
2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA .....	2
2.2. TIPO DE PROYECTO/ALCANCE .....	3
2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO .....	3
2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA.....	3
2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	4
2.5.1. Objeto de estudio .....	4
2.5.2. Campo de acción .....	4
2.6. SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA.....	4
2.6.1. Situación Problemática.....	4
2.6.2. Problema.....	5
2.6.3 Matriz Causa – Efecto .....	5
2. 7. HIPÓTESIS O FORMULACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA.....	5
2.8. OBJETIVO(S):.....	6

2.8.1. Objetivo general .....	6
2.8.2. Objetivos específicos.....	6
2.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS .....	6
<b>3. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>8</b>
3.1. Análisis de trabajos precedentes relacionado con los residuos orgánicos. ....	8
3.2. Procesos del biocombustible .....	9
3.2.1. Estiércol.....	10
3.3. Marco de referencia relacionado con el Biogás. ....	10
3.4. Factores influyentes dentro del biodigestor .....	14
3.4.1. Factores a tener en cuenta para mantener la máxima actividad de microorganismos .....	14
3.5. Ganado bovino y su alimentación diaria. ....	17
3.6. Estudios precedentes en la relación carbono/nitrógeno de las materias primas.....	17
3.7. Estudio de precedentes acerca de los tipos de biodigestores .....	18
3.8. Tipos de biodigestores.....	18
3.8.1 Biodigestores circulares chinos .....	19
3.8.2 Biodigestores tubulares Taiwán o tipo salchicha .....	20
3.9. Producción de fertilizante .....	21
3.10. Puesta en marcha para producción de fertilizante.....	21
3.11. INSTRUMENTACION ELECTRÓNICA EN SISTEMAS DE GENERACIÓN DE BIOGÁS. ....	23
3.11.1 Método.....	24
<b>4. METODOLOGÍA.....</b>	<b>24</b>
4.1. Cálculos para el diseño.....	24
4.2.1. Cálculo de la generación de estiércol diario de la hacienda.....	24
4.2.2. Volumen disponible de estiércol. ....	25
4.2.3 Volumen del sustrato .....	25

4.2.4 Volumen de Carga.....	26
4.3. Dimensionamiento de los cilindros del biodigestor.....	26
4.4. Agua necesaria .....	27
4.5. Tiempo de Retención de la Biomasa.....	27
4.6. Biomasa disponible .....	27
4.7. Dimensiones y acabado de la zanja.....	28
<b>5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>29</b>
5.1. Cálculo de la generación de estiércol diario de la hacienda.....	29
5.2. Volumen disponible de estiércol.....	29
5.3. Volumen del sustrato.....	29
5.4. Volumen de Carga.....	30
5.5. Dimensionamiento de los cilindros del biodigestor .....	30
5.6. Agua necesaria .....	30
5.7. Tiempo de Retención de la Biomasa.....	30
5.8. Biomasa disponible .....	31
5.9. Producción de bioabono por día.....	31
<b>6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS .....</b>	<b>37</b>
6.1. Presupuesto .....	37
6.1.1. Costos Directos de los materiales.....	38
6.1.2. Costos Indirectos .....	38
6.1.3. Costo Total del Proyecto .....	39
6.2. Análisis de impactos. ....	39
6.3. Análisis Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno.....	40
<b>7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>40</b>
<b>8. REFERENCIAS.....</b>	<b>42</b>
<b>9. ANEXOS .....</b>	<b>44</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Matriz causa efecto.....	5
Figura 3.2. Esquema de formación y usos de la biomasa.....	9
Figura 3.3. Proceso de producción de biocombustibles.....	10
Figura 3.4. Sistema de biodigestor circular tipo chino.....	19
Figura 3.5. Partes del biodigestor.....	20
Figura 3.6. Aplicaciones del fertilizante.....	21
Figura 3.7. Aplicaciones del fertilizante.....	21
Figura 3.8. Esquema básico de biodigestor.....	23
Figura 3.9. Diagrama de conexión de sensores en un sistema.....	24
Figura 4.10. Zanja Utilizada para soporte del biodigestor.....	28
Figura 4.11. Dimensiones de la zanja.....	28
Figura 5.12. Datos medidos.....	32
Figura 5.13. Comparación de datos medidos.....	33
Figura 5.14. Curva de valores de temperatura y humedad.....	34
Figura 5.15. Cantidad de metano producido.....	34
Figura 5.16. Temperatura de trabajo y humedad.....	35
Figura 5.17. Cantidad de metano producido.....	36
Figura 5.18. Datos de temperatura y humedad.....	37
Figura 5.19. Biogás producido.....	37

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Tabla de sistema de tareas por objetivos.....	7
Tabla 2.2 Operacionalización de variables.....	8
Tabla 3.3. Composición Media De Estiércoles Frescos De Diferentes Animales Domésticos.....	12

Tabla 3.4. Producción teórica de biogás y metanos a partir de carbonos.....	12
Tabla 3.5. Características generales del biogás.....	13
Tabla 3.6. Rangos de temperatura y tiempo de fermentación.....	13
Tabla 3.7. Producción de biogás por tipo de residuo animal.....	14
Tabla3.8. Tiempos de retención según temperatura para mejor fertilizante.....	16
Tabla 3.9. Valores promedios aproximados de la relación carbono/nitrógeno.....	17
Tabla 3.10. Características generales de los biodigestores más utilizados.....	18
Tabla 5.11. Parámetros calculados para el biodigestor.....	31
Tabla 5.12. Datos tomados de la producción de biogás Julio.....	31
Tabla 5.13 Datos tomados Julio.....	33
Tabla 5.14. Datos tomados Julio.....	34
Tabla 5.15. Datos tomados Julio.....	36
Tabla 6.16. Costos Directos.....	38
Tabla 6.17. Costos Indirectos.....	38
Tabla 6.18. Costo Total.....	39
Tabla 6.19. Análisis VAN Y TI.....	40

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**TITULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR ANAEROBIO A PARTIR DE LAS EXCRETAS DE GANADO VACUNO PARA LA OBTENCIÓN DE BIOGÁS PARA SU UTILIZACIÓN COMO GAS DOMÉSTICO EN LA HACIENDA “SANTA INÉS” PROVINCIA DE PICHINCHA, CANTÓN MEJÍA”.**

**Autor/es:**

Chicaiza Kleber López Germán

Puentestar Caiza Marco David

**RESUMEN**

La hacienda “Santa Inés”, que se encuentra localizada en la provincia de pichincha, cantón Mejía, parroquia Umbría cuenta con un total de 50 cabezas de ganado generando una cantidad aproximada de 10 kg/día de excretas. Dichas excretas se vertían directamente hacia los suministros de agua cercanos lo que ocasionaba un impacto ambiental en las cercanías. Por otra parte, la hacienda consume 15 Kg/mes de GLP, en una cocina y al no existir un sistema de calefacción los terneros se enferman por las bajas temperaturas existentes. Por lo cual para disminuir los problemas anteriores tiene como objetivo implementar un biodigestor, con ello reducir la contaminación ambiental, y la producción de biogás mismo que es utilizado como combustible para contribuir con las necesidades térmicas y domésticas.

Para la implementación del biodigestor se utilizaron materiales accesibles y de bajo costo que están al alcance en el ecuador, tales como la geo membrana y las tuberías, el biol generado se utiliza como abono para los cultivos aledaños a la hacienda y al alimento de los animales, además con el biodigestor se evita que las excretas sean vertidas directamente y se reduzca el impacto ambiental.

**Palabras claves:** Biodigestor, Biogás, Tiempo de retención, Temperatura, Volumen, Biol.

# TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**TITLE: "IMPLEMENTATION OF AN ANAEROBIO BIODIGESTOR FROM THE EXCRETS OF VACCINATED CATTLE FOR THE OBTAINING OF BIOGAS FOR ITS USE AS DOMESTIC GAS IN THE HACIENDA" SANTA INÉS "PICHINCHA PROVINCE, CANTON MEJÍA".**

**Author / s:**

Chicaiza Kleber López

Germán

Puentestar Caiza Marco

David

## **ABSTRACT**

The farm "Santa Inés", which is located in the province of Pichincha, canton Mejia, Umbria parish has a total of 50 heads of cattle generating an approximate amount of 10kg / day of excreta. These excreta were discharged directly into nearby water supplies, which caused an environmental impact in the vicinity. On the other hand, the farm consumes 15Kg / month of LPG, in a kitchen and when there is no heating system, the calves get sick due to the low temperatures. Therefore, in order to reduce the above problems, the objective is to implement a biodigester, thereby reducing environmental pollution, and the production of biogas itself, which is used as fuel to contribute to thermal and domestic needs.

For the implementation of the bio-digester, accessible and low-cost materials were used that are available in the equator, such as geo-membrane and pipelines, the biol generated is used as fertilizer for crops close to the hacienda and food of the animals, in addition to the biodigester, it is avoided that excreta are discharged directly and the environmental impact is reduced.

**Keywords:** Biodigester, Biogas, Retention time, Temperature, Volume, Biol.



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Electromecánica

## *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA** de la Unidad Académica de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**, Kleber Germán Chicaiza López y Marco David Puentestar Caiza, cuyo título es “IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR ANAEROBIO A PARTIR DE LAS EXCRETAS DE GANADO VACUNO PARA LA OBTENCIÓN DE BIOGAS PARA SU UTILIZACIÓN COMO GAS DOMÉSTICO EN LA HACIENDA “SANTA INÉS” PROVINCIA DE PICHINCHA, CANTÓN MEJÍA”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, 26 de Julio del 2018

Atentamente,

.....  
**Lcd. Wilmer Patricio Collaguazo Vega**  
**DÓCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
**C.C.172241757-1**



CENTRO  
DE IDIOMAS



## **1. INFORMACIÓN BÁSICA**

### **PROPUESTO POR**

KLEBER GERMÁN CHICAIZA LÓPEZ

MARCO DAVID PUENTESTAR CAIZA

### **TEMA APROBADO:**

"IMPLEMENTATION OF AN ANAEROBIO BIODIGESTOR FROM THE EXCRETS OF VACCINATED CATTLE FOR THE OBTAINING OF BIOGAS FOR ITS USE AS DOMESTIC GAS IN THE HACIENDA" SANTA INÉS "PICHINCHA PROVINCE, CANTON MEJÍA".

### **CARRERA**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Carrera de Ingeniería en Electromecánica

### **DIRECTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA:**

Ing. Enrique Torres Tamayo. Ph.D.

### **EQUIPO DE TRABAJO**

Ing. Enrique Torres Tamayo. Ph.D.

Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina. Ms.C.

### **LUGAR DE EJECUCIÓN**

Pichincha Zona 2, Pichincha, Cantón Mejía, Parroquia de El Chaupi, Barrio Umbría, Hacienda Santa Inés.

Hacienda Santa Inés Barrio Umbría Cantón Mejía Provincia de Pichincha.

### **TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PROPUESTA**

Inicio marzo 2017 – finalización agosto 2018

### **FECHA DE ENTREGA**

Agosto del 2018

### **LÍNEA(S) Y SUBLINEAS DE INVESTIGACIÓN A LAS QUE SE ASOCIA LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

## **Línea 5:** Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental

Esta línea de investigación abarca tres grandes ejes para su accionar investigativo, que están en correspondencia con los objetivos nacionales e internacionales de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en esta área. Se integran todas aquellas investigaciones que busquen promover el aprovechamiento de las energías alternativas y renovables, fomentar y promocionar el uso eficiente de la energía (Eficiencia Energética) en los diferentes sectores (Industrial, Residencial, Público, Transporte y Agrícola), y reducir el impacto medioambiental derivado de la utilización de los recursos energéticos.

### **Sub línea de investigación:**

Eficiencia Energética en Sistemas Electromecánico y uso de Fuentes Renovables de Energía.

Esta sub línea de investigación está enfocada a la eficiencia energética y el aprovechamiento de energías renovables los cuales reemplazan a los métodos tradicionales de generación de recursos energéticos.

### **TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA**

El presente proyecto consiste en la implementación de un biodigestor de flujo continuo, del cual se pretende obtener biogás que cubrirá un 30% del consumo energético de gas para uso doméstico que se requiere en la hacienda Santa Inés.

## **2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

### **2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

“Implementación De Un Biodigestor Anaerobio A Partir De Las Excretas De Ganado Vacuno Para La Obtención De Biogás Y Su Utilización En Un Sistema De Calefacción En Los Terneros De La Hacienda “Santa Inés” Provincia De Pichincha, Cantón Mejía”.

## **2.2. TIPO DE PROYECTO/ALCANCE**

- a) Multipropósito:** El proyecto pretende motivar los campos de acción como lo es la producción de biogás para el uso doméstico en la cocción de alimentos y la obtención de abono natural.
- b) Emprendimiento:** Expansión del uso de biodigestores en granjas ganaderas aledañas.
- c) Productivo:** Permite el uso de la biomasa para la producción de biogás y fertilizante para su uso en beneficio de pequeños agricultores de la zona.
- d) Integrador:** Permite aplicar conocimientos adquiridos en Energías Renovables, y fórmulas para sistemas termodinámicos.

## **2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO**

El área de conocimiento de la UNESCO vigente en la normativa del SENESCYT y de acuerdo a su área Ingeniería, industria y construcción, con su respectiva sub área de conocimiento 52 Ingeniería y profesiones afines, está enfocada en la fusión de sistemas mecánicos, así como de sistemas electrónicos que darán lugar a la construcción de un biodigestor en donde se requiere tener conocimientos en sistemas electromecánicos para la implementación del mismo que obedece a las ramas del saber de la profesión en función de la cual se hacen los aportes fundamentales del proyecto.

## **2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA**

El presente proyecto consiste en la implementación de un biodigestor, el mismo que aprovecha el estiércol de ganado vacuno generado en la Hacienda Santa Inés, los cuales son desechados sin un correcto tratamiento hacia los alrededores originando malos olores y la contaminación de fuentes cercanas de agua.

Con la obtención de biogás se aprovecha para la calefacción de pequeños animales de granja como lo son los terneros recién nacidos mejorando un crecimiento libre de enfermedades que pueden contraer al estar en la intemperie.

El biodigestor contará con distintos dispositivos que permitan un monitoreo completo de las variables, en caso de la presión se utilizará un manómetro que permite observar la presión dentro del biodigestor, un sensor de metano que mide los niveles de metano producidos en un tiempo de terminado y un sensor de temperatura el cual nos indicará la temperatura de trabajo dentro del mismo.

## **2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN**

### **2.5.1. Objeto de estudio**

Procesos de la utilización de biogás como fuente de calor para calefacción de terneros recién nacidos.

### **2.5.2. Campo de acción**

Biodigestores para la obtención de energía renovable mediante el aprovechamiento de materia orgánica de origen vacuno.

## **2.6. SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA**

### **2.6.1. Situación Problemática**

Debido al consumo masivo de gas natural y carbón a nivel mundial, la generación de energías no convencionales ha sido el principal objetivo de las organizaciones mundiales debido al cambio climático, las mismas que buscan mejorar y conservar el medio ambiente, desarrollando un sin número de investigaciones las cuales, en algunas empresas han optado por implementar biodigestores en base a desechos orgánicos a un bajo costo, con la finalidad de reducir el consumo de energías no renovables las mismas genera gases de efecto invernadero afectando la atmósfera y el medio ambiente en el cual son extraídos.

En el Ecuador es necesario fomentar la investigación de nuevos métodos eficientes y de bajo costo para la producción de energía renovable, el uso de biogás a partir de estiércol de ganado permite aprovechar la energía en forma de calor, y la obtención de abono natural reduciendo la contaminación que se genera por los desechos orgánicos no tratados en los sistemas de producción ganadera.

En la hacienda existe un índice de animales recién nacidos propensos a contraer enfermedades mismas que por estar a la intemperie con temperaturas bajas en la noche, por lo cual se procede a implementar un sistema de calefacción que mejore el crecimiento de los animales utilizando biogás extraído de las excretas de los animales vacunos reduciendo en el consumo de energía fósil.

### 2.6.2. Problema

La ausencia de un sistema que aproveche las heces del ganado vacuno, que son producidas en la Hacienda Santa Inés, los mismos que son desechados hacia los alrededores provocando contaminación, del medio y generando malos olores, y la contaminación de afluentes pequeños de agua. Por lo que la implementación de un sistema de biodigestor contribuirá al ahorro en el consumo de GLP para la cocción de alimentos, y en la calefacción de pequeños terneros recién nacidos para evitar que se enfermen o contraigan enfermedades a temprana edad.

### 2.6.3 Matriz Causa – Efecto

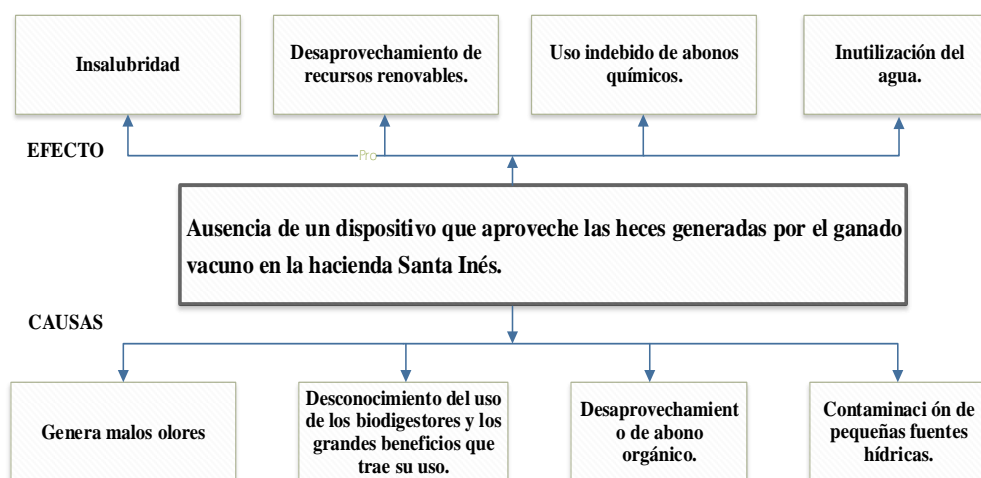


Figura 2.1. Matriz causa efecto

## 2. 7. HIPÓTESIS O FORMULACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA

La implementación de un biodigestor ayudará a la reducción de consumo de GLP en la hacienda y a mejorar la crianza de ganado vacuno con un sistema de calefacción en la hacienda “Santa Inés”, aprovechando la recolección de la materia orgánica existente que se produce por las excretas del ganado.

## 2.8. OBJETIVO(S):

### 2.8.1. Objetivo general

Diseñar un biodigestor partir de desechos orgánicos de ganado bovino para la obtención de biogás para ser utilizada como nueva fuente de energía renovable en la Hacienda Santa Inés.

### 2.8.2. Objetivos específicos

- Analizar los fundamentos teóricos y prácticos propuestos en diferentes artículos bibliográficos.
- Establecer el consumo energético de la hacienda Santa Inés.
- Obtener las características de la biomasa a utilizar en el biodigestor.
- Definir la capacidad de generación de biomasa.
- Determinar las características y condiciones climáticas del sitio de la implementación.
- Dimensionar el biodigestor a partir de la biomasa disponible.

## 2.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

**Tabla 1.1** Tabla de sistema de tareas por objetivos

Objetivos	Actividades	Resultados de la Actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Objetivo 1	Analizar los fundamentos teóricos y prácticos propuestos en diferentes artículos bibliográficos.	Determinación de las variables a utilizar y manejo de conceptos existentes.	Uso de herramientas informáticas y sitios de investigación confiable.
Objetivo 2	Establecer el consumo energético de la hacienda Santa	Conocer el gasto Enfocar la generación de la biomasa a reducir en un	Entrevista con los trabajadores y administradores de la

	Inés.	porcentaje los consumos.	hacienda.
Objetivo 3	Obtener las características de la biomasa a utilizar en el biodigestor.	Determinar los sólidos totales y bacterias presentes en un porcentaje de biomasa.	Enviar muestras para su respectivo análisis en laboratorios Técnicos.
Objetivo 4	Definir la capacidad de generación de biomasa.	Cantidad de biomasa generada en la hacienda en un día.	Uso de recipientes de 20 litros para su medición.
Objetivo 5	Determinar las condiciones climáticas del sitio de la implementación.	Selección de los equipos tecnológicos para desarrollar mediciones.	Uso de medidores de temperatura ambiente del sitio de implementación.
Objetivo 6	Dimensionar el biodigestor a partir de la biomasa.	Construcción del biodigestor.	Equipos de medición de generación de biogás y temperatura

**Tabla 2.2.** Operacionalización de variables.

<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN</b>
Volumen del biodigestor	Tamaño total del biodigestor en su forma cilíndrica.	[m <sup>3</sup> , cm <sup>3</sup> ]	Determinando la cantidad de material a ingresar.
Temperatura del proceso	Es una magnitud que mide el calor que posee el lugar de implementación.	[K, °C]	Sensores de temperatura.
Presión	Es la fuerza que se ejerce por unidad de área.	N/m <sup>2</sup> (Pa)	Manómetros
Masa	Medida de la cantidad de materia existente en el biodigestor	Kilogramo(Kg)	Balanza

Flujo de biogás producido.	Gas producido debido a la descomposición de materia orgánica.	m <sup>3</sup>	Sensor de metano, medidor de gas.
----------------------------	---	----------------	-----------------------------------

### 3. MARCO TEÓRICO

**Objetivo de la fundamentación.** Investigar en diferentes fuentes de consulta acerca de los trabajos realizados anteriormente, para la obtención de referencias técnicas y tecnológicas.

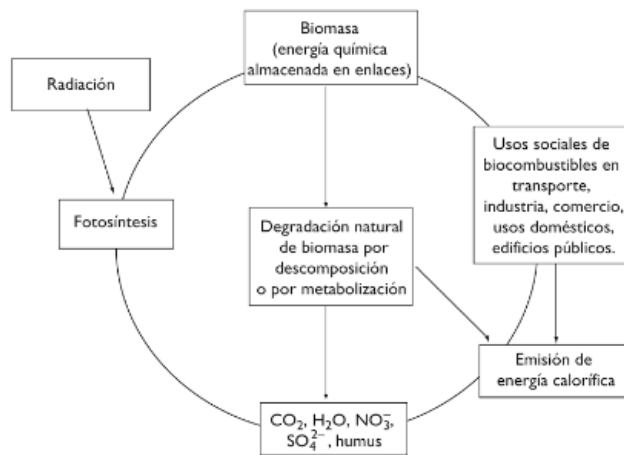
#### 3.1. Análisis de trabajos precedentes relacionado con los residuos orgánicos.

En los siguientes enunciados se abordará acerca de diferentes publicaciones de precedentes, con respecto a los niveles de concentraciones de compuestos bioquímicos presentes en el biogás, la temperatura con las que se puede elaborar el mismo y el tipo de material más recomendado para ser aplicado al momento de construirlo en base a estudios previos y experiencias expuestas en artículos científicos y compararlos cuantitativamente.

En zonas rurales es común observar la existencia de agricultura y ganadería a pequeña escala, ligada a la producción de desechos orgánicos que, al no ser tratados con responsabilidad, se convierten en un foco contaminante e infeccioso para el medio ambiente y la sociedad rural. [1]

La biomasa desde el punto de vista energético se utiliza como materia prima para generar materia para: Generar energía eléctrica, calefacción residencial y calefacción industrial.

Los materiales formados inicialmente en el proceso fotosintético y la biodegradación pueden ser transformados por medio de procesos químicos y biológicos para dar lugar a biocombustibles, sustancias con mayor poder calorífico o mayor densidad de energía (densidad de energía es la cantidad de energía contenida en una unidad de masa del combustible), como metano, etanol o carbón de madera. [2]

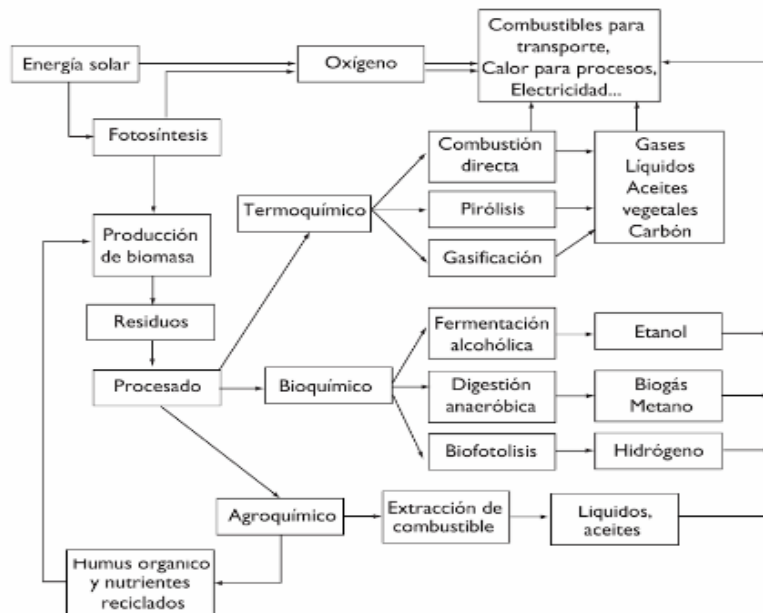


**Figura 3.2.** Esquema de formación y usos de la biomasa.

**Fuente:** [2]

### 3.2. Procesos del biocombustible

Según Toala E. [4], menciona que de todos los procesos mencionados en la figura. 2, además de generar productos más energéticos, dan lugar a la emisión de calor, que puede ser aprovechado en el lugar donde es producido, para calefacción, para generar vapor, que llevado a una turbina convierte su energía térmica en electricidad, o para llevar a cabo ciertos procesos químicos.



**Figura 3.3.** Proceso de producción de biocombustibles.

**Fuente:** [3]

### **3.2.1. Estiércol**

Las diversas especies animales producen excremento de composición química diferente. Resulta que los orines del ganado abundan en nitrógeno (N) y, sobre todo en potasa (K), carbono Ca y en cambio apenas contienen ácido fosfórico, que se encuentra todo en las deyecciones sólidas.

El estiércol no solamente puede ser utilizado para la elaboración de compost, sino también para la producción de biogás y fertilizantes líquidos, sometiéndolo a una degradación en condiciones anaerobias, el biogás producido tiene un alto contenido de metano altamente inflamable, la cual con instalaciones adecuadas, se puede producir energía eléctrica y a su vez ser utilizado en la cocina [4]

El metano es un combustible inodoro, incoloro, cuya combustión produce una llama azul y productos no contaminantes, es el principal contribuyente del gas natural, ya que más del 90% de este combustible es metano. [5]

El potencial de producción de metano varía con el tipo de estiércol, depende de factores como el tipo de alimentación y las condiciones de cría de los animales, el contenido total de sólidos (ST) y el material de cama utilizado en los corrales, gallineros o porquerizas. El estiércol es un buen material de base para las plantas de biogás ya que se produce continuamente y está disponible, contiene todos los nutrientes requeridos por las bacterias anaeróbicas, y tienen una alta capacidad de taponamiento. Sin embargo, el contenido de nitrógeno del estiércol, puede requerir tecnologías específicas con el fin de evitar la inhibición [4].

### **3.3. Marco de referencia relacionado con el Biogás.**

El biogás se genera a partir de residuos orgánicos sometidos a la descomposición anaeróbica, debido a la ausencia de oxígeno y proliferación de bacterias.

La digestión anaeróbica es un proceso biológico en el cual las bacterias convierten los desechos del ganado en “biogás”. El biogás típicamente está compuesto por metano (55 a 65 %), dióxido de carbono (35 a 45%) y trazas de amonio y sulfuro de hidrógeno. El biogás puede ser usado para generar calor y energía eléctrica o bien se puede usar en enfriadores de absorción para producir refrigeración. Un digester de estiércol puede redituar económicamente, así como proporcionar beneficios

ambientales Según Herrero J. [6] Menciona que "Dado que la zona rural produce material orgánico, vegetal, "los biodigestores son sistemas naturales que aprovechan residuos orgánicos, procedentes de actividades agropecuarias, principalmente estiércol, para producir biogás (combustible) y biol (fertilizante natural) mediante el proceso de digestión anaerobia". Con el afán de conservar el ambiente libre de desechos orgánicos cuya descomposición emite metano, técnicamente se ha desarrollado un sistema amigable con la naturaleza que permite reutilizar los desechos provenientes de los animales y de la naturaleza convirtiéndolos en productos útiles a la par que se protege el medio ambiente. [6]

Los desechos como el estiércol son considerados como fertilizantes orgánicos naturales, pues muchos campesinos optan por los fertilizantes químicos industriales, pues demuestran mayor eficacia en un corto tiempo al ser empleados en los cultivos y los suelos, lo que no se puede mencionar lo mismo del fertilizante natural, pues estos demuestran buenos resultados a largo plazo, manteniendo el suelo agrícola apto para el cultivo. [7]

Según Marín C. [8]. Menciona que "El estiércol no es un abono de composición fija. Esta depende de la edad de los animales de que se procede, de la especie, de la alimentación a que están sometidas, trabajo que realizan, aptitud, naturaleza y composición de camas, etc. Un animal joven consume mayor cantidad de nitrógeno y fósforo que un animal viejo; las deyecciones que de aquel proceden contienen, pues, menor cantidad de esos elementos".

Los animales viejos habiendo cesado de crecer, asimilan los alimentos únicamente las cantidades necesarias para cubrir las pérdidas y dan estiércoles más ricos en elementos fertilizantes.

**Tabla 3.3.** Composición Media De Estiércoles Frescos De Diferentes Animales Domésticos.

<b>Nutriente</b>	Vacu nos	Porci nos	Capri nos	Con ejos	Galli nas
Materia Orgánica %	48.9	45.3	52.8	63.9	54.1
Nitrógeno Total %	1.27	1.36	1.55	1.94	2.38
Fosforo Asimilable (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %)	0.81	1.98	2.92	1.82	3.86

Potasio (K <sub>2</sub> O %)	0.84	0.66	0.74	0.95	1.39
Calcio (CaO %)	2.03	2.72	3.2	2.36	3.63
Magnesio (MgO %)	0.51	0.65	0.57	0.45	0.77

**Fuente:** [9]

**Tabla 3.4.** Producción teórica de biogás y metanos a partir de carbonos.

	<b>Biogás (m<sup>3</sup>/t)</b>	<b>Metano (m<sup>3</sup>/t)</b>	<b>Contenido de Metano (%)</b>
Carbohidratos	830	415	50.0
Grasas	1444	1014	70.2
Proteínas	793	504	63.6

**Fuente:** [7]

En la Tabla 3.3. Se hace una comparación de los rendimientos de compuestos orgánicos los cuales son utilizados como materia prima para el biodigestor en la composición química resultante. Pero tomando en cuentas las características físicas de las excretas de modo que su consistencia influye en la degradación de los mismos.

Las características del bioabono, dependen en gran medida del tipo de tecnología y de las materias primas utilizadas para la digestión. Durante el proceso anaeróbico, parte de la materia orgánica se transforma en metano, por lo que el contenido en materia orgánica es menor al de las materias primas. Gran parte de la materia orgánica de este producto se ha mineralizado, por lo que normalmente aumenta el contenido de nitrógeno amoniacal y disminuye el nitrógeno orgánico. [10]

**Tabla 3.5.** Características generales del biogás.

Composición	55 – 70% metano (CH <sub>4</sub> ) 30 - 40% dióxido de carbono
Contenido energético	6.0-6.6 Kw m <sup>-3</sup>
Equivalente de combustible	0.60-0.66L petróleo/m <sup>3</sup> biogás
Límite de explosión	6-12% de biogás en el aire

Temperatura de ignición	650-760 °C
Presión crítica	74 – 88 atmosferas
Temperatura crítica	-82.5 °C
Densidad normal	1.2 kgm <sup>-3</sup>
Olor	El olor del biogás desulfurado es imperceptible
Masa molar	16.013 kg kmol <sup>-1</sup>

**Fuente:** [10]

**Tabla 3.6.** Rangos de temperatura y tiempo de fermentación.

Fermentación	Mínimo	Optimo	Máximo	Tiempo de Fermentación
Psycrophilica	4-10 °C	15-18 °C	20-25 °C	Sobre 100 días
Mesophilica	15-20 °C	25-35 °C	35-45 °C	30-60 días
Thermophilica	25-45 °C	50-60 °C	75-80 °C	10-15 días

**Fuente:** [10]

El carbono y el nitrógeno son las principales fuentes de alimentación de las bacterias metano génicas. El carbono constituye la fuente de energía y el nitrógeno es utilizado para la formación de nuevas células. Estas bacterias consumen 30 veces más carbono que nitrógeno, por lo que la relación óptima de estos dos elementos en la materia prima se considera en un rango de 30:1 hasta 20:1. [10]

**Tabla 3.7.** Producción de biogás por tipo de residuo animal

Estiércol	Disponibilidad KG/día	Relación	Volumen De Biogás	
			m3/kg húmedo	m3/día/año
Kg	Kg/día	C/N		
Bovino (500)	10.00	25:1	0.04	0.400
Porcinos (50)	2.25	13:1	0.06	0.135
Aves (2)	0.18	19:1	0.08	0.014
Ovinos (32)	1.50	35:1	0.05	0.075
Caprinos (50)	2.00	40:1	0.05	0.100
Equinos (450)	10.00	50:1	0.04	0.400
Conejos	0.35	13:1	0.06	0.021
Excretas Humanas	0.40	3:1	0.06	0.025

Fuente: [10]

### **3.4. Factores influyentes dentro del biodigestor**

La selección de las condiciones ambientales que se debe mantener en el interior de un digestor se realiza en función del conocimiento básico sobre la micro biología, la cinética y la energía en proceso. El objetivo básico del digestor es mantener la mayor actividad bacteriana posible. La cantidad de microorganismos retenidos depende, en gran medida, de la configuración y diseño del digestor; el estado en que se encuentren y lograr una flora equilibrada en función de los parámetros de operación. [11]

#### **3.4.1. Factores a tener en cuenta para mantener la máxima actividad de microorganismos**

Para que el proceso tenga lugar con la máxima eficacia se debe conseguir:

Según Tapia V. [11] Estipula que para ello es necesario controlar tanto el tiempo de retención de lodos, ya que si los digestores operan con concentraciones muy elevadas de biomasa bacteriana activa se consiguen mejores condiciones de estabilidad, como parámetros fisicoquímicos, tales como pH, potencial redox, temperatura, nutrientes y toxicidad, las condiciones más adecuadas en los parámetros en los procesos anaerobios son.

**PH:** Los diferentes grupos bacterianos presentes en el proceso de digestión anaerobia presentan unos niveles de actividad óptimos en torno a la neutralidad de los siguientes valores:

Bacteriana fermentativa: Entre 7.2 y 7.4.

Bacteriana acetogénica: Entre 7.0 y 7.2.

Bacteriano metano génico: Entre 6.5 y 7.5.

Para que el proceso se desarrolle satisfactoriamente, el pH no debe bajar de 6 ni subir de 8. El valor del pH en el digestor no solo determina la producción de biogás sino también su composición. Una de las consecuencias de que se produzca descenso del pH a valores inferiores a 6 es que el biogás generado es muy pobre en metano y por lo tanto tiene menos cualidades energéticas. [7]

#### **3.4.1.1. Alcalinidad**

Es una medida de la capacidad tampón del medio. En el rango de pH del proceso de digestión anaerobia, el principal equilibrio que controla la alcalinidad es el dióxido de carbono/bicarbonato. Estudios previos han demostrado que valores de la alcalinidad del bicarbonato por encima de 2.500 mg/l, aseguran un buen control del pH y una adecuada estabilidad del sistema. [12]

#### **3.4.1.2 Potencial redox**

Al ser anaerobias estrictas, la tolerancia de las bacterias metano génicas a los cambios en el potencial redox es menor la de otras especies implicadas. En cultivos puros las bacterias metano génicas requiere unas potencias redox entre -300mV y -320mV para asegurar el ambiente fuertemente reductor que estas bacterias necesitan para su óptima actividad. [12]

### 3.4.1.3. Temperatura

Los microorganismos metano génicas son extremadamente sensibles a la temperatura. Existen tres rangos de temperatura. Psicrófilico (5-25°C), mesófilico (25-45°C), siendo el óptimo de 35-37°C y hemofílico 45-65°C, siendo óptimo de 50-60 °C. Este se divide a su vez en termotolerantes (alrededor de 50 °C pero también puede vivir a 35°C) y estrictos (superior a 45 °C). La eficacia del proceso está directamente ligada a la temperatura. Hasta el momento el rango Psicrófilico ha sido poco estudiado y, en general, se plantea como poco viable debido al tamaño de digestor que sería necesario. [12]

### 3.3.1.4 Temperatura de trabajo para la producción de biogás

**Tabla 3.8.** Tiempos de retención según temperatura para mejor fertilizante.

<b>Región característica</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Tiempo de retención(Días)</b>
Trópico	30	25
Valle	20	37
Altiplano	10	75

**Fuente** [12]

### 3.4.1.5. Nutrientes

Una de las ventajas inherentes al proceso de digestión anaerobia, frente a los procesos anaerobios, es su baja necesidad de nutrientes, derivada de los bajos índices de producción de biomasa que presentan los microorganismos anaerobios. Los principales nutrientes necesarios para el crecimiento de los microorganismos son el carbono, el nitrógeno y el fósforo, y una serie de elementos minerales como azufre, potasio, sodio, calcio. Magnesio y hierro que deben estar presentes a nivel de trazas. La evaluación de los nutrientes mayoritarios resulta posible si se conoce la producción celular por unidad de sustrato utilizado y la composición celular. Una fórmula empírica frecuentemente aceptada para expresar la composición de estas bacterias es  $C_5H_9O_3N$ . La relación DQO/N es de 11,4 y la relación masa celular/N es de 9,4. Diversos autores han estudiado la relación necesaria entre los nutrientes mayoritarios considerando una relación C: N entre 15-30,1, y C:P de 75-113:1. Para el fósforo se admite una relación respecto al nitrógeno de 1:5 a 1:7. [12]

### 3.4.1.6. Toxicidad e inhibición

El proceso de digestión anaerobia es inhibido por la presencia de tóxicos en el sistema. Estas sustancias pueden ser subproductos de la propia actividad metabólica de los microorganismos anaerobios o pueden formar parte del efluente. Las formas no ionizadas de los ácidos grasos volátiles, así como el amoníaco libre o el ácido sulfhídrico son importantes inhibidores de las bacterias metano génicas. Estos compuestos presentan una inhibición tipo reversible. [12]

### 3.5. Ganado bovino y su alimentación diaria.

En las granjas ganadera se planifica una alimentación balanceada, la mayoría se esta se las implemente en pastos de estatura (pasto azul), o pastos forrajeros (llantén forrajero o trébol de la sierra), este está dimensionado en una hectárea de terreno para 50 a 60 cabezas de ganado. Los mismos que su duración es de una semana en una hectárea de potreros.

### 3.6. Estudios precedentes en la relación carbono/nitrógeno de las materias primas.

Según Varnero M. [10] La descomposición de materiales con alto contenido de carbono, superior a 35:1, ocurre más lentamente, porque la multiplicación y desarrollo de bacterias es bajo, por la falta de nitrógeno, pero el período de producción de biogás es más prolongado. En cambio, con una relación C/N menor de 8:1 se inhibe la actividad bacteriana debido a la formación de un excesivo contenido de amonio, el cual en grandes cantidades es tóxico e inhibe el proceso.

**Tabla 3.9.** Valores promedios aproximados de la relación carbono/nitrógeno de algunos residuos disponibles en el medio rural.

Residuos Animales	C	N	C/N
Bovinos	30	1.30	25:1
Equinos	40	0.80	50:1
Ovinos	35	1.00	35:1
Porcinos	25	1.50	16:1
Caprinos	40	1.00	40:1

Gallinas	35	1.50	23:1
Patos	38	0.80	47:1

**Fuente:** [10]

En términos generales, se considera que una relación C/N óptima que debe tener el material “fresco o crudo” que se utilice para iniciar la digestión anaeróbica, es de 30 unidades de carbono por una unidad de nitrógeno, es decir,  $C/N = 30/1$ . Por lo tanto, cuando no se tiene un residuo con una relación C/N inicial apropiada, es necesario realizar mezclas de materias en las proporciones adecuadas para obtener la relación C/N óptimas. [10]

### 3.7. Estudio de precedentes acerca de los tipos de biodigestores

Existen algunos modelos de digestores, los cuales se diferencian entre sí por la forma, los servicios que prestan y el tratamiento mecánico al material fermentado.

A continuación, se muestra la Tabla 3.10. En la que se resume las características de los biodigestores más usados, y la elección de uso dependerá de la cantidad de material orgánico disponible y el monto de inversión a realizarse.

### 3.8. Tipos de biodigestores

**Tabla 3.10** Características generales de los biodigestores más utilizados.

<b>Características</b>	<b>De estructura sólida fija</b>	<b>De estructura sólida móvil</b>	<b>De balón de plástico geomembrana.</b>
<b>Cámara de digestión</b>	Esférico/bajo tierra	Esférica/semiesférica	Semiesférica
<b>Nivel de tecnología</b>	Madura	Madura	Madura
<b>Presión de gas</b>	No constante	Constante	Muy baja presión del gas, es necesario aumentar presión con sobrepeso
<b>Localización óptima</b>	Todos los climas	Todos los climas	Todos los climas
<b>Vida útil</b>	20 años	20 años	10 años

<b>Ventajas</b>	Bajo costo de construcción. No posee partes móviles. No posee partes metálicas que puedan oxidarse. No tiene partes expuestas por eso está protegido contra bajas temperaturas.	Manejo fácil. El nivel de gas es visible a través de la campana.	Bajo costo de construcción. Fácil transporte e instalación. Construcción horizontal y plana que favorece en lugares con alto nivel freático.
<b>Desventajas</b>	La presión puede ser muy alta, por eso la cúpula debe ser cuidadosamente sellada, porosidades y grietas pueden afectar la planta.	Alto costo de construcción de la campana de la planta. En la mayoría de los casos la campana es metálica y por eso sujeto a corrosión.	El material plástico está sujeto a daños y tiene que ser protegido.

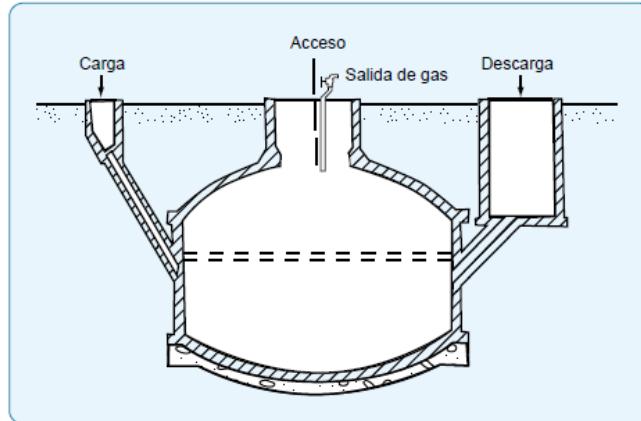
**Fuente:** [1]

### **3.8.1 Biodigestores circulares chinos**

Este tipo de biodigestores se caracterizan por ser totalmente enterrados, de tanques cilíndricos con el techo y el piso en forma de domo. [13]

Su funcionamiento se basa en que para su operación inicial se debe introducir los residuos agrícolas compostados mezclados con otros lodos activos de otro digestor, a través de la cubierta superior, que es removible. Así es alimentado diariamente con otros residuos que se encuentren disponibles a través del tubo de carga. [13]

En este tipo de digestores no existe un gasómetro, almacenando el biogás dentro del sistema. A medida que aumenta su presión por la proliferación del biogás, forzando al líquido, en los tubos de entrada y salida a subir hacia las salidas más próximas llegando a alcanzar presiones de hasta 980,63 KPa. Se generan entre 0.15 y 0.20 volúmenes de gas por volumen de digestor/día. [13]



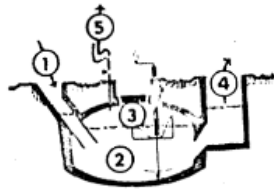
**Figura 1.4.** Sistema de biodigestor circular tipo chino.

**Fuente:** [13].

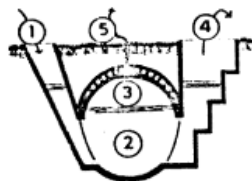
### 3.8.2 Biodigestores tubulares Taiwán o tipo salchicha

Es considerado de tipo semicontinuo debido a que para su carga y agregación de las excretas para su descomposición. Según Varnero M. [10], se agregan volúmenes de nuevas cargas de excretas hacia el interior con frecuencia.

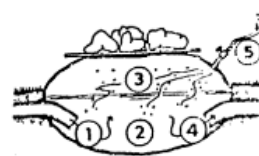
Carga ALTA DILUCION – SEMI-CONTINUA



De CUPULA (1975)..



con acceso (1973)..



BOLSA PLASTICA..

TAIWAN (1980).

**Figura3.5.** Partes del Biodigestor

1. Depósito de carga; 2. Biodigestor o cámara de fermentación; 3. Gasómetro o depósito de gases; 4. Depósito o compuerta de vaciado; 5. Tubería de gas o manguera; 6. Patio de decantación de líquidos o sólidos. 7. Sello hidráulico o tapadera.

**Fuente:** [13]

### 3.9. Producción de fertilizante

En el interior del biodigestor una vez transcurrido un tiempo de descomposición anaeróbica, este se convierte en un excelente fertilizante o el llamado biol el cual se puede aplicar directamente a las plantas para la idea general de aumentar la producción en sembríos o parcelas familiares para la alimentación de la misma. [6]

Según Herrero J. [6]. “El fertilizante producido tiene un contenido en nitrógeno de 2 a 3% de fósforo de 1 a 2% de potasio entorno al 1 % y entorno a un 85% de materia orgánica con un PH de 7.5 “

Para obtener un mejor fertilizante es interesante aumentar los tiempos de retención, de manera que el lodo se descomponga más, y sea de mayor calidad y más fácil de asimilar por las plantas. El fertilizante que sale de un biodigestor con los tiempos de retención expresada en la tabla 6, es muy bueno, pero si se aumenta estos tiempos de retención en un 25% es excelente.



**Figura 3.6.** Aplicaciones del fertilizante.

**Fuente:** [6].

### 3.10. Puesta en marcha para producción de fertilizante.

Para el llenado se tendrá presente lo siguiente:

Mezclar entre 1 y 1.5 litros de agua por kilogramo o litro de excreta fresca, procurando siempre que los sólidos dentro del digestor se encuentren en el rango de 7 a 9 %. Una vez preparada esta mezcla, se comienza a llenar el digestor hasta que este alcance el nivel del piso del tanque de compensación o regulador de presión. [14]



**Figura 3.7.** Aplicaciones del fertilizante.

**Fuente** [14]

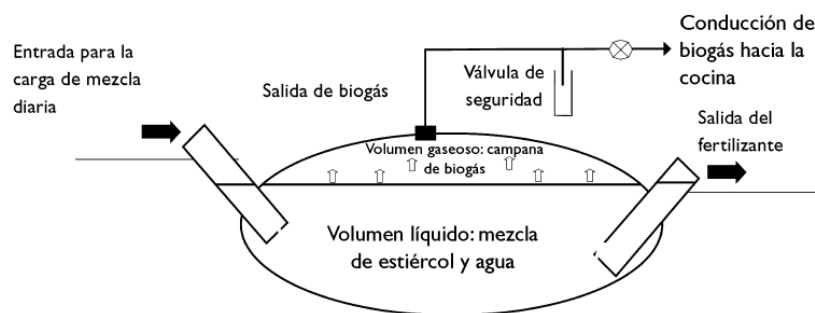
Es muy importante que, durante el proceso de llenado de la planta, a partir del nivel referido, se mantenga abierta la válvula de salida del gas, de manera que escape todo el aire contenido en su interior, en la medida que se va llenando hasta alcanzar su nivel máximo de agua, evitándose de esta manera el agrietamiento de la cúpula por la acción de cargas de choque (llenado brusco). Una vez efectuada esta operación, se cierra la válvula de salida y se espera unos días, periodo en el cual se acumulará biogás en la cúpula. Si el llenado se produce con excretas de vacuno o inoculo (residual extraído de un proceso de digestión anaeróbica por espacio de una semana), la válvula se podrá abrir a las 24 horas. [4]

Cuando la presión dentro del digestor se eleve por primera vez (se sabrá al observar la salida del líquido del tanque compensador hasta que comienza el burbujeo en la zona que comunica el digestor con el tanque de compensación) indicará, que el digestor alcanzó su máxima presión de trabajo y su puesta en marcha ha sido satisfactoria. [4]

En los casos que se tenga fácil acceso a cantidades suficientes de agua y la construcción no se haya hecho con el rigor necesario, es recomendable hacer la prueba de puesta en marcha con agua “aparentemente limpia” y para ello habrá que hacer la misma operación, pero con la ubicación de un manómetro en la tubería a la salida del gas, para medir la presión del aire acumulado en la cúpula, que desplazará el agua en la medida que se va llenando el digestor hasta alcanzar la presión máxima. Una vez alcanzada la presión máxima se deja lleno durante 24 horas, tiempo a partir

del cual se hacen las valoraciones correspondientes. Si la pérdida de presión, en ese tiempo, es despreciable, entonces su puesta en marcha ha sido satisfactoria y se procederá a su llenado con excretas mezcladas con agua, de la forma anteriormente indicada. [4]

El gas acumulado en la cúpula por encima del nivel de agua en la puesta en marcha, se extraerá por la subida del nivel del tanque regulador hasta el nivel de salida del efluente líquido, o próximo a este, desechará este gas abriendo la válvula colocada a la salida en el registro de inspección que se utilizará además como trampa de agua, e inmediatamente se alejará unos 20 metros de las proximidades de la planta en contra de la dirección del viento evitando fumar o encender alguna llama hasta que el gas escape completamente, el metano es un gas combustible y altamente tóxico y de inhalarlo puede causarle la muerte; luego cerrará y cuando la presión suba nuevamente puede comenzar a utilizar el biogás en la cocción de alimentos. En la primera puesta en funcionamiento se producirá un barrido de la tubería con el mismo gas. Este gas inicial no debe ser utilizado, porque está mezclado con aire y por consiguiente puede ser explosivo y peligroso (incluso es posible que no sea combustible por el alto contenido de  $\text{CO}_2$ ), por lo que se recomienda dejarlo escapar a la atmósfera sin estar conectado al fogón, de la misma forma que anteriormente se explicó. [15]



**Figura 3.8.** Esquema básico de biodigestor.

**Fuente** [15]

### **3.11. INSTRUMENTACION ELECTRÓNICA EN SISTEMAS DE GENERACIÓN DE BIOGÁS.**

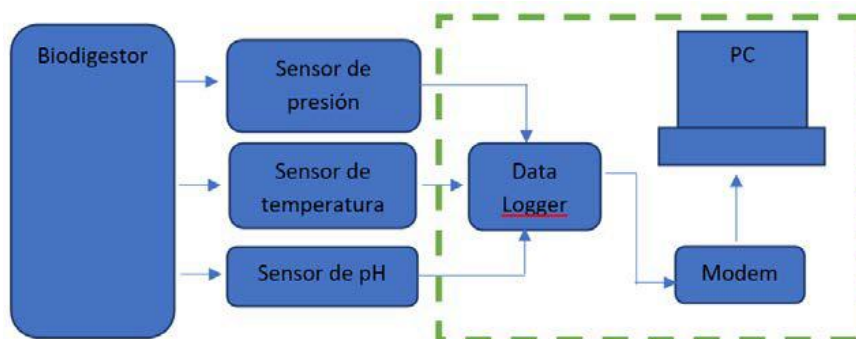
Respecto al diseño de biodigestores se puede decir que existe una amplia variedad de diversos diseños que producen biogás, éstos van desde los biodigestores rurales

construidos con bolsas de polietileno, hasta las macro plantas productoras que pueden abastecer a una comunidad completa.

### 3.11.1 Método de descomposición

El biodigestor instrumentado consiste principalmente en un reactor cerrado, hermético e impermeable para alojar dentro de él, materia orgánica que será descompuesta mediante procesos microbianos para la generación de biogás. La instrumentación consiste en la colocación de tres diferentes sondas colocadas dentro del reactor, dos de las cuales se encuentran en contacto físico con la materia orgánica. Estas sondas son: la sonda de temperatura, la sonda de pH y la tercera sonda es la de presión.

La materia orgánica en descomposición se debe mantener en valores óptimos como: temperatura de proceso igual a 35 o 36 °C, pH en un rango de valores de 6.5 a 7.5. La presión puede variar dependiendo de las dimensiones del reactor, en este caso se colocó un sensor de presión que puede soportar hasta 10 kPa, un sensor de temperatura con rango de medición de -5 hasta 150 °C y un sensor de pH en un rango de medición de 1 a 14.



**Figura 3.9.** Diagrama de conexión de sensores en un sistema.

**Fuente.** [2]

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. Cálculos para el diseño

#### 4.2.1. Cálculo de la generación de estiércol diario de la hacienda

Para el dimensionamiento del tanque del biodigestor se debe tener en cuenta el potencial de materia orgánica a obtener, a partir del número de cabezas de ganado

existente en la hacienda “Santa Inés”, para nuestro caso son 50 cabezas de ganado las que según la Tabla 3.7, se toma el valor aproximado de 10 kg al día por animal y se procede a efectuarla operación.

$$E_{Tr} = E_{pV} \cdot \#V_r \quad (4.1)$$

En donde,

**ETr o PB:** Cantidad total de estiércol generado en el rancho en un día.

**EpV:** cantidad promedio de estiércol generada por una vaca al día

**#Vr:** número de cabezas de ganado disponible en el rancho.

#### 4.2.2. Volumen disponible de estiércol.

El volumen del estiércol se tomará como referencia, en las condiciones en las cuales el excremento puede ser usado en su totalidad, a su vez que se encuentre puro y sin residuos, de materiales no degradable. De tal manera el volumen del estiércol usado es aquel producido por 200 cabezas de ganado que paulatinamente ingresan al corral, de la Tabla 3.7 cuyo valor promedio de generación de estiércol por vaca/día (10Kg), tomando en cuenta la densidad del estiércol para la transformación del peso en volumen.

$$V_{EF} = \frac{E_{TC}}{D} \quad (4.2)$$

Dónde,

**VEF:** volumen disponible de estiércol fresco.

**Etc:** Cantidad total de estiércol generado en el corral en un día.

**D:** Densidad del estiércol.

PESO KG	DESCRIPCIÓN	RELACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Sólidos Totales (ST)	0.80 Kg	Sólidos Volátiles

#### 4.2.3 Volumen del sustrato

Se procede a relacionar agua estiércol en base a la Tabla 3.7, que se toma de 1:1 que de esta manera queda así:

$$V_S = V_{EF} + \text{agua} \quad (4.3)$$

Dónde,

**V<sub>S</sub>**: Volumen del sustrato fresco.

**V<sub>EF</sub>**: volumen disponible de estiércol fresco.

#### 4.2.4 Volumen de Carga

Para la producción de biogás y bío abono, el tiempo estimado según Tabla 3.6, en las condiciones climáticas donde se implementará es de 45 días y el tiempo de recolección será de 20 días.

$$V_{C10días} = V_s \cdot \# \text{ día} \quad (4.4)$$

Dónde,

**V<sub>C10días</sub>**: Volumen de carga a los 20 días.

**#días**: números de días para realizar la carga del sustrato.

Adicionalmente se incluye al volumen de carga las siguientes consideraciones:

Volumen de la parte gaseosa que corresponde a  $V_G = 25\%$

De esta manera se tiene el volumen total del biodigestor con una carga del sustrato de 10 días.

$$V_{TD} = V_{C10días} \cdot (F_S + V_G) \quad (4.5)$$

Dónde,

**V<sub>TD</sub>**: Volumen total del digestor.

**V<sub>C10días</sub>**: Volumen de carga a los 10 días.

**F<sub>S</sub>**: factor de seguridad.

**V<sub>G</sub>**: volumen de la parte gaseosa.

#### 4.3. Dimensionamiento de los cilindros del biodigestor.

Para seleccionar el tamaño del tanque del biodigestor se partirá del resultado obtenido de la ecuación 4.1, considerando un diámetro de 2m para diseño de tanque cilíndricos.

$$V_{TD} = \pi r^2 h \quad (4.6)$$

En donde,

**V<sub>TD</sub>**: volumen total del tanque biodigestor.    **H**: altura

$$h = \frac{V_{TD}}{r^2 \pi} \quad (4.7)$$

#### 4.4. Agua necesaria

La siguiente fórmula nos permite conocer la cantidad de agua que debemos colocar en la biomasa existente para obtener un desarrollo apropiado de las bacterias que producen el metano.

$$An = 3 \cdot PB \quad (4.8)$$

Dónde,

**An**: Agua necesaria (kg de agua/kg de excreta)

**PB**: Potencial de biomasa

Con esta cantidad de agua se forma la totalidad de la biomasa a degradar.

#### 4.5. Tiempo de Retención de la Biomasa

Es el lapso durante el cual el material de fermentación permanece en el biodigestor. Bajo la acción de bacterias Mesophilica se estima que en un reactor normal a 30 °C el tiempo requerido para biodegradar la materia prima alimentada es de 20 días según tabla 3.6, tiempo óptimo que se puede afectar por las variaciones de la temperatura ambiental. [16]

$$TR = 20días \times 1.3 \quad (4.9)$$

El factor 1,3 es un coeficiente que depende de la temperatura, la cual para garantizar un funcionamiento óptimo del biodigestor para cualquier época del año, se ha asumido como 30 °C. [16]

#### 4.6. Biomasa disponible

$$BD = PB + An \quad (4.10)$$

Dónde,

**BD:** Biomasa disponible (kg/día)

**PB:** Potencial de biomasa

**An:** Agua necesaria

#### 4.6.1. Producción de bioabono por día

Para el este cálculo se tomó el 20 % de sólidos totales. Continuando se determina la cantidad de bioabono para el volumen de biogás diario, con la fórmula siguiente: [16]

$$Ba = BD - BD \times \frac{St}{100} \quad (4.11)$$

Dónde,

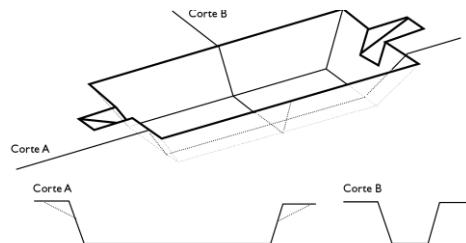
**Ba:** Cantidad de bioabono generado por día

**BD:** Biomasa disponible

**St:** Sólidos totales

#### 4.7. Dimensiones y acabado de la zanja

Una vez ubicado el lugar donde estará el biodigestor se cavará una zanja. Las dimensiones de la zanja dependen del ancho de rollo que se use para el biodigestor.



**Figura 4.10.** Zanja Utilizada para soporte del biodigestor.

**Fuente:** [17]

Conviene que las paredes de la zanja tengan forma de 'chaflán' (las paredes inclinadas en forma de "v", evitando de esta manera que se desmoronen las paredes. Además, se aproxima más a la forma tubular del biodigestor. Las cuatro paredes, las dos laterales, la de la entrada y la de salida, han de tener esta forma de "chaflán".

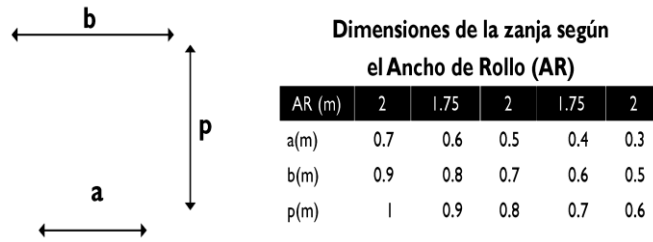


Figura 4.11. Dimensiones de la zanja.

Fuente: [6]

## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1. Cálculo de la generación de estiércol diario de la hacienda

Para el dimensionamiento del tanque del biodigestor se debe tener en cuenta el potencial de materia orgánica a obtener:

$$E_{Tr} = E_{pV} * \#V_r$$

$$E_{Tr} = 10Kg / v / dia * 50v$$

$$E_{Tr} = 500Kg / dia$$

### 5.2. Volumen disponible de estiércol.

$$V_{EF} = \frac{E_{TC}}{D}$$

$$V_{EF} = \frac{500Kg / Dia}{993Kg / m^3}$$

$$V_{EF} = 0.50 \frac{m^3}{dia} = 503.52 \frac{L}{dia}$$

PESO KG	DESCRIPCIÓN	RELACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Sólidos Totales (ST)	0.80 Kg	Sólidos Volátiles

$$500 \frac{kgEF}{Dia} \times \frac{0.5KgST}{1KgEF} \times \frac{0.8m^3 Biogás}{1KgST} = 200 \frac{m^3 biogas}{dia} = 200000 \frac{Lbiogas}{dia}$$

### 5.3. Volumen del sustrato

$$V_s = 500 \frac{L}{dia} + 500 \frac{L}{dia}$$

$$V_S = 1000 \frac{L}{\text{día}}$$

#### 5.4. Volumen de Carga

$$V_{C10\text{días}} = 1000 \frac{L}{\text{día}} \times 10\text{días}$$

$$V_{C10\text{días}} = 10000 \frac{L}{\text{día}}$$

$$V_{TD} = 10000 \frac{L}{\text{día}} \times (1.3)$$

$$V_{TD} = 10000 \times (1.3)$$

$$V_{TD} = 13000L = 13m^3$$

#### 5.5. Dimensionamiento de los cilindros del biodigestor

$$V_{TD} = \pi r^2 h$$

$$V_{TD} = \pi r^2 h$$

$$13000m^3 = \pi(1m)^2 h$$

Despejando h se tiene que:

$$h = \frac{13m^3}{\pi(1m)^2} \quad h = 4,14m$$

#### 5.6. Agua necesaria

$$An = 3 \times PB$$

$$An = 3 \times 500 \frac{Kg(\text{estiercol})}{\text{día}} \quad An = 1500 \frac{Kg\text{agua}}{\text{día}}$$

#### 5.7. Tiempo de Retención de la Biomasa

Bajo la acción de bacterias Thermophilica se estima que en un reactor normal a 30 °C, el tiempo requerido para biodegradar la materia prima alimentada es de 10 días según tabla 3.6, tiempo óptimo que se puede afectar por las variaciones de la temperatura ambiental. [16]

$$TR = 10\text{días} \times 1.3$$

$$TR = 13 \text{ días}$$

El factor 1,3 es un coeficiente que depende de la temperatura, la cual para garantizar un funcionamiento óptimo del biodigestor para cualquier época del año, se ha asumido como 30 °C. [16]

### 5.8. Biomasa disponible

$$BD = PB + An$$

$$BD = 500 \frac{\text{Kg}(\text{estiércol})}{\text{dia}} + 1500 \frac{\text{Kgagua}}{\text{día}}$$

$$BD = 2000 \text{Kgbiomasa} / \text{dia}$$

### 5.9. Producción de bioabono por día

$$Ba = BD - BD \times \frac{St}{100}$$

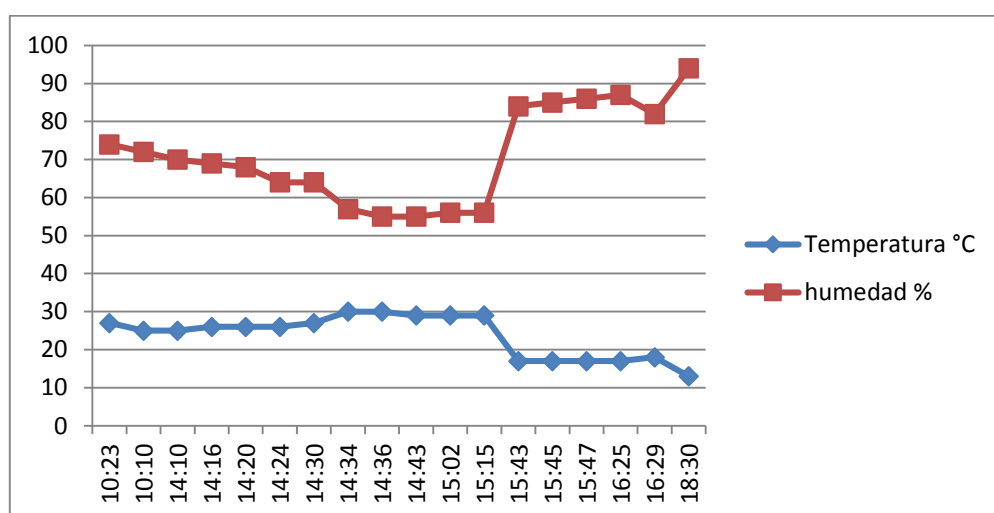
$$Ba = 2000 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}} - 2000 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}} \times \frac{60}{100} \quad Ba = 800 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}}$$

**Tabla 5.11.** Parámetros calculados para el biodigestor.

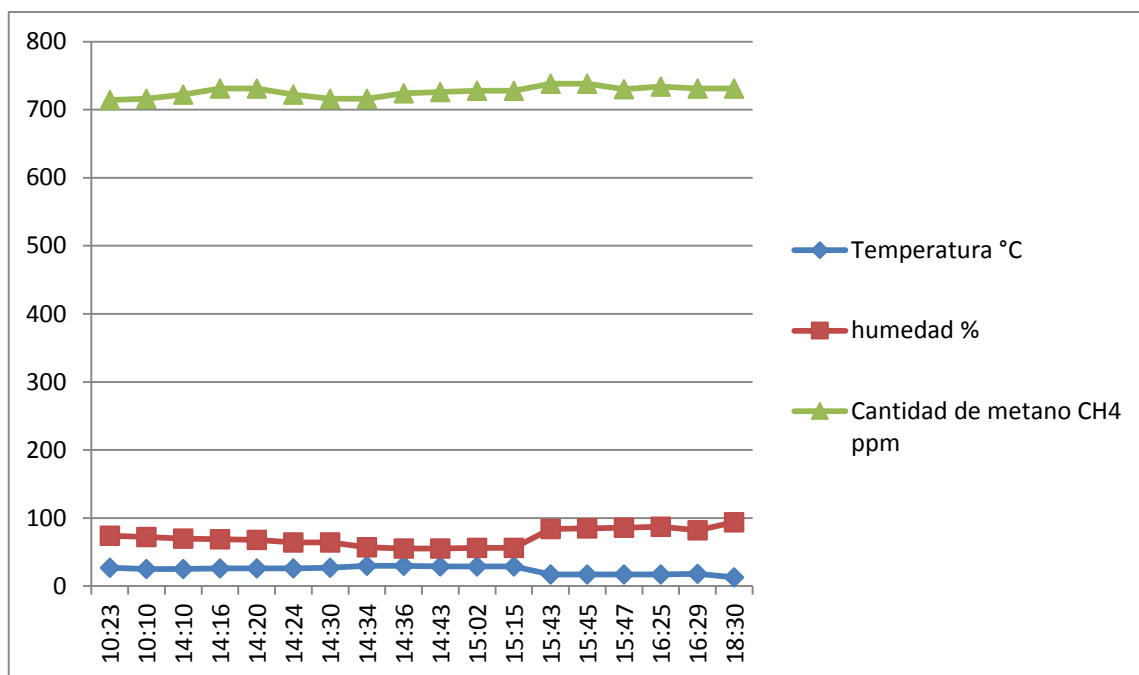
Parámetros calculados	Valor	Unidad	Ecuación
Cálculo de la generación de estiércol diario de la hacienda	500	Kg/día	(4.1)
Volumen disponible de estiércol	503.52	L/día	(4.2.)
Volumen del sustrato	1000	L/día	(4.3)
Volumen de Carga	13000	L	(4.6)
Altura del biodigestor	4.14	m	(4.7)
Agua necesaria	1500	Kg /día	(4.8)
Tiempo de Retención de la Biomasa	26	días	(4.9)
Biomasa disponible	2000	Kg/día	(4.10)
Producción de bio abono por día	800	Kg/día	(4.11)

**Tabla 5.12.** Datos tomados de la producción de biogás Julio.

Hora	Día	Temperatura °C	humedad %	Cantidad de metano CH4 ppm
10:23	14/07/2018	27	74	714
10:10	14/07/2018	25	72	716
14:10	14/07/2018	25	70	722
14:16	14/07/2018	26	69	731
14:20	14/07/2018	26	68	731
14:24	14/07/2018	26	64	722
14:30	14/07/2018	27	64	716
14:34	14/07/2018	30	57	716
14:36	14/07/2018	30	55	724
14:43	14/07/2018	29	55	726
15:02	14/07/2018	29	56	728
15:15	14/07/2018	29	56	728
15:43	14/07/2018	17	84	738
15:45	14/07/2018	17	85	738
15:47	14/07/2018	17	86	730
16:25	14/07/2018	17	87	734
16:29	14/07/2018	18	82	731
18:30	14/07/2018	13	94	731



**Figura 5.12.** Datos medidos

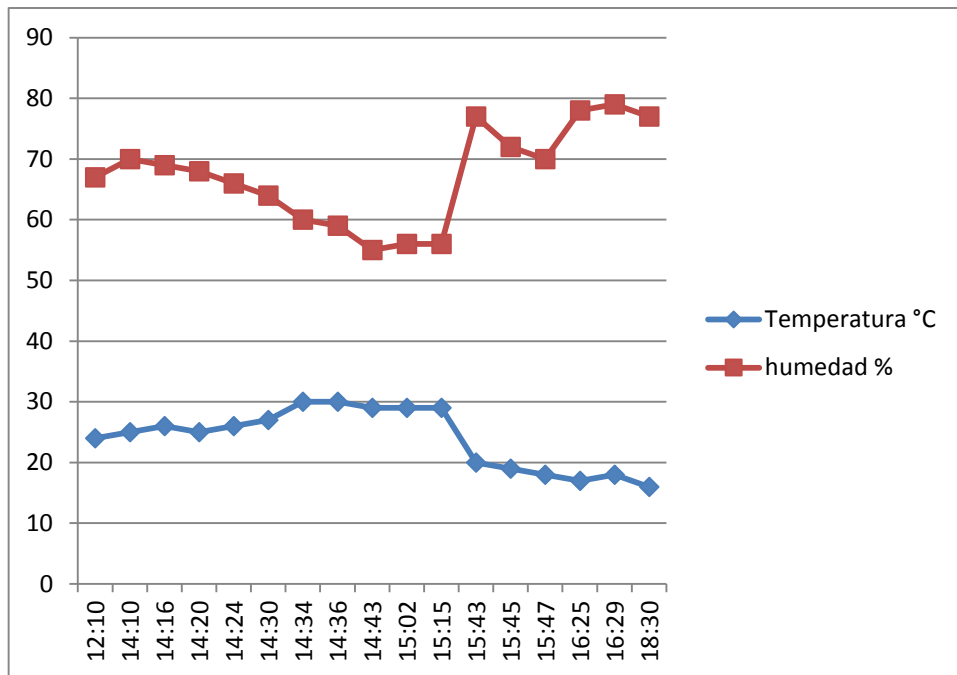


**Figura 5.13.** Comparación de datos medidos

En las figuras anteriores se puede hacer una comparación de datos obtenidos a diferentes horas con la temperatura y la humedad presente.

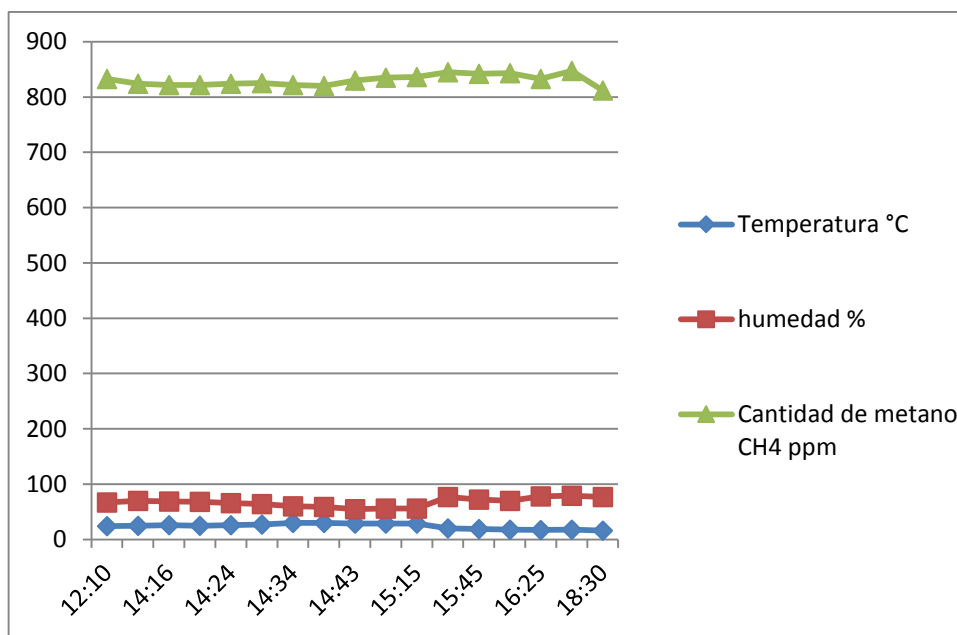
**Tabla 5.13** Datos tomados Julio

Hora	Día	Temperatura °C	humedad %	Cantidad de metano ppm
12:10	15/07/2018	24	67	833
14:10	15/07/2018	25	70	824
14:16	15/07/2018	26	69	822
14:20	15/07/2018	25	68	822
14:24	15/07/2018	26	66	824
14:30	15/07/2018	27	64	825
14:34	15/07/2018	30	60	822
14:36	15/07/2018	30	59	820
14:43	15/07/2018	29	55	830
15:02	15/07/2018	29	56	835
15:15	15/07/2018	29	56	836
15:43	15/07/2018	20	77	845
15:45	15/07/2018	19	72	842
15:47	15/07/2018	18	70	843
16:25	15/07/2018	17	78	833
16:29	15/07/2018	18	79	847
18:30	15/07/2018	16	77	812



**Figura 5.14.** Curva de valores de temperatura y humedad.

En la figura anterior se puede visualizar los valores de las temperaturas de trabajo y la humedad presente en el ambiente.

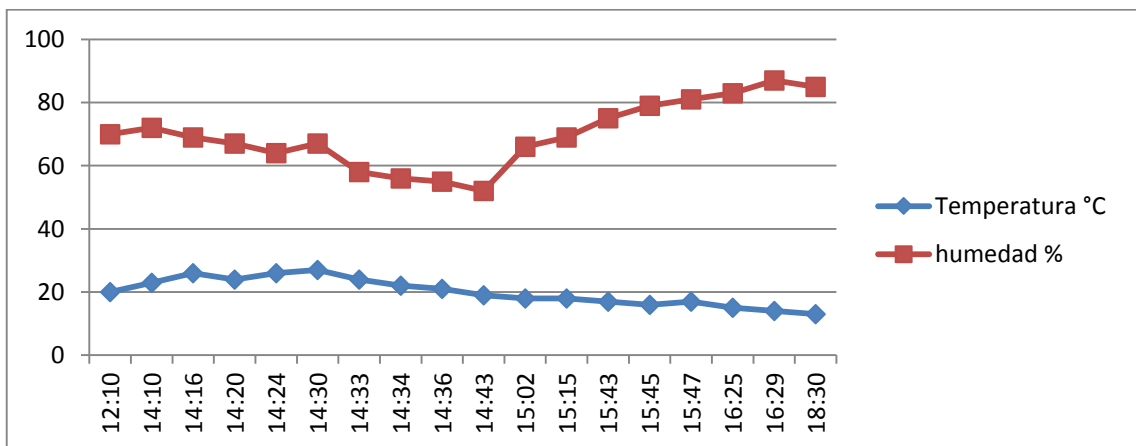


**Figura 5.15.** Cantidad de metano producido.

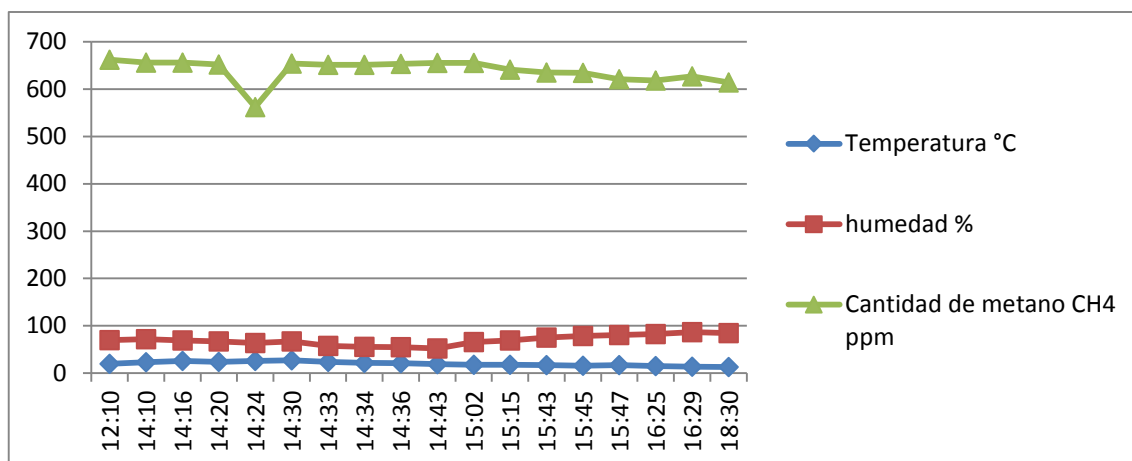
Se puede visualizar la cantidad de metano que existe en el biodigestor que se diferencia a la anterior existen otras temperaturas variables que afectan a la producción de biogás.

**Tabla 5.14.** Datos tomados Julio.

Hora	Día	Temperatura °C	humedad %	Cantidad de metano ppm
12:10	21/07/2018	20	70	662
14:10	21/07/2018	23	72	656
14:16	21/07/2018	26	69	656
14:20	21/07/2018	24	67	652
14:24	21/07/2018	26	64	562
14:30	21/07/2018	27	67	654
14:33	21/07/2018	24	58	651
14:34	21/07/2018	22	56	651
14:36	21/07/2018	21	55	653
14:43	21/07/2018	19	52	655
15:02	21/07/2018	18	66	655
15:15	21/07/2018	18	69	641
15:43	21/07/2018	17	75	635
15:45	21/07/2018	16	79	634
15:47	21/07/2018	17	81	621
16:25	21/07/2018	15	83	618
16:29	21/07/2018	14	87	627
18:30	21/07/2018	13	85	614



**Figura 5.16.** Temperatura de trabajo y humedad

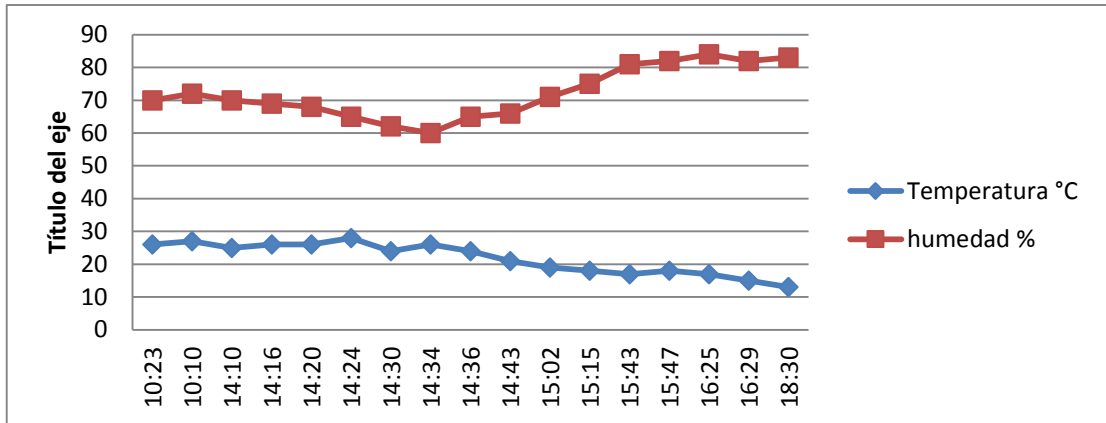


**Figura 5.17.** Cantidad de metano producido.

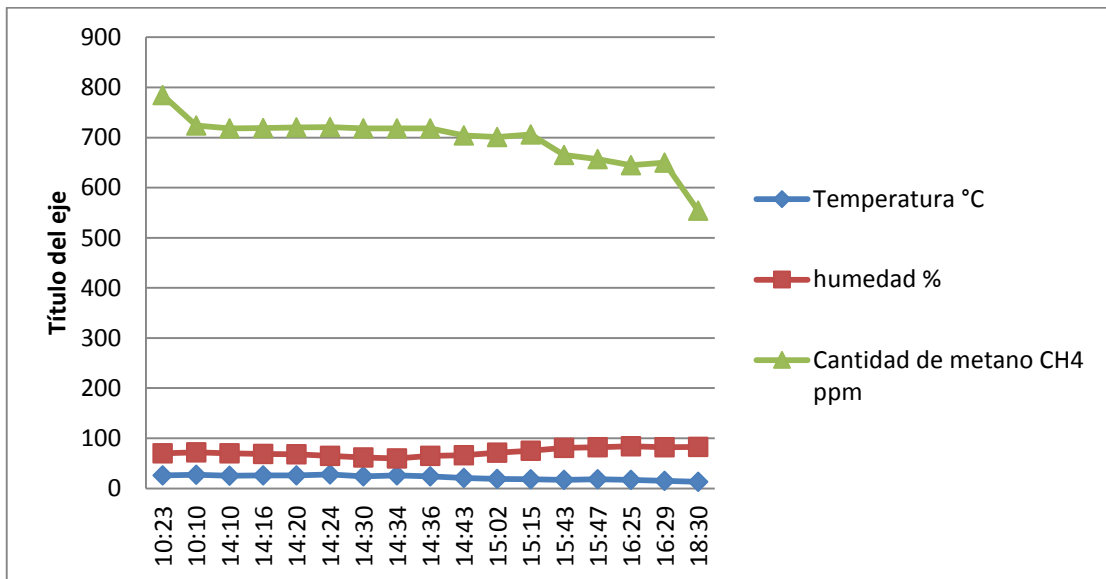
En la figura anterior se realiza una nueva comparación de metano producido con nuevos valores de temperatura.

**Tabla 5.15.** Datos tomados Julio.

Hora	Dia	Temperatura °C	humedad %	Cantidad de metano ppm
10:23	22/07/2018	26	70	785
10:10	22/07/2018	27	72	724
14:10	22/07/2018	25	70	718
14:16	22/07/2018	26	69	719
14:20	22/07/2018	26	68	720
14:24	22/07/2018	28	65	721
14:30	22/07/2018	24	62	718
14:34	22/07/2018	26	60	718
14:36	22/07/2018	24	65	718
14:43	22/07/2018	21	66	704
15:02	22/07/2018	19	71	701
15:15	22/07/2018	18	75	706
15:43	22/07/2018	17	81	665
15:47	22/07/2018	18	82	657
16:25	22/07/2018	17	84	645
16:29	22/07/2018	15	82	650
18:30	22/07/2018	13	83	554



**Figura 5.18.** Datos de temperatura y humedad.



**Figura 5.19.** Biogás producido

Se puede visualizar los valores de gas metano componente principal del biogás que a diferentes días los valores son diferentes y por la temperatura de trabajo.

## 6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

### 6.1. Presupuesto

Aquí se deben incluir los gastos de la implementación de la propuesta tecnológica en términos de precios y cantidades reales de acuerdo con los rubros:

- Directos
- Indirectos

### 6.1.1. Costos Directos de los materiales.

**Tabla 6.16.** Costos Directos.

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
Acoples de $\frac{3}{4}$ pulgada	3		2,00	6,00
Tubo PVC 2 pulgadas	16	m	1,40	22,40
Geomenbrana de color negro de 1.5 m de ancho.	2	módulos	108,50	217,00
Codos de 2 Pulg.	6		0,60	3,60
Tee de 2 pulgadas	2		0,80	1,60
Tubo de 2 pulgadas PVC	4	m	1,90	7,60
Abrazadera de $\frac{1}{2}$ pulgada	2		0,20	0,40
Teflón	6		0,50	3,00
Manómetro	2	MPa	26,80	53,60
Llaves de Seguridad $\frac{1}{2}$ pulg	3		2,75	8,25
Pegamento PVC	1	200 cc	6,34	6,34
Tuberías de transporte de gas.	6	m	1,65	9,90
Cemento pega	4		8,00	32,00
Plástico invernadero	32	m	2,80	89,60
			Totales	461,29

### 6.1.2. Costos Indirectos

**Tabla 6.17.** Costos Indirectos.

Materiales	Cantidad	Unidades	Costo Unitario (\$)	Total (\$)
Termo sellado de geomenbrana	2	2	5,00	10,00
Impresiones y	150		0,10	15,00

copias a blanco negro y color.				
Flash Memory	1		9,00	9,00
Esferos	3		0,50	1,50
Transporte	4		10,00	40,00
Anillados	4		1.15	4,60
Comida	12,00		12,00	12,00
Mano de Obra	2		40,00	60,00
			<b>Total</b>	<b>152,10</b>

### 6.1.3. Costo Total del Proyecto

**Tabla 6.18.** Costo Total.

Costos Directos	461,29
Costos Indirectos	152,10
<b>Total</b>	<b>586,39</b>

### 6.2. Análisis de impactos.

En el análisis de impactos se pueden responder las siguientes preguntas:

- Impacto práctico: ¿Para qué sirve? ¿Qué permite hacer que sin ella sería imposible? ¿Qué facilita?
- Impacto simbólico: ¿Qué simboliza o representa? ¿Qué connota?
- Impacto tecnológico: ¿Qué objetos o saberes técnicos preexistentes lo hacen posible? ¿Qué reemplaza o deja obsoleto? ¿Qué disminuye o hace menos probable? ¿Qué recupera o revaloriza? ¿Qué obstáculos al desarrollo de otras tecnologías elimina?
- Impacto ambiental: ¿El uso de qué recursos aumenta, disminuye o reemplaza? ¿Qué residuos o emanaciones produce? ¿Qué efectos tiene sobre la vida animal y vegetal?
- Impacto ético: ¿Qué necesidad humana básica permite satisfacer mejor? ¿Qué deseos genera o potencia? ¿Qué daños morales, reversibles o irreversibles, causa? ¿Qué alternativas más beneficiosas existen?

- Impacto epistemológico: ¿Qué conocimientos previos cuestiona? ¿Qué nuevos campos de conocimiento abre o potencia?

### 6.3. Análisis Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno

Se presenta los valores en una tasa de retorno a un plazo de 5 años con una tasa de 16%

**Tabla 6.19.** Análisis VAN Y TIR.

AÑO	FLUJO BENEFICIO	EGRESOS	FLUJO BENEFICIO	
0	0	\$ 586,39	(\$ 586,39)	
1	586,39	200	\$ 386,39	
2	586,39	210	\$ 376,39	
3	586,39	220	\$ 366,39	
4	586,39	230	\$ 356,39	
5	586,39	240	\$ 346,39	
	TASA	0,16	VAN	\$ 622,91
			TIR	57%

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- La implementación de un biodigestor permitió reducir en un 15% la contaminación ambiental con la recolección de las excretas del ganado y procesarlas para obtener el gas necesario.
- Con el diseño de un mini display permite visualizar la temperatura, humedad y la cantidad de metano que contiene el biodigestor en nuestro caso 730 pp m aproximadamente.
- Para la construcción del biodigestor se seleccionó materiales que son de bajo costo y accesibles para las personas como lo son, la selección de la geomembrana, plástico, tubería, y accesorios.

- Mediante medidores de pH se puede verificar los niveles de acides o de niveles aptos que son necesarios para utilizarlos como abono natural después de los días de retención.

### **RECOMENDACIONES**

- Realizar una limpieza al biodigestor cada vez que se recolecte la materia orgánica retenida en este caso para obtener el biol que será utilizado como un abono natural.
- Se recomienda la implementación de un invernadero para que este retenga el calor de la temperatura de trabajo y para protección del biodigestor de la lluvia y de vientos fuertes.
- Para obtener un mejor resultado se recomienda dejar salir los primeros gases de descomposición ya que los mismos no generan ningún poder calorífico por ende se debe esperar unos días más hasta que el biogás aparezca.

## 8. REFERENCIAS

- [1] K. Pasmíño, «BIODIGESTORES UNA SOLUCIÓN ENERGÉTICA PARA LA POBLACIÓN,» Junio 2016. [En línea]. Available: <http://repositorio.flacsoandes.edu.ec:8080/bitstream/10469/9651/2/TFLACSO-2016KIPM.pdf>. [Último acceso: 18 Mayo 2017].
- [2] J. G. Velasco, Energías Renovables, Barcelona: Reverté, 2009.
- [3] E. Toala, «Diseño De Un Biodigestor De Polietileno Para La Obtención De Biogas,» Junio 2013. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3406/1/236T0100.pdf>. [Último acceso: 19 Mayo 2017].
- [4] E. Caraballo, «Metodología GBV para la selección, diseño y construcción del biodigestor del ISMM,» INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO, Cuba, 2006.
- [5] M. Jofra, «Energías renovables para todos,» Sacal, Mexico, 2014.
- [6] J. M. Herrero, Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación, La Paz: Jaime Martí Herrero, 2008.
- [7] E. M. Maison, Generación de residuos de ganadería vacuna (purines) en Asturias: problemática y tratamiento, Oviedo: Universidad de Oviedo, 1998 .
- [8] C. E. Marín, «Las energías renovables en laproduccion de electricidad,» Caja Rural Region, Murcia-España, 2013.

- [9] P. M. T. V. Moreno, «Manual De Biogás,» 2011.
- [10] M. T. Varnero, Manual de biogás, Santiago de Chile: FAO, 2011.
- [11] V. T. Tapia, «Manual de Biodigestores Final,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.care.org.pe/wp-content/uploads/2016/11/Manual-de-Biodigestores-Final.pdf>. [Último acceso: 22 06 2017].
- [12] N. Carreras, «Potencial redox: Al ser anaerobias estrictas, la tolerancia de las bacterias metanogénicas a los cambios en el potencial redox es menor la de otras especies implicadas. En cultivos puros las bacterias metano génicas requiere,» Junio 2017. [En línea]. Available: [https://formacion.uam.es/pluginfile.../N\\_Carreras\\_%20Digestión%20Anaerobia.pdf](https://formacion.uam.es/pluginfile.../N_Carreras_%20Digestión%20Anaerobia.pdf). [Último acceso: 25 Julio 2017].
- [13] A. M. Palomo, DIAGNÓSTICO SOBRE LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS EN GUATEMALA, Guatemala: Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura, 1987.
- [14] M. B. LEONEL NUÑEZ, «Estudio y diseño de un biodigestor para aplicacion en pequeños ganaderos y lecheros,» UNIVERSIDAD DE CHILE, Santiago de Chile, 2010.
- [15] K. I. P. Macas, «Biodigestores Una Solución Energética Para La Población,» 2016.
- [16] G. Piernavieja Izquierdo , C. Hernandez Rodriguez y M. Diaz Torres , «Energias renovables y eficiencia energetica,» Instituto Tecnologico de Canarias, S.A., España Islas Canarias, Abril 2008.
- [17] J. M. Herrero, «BIODIGESTORES DE BAJO COSTO,» [En línea]. Available: <http://www.ideassonline.org/public/pdf/BrochureBiodigestoresESP.pdf>. [Último acceso: 5 Mayo 2017].
- [18] Pediapress, «Energias Alternativas,» UTC, Latacunga, 2011.
- [19] B. A. R. L. ., M. S. Z. Miguel Ángel Casas Prieto, «Estudio De Factibilidad Para La Puesta En Marcha De Los Digestores Anaeróbicos En Establos Lecheros,» vol. XIII, nº 4, 2009.
- [20] E. Marañón Maison, Generación de residuos de ganadería vacuna (purines) en Asturias: problemática y tratamiento, Primera ed., vol. 1, U. d. Oviedo, Ed., Oviedo, Asturias: Universidad de Oviedo, 1998, p. 202.

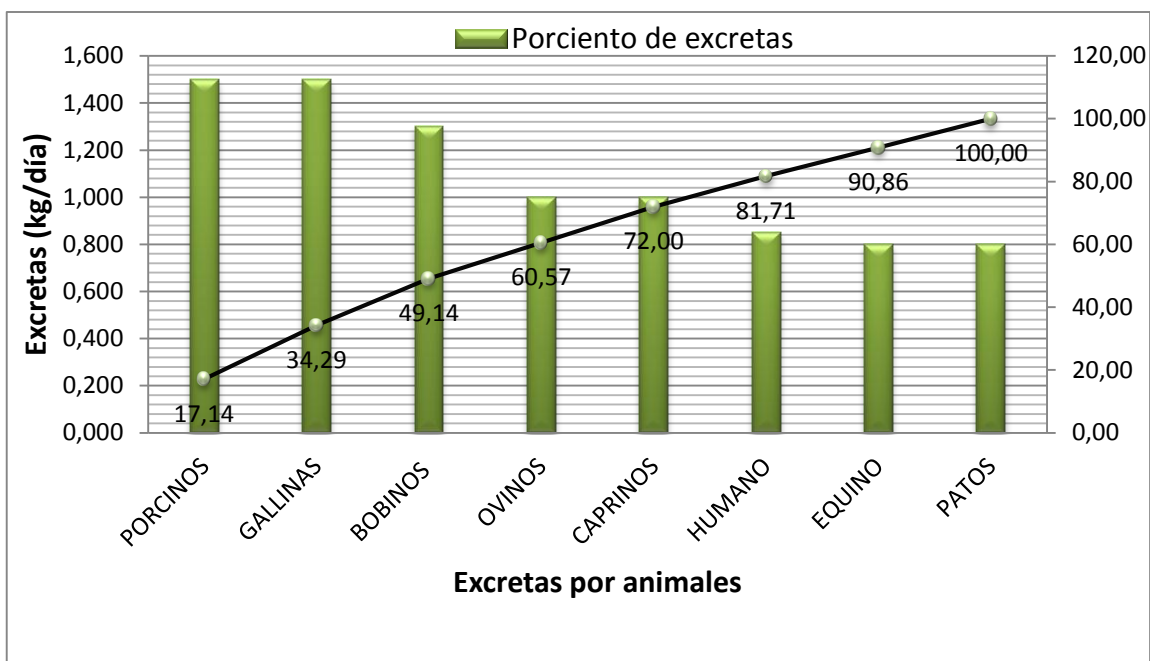
[21] IDAE, «Biomasa: Digestores anaerobios,» vol. 1, nº 1, 2007 .

[22] J. G. Velasco, Energias Renovables, Barcelona: Reverté, 2009.

## 9. ANEXOS

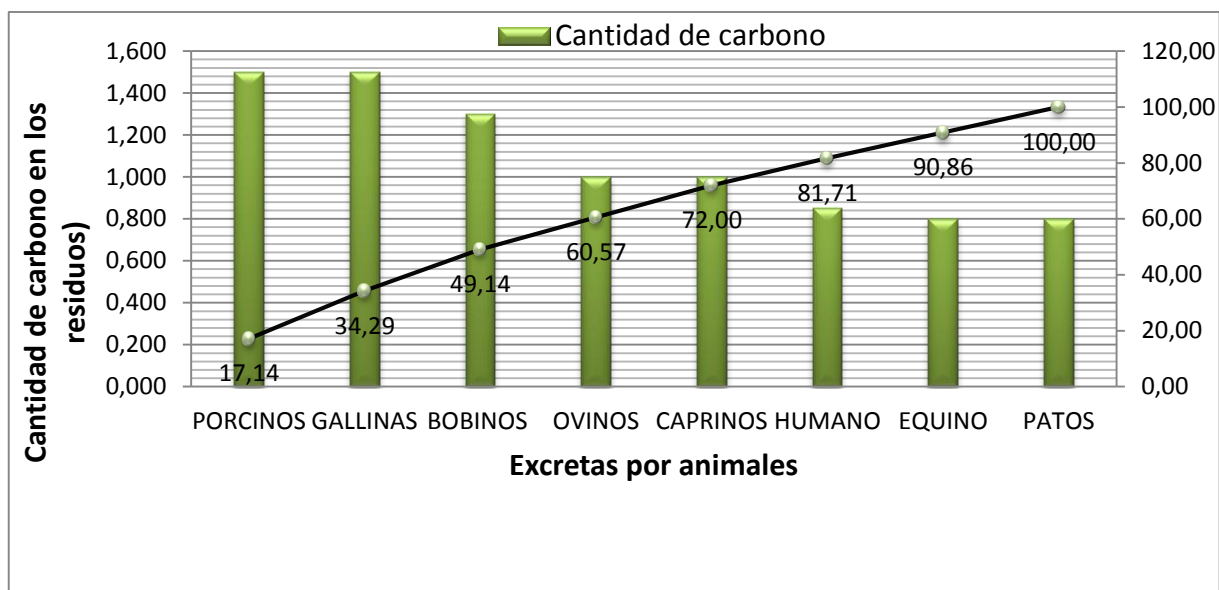
**Anexo I:** Se ha utilizado un análisis metodológico mediante PARETO para determinar porcentaje de producción de excretas en kg/día.

<b>Excretas por animales</b>	<b>Excretas (kg/día)</b>	<b>Por ciento</b>	<b>Acumulado</b>
BOVINO	10,000	37,481	37,48
EQUINO	10,000	37,481	74,96
PORCINO	2,250	8,433	83,40
CAPRINO	2,000	7,496	90,89
OVINO	1,500	5,622	96,51
HUMANOS	0,400	1,499	98,01
CONEJOS	0,350	1,312	99,33
AVES	0,180	0,675	100,00
Total	26,680	100,000	



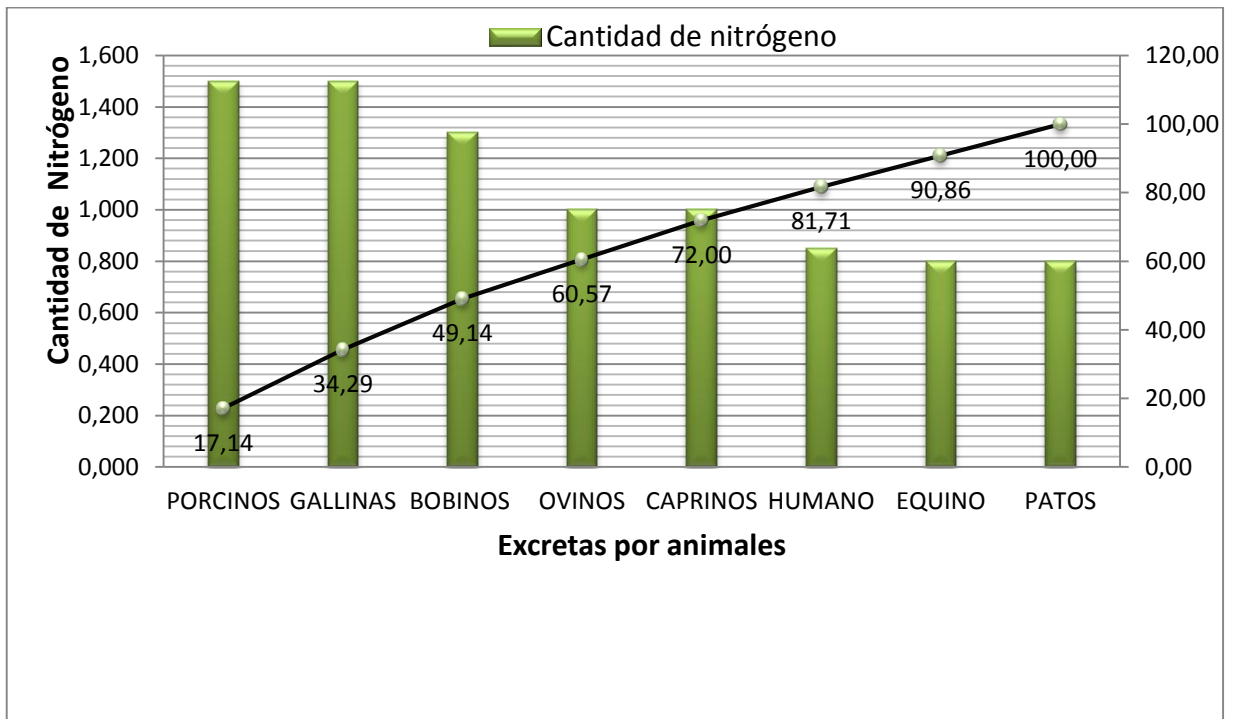
Análisis de la presencia de carbono en las excretas de animales.

Excretas	Cantidad de carbono en los residuos	Porciento	Acumulado
EQUINO	40,000	16,293	16,29
CAPRINO	40,000	16,293	32,59
PATOS	38,000	15,479	48,07
GALLINAS	35,000	14,257	62,32
OVINO	35,000	14,257	76,58
BOVINOS	30,000	12,220	88,80
PORCINO	25,000	10,183	98,98
HUMANOS	2,500	1,018	100,00
total	245,500	100,000	



Análisis de la cantidad del nitrógeno presente en las excretas.

Excretas	Cantidad de Nitrógeno	de Por ciento	Acumulado
PORCINOS	1,500	17,143	17,14
GALLINAS	1,500	17,143	34,29
BOVINOS	1,300	14,857	49,14
OVINOS	1,000	11,429	60,57
CAPRINOS	1,000	11,429	72,00
HUMANO	0,850	9,714	81,71
EQUINO	0,800	9,143	90,86
PATOS	0,800	9,143	100,00
total	8,750	100,000	



ANEXO II	Colocación de la geo membrana	1 de 1
----------	-------------------------------	--------



INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



**Colocación de la manguera de salida de biogás**



INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



**verificación del biogás obtenido**



INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

ANEXO VI	Biodigestor terminado	1 de 6
----------	-----------------------	--------



biodigestor implementado



INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



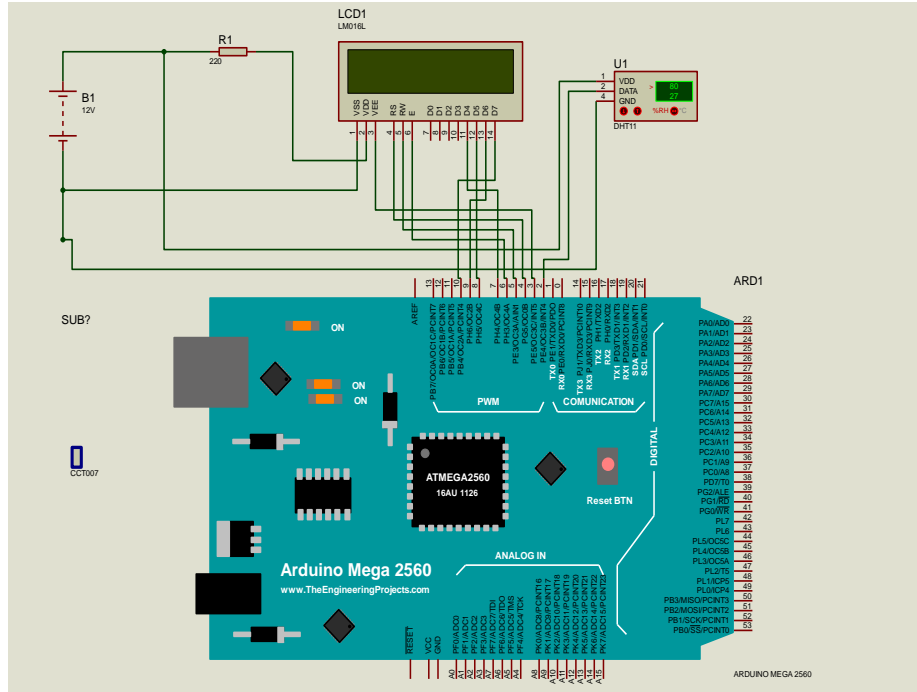
Invernadero implementado



INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Circuito de conexión con los sensores



INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

ANEXO IX	Programación del sistema	1 de 9
<pre> #include &lt;LiquidCrystal.h&gt;  #include &lt;DHT.h&gt;  #include&lt;Adafruit_SENSOR.h&gt;  int SENSOR = 2;  int VO = 3;  int RS = 4;  int E = 5;  int D4 = 6;  int D5 = 7;  int D6 = 8;  int D7 = 9;  int temp;  int humedad;  DHT dht (SENSOR, DHT11);  LiquidCrystal lcd (RS, E, D4, D5 ,D6, D7);  void setup(){    dht.begin();    lcd.begin(16, 2);    analogWrite(VO, 50); //contraste  } </pre>	<pre> void loop(){    humedad = dht.readHumidity();    temp = dht.readTemperature();    lcd.clear();    lcd.setCursor(0,0);    lcd.print("Temperatura: ");    lcd.print(temp);    lcd.print("C");    lcd.setCursor(0,1);    lcd.print("Humedad: ");    lcd.print(humedad);    lcd.print("%");    delay(15000);  } </pre>	



REPORTE DE RESULTADOS

Caso: 18-1090

Fecha de Recepción: 2018-03-20
Fecha de Inicio de Análisis: 2018-03-20
Fecha de Reporte: 2018-03-23

Temp. de la muestra: Ambiente

Hora de recolección: 08:30
Hora de recepción: 09:36

Teléfono: 0983 2568 78
(Sr. Klever Chicaiza)
kermichicaiza2011@hotmail.com

Propietario: Sr. Rodrigo López
Hacienda: Santa Inés
Dirección: Sector de Umbria
Provincia: Pichincha
Remite: Sr. Klever Chicaiza
Muestra recolectada por: Sr. Klever Chicaiza
Procedimiento de campo: N/A

Cantón: Mejía
Parroquia: Santa Inés

Table with 3 columns: Número de muestra, Especie, Vacuna

RESULTADOS

Temperatura Ambiental: 18 - 25°C
de los Eneayos

Examen Solicitado: Coprocultivo

Table with 5 columns: Código, Identificación, Raza, Sexo, Edad

Cultivo: Crecimiento moderado de Escherichia coli (Flora Normal)

NOTA: Los resultados son válidos únicamente para las muestras recibidas y procesadas en el laboratorio.

Signature and stamp of the laboratory director

Morb. María José Sánchez Ayala
Jefa de Laboratorio

Prohibida la reproducción total o parcial del presente reporte sin la autorización escrita de Vetelab Cia. Ltda.

Contact information for Vetelab: D: Sucursal 47 y José Véliz, Quito, Ecuador. T: (09) 23 9729 / 0983 2568 78. E: info@vetelab.net



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



Universidad Técnica de Cotopaxi



特盛科技 Zhengzhou Winson Electronics Technology Co., Ltd

[www.winsensor.com](http://www.winsensor.com)

**MQ-4 Semiconductor Sensor for Flammable Gas**

**Profile**

Sensitive material of MQ-4 gas sensor is SnO<sub>2</sub>, which with lower conductivity in clean air. When the target flammable gas exist, the sensor's conductivity gets higher along with the gas concentration rising. Users can convert the change of conductivity to correspond output signal of gas concentration through a simple circuit.

MQ-4 gas sensor has high sensitivity to methane, also has anti-interference to alcohol and other gases.

**Features**

It has good sensitivity to methane in wide range, and has advantages such as long lifespan, low cost and simple drive circuit &etc.

**Main Applications**

It is widely used in domestic gas leakage alarm, industrial flammable gas alarm and portable gas detector.



**Technical Parameters**

Stable.1

Model		MQ-4	
Sensor Type		Semiconductor	
Standard Encapsulation		Bakelite, Metal cap	
Target Gas		Methane	
Detection range		300~1000ppm(CH <sub>4</sub> )	
Standard Circuit Conditions	Loop Voltage	V <sub>L</sub>	≤24V DC
	Heater Voltage	V <sub>H</sub>	5.0V±0.1V AC or DC
	Load Resistance	R <sub>L</sub>	Adjustable
Sensor character under standard test conditions	Heater Resistance	R <sub>H</sub>	26Ω±3Ω(room tem.)
	Heater consumption	P <sub>H</sub>	≤950mW
	Sensitivity	S	R <sub>S</sub> (in air)/R <sub>S</sub> (in 5000ppmCH <sub>4</sub> )≥5
	Output Voltage	V <sub>S</sub>	2.5V~4.0V (in 5000ppm CH <sub>4</sub> )
	Concentration Slope	α	≤0.6(R <sub>1000ppm</sub> /R <sub>1000ppm</sub> CH <sub>4</sub> )
Standard test conditions	Tem. Humidity	20°C±2°C; 55%±5%RH	
	Standard test circuit	V <sub>L</sub> :5.0V±0.1V V <sub>H</sub> :5.0V±0.1V	
	Preheat time	Over 48 hours	

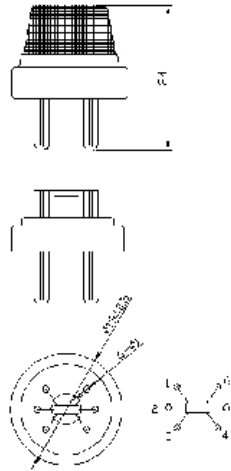


Fig1.Sensor Structure

Unit: mm

NOTE: Output voltage (V<sub>S</sub>) is V<sub>H</sub> in test environment.

Tel: 86-371-67169097/67169670 Fax: 86-371-60932988

Email: [sales@winsensor.com](mailto:sales@winsensor.com)



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



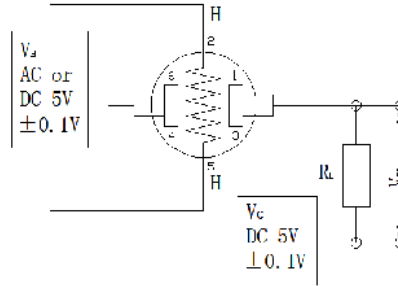
Universidad Técnica de Cotopaxi

**Winsen**

特盛科技 Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd

[www.winsensor.com](http://www.winsensor.com)

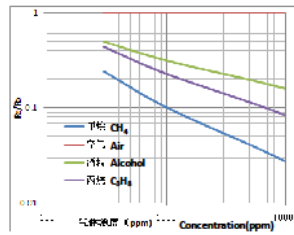
**Basic Circuit**



**Fig2. MQ-4 Test Circuit**

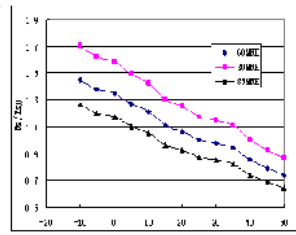
Instructions: The above fig is the basic test circuit of MQ-4. The sensor requires two voltage inputs: heater voltage ( $V_d$ ) and circuit voltage ( $V_c$ ).  $V_d$  is used to supply standard working temperature to the sensor and it can adopt DC or AC power, while  $V_c$  is the voltage of load resistance  $R_L$  which is in series with sensor.  $V_c$  supplies the detect voltage to load resistance  $R_L$  and it should adopt DC power.

**Description of Sensor Characters**



**Fig3. Typical Sensitivity Curve**

The ordinate is resistance ratio of the sensor ( $R_g/R_0$ ), the abscissa is concentration of gases.  $R_g$  means resistance in target gas with different concentration,  $R_0$  means resistance of sensor in clean air. All tests are finished under standard test conditions.



**Fig4. Typical temperature/humidity characteristics**

The ordinate is resistance ratio of the sensor ( $R_g/R_0$ ).  $R_g$  means resistance of sensor in 5000ppm methane ( $CH_4$ ) under different temp. and humidity.  $R_0$  means resistance of the sensor in 5000ppm methane under 20°C/55%RH.

Tel: 86-371-67169097/67169670 Fax: 86-371-60932988

Email: [sales@winsensor.com](mailto:sales@winsensor.com)



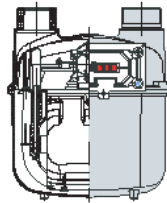
INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



< Totalizador



#### Calidad

Ingeniería de primer nivel mundial en el centro de diseño de Reims, Francia, certificado según las normas ISO 9001:2000

Producción de primer nivel mundial en nuestra unidad de operaciones de Buenos Aires, Argentina, certificada según las normas ISO 9001:2000

#### Aplicación

El medidor a diafragma ACD G1.6 se usa normalmente en aplicaciones hogareñas tales como termotanques o cocinas que requieran precisión con caudales de gas de medios a bajos.

Está diseñado para uso con gas natural, GLP y gases no corrosivos.

Este medidor es compatible con las normas EN1359 y O.I.M.L. 31 y satisface las exigencias de muchas otras normas metroológicas como la IRAM 2717, Portaria R 31 de INMETRO o NCH 2230. Los medidores son controlados en un 100% en conformidad a normas aplicables y requisitos del cliente.

Con su diseño robusto y ultra compacto, el ACD G1.6 asegura un nivel de precisión y estabilidad constante a lo largo del tiempo y resulta ideal para satisfacer las necesidades de los mercados de gas emergentes.

Estos medidores pueden ser equipados a pedido para lectura remota y gestión de datos.

#### Características Técnicas

Tipo de Gas	Gas Natural, GLP y otros gases no corrosivos
Volumen Ciclico	0.7 dm <sup>3</sup>
Temperaturas de operación	-20°C a +50°C
Temperatura de almacenamiento	-40°C to +60°C
Máxima presión de trabajo	1 bar
Rango de medición	Q <sub>min.</sub> = 0.016 m <sup>3</sup> /h Q <sub>max.</sub> = 3 m <sup>3</sup> /h
Emisor de pulsos	Medidor estándar sin pre-equipamiento Opcional 0.01 m <sup>3</sup> / pulso, 0.1 m <sup>3</sup> / pulso o 1 m <sup>3</sup> / pulso
Transmisor de pulso	LF retroinstalable 12 Vdc max. - 10mA max. estándar 0.01 m <sup>3</sup> /pulso 0.1 m <sup>3</sup> / pulso o 1 m <sup>3</sup> / pulso según pedido Conexión en bloc
Material de carcazas	Aleación de aluminio
Roscas de conexión	Métricas estándar: M26 x 1.5 M30 x 2 ISO228 estándar: G7/8" G3/4" G1"1/4 NPT estándar: (a pedido) BS746 estándar: 1" Otras conexiones a pedido.
Color	Gris claro RAL 7040 (otras opciones a pedido)

#### Opciones y Accesorios

- < Transmisor de pulsos retro-instalable
- < Soluciones AMR (lectura automática de medidor) de red fija o de 433 Mhz portátil
- < Toma de presión



INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA

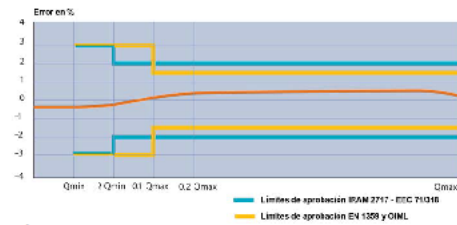


Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

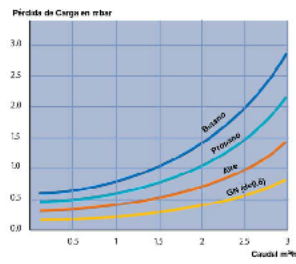


Metrología

Curva Metroológica

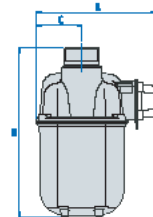
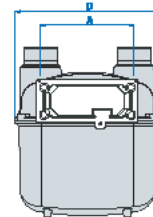


Pérdida de carga



Dimensiones

<b>ACD G1.6 Estándar</b>	
Material de carcasas	Aleación de aluminio
Dirección del flujo	De izquierda a derecha
Diámetro de tambores (totalizador)	19 mm
Dirección de rotación de tambores	De arriba hacia abajo
A	100, 110 & 130 mm
B	200 mm
C	55.5 mm
D	171 mm
E	145 mm
Peso (kg)	1.48 Kg



< ACD G1.6 Estándar



INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

La temperatura medida de trabajo a las 18:30



Temperatura medida a las 15:02



INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

La temperatura medida de trabajo a las 18:30



Temperatura medida a las 15:02



INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

Metano producido a las 18:30



INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

## MANUAL DE OPERACIÓN DE SISTEMA BIODIGESTOR

### INTRODUCCIÓN

El presente manual tiene como objetivo informar al usuario o beneficiario, las condiciones de operación que están basadas en estudios previos a su implementación. De acuerdo a las variables que se manejan tanto dentro y fuera del biodigestor dependen del estado de los materiales y de las características que presenten los mismos que de acuerdo al uso adecuado que se vaya desarrollando y de los mantenimientos que se le realice cada cierto tiempo para evitar así daños y/o accidentes los cuales pueden estar relacionados con su mal uso y mala práctica.

#### **Procedimiento para la carga del biodigestor.**

1. Verificar si el biodigestor está lleno, si es así sacar la mayor cantidad posible de biol ya tratado.
2. Seleccionar el estiércol, de los establos, evitar que se entren piedras o elementos corto punzantes que puedan dañar el biodigestor.
3. Verificar la salida del biogás, para evitar que haya fugas en su salida.
4. Cerrar las llaves de paso para evitar la salida de biogás existente antes de ingresar el estiércol.
5. Mezclar 1:2, es decir 1 parte de estiércol y 2 partes de agua.
6. Cambiar el filtro de entrada para evitar que las entradas se tapen.
7. Llenar el biodigestor hasta que las cantidades se equiparen a la altura del tanque de entrada.
8. Revisar el filtro de salida de biogás, intercambiar la lana de acero, y así evitar que esta se oxide en exceso.
9. Evitar que este quede vacío para evitar que el biogás que se salga por las salidas del biol.
10. Mantener las llaves cerradas durante 1 a 2 meses, debido a la demora que la descomposición del material dura ese tiempo.

#### **Recomendaciones para el mantenimiento del biodigestor:**

1. Evitar que las cantidades de biol se acumulen en el tanque de salida.
2. Colocar filtros a la salida para que este salga lo más líquido posible.
3. Evitar que niños o animales entren al sitio de los biodigestores y que rompan las bolsas y el plástico de recubrimiento.
4. Verificar las cantidades y el pH, del biol tratarse.
5. Revisar las abrazaderas de las tuberías de gas.

