



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BIODIGESTOR CHINO  
ANAEROBIO A PARTIR DEL ESTIERCOL VACUNO EN LA  
FINCA “LOS 5 HERMANOS” DE LA PARROQUIA EL DORADO”**

**TESIS DE GRADO**

**Previo a la obtención del Título de:**

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:**

**JORGE EDUARDO GORDÓN ZULETA**

**JOSÉ ANTONIO SAMANIEGO MANCHAY**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**- 2014 -**

## **AGRADECIMIENTOS.**

*A Dios, a la Virgen del Cisne y del Quinche, por habernos protegido y guiado desde el comienzo hasta la culminación de nuestros estudios universitarios.*

*Con infinita gratitud a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Extensión Norte Amazónica, Facultad de Ciencias, especialmente a la Carrera de Ing. Biotecnología Ambiental, donde recibimos los conocimientos que nos permitirán realizarnos como profesionales.*

*A los docentes en especial al Dr. Celso Recalde, Director de Tesis, al Dr. Gerardo León Asesor de Tesis, e Ing. Pablo Wayllas, Colaborador de Tesis, quienes con sus conocimientos se encargaron de guiarnos en el desarrollo de nuestra tesis.*

*Al Colegio de Ingenieros Forestales de Sucumbíos, Laboratorio de Agua, Suelo, Alimentos y Balanceados (LABSU), y al Sr. Segundo Álvarez por habernos apoyado y dado facilidades económicas y necesarias para el desarrollo del presente proyecto.*

*A nuestros profesores y amigos de la carrera de Ing. En Biotecnología Ambiental, con quienes hemos compartido una etapa muy importante en nuestras vidas llena de esfuerzo y dedicación.*

*Jorge y José.*

## ***DEDICATORIA.***

*Dedico este trabajo a mis padres Jorge Rafael Gordón y Roza Zuleta quienes con su apoyo, paciencia, colaboración y amor han sabido guiarme hasta culminar mi carrera.*

*A mis hermanos Cristian y Erick por su amor y comprensión, a mis amigos José, Darwin, Nelson, Andrés, Yuly, Eliecer, Marilyn, Eliana, Jennifer, Luis, Jefferson, Juan, por apoyarme en mis buenos y malos momentos.*

*A mi esposa Gretha y mi hija Yarely por darme su comprensión y su apoyo incondicional ya que ellas forman un pilar muy importante en mi vida las amo mucho.*

*Jorge Gordón.*

*Dedico este trabajo a mis padres Galo Samaniego y Martha Manchay, quienes con su infinito amor, paciencia, colaboración, han sabido guiarme y apoyarme en todo momento hasta culminar mi carrera.*

*A mis hermanos Javier, Milena, Verónica y Cristian por estar siempre incondicionalmente brindándome amor y comprensión.*

*A mis mejores amigos: Jorge, Darwin, Nelson, Andrés, Yuly, Eliecer, Marilyn, Eliana, Jennifer, Luis, Jefferson, Juan, por estar siempre presentes apoyándome en cada momento bueno y malo de mi vida.*

*José Samaniego.*

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

El Tribunal de Tesis certifica que el trabajo de investigación:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BIODIGESTOR CHINO ANAEROBIO A PARTIR DEL ESTIERCOL VACUNO EN LA FINCA “LOS 5 HERMANOS” DE LA PARROQUIA EL DORADO”**, de responsabilidad de los Egresados Sr. Jorge Eduardo Gordón Zuleta y Sr. José Antonio Samaniego Manchay ha sido prolijamente revisada por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

	<b>FECHA</b>	<b>FIRMA</b>
Dr. Silvio Álvarez <b>DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS</b>	_____	_____
Lcdo. Wilvo Vásquez <b>DIRECTOR EXT. NORTE AMAZÓNICA</b>	_____	_____
Dr. Celso Recalde <b>DIRECTOR DE TESIS</b>	_____	_____
Dr. Gerardo León <b>MIEMBRO DE TRIBUNAL</b>	_____	_____
Sr. Carlos Rodríguez <b>DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN</b>	_____	_____
<b>NOTA</b>	_____	_____

*“Yo, Jorge Eduardo Gordón Zuleta, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la*  
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA**  
**DECHIMBORAZO”**

---

**JORGE EDUARDO GORDÓN ZULETA**

*“Yo, José Antonio Samaniego Manchay, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la*  
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA**  
**DECHIMBORAZO”**

---

**JOSÉ ANTONIO SAMANIEGO MANCHAY**

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Cm	Centímetro
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
L	Litro
Mg	Miligramo
Kg	Kilogramo
KJ	Kilo Jules
M	Metro
W	Watt
ST	Sólidos Totales
T.R	Tiempo de retención
°C	Grados Centígrados
C/N	Relación Carbono Nitrógeno
G	Gramo
GLP	Gas Licuado de Petróleo
pH	Potencial de Hidrógeno
°T	Temperatura
H	Hora
Ppm	Partes por millón
S	Segundo
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
Ha	Hectárea
Vt	Volumen Total (Estiércol +agua)
EF	Estiércol Fresco de vacunos
CE	Cantidad de Estiércol Requerido
CD	Carga/Día
Ced	Cantidad de excretas diarias
H	Profundidad
Vb	Volumen del tanque del biodigestor

V	Volumen
H	Altura
Hb	Altura del tanque del Biodigestor
Hb1	Altura del tanque del Biodigestor más base
Hc	Altura de la cúpula
Rc	Radio de la curvatura de la cúpula
Rb	Radio del biodigestor
Vc	Volumen de la cúpula
A	3 valor constante
Vci	Volumen del cilindro
Vt	Volumen total del biodigestor
Vce	Volumen de la caja de entrada
Vcs	Volumen de la caja de salida
Atb	Altura total del Biodigestor.

## **SIMBOLOGÍA**

π	Pi (Cociente entre la longitud de la circunferencia y su diámetro)
%	Porcentaje
In	Pulgada.
C	Carbono
N	Nitrógeno
H <sub>2</sub> O	Agua
LABSU	Laboratorio de Aguas, Suelos, Alimentos y Balanceados.
NH <sub>3</sub>	Amoniaco
K	Potasio
Mg	Magnesio
Ca	Calcio
∅	Diámetro

## ÍNDICE

ÍNDICE DE ABREVIATURAS .....	I
SIMBOLOGÍA.....	III
RESUMEN.....	i
SUMMARY .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
OBJETIVOS .....	iii
OBJETIVO GENERAL.....	iii
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	iii
CAPITULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. JUSTIFICACIÓN.....	3
3. MARCO TEÓRICO.....	4
3.1. DESCRIPCIÓN DE LUGAR Y ÁREA DE ESTUDIO.....	6
3.2. ESTIÉRCOL.....	7
3.3. BIOGÁS.....	7
3.3.2. Factores que afectan la producción de biogás.....	8
3.3.3. USO DEL BIOGÁS .....	14
3.4. EL BIOL.....	14
3.4.1. Composición química del biol.....	14
3.5. NECESIDADES PARA COMENZAR EL PROCESO DE DIGESTIÓN ANAEROBÍA .....	15
CAPITULO II .....	16
4. PARTE EXPERIMENTAL.....	17
4.1. ÁREA DE ESTUDIO Y MUESTREO.....	17
4.2. MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	18
4.2.1. OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS PARA LOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS PRE Y POST TRATAMIENTO.....	18
4.2.2. TÉCNICAS DE LABORATORIO EMPLEADAS.....	19
4.3. OBTENCIÓN Y PRODUCCIÓN DE BIOGÁS MEDIANTE UN BIODIGESTOR PROTOTIPO (TIPO BATCH).....	21
CAPITULO III.....	23
5. ELECCIÓN DEL BIODIGESTOR.....	24

5.1.	PRESELECCIÓN.....	24
5.1.1.	DEFINICIÓN DE LOS ASPECTOS CONSIDERADOS EN LA MATRIZ DE PRESELECCIÓN: .....	25
5.1.2.	MATRICES PARA LA SELECCIÓN DEL MODELO DE BIODIGESTOR. ....	26
5.2.	RESULTADOS.....	31
5.3.	DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LAS MUESTRAS DE ESTIÉRCOL FRESCO.....	31
5.3.1.	Sólidos totales pre-tratamiento.....	31
5.3.2.	Potencial de Hidrógeno. (pH).....	32
5.3.3.	Materia orgánica.....	33
5.3.4.	Humedad. ....	34
5.3.5.	Ceniza.....	35
5.3.6.	Coliformes totales. ....	36
5.3.7.	Relación Carbono – Nitrógeno (C/N). ....	37
5.4.	RESULTADOS DE ANÁLISIS POST TRATAMIENTO (BIOL.).....	38
5.5.	CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA MATERIA PRIMA. (ESTIÉRCOL).....	40
5.6.	CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE ENERGÍA QUE SE CONSUME MENSUALMENTE EN LA FINCA “LOS 5 HERMANOS” .....	40
5.6.1.	Cálculo de la cantidad de GLP a m <sup>3</sup> de biogás.....	41
5.7.	CÁLCULO DE DETERMINACIÓN DE MATERIA PRIMA DISPONIBLE. ....	41
5.8.	DIMENSIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR TIPO CHINO. ....	42
5.8.1.	Determinación de la materia prima requerida. ....	42
5.8.2.	Cálculo de la mezcla agua + estiércol, cargada al biodigestor. ....	43
5.8.3.	Volumen tanque del biodigestor (Vb).....	44
5.8.4.	Diámetro del biodigestor (Ø).....	44
5.8.5.	Altura, cámara de digestión. (Hb) .....	45
5.8.6.	Cálculos de la curvatura de la cúpula. ....	46
5.8.6.1.	Altura de la cúpula (hc).....	46
5.8.6.2.	Radio de la curvatura de la cúpula (Rc) .....	47
5.8.6.3.	Volumen de la cúpula (Vc) .....	47
5.8.7.	Sobredimensionamiento para almacenamiento de biogás. (Sab) .....	48
5.8.8.	Volumen del sobredimensionado (Vs).....	48

5.8.9.	Volumen total del biodigestor (Vt) .....	49
5.8.10.	Altura total del biodigestor. (Atb) .....	49
5.8.12.	Cámara de salida. ....	51
5.8.13.	Tubería empleada para la conducción de la materia prima al interior del Biodigestor. 53	
5.8.14.	TUBERÍA QUE CONDUCIRÁ EL BIOGÁS DESDE EL INTERIOR DEL BIODIGESTOR HACIA FUERA. ....	54
5.9.	METODOLOGÍA. ....	55
5.9.1.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....	55
5.9.1.1.	Objetivo general. ....	55
5.9.1.2.	Objetivos específicos.....	55
5.9.1.3.	Marco legal.....	55
a)	Constitución de la República del Ecuador. <sup>24</sup> .....	56
b)	Texto Unificado De La Legislación Ambiental Secundaria. <sup>25</sup> .....	56
5.9.1.4.	Flora y Fauna afectados por la ejecución del proyecto. ....	58
a)	Flora. ....	58
b)	Fauna. ....	59
5.9.1.5.	Cuantificación de los impactos mediante la matriz de Leopold.....	61
5.9.1.6.	Interpretación de resultados.....	64
5.9.1.7.	Área de influencia directa.....	65
5.9.1.8.	Área de influencia indirecta. ....	65
5.9.2.	PLANIFICACIÓN DE CONSTRUCCIÓN.....	66
5.9.3.	CARGA DEL BIODIGESTOR.....	75
5.9.4.	MEDICIÓN DEL BIOGÁS. ....	78
CAPÍTULO IV .....		81
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	82
6.9.	Conclusiones. ....	82
CAPÍTULO V .....		84
7.	BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS.....	85
7.9.	Bibliografía. ....	85
8.	ANEXOS.....	91

## **INDICE DE FIGURAS.**

Figura 1. Ubicación de la finca “Los 5 Hermanos” .....	6
Figura 2. Biodigestor de Polietileno. ....	26
Figura 3. Partes de un biodigestor tipo hindú. ....	28
Figura 4. Partes de un biodigestor tipo chino. ....	29

## **INDICE DE TABLAS**

TABLA 1. Condiciones Meteorológicas de Fco. Orellana. ....	6
TABLA 2. Composición del Biogás. ....	8
TABLA 3. Efectos del pH en la producción de biogás. ....	9
TABLA 4. Rangos de temperatura para la digestión anaerobia. ....	10
TABLA 5. Tiempos de retención dependiendo de la materia prima. ....	11
TABLA 6. Datos promedios sobre el contenido de sólidos totales de diversos residuos. ....	11
TABLA 7. Relación C/N de diferentes residuos de animales. ....	12
TABLA 8. Usos del Biogás. ....	14
Tabla 9. Composición química del biol. ....	15
Tabla 10. Datos Básicos de Diseño –Biogás de Estiércol de Ganado Vacuno ....	42
Tabla 11. Lista de plantas encontradas del sitio. ....	59
Tabla 12. Lista de animales encontrados en el área. ....	60
Tabla 13. Resultado de valoración de impactos ambientales. ....	63

## **INDICE DE CUADROS.**

CUADRO 1. Parámetros Pre-Tratamiento analizados. ....	19
CUADRO 2. Parámetros Post Tratamiento analizados (Biol). ....	20
CUADRO 3. Matriz de Preselección de Digestor de “Bolsa Flexible” .....	26
CUADRO 4. Matriz de Preselección del digestor tipo “Hindú. ....	28
CUADRO 5. Matriz de Preselección del digestor de domo fijo “Chino”. ....	30
CUADRO 6. Porcentaje de sólidos totales presente en el estiércol fresco. ....	31

CUADRO 7. Valores de pH en el estiércol fresco. ....	32
CUADRO 8. Porcentajes de materia en el estiércol fresco. ....	33
CUADRO 9. Valores de humedad en el estiércol fresco. ....	34
CUADRO 10. Porcentaje de cenizas en el estiércol fresco. ....	35
CUADRO 11. Porcentaje de coliformes totales en el estiércol fresco. ....	36
CUADRO 12. Relación C/N en el estiércol fresco. ....	38
CUADRO 13. Resultados de biol del biodigestor Chino de la Finca los 5 hermanos. ...	39
Cuadro 14. Análisis de biol .....	40
CUADRO 15. Determinación de la materia prima disponible. ....	41
CUADRO 16. Resumen de medidas del biodigestor. ....	54
CUADRO 17. Materiales utilizados en la construcción del biodigestor. ....	68
Cuadro 18. Resultados de producción de biogás. ....	78

## **INDICE DE FOTOGRAFÍAS.**

FOTOGRAFÍA 1. Estiércol de vacunos Finca “Los 5 hermanos” .....	7
FOTOGRAFÍA 2. Selección del área donde se construirá el biodigestor. ....	67
FOTOGRAFÍA 3. Limpieza general del área. ....	68
FOTOGRAFÍA 4: Excavación del hoyo. ....	70
.FOTOGRAFÍA 5 Colocación de la tubería de conducción de la mezcla.....	70
FOTOGRAFÍA 6. Túnel de salida del biol y acceso al mantenimiento interno. ....	71
FOTOGRAFÍA 7. Colocación de malla electrosoldada y encofrado. ....	71
FOTOGRAFÍA 8. Tanque o cámara de biodigestión fundida. ....	72
TOGRAFÍA 9. Construcción de la caja de entrada .....	73
FOTOGRAFÍA 10. Construcción de la cúpula. ....	74
FOTOGRAFÍA 11. Construcción de la caja de salida. ....	74
FOTOGRAFÍA 12. Biodigestor tipo Chino en la Finca “Los Hermanos” .....	75
FOTOGRAFÍA 13. Recolección y almacenamiento de la materia prima. ....	76
FOTOGRAFÍA 14. Recolección y transporte de rumen proveniente del camal. ....	77
FOTOGRAFÍA 15. Carga del biodigestor (Estiércol+ rumen + agua). ....	78

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Sólidos Totales en estiércol fresco. ....	32
Gráfico 2. pH Estiércol Fresco. ....	33
Gráfico 3. % Materia orgánica Estiércol Fresco.....	34
Gráfico 4. % Humedad Estiércol Fresco. ....	35
Gráfico 5. % Ceniza Estiércol Fresco.....	36
Gráfico 6. Coliformes totales Estiércol Fresco.....	37
Gráfico 7. Relación C/N Estiércol Fresco. ....	38
Gráfico 8. Análisis post- Tratamiento. ....	39

## RESUMEN.

Se diseñó y construyó el biodigestor Chino anaerobio en la finca “Los 5 Hermanos”, parroquia el Dorado, provincia de Orellana.

En el presente trabajo se empleó investigación de campo, utilizando el método del pesaje, para determinar la cantidad estiércol/día generada, el método analítico, consistió en tomar muestras para ser analizados por el laboratorio LABSU, ubicado en Francisco de Orellana, el mismo que arrojó los siguientes valores; Sólidos totales 13%, relación Carbono/Nitrógeno 11:1, los cuales permitieron mediante ecuaciones y fórmulas ingenieriles determinar parámetros de diseño, que fueron representados en planos utilizando software AutoCAD. Para la construcción del biodigestor Chino se empleó: talento humano (2), material pétreo ( $3 \text{ m}^3$ ), cemento (19 quintales), 1 malla electrosoldada de 10x10, 1 tubo de PVC (8pulg), 4 varillas de hierro (1/8), 2 tablas triplex, tablas de madera (30).

Para satisfacer los 2 GLP/mes que utiliza la finca “Los 5 Hermanos”, se construyó el biodigestor Chino anaerobio con las siguientes dimensiones; Altura 2.43m, diámetro 1.75m, volumen cúpula  $0.44 \text{ m}^3$ /biogás, altura cúpula  $0.35 \text{ m}^3$ , radio curvatura cúpula 1.27 m, además se sobredimensiono 10% con respecto a su altura, destinado al almacenamiento (biogás), con un volumen total  $5.1 \text{ m}^3$ , una producción estimada de  $2.2 \text{ m}^3$  de biogás por día. Durante las pruebas de producción realizadas el día 14 produjo  $1.1 \text{ m}^3$  biogás, el día 20,  $1.65 \text{ m}^3$  biogás, en 28 días  $1.94 \text{ m}^3$  biogás.

Realizada la investigación se concluye que el biodigestor Chino construido en la Finca “Los 5 Hermanos”, tiene un 88% eficiencia máxima.

Se recomienda al Sr. Segundo Álvarez difundir en su sector la utilización de biodigestores para generar biogás como alternativa de energía limpia y amigable con el ambiente.

## ABSTRACT

A Chinese Anaerobic biodigester has been designed and built at farm "Los 5 Hermanos", el Dorado Parish, Orellana Province.

Field trip was used in this present research using weighing method to determine the quantity of manure/day generated. Analytic method consist on taking samples to be analyzed at the laboratory LABSU, located on Francisco de Orellana getting the following results were gotten: total solids 13%, relation carbon/nitrogen 11:1.

These results were used to determine design parameters by means of equations and engineering formula which were represented in plans using AutoCAD software. In order to built the chinese biodigester, human talent (2), rocky material (3m<sup>3</sup>), cement (19 quintals), 1 electrically welded mesh of 10x10, 1 PVC pipe (8 inches), 4 iron rods (1/8), 2 triplex boards, wood boards (30) were used.

A Chinese Anaerobic biodegester with the following dimensions; Height 2.43m, diameter 1,75m, upper volume 0.44m<sup>3</sup>/biogas, upper height 0.35m<sup>3</sup> upper curvature radio 1.27m, was built to satisfy the 2 LPG/mo. that farm mentioned uses, in addition, 10% of height was oversized to storage (biogas), with a total volume 5.1 m<sup>3</sup>, a production estimated of 2,2m<sup>3</sup> of biogas per day. During the production tests, the day 14 it was produced 1.1m<sup>3</sup>biogas, the day 20, 1.65m<sup>3</sup> biogas, in 28 days 1.94 m<sup>3</sup> biogas.

It is concluded that the Chinese biodigester built in the farm mentioned above has 88% of high efficiency.

It is recommended that Mr. Segundo Alvarez disseminate in the sector the use of biodigesters in order to generate biogas as an alternative of energy clean and friendly with the environment.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL.**

- Construir un Biodigestor chino anaerobio en la finca “Los 5 hermanos” de la parroquia el Dorado a partir del estiércol vacuno.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

1. Diseñar un Biodigestor óptimo para producir biogás, en base a los Biodigestores existentes en bibliografía.
2. Caracterizar la calidad del estiércol del ganado vacuno pre y post proceso de degradación de la materia, mediante análisis físico-químico y microbiológico
3. Dimensionar el diseño estructural del Biodigestor para la producción de Biogás previamente seleccionado.

# **CAPITULO I**

## **MARCO TEÓRICO**

## CAPITULO I

### 1. INTRODUCCIÓN.

Debido a que el consumo global de energía ha ido en aumento año tras año, el avance de nuevas fuentes tecnológicas alternativas ha crecido de manera importante, ya que estas nos permiten utilizar gran parte de los residuos orgánicos en generación de energías limpias para el consumo, ayudando a ser menos dependientes de los tradicionales combustibles fósiles. En el Ecuador la obtención de energía mediante los biodigestores aún no tiene la importancia necesaria, debido a dicha técnica no es muy conocida y tampoco existe un interés por las grandes industrias, esto se debe a que en nuestro país aún existe gran cantidad de combustibles fósiles encargadas de la producción de energía y gas.

El presente proyecto se basa en el diseño y construcción de un biodigestor tipo chino, para la finca “Los 5 Hermanos”, ubicada en el sector los Mieles, cantón Fco. De Orellana, provincia Orellana, con el objetivo de satisfacer la demanda de GLP, mediante la producción de biogás, además de la generación de abonos orgánicos (biol) ricos en nutrientes para el suelo.

Para la ejecución del siguiente proyecto, se manejó varias alternativas de tipos de biodigestores existentes en la actualidad como el chino, Hindú y de Polietileno, los cuales fueron comparados mediante una matriz de valoración de eficiencia, que permitió seleccionar al biodigestor tipo Chino como el más idóneo para la zona. El biodigestor tipo Chino construido en la finca “Los 5 Hermanos” arrojó durante las pruebas de producción los siguientes resultados: tiempo de retención de 14 días la producción diaria fue de  $1.1\text{m}^3$ , a los 20 días de  $1,65\text{m}^3$  y a los 28 días de  $1.94\text{m}^3$  llegando a una eficiencia máxima de 88%.

## **2. JUSTIFICACIÓN.**

En vista a la gran demanda de fuentes de energía y al crecimiento acelerado de las poblaciones, se trata de buscar nuevas alternativas para satisfacer las exigencias energéticas de zonas marginales de nuestro país, motivo por el cual se ha empezado a promover la generación de biogás, mediante el aprovechamiento eficiente de residuos orgánicos generados por animales (vacunos) en sus tierras, lo cual permitirá que los habitantes de estas zonas mejoren su nivel de vida.

En la facultad de Ingeniería en Zootecnia de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se puede observar un digestor anaerobio que por falta de materia prima (estiércol), este no se encuentra en funcionamiento y por ende no contribuye con energía a la planta de lácteos.<sup>1</sup>

Con este proyecto se propone motivar y demostrar a los habitantes de la Parroquia “El Dorado”, que pueden utilizar las excretas de vacunos, para producción de biogás y biol, los cuales serían beneficioso porque les permitiría reducir la inversión en la compra de GLP y fertilizantes, reduciendo la contaminación de los recursos agua, suelo y aire.

El presente diseño y construcción del Biodigestor, utilizará los residuos orgánicos (estiércol) generado por los vacunos, en la finca “Los 5 Hermanos”, impidiendo de esta manera que exista contaminación de cuerpos de agua existentes en la zona y aprovechar la degradación del estiércol para ser utilizado como fertilizante. A demás el presente proyecto, permitirá satisfacer las necesidades de GLP, el mismo que es utilizado para diferentes actividades como el alumbrado de lámparas a gas y para el calentamiento de agua en el proceso de desplumado de pollos de finca.

---

(1)NINABANDA JENY., Alternativas de Manejo de las Excretas Porcinas., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Escuela de Ingeniería Zootécnica., TESIS., Riobamba., 2012.

### 3. MARCO TEÓRICO.

Con el aumento del consumo energético por parte de la población humana se ha venido dando una serie de problemas económicos y ambientales, es por ello que ha surgido la búsqueda de nuevas tecnologías que cumplan con la conservación y ahorro energético, por lo cual con el transcurso de los años se ha visto factible la construcción de Biodigestores capaces de producir energía (Biogás), a partir de los residuos generados por el sector Ganadero (estiércol). Según Metcalf y Harrison (1977), en 1983, Donald Cameron, fue uno de los precursores al ser el primero en construir un tanque séptico, en Inglaterra, para la obtención de biogás a partir de la descomposición de desechos orgánicos.

Se han diseñado algunos biodigestores en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, tipo Hindú, Chino y de Polietileno, aunque la mayoría de ellos solo se encuentran dimensionados. En la facultad de Ciencias existen algunos diseños de biodigestores, entre ellos tenemos: El diseño de un biodigestor Chino Anaerobio, a partir del estiércol de ganado vacuno, para la comunidad El Olivo- Pallatanga. De la misma forma existe el diseño de un biodigestor Chino Anaerobio para la estación Tunshi-ESPOCH, diseño realizado en base a las excretas de ganado.<sup>2</sup>

En nuestro país no hay muchos proyectos destinados a la generación de biogás, debido principalmente al poco conocimiento de esta tecnología, otro factor es los costos que significan la construcción y desarrollo de proyectos de biogás. En algunas ciudades como Quito, Guayaquil, Cuenca y Ambato existen ya proyectos importantes para la obtención de metano, ya sea utilizando materia prima proveniente de desechos orgánicos o estiércol de ganado vacuno o porcino principalmente. En la ciudad de Quito se ha diseñado y construido un biodigestor a escala, con una producción a partir de desechos orgánicos vegetales y desechos orgánicos animales.

---

(2)<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/79/simple-search?query=biorreactor>

De la misma manera en la ciudad de Manta se ha tratado de solucionar los problemas en cuanto a los residuos generados en las actividades producidas del camal municipal mediante la implementación de un biodigestor tipo chino.<sup>3</sup>

En la ciudad de Latacunga se encuentra construido un biodigestor tipo bolsa, en la empresa San Francisco, ubicada a 10 km al norte del cantón Latacunga, este biodigestor es alimentado con estiércol de ganado vacuno. Además el fertilizante orgánico salido del biodigestor es utilizado como abono para 50 hectáreas de rosas.

De la misma forma en la provincia del Oro, en la empresa AGROLOMAS SANTA ROSA, se realiza estudios de factibilidad para la rehabilitación de sistema de cuatro biodigestores para aprovechamiento de gallinaza, y posterior producción de biogás y fertilizantes.<sup>4</sup>

En la provincia de Orellana no existe ningún diseño terminado de biodigestores, de tipo Hindú, Chino o de Polietileno, que son los más comunes, por lo que esta tecnología alternativa para producir biogás no se encuentra implementada, pese a que existe importantes cantidades de materia prima disponible, y que pueden ser aprovechados.

En la Agrupación Los Mieles, se puede apreciar grandes extensiones de tierra las cuales son destinadas a ser utilizadas como pastizales, por lo cual existe una gran actividad ganadera que nos proporcionará la materia prima para nuestro digestor.

---

(3) <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/740>

(4) <http://www.aqualimpia.com/home.htm>

### 3.1. DESCRIPCIÓN DE LUGAR Y ÁREA DE ESTUDIO.

El proyecto se lo desarrollo en la Finca los “5 hermanos”, ubicado a 12 km de Puerto Francisco de Orellana, en la Agrupación los Mieles, parroquia El Dorado.

**TABLA 1. Condiciones Meteorológicas de Fco. Orellana.**

Parámetro	Valor	Unidad
Temperatura	26	°C/año
Humedad	88	%/año
Precipitación	2500 a 3800	Mm/año
Topografía	254 a 300	m.s.n.m

FUENTE: INAMHI

A demás la finca “Los 5 Hermanos” consta con los siguientes límites:

Norte: Con lote No. 5 1670 metros.

Sur: Con lote No. 3 en 1685 metros.

Este: Con terrenos del Alma Lojana en 232 metros.

Oeste: Con la Empresa Zurita en 85m y con la Agrupación Conde en 145m.

**Figura 1. Ubicación de la finca “Los 5 Hermanos”.**



FUENTE: Autores

### 3.2. ESTIÉRCOL.

Materia prima utilizada para producción de biogás, su caracterización es muy importante porque a partir de este se logra dimensionar un biodigestor, tomando en cuenta su disponibilidad (cantidad generada) o de acuerdo a su composición (Sólidos totales, Relación C/N).

**FOTOGRAFÍA 1. Estiércol de vacunos Finca “Los 5 hermanos”.**



FUENTE: Autores

#### 3.2.1. Composición y características del estiércol.

El estiércol vacuno en la provincia de Orellana, de raza Brahman rojo tiene una composición de un 87% humedad, 13 % de sólidos, pH de 7.5, y una relación de C/N de 20:1.<sup>5</sup>

### 3.3. BIOGÁS.

Gas que se genera naturalmente dentro de un biodigestor, es una alternativa amigable con el ambiente, proviene de la fermentación o biodegradación de residuos orgánicos (vegetales o excretas) en un medio anaerobio. El biogás tiene un poder calorífico entre 4.500 a 5.600 kilocalorías por m<sup>3</sup> de gas.<sup>6</sup>

---

(5) Análisis Autores., – LABSU., Orellana 2013.

(6) [http://www.energizar.org.ar/energizar\\_desarrollo\\_tecnologico\\_biogas.html](http://www.energizar.org.ar/energizar_desarrollo_tecnologico_biogas.html)

**TABLA 2. Composición del Biogás.**

<b>Composición del Biogás.</b>			
<b>Componente</b>	<b>Mínima %</b>	<b>Máxima%</b>	<b>Promedio %</b>
Agua (H <sub>2</sub> O)	3,62	4,24	3,92
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	27,5	15,01	20,85
Ácido sulfhídrico (H <sub>2</sub> S)	0,1	0,1	0,18
Metano (CH <sub>4</sub> )	68,78	80,65	75,05
Poder Calorífico	26,84	31,12	29,17

Nota: La presión de salida del biogás es 4 Kpa.  
El poder calorífico del gas natural es de 38.9 Mj/m<sup>3</sup>

FUENTE: Proyecto de cogeneración y mecanismo de desarrollo limpio. Ing. Alejandro Romay r.

### **3.3.1. Características del Biogás.**

El biogás posee una densidad menor que el aire y la temperatura de la llama alcanza 870°C. Dentro de un biodigestor en los primeros días de haberse cargado, la producción de metano se da en pocas cantidades, lo que se genera es CO<sub>2</sub>, por lo que es recomendable dejar escapar.<sup>7</sup>

### **3.3.2. Factores que afectan la producción de biogás.**

La actividad metabólica involucrada en el proceso metanogénico se ve afectada por diversos factores.

#### **a. Tipo de materia prima.**

Para la degradación de la materia prima (estiércol), dependerá principalmente del tipo de alimentación que hayan recibido los animales.

---

(7) <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/biogas.pdf>

El estiércol de vacunos a utilizarse, beneficia la producción de biogás, en la zona de Orellana ya que el principal alimento de vacunos son los pastizales, además de que los análisis de sólidos totales están en un 13 % presente en el estiércol y una relación C/N de 20:1<sup>8</sup>

### **b. pH.**

Es la medida de acidez o basicidad de la materia prima que se utilizara en el proceso de fermentativo para la producción de biogás.

**TABLA 3. Efectos del pH en la producción de biogás.**

<b>Efectos del pH en la producción de biogás.</b>	
<b>Valor de pH</b>	<b>Efecto</b>
7.0 – 7.2	Óptimo.
$\geq 6.2$	Retardada la acidificación.
$\leq 7.6$	Retardada la armonización.

**FUENTE:** Metcall – Eddy 1995

Se acepta generalmente que los valores óptimos de pH oscilen entre 7.0 y 8.5, en la producción de biogás.<sup>9</sup>

### **c. Temperatura del sustrato.**

Uno de los factores importantes es la temperatura de sustrato, en la provincia de Orellana la temperatura ambiente promedio es 26 °C según el INAMHI, lo que favorecerá el metabolismo de microorganismos dentro del biodigestor.<sup>10</sup>

Tomando en cuenta que las poblaciones bacterianas se desarrollan con mayor rapidez a mayores temperaturas.

(8)Análisis Autores., – LABSU., Orellana 2013.

(9)VARNERO MARÍA T., Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables., Manual De Biogás - Proyecto CHI/00/G32.,Santiago de Chile, 2011.,Pág.42.

(10) [http://www.gporellana.gob.ec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4&Itemid=21](http://www.gporellana.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=4&Itemid=21)

**TABLA 4. Rangos de temperatura para la digestión anaerobia.**

<b>Rangos de temperatura para la digestión anaerobia</b>				
	<b>Rango de temperatura (°C)</b>			<b>Tiempo de retención (días)</b>
<b>Fermentación</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Óptimo.</b>	<b>Máxima</b>	
Psicrofílica	4-10	15-18	25-30	100
Mesofílica	15-25	28-33	30-60	30-60
Termofílica	25-45	50-60	75-80	10-16

FUENTE: Lagrange, 1979.

#### **d. Velocidad de carga volumétrica.**

Es la mezcla agua + estiércol, cargado todos los días al biodigestor. Esta mezcla es un parámetro que se debe tener muy en cuenta en la relación agua, estiércol a utilizar, porque una misma cantidad de estiércol puede ser diluida con diferentes cantidades de agua.<sup>11</sup>

#### **e. Tiempos de retención.**

En Orellana generalmente la temperatura promedio es elevada (26°C), el tiempo de retención observado en biodigestores a escala piloto es de 28 días.

Tiempo en que permanece el sustrato mezcla (aguas + estiércol) dentro del biodigestor, lo afecta dos factores: el tipo de materia prima utilizada y la temperatura a la que se desarrolla el proceso.<sup>12</sup>

---

(11)<http://www.textoscientificos.com/energia/biogas/factores>

(12)<http://www.textoscientificos.com/energia/biogas/factores>

**TABLA 5. Tiempos de retención dependiendo de la materia prima.**

<b>Tiempo de retención de materia orgánica</b>	
<b>Materia prima</b>	<b>T.R (días)</b>
Estiércol vacuno liquido	20-30
Estiércol porcino liquido	15-25
Estiércol aviar liquido	20-40

FUENTE: Instituto de ingeniería rural I.N.T.A. - CASTELAR. ING. A. M. SC. Jorge A. HilberT.

### **Contenido de sólidos.**

De acuerdo a análisis realizados en Orellana (LABORATORIO LABSU 2013), el estiércol de ganado vacuno contienen un 13% de sólidos totales.<sup>13</sup>

**TABLA 6. Datos promedios sobre el contenido de sólidos totales de diversos residuos.**

<b>Materias primas</b>	<b>% Sólidos totales.</b>
Bovinos	13.4 – 56.2
Porcinos	15.0 – 49.0
Aves	26.0 – 92.0

FUENTE: Varnero y Arellano, 1991.

### **g. Inclusión de inoculantes.**

Para acelerar el arranque se agregó rumen extraído del intestino del ganado vacuno, obtenido del camal de la provincia de Orellana, esto se realizó considerando que se puede acelerar el aumento de población microbiana dentro del biodigestor a partir de inclusión de material rico en bacterias, lo que permite disminuir la primera etapa o arranque del proceso.<sup>14</sup>

---

(13) Análisis Autores., – LABSU., Orellana 2013.

(14) <http://www.textoscientificos.com/energia/biogas/factores>

#### **h. Relación carbono: nitrógeno (C/N) en las excretas.**

La relación de C/N del estiércol “fresco o crudo”, de vacuno raza Brahman rojo, en la provincia de Orellana, específicamente en el Cantón Francisco de Orellana, del sector “Agrupación los Mieles” de acuerdo a análisis realizados en Laboratorios LABSU es de 20:1.<sup>15</sup>

De una manera general, autores consideran que una relación C/N óptima que debe tener el material “fresco o crudo” que se utilice para iniciar la digestión anaeróbica, 30:1.<sup>16</sup>

**TABLA 7. Relación C/N de diferentes residuos de animales.**

<b>Residuo animal</b>	<b>%C</b>	<b>%N</b>	<b>C/N</b>
Bovinos	30	1.30	25:1
Equinos	40	0.80	50:1
Ovinos	35	1.00	35:1

FUENTE: Varnero y Arellano, 1991.

#### **i. Inhibidores.**

Son aquellos compuestos que inhiben la digestión y afectan a los microorganismos productores de biogás, entre ellos tenemos: elevada concentración de nitrógeno y amoníaco, generación de natas y metales pesados.<sup>17</sup>

En el caso de los residuos generados por vacunos puede influir de manera directa el suministro de antibióticos y desinfectantes para el cuidado de los mismos. Los vacunos de los cuales se obtuvo la materia prima en los últimos 6 meses no se les ha suministrado antibiótico o algún tipo de desinfectantes.

---

(15)Análisis Autores., – LABSU., Orellana 2013.

(16)VARNERO MARÍA T., Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables., Manual De Biogás - Proyecto CHI/00/G32.,Santiago de Chile, 2011.,Pág.34.

(17)VARNERO MARÍA T., Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables., Manual De Biogás - Proyecto CHI/00/G32., Santiago de Chile, 2011.,Pág.46.

#### **j. La digestión anaerobia.**

Es un proceso realizado en ausencia del oxígeno, donde diferentes tipos de microorganismos, descomponen la materia orgánica y la convierten en gases, entre los cuales se forman en una mayor cantidad el metano y dióxido de carbono, que se conoce como biogás.<sup>18</sup>

#### **k. Primera Etapa: Hidrólisis y Fermentación.**

Es la primer etapa del proceso de digestión anaerobia, donde se produce la descomposición de grandes a más simples moléculas que puedan ser utilizados en la siguiente etapa por las bacterias metanogénicas, principalmente se forma ácido acético, fórmico, H<sub>2</sub>.<sup>19</sup>

#### **l. Segunda Etapa: Acetogénesis.**

Durante la acetogénesis se forman compuestos como el acetato, hidrógeno y dióxido de carbono, actividad realizada por bacterias denominadas “Productoras Obligadas de Hidrógeno” (BPOH).<sup>19</sup>

#### **m. Tercera Etapa: Metanogénesis.**

Etapa final de la digestión anaerobia, aquí se forma el metano, generado principalmente por bacterias llamadas acetogénicas. (Demirel y Scherer, 2008).<sup>19</sup>

---

(18)CAMPOS E., Aprovechamiento Energético de lodos Residuales y Purines – Producción de Biogás.,Departament de Medi Ambient Ciències del Sol de la Universitat de Lleida.,Barcelona 2011., Pág. 3

(19)MARTIN., Phosphorus in Anaerobic Digestion Process., Boca de Raton – Florida., 2006., Pags. 5,6,8

### 3.3.3. USO DEL BIOGÁS

El biogás se lo puede emplear en equipos comerciales que posean la capacidad de quemar gas natural. En la siguiente tabla se describe las posibles aplicaciones.

**TABLA 8. Usos del Biogás.**

<b>Aplicación</b>	<b>Producción</b>
Cogeneración	Electricidad y Calor
Quemador estufa infrarroja	Calor
Lámpara	Iluminación y Calor
Motores	Potencia Mecánica

**FUENTE:** Instituto de Ingeniería rural I.N.T.A. - CASTELAR. ING. A. M. SC. JORGE A.

### 3.4. EL BIOL.

Sustancia orgánica líquida de color café oscuro, proveniente de fermentación anaerobia de la mezcla estiércol y agua. Además es un bioestimulante que mejora la nutrición en las plantas, haciéndolas más resistentes a enfermedades y plagas, aumenta la producción y mejora la calidad de los productos.<sup>20</sup>

#### 3.4.1. Composición química del biol.

En la siguiente tabla podemos encontrar la composición química del biol, procedente de la descomposición del estiércol vacuno.

---

(20)APARCANA R. SANDRA., Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso fermentación anaeróbica para la producción de biogás., German ProFEC (Professional energy and environmental consultancy), Surco – Lima – Perú., 2008., Pág.3

**Tabla 9. Composición química del biol.**

<b>Componente</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>
pH	7.96	-
Materia seca	4.18	%
Nitrógeno total	2.63	g/Kg
NH <sub>4</sub>	1.27	g/Kg
Fósforo	0.43	g/Kg
Potasio	2.66	g/Kg
Calcio	1.05	g/Kg
Magnesio	0.38	g/Kg
Sodio	0.40	g/Kg

**FUENTE:** Biol de estiércol de vacuno (potsch, 2004)

### **3.5. NECESIDADES PARA COMENZAR EL PROCESO DE DIGESTIÓN ANAEROBIA**

Al ser las bacterias productoras de metano rigurosamente anaerobias, se debe considerar que una vez que se realice la primera carga de materia orgánica para la producción de biogás, el biodigestor o dispositivo donde se vaya a realizar la fermentación y producir el biogás deberá estar estrictamente sellado para que no sea posible la entrada de oxígeno, ya que si este ingresa en mínimas cantidades tendría a modificar el proceso de reacciones que se dan dentro del biodigestor.

Para que exista una rápida reproducción de bacterias encargadas de iniciar el proceso de digestión se debe considerar que parámetros básicos como la temperatura deben permanecer casi constantes en una temperatura de 25 °C, la cual permitirá que estas se desarrollen rápidamente logrando de esta manera la obtención de biogás en un menor tiempo.

# **CAPITULO II**

**PARTE EXPERIMENTAL.**

## **CAPITULO II**

### **4. PARTE EXPERIMENTAL.**

#### **4.1. ÁREA DE ESTUDIO Y MUESTREO.**

El presente proyecto se encuentra ubicado en el sector los Mieles, perteneciente a la parroquia El Dorado, Provincia de Orellana, donde se inició el muestreo del estiércol de vacunos.

Para la ubicación del predio donde se desarrolló el proyecto de tesis, se realizó mediante la toma de puntos con un GPS GARMIN ETREX 20, los datos obtenidos se los proceso posteriormente en un software (ArcGis), y se obtuvo los planos correspondientes de localización.

Para determinar la cantidad de materia prima que produce la Finca “Los 5 Hermanos”, se realizó la toma de muestras por cuatro días consecutivos de 12 vacunos de raza Brahmán Rojo (ANEXO 1), empezando el muestreo desde el 25 al 28 de noviembre en horas de la mañana y tarde, con una temperatura promedio de 26 °C según datos del INAMHI.

Antes de realizar el respectivo muestreo, el día 24 de noviembre se procedió con la limpieza total de las áreas por donde pastan los vacunos, esto se realizó con la finalidad de no confundir muestras de días anteriores las cuales tendrían a alterar nuestros resultados.

Para la toma de muestras se utilizaron;

- 1 Balanza de 50 kg.
- 1 pala, para la recolección del estiércol.
- 40 fundas
- plásticas grandes de alar, para pesado de las muestras de estiércol.
- Hoja de campo, guantes y botas.

El muestreo de los residuos sólidos de vacunos se llevó a cabo mediante el muestreo aleatorio simple, el cual comprendió en ir recogiendo la materia sólida excretada por los vacunos, para luego ser recogida con la ayuda de una pala manual y luego ser depositada en una funda de alar, la cual era pesada inmediatamente en la balanza para la toma de su peso. Este tipo de muestreo se lo realizó debido a que los vacunos no se encuentran en un establo, si no libres las 24 horas del día en diferentes potreros de la finca. ANEXO 2

## **4.2. MÉTODOS Y TÉCNICAS.**

### **4.2.1. OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS PARA LOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS PRE Y POST TRATAMIENTO.**

Para la toma de muestras de laboratorio, se procedió a realizar un muestreo aleatorio simple, el mismo que consistió en ir recolectando varias muestras de estiércol de vacunos por los diferentes potreros de la finca, los cuales eran colocadas previamente en un balde y luego ser homogenizadas. Una vez realizado este paso se procedió a escoger 4 muestras en diferentes fundas ziploc y para los análisis microbiológicos en frascos estériles. ANEXO 3

La muestra del estiércol post tratamiento (biol), fue recolectada a los 35 días de haber pasado por un proceso de fermentación anaerobia dentro del biodigestor Chino, la cual se recogió en frascos de 500ml para ser llevadas al laboratorio. ANEXO 4

#### 4.2.2. TÉCNICAS DE LABORATORIO EMPLEADAS.

Las técnicas de laboratorio empleadas para análisis de las muestras previamente recolectadas en la finca “Los 5 Hermanos”, corresponden a varios Métodos Estándar para el análisis de aguas residuales y potables.

Los análisis Pre y Post Tratamiento se llevó a cabo en el Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas (LABSU), el mismo que se encuentra acreditado por el OAE con una acreditación N° OAE LE 2C 07-003, en donde se analizaron los siguientes parámetros:

**CUADRO 1. Parámetros Pre-Tratamiento analizados.**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>PEE-LABSU</b>	<b>Método / Norma / Referencia</b>	<b>Incertidumbre (k=2)</b>
Potencial de hidrogeno	-	PEE-LABSU-12	SM 2540 B	± 0,05
Temperatura	°C	-	GRAVIMETRICO	-
Sólidos totales	%	PEE-LABSU-49	EPA 9060	± 10 %
Materia orgánica	%	PEE-LABSU-67	KJELDAHL, EPA 351.2	-
Humedad	mg/Kg	PEE-LABSU-38	Booker Tropical Soil Manual	-
Ceniza	mg/Kg	PEE-LABSU-38	Booker Tropical Soil Manual	-
Coliformes Totales	UFC/g	PEE-LABSU-44	Booker Tropical Soil Manual	± 12 %
Coliformes Fecales	UFC/g	PEE-LABSU-43	Booker Tropical Soil Manual	± 5 %

Carbono orgánico total	%	PEE-LABSU-66	Booker Tropical Soil Manual	-
Nitrógeno Total	%	PEE-LABSU-71	Booker Tropical Soil Manual	-

FUENTE: LABSU  
AUTORES

**CUADRO 2. Parámetros Post Tratamiento analizados (Biol).**

Parámetros	Unidad	PEE-LABSU	Método / Norma / Referencia	Incertidumbre (k=2)
Potencial de hidrogeno	-	PEE-LABSU-12	SM 2540 B	± 0,05
Materia orgánica	%	PEE-LABSU-67	KJELDAHL, EPA 351.2	-
Nitrógeno Total	g/L	PEE-LABSU-71	Booker Tropical Soil Manual	-
Fósforo	g/L	PEE-LABSU-19	SM 4500E	-
Amonio	g/L	PEE-LABSU-41	SM 4500 NH3F	± 20%
Sodio	g/L	PEE-LABSU-32	SM 3030 B, 3111B	-

FUENTE: LABSU  
AUTORES

### **4.3. OBTENCIÓN Y PRODUCCIÓN DE BIOGÁS MEDIANTE UN BIODIGESTOR PROTOTIPO (TIPO BATCH).**

Para la obtención del biogás a partir de residuos sólidos generados por vacunos de la Finca “Los 5 Hermanos”, se procedió a construir un biodigestor prototipo tipo BATCH. El cual era un recipiente con una capacidad de 4 galones que previamente fue lavado para luego ser recubierto por dentro con concreto y posteriormente ser llenado con estiércol y agua en una relación 1:0.75. ANEXO 5.

Esto se lo realizó con la finalidad de asemejar las condiciones que podría tener nuestro biodigestor en el lugar donde sería construido. A demás el biodigestor tipo Batch, cuenta con una llave en su tapa, la cual facilita que salga el biogás hacia donde será almacenado, el cual se procederá a cargarlo por una sola vez y a ser abierto cuando este termine su proceso de producción. Este fue llenado las  $\frac{3}{4}$  partes de su totalidad dejando  $\frac{1}{4}$  de espacio donde se procederá a almacenar el biogás que produzca hasta que el mismo sea transportado a su respectivo contenedor, considerando los modelos propuestos por Jagnow y Wolfgang (1991); Henríquez (2006).

Para la producción del biogás en el biodigestor prototipo tipo Batch, se utilizó 4kg de estiércol vacuno y 3 litros de agua, estableciéndose como relación entre estiércol y agua de 1: 0.75. Una vez cargado nuestro biodigestor se procedió a la toma de datos de la temperatura ambiente de la ciudad de Fco. Orellana, en horario de la mañana, tarde y noche, con la ayuda de un termómetro. Empezando el día 29 de Octubre hasta el 25 de Noviembre del año 2013.

Se pudo apreciar que la producción de biogás, tuvo sus inicios partir del día 14, de fermentación anaerobia, con una temperatura promedio de 26 °C ANEXO 6, debido a que la tapa del Biodigestor comenzó a inflarse, inmediatamente se procedió a colocar el recipiente donde sería almacenado el gas, el mismo que constaba de un tubo de bicicleta con una manguera.

Una vez concluido el proceso de producción (T.R 28 días), se procedió a abrir la válvula de seguridad del recipiente de almacenamiento del biogás (tubo de bicicleta), el mismo que fue quemado con la ayuda de una vela observándose una llama de color naranja. ANEXO 7.

# **CAPITULO III**

**SELECCIÓN DEL BIODIGESTOR,  
RESULTADO DE ANÁLISIS,  
CÁLCULOS Y METODOLOGÍA.**

## **CAPITULO III**

### **5. ELECCIÓN DEL BIODIGESTOR**

#### **5.1. PRESELECCIÓN.**

Para la selección del modelo del biodigestor a utilizar en la Finca “Los 5 Hermanos”, se tomó en cuenta la información de biodigestor existente, luego se realizó matrices de preselección, tomando en cuenta las diversas ventajas, aspectos económicos, facilidad de construcción y topografía del sector y de esta manera seleccionar el biodigestor que mejor se acople a las condiciones de la Finca “Los 5 Hermanos”.

Existen varios tipos de biodigestor que podrían ser implementados, entre los que tenemos:

- Digestor de “Bolsa Flexible”.
- Digestor “Hindú”.
- Digestor de domo fijo “Chino”.

De los cuales se seleccionará el que mayor valoración obtenga en su respectiva matriz de preselección.

### **5.1.1.DEFINICIÓN DE LOS ASPECTOS CONSIDERADOS EN LA MATRIZ DE PRESELECCIÓN:**

#### **a. Tipo de materia Prima:**

Es el tipo de estiércol que posee la finca, con el que trabajan los biodigestores.

#### **b. Vida útil:**

Se refiere al tiempo que duraran en funcionamiento los biodigestores.

#### **c. Requerimientos de área:**

Hace referencia al área que se dispone para la construcción del biodigestores, ya que al ser una mayor área mucho mayor será el costo del terreno.

#### **d. Costos:**

Factor muy importante en el diseño y construcción de un biodigestor, ya que aquí se tiene presente los costos de construcción, operación y mantenimiento.

#### **e. Construcción:**

Disponibilidad de materiales para construcción del biodigestor.

#### **f. Operación y mantenimiento:**

En este punto se hace referencia al funcionamiento y mantenimiento de los biodigestores para la producción del biogás.

#### **g. Rendimiento:**

Eficiencia de productividad de los biodigestores una vez instalados.

## 5.1.2. MATRICES PARA LA SELECCIÓN DEL MODELO DE BIODIGESTOR.

### 5.1.2.1. Digestor de “Bolsa Flexible”.

Esté tipo biodigestor es de origen taiwanés, formado por partes plásticas a manera de una salchicha, de fácil accesibilidad debido al bajo costo de sus materiales y utilizado en distintas áreas rurales dedicadas a la producción animal. (CHAO R, 2007).<sup>21</sup>

**Figura 2. Biodigestor de Polietileno.**



FUENTE: [http://www.undp.org.cu/noticias/biodigestores\\_2012.html](http://www.undp.org.cu/noticias/biodigestores_2012.html)

**CUADRO 3. Matriz de Preselección de Digestor de “Bolsa Flexible”.**

<b>DIGESTOR TIPO “BOLSA FLEXIBLE”.</b>					
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>#</b>	<b>%</b>	<b>ASPECTO EVALUADO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>C/5</b>	<b>D*A</b>
			0= No aplica 1= Suficiente 3= Adecuado 5= Muy Bueno		
1	5	TIPO DE MATERIA PRIMA	5	1	5
2	15	VIDA UTIL	1	0,2	3
3	5	REQUERIMIENTOS DE ÁREA	5	1	5

4	20	COSTOS	3	0,6	12
5	15	CONSTRUCCIÓN	5	1	15
6	15	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	3	0,6	9
7	25	RENDIMIENTO	1	0,2	5
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>				<b>54</b>

FUENTE: Autores.

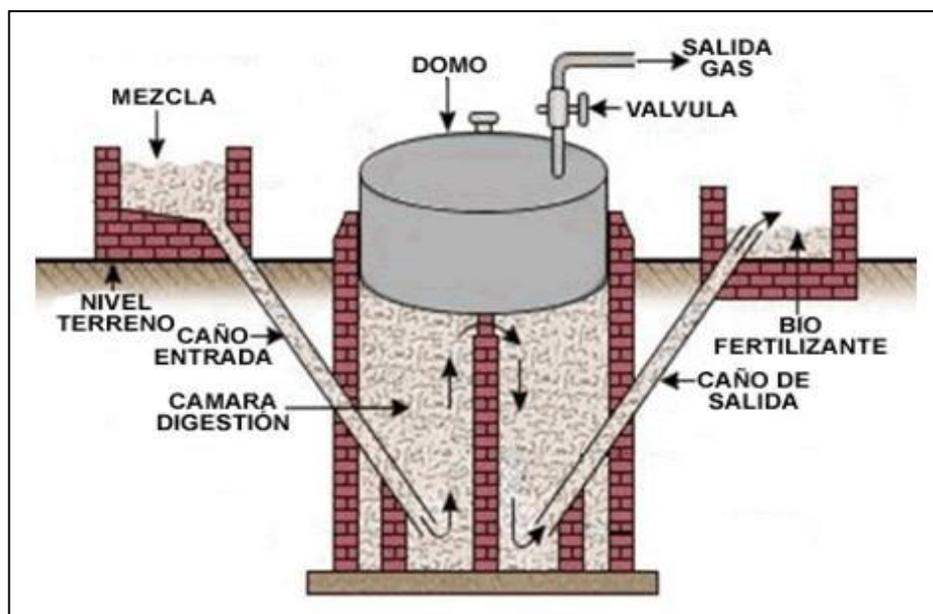
Una vez realizada la valoración del biodigestor de “Bolsa flexible”, éste presenta una calificación del 54%, lo cual nos indica que tiene poca aceptación en el medio, debido a que sus principales elementos de fabricación son de plástico y su tiempo de vida útil es relativamente bajo.

#### 5.1.2.2. Biodigestor de campana flotante o tipo “Hindú.”

El biodigestor de campana flotante o tipo hindú, es un dispositivo para la producción de gas metano, utilizando como materia prima residuos orgánicos de animales y fue llamado así debido a que en su parte posterior posee una campana flotante de hierro, la misma que es ubicada dentro del biodigestor y una vez que el gas metano comienza a generarse está tendrá a elevarse conforme sea la producción de gas. <sup>21</sup>

Según (Juan Pablo Silva V, 2010.), la cantidad diaria de biogás en este biodigestor se estima según su volumen, entre 20 – 30% de producción de gas metano del volumen del reactor.

Figura 3. Partes de un biodigestor tipo hindú.



FUENTE: [://www.rmr-peru.com/biodigestores-biogas.htm](http://www.rmr-peru.com/biodigestores-biogas.htm)

CUADRO 4. Matriz de Preselección del digestor tipo “Hindú”.

DIGESTOR TIPO “HINDÚ”					
	A	B	C	D	E
#	%	ASPECTO EVALUADO	CALIFICACIÓN	C/5	D*A
			0= No aplica 1= Suficiente 3= Adecuado 5= Muy Bueno		
1	5	TIPO DE MATERIA PRIMA	5	1	5
2	15	VIDA UTIL	5	1	15
3	5	REQUERIMIENTOS DE ÁREA	5	1	5
4	20	COSTOS	1	0,2	4
5	15	CONSTRUCCIÓN	3	0,6	9

6	15	OPERACIÓN MANTENIMIENTO	Y 3	0,6	9
7	25	RENDIMIENTO	3	0,6	15
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>				<b>62</b>

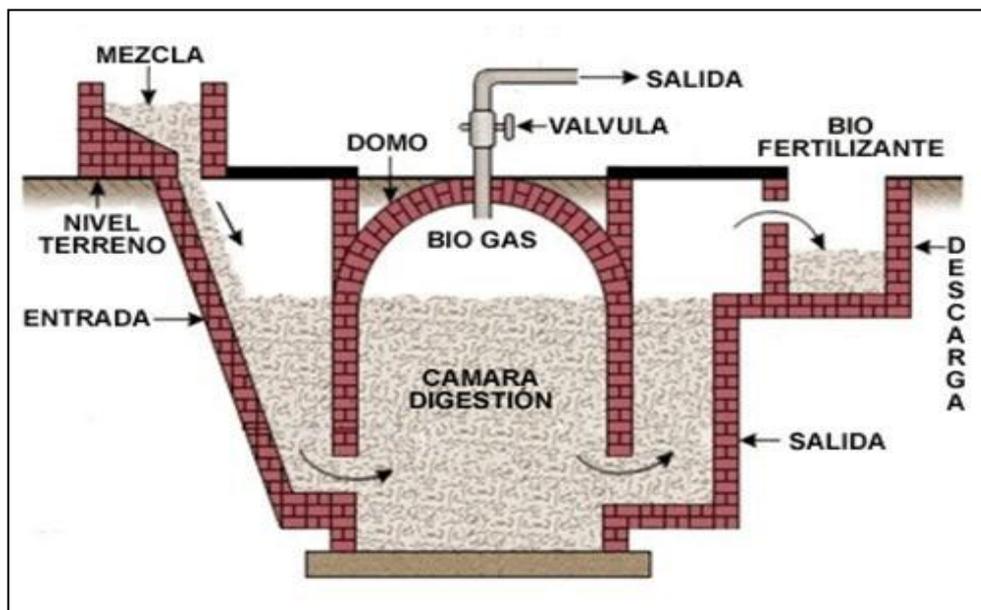
FUENTE: Autores.

Este tipo de biodigestor obtuvo una calificación del 62%, con lo cual podría ser considerado para su diseño y construcción en la finca “Los 5 Hermanos”, pero este tipo presenta una desventaja, al poseer una campana flotante de hierro la cual con el pasar del tiempo tendría a corroerse por las diversas condiciones climáticas de la zona.

### 5.1.2.3. Biodigestor circular de domo fijo o tipo chino.

Es uno de los biodigestores más populares en China. Se caracteriza por estar fabricado de ladrillo o cemento. A demás de ser uno de los más construido en comunidades a modo de unidades familiares con un volumen entre 6 – 10 m<sup>3</sup>, capaces de producir de 1 - 2 m<sup>3</sup> diarios de biogás en base al aprovechamiento de residuos humanos y animales (ROSE, 1999).<sup>21</sup>

Figura 4. Partes de un biodigestor tipo chino.



FUENTE: <http://biodigestores.org/>

**CUADRO 5. Matriz de Preselección del digestor de domo fijo “Chino”.**

<b>DIGESTOR DE DOMO FIJO “CHINO”</b>					
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>#</b>	<b>%</b>	<b>ASPECTO EVALUADO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>C/5</b>	<b>D*A</b>
			0= No aplica 1= Suficiente 3= Adecuado 5= Muy Buen		
1	5	TIPO DE MATERIA PRIMA	5	1	5
2	15	VIDA UTIL	5	1	15
3	5	REQUERIMIENTOS DE ÁREA	5	1	5
4	20	COSTOS	3	0,6	12
5	15	CONSTRUCCIÓN	3	0,6	9
6	15	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	5	1	15
7	25	RENDIMIENTO	3	0,6	15
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>				<b>76</b>

FUENTE: Autores.

El digestor de domo fijo “Chino” posee una calificación del 76%, permitiendo que el mismo sea seleccionado para el diseño y construcción en la finca “Los 5 Hermanos”, ya que éste posee un alto índice de durabilidad y eficiencia en la producción de biogás, a más de que los costos de construcción, operación y mantenimiento son relativamente cómodos.<sup>21</sup>

(21)<http://www.portalagropecuario.com.mx/dgen/album/1346954872.pdf>

## 5.2. RESULTADOS

### 5.3. DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LAS MUESTRAS DE ESTIÉRCOL FRESCO.

Una vez analizados los diferentes parámetros de las muestras de estiércol fresco proveniente de la finca “Los 5 Hermanos” por el Laboratorio LABSU, éste procedió a emitir los respectivos informes, en los cuales se obtuvieron los siguientes resultados: ANEXO 8.

#### 5.3.1. Sólidos totales pre-tratamiento.

De acuerdo a biografía, el porcentaje de sólidos totales óptimo oscila entre el 8% y el 12%, por lo que la materia prima a ser utilizada se encuentra en valores aproximados.<sup>22</sup>

La concentración de los sólidos totales en el estiércol fresco, se resume a continuación en el siguiente cuadro.

**CUADRO 6. Porcentaje de sólidos totales presente en el estiércol fresco.**

<b>Detalle.</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor.</b>
Muestra 1	%	12,62
Muestra 2	%	12,70
Muestra 3	%	13,49
Muestra 4	%	13,46
<b>Promedio</b>	%	<b>13</b>

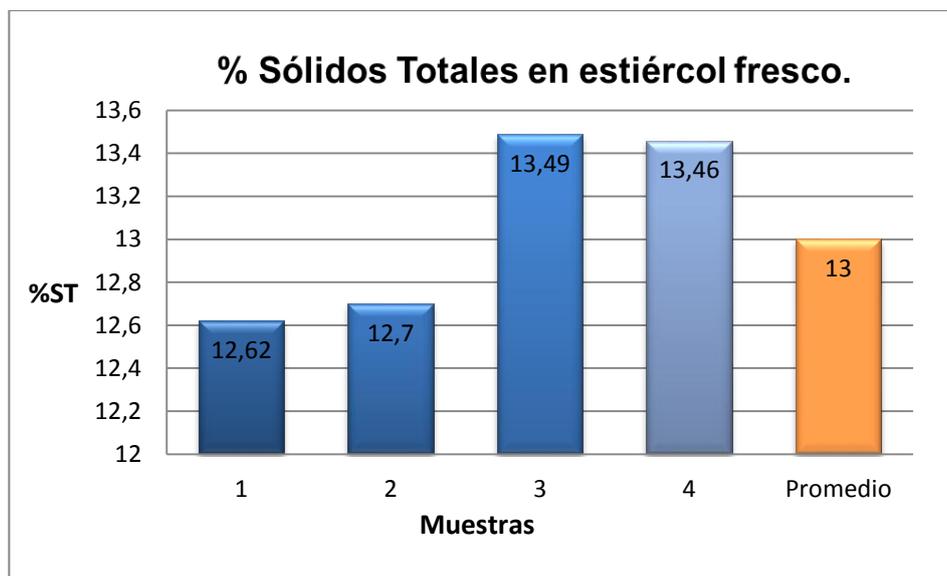
FUENTE: Laboratorio LABSU.

Autores

---

(22)BRAGACHINI MARIO; URRETS G.; USTARROZ FERNANDO; BRAGACHINI MARCOS., EL BIOGÁS - INTA PRECOP - “Hacia la industrialización del campo argentino”, Proyecto INTA PRECOP – P.E. Agregado de Valor en Origen., Argentina 2010., Pág. 23

**Gráfico 1. Sólidos Totales en estiércol fresco.**



FUENTE: Autores.

Con un promedio de 13% de ST, se diseñó el biodigestor, debido que la producción de biogás depende de la presencia de los sólidos totales, ya que estos son el alimento de las poblaciones microbianas productoras de metano.

### 5.3.2. Potencial de Hidrógeno. (pH)

Según (Metcall – Eddy 1995), existen grupos de bacterias que muestran óptimo crecimiento en torno a un pH neutro que es 7, valores extremos tanto ácidos como básicos, pueden reducir significativamente la actividad bacteriana.

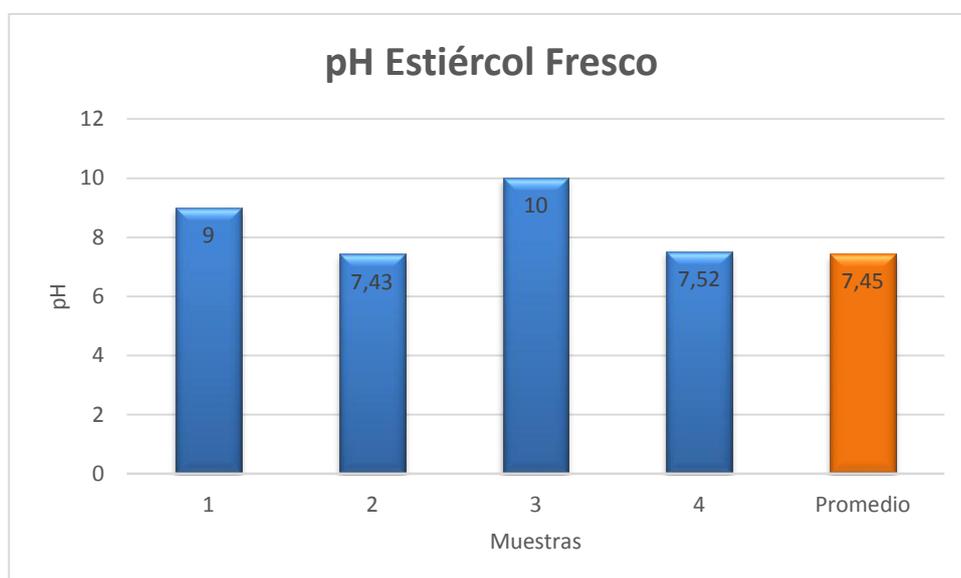
**CUADRO 7. Valores de pH en el estiércol fresco.**

Detalle.	Unidad	Valor.
Muestra 1	-	7,37
Muestra 2	-	7,43
Muestra 3	-	7,49
Muestra 4	-	7,52
<b>Promedio</b>	-	<b>7,45</b>

FUENTE: Laboratorio LABSU.

Autores

**Gráfico 2. pH Estiércol Fresco.**



FUENTE: Autores.

Los resultados obtenidos después de los análisis en el laboratorio de las muestras de estiércol fresco se sitúan alrededor de valores neutros 7,45, los cuales son óptimos para el funcionamiento del biodigestor.

### **5.3.3. Materia orgánica.**

Es un factor importante en la producción de biogás, debido a que es el alimento fundamental de las bacterias dentro del biodigestor. Este análisis se realizó al estiércol fresco.

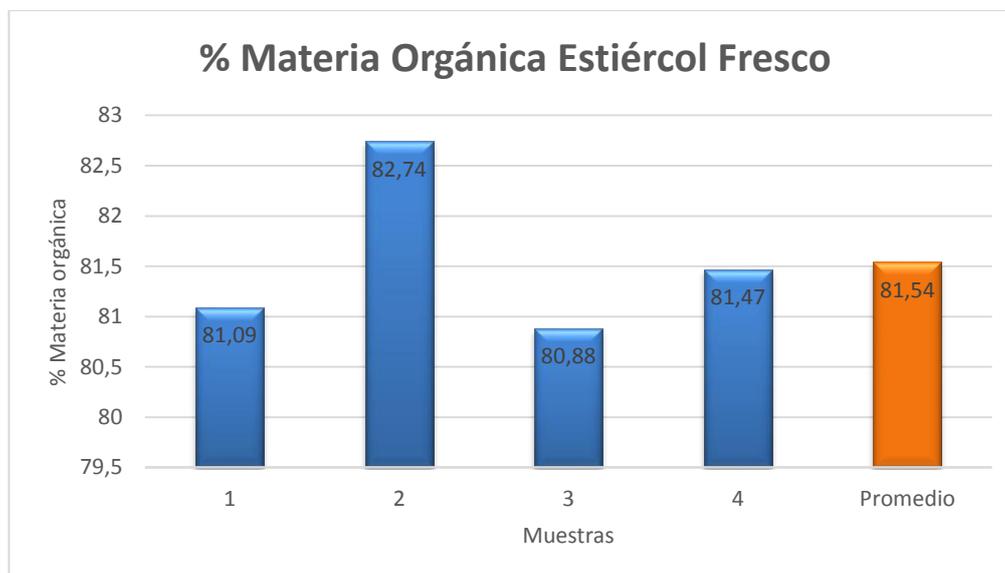
**CUADRO 8. Porcentajes de materia en el estiércol fresco.**

<b>Detalle.</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor.</b>
Muestra 1	%	81,09
Muestra 2	%	82,74
Muestra 3	%	80,88
Muestra 4	%	81,47
<b>Promedio</b>	<b>%</b>	<b>81.54</b>

FUENTE: Laboratorio LABSU.

Autores

**Gráfico 3. % Materia orgánica Estiércol Fresco.**



FUENTE: Autores.

El porcentaje de materia orgánica de acuerdo a los análisis fue de 81,54%, este valor está en relación a los sólidos totales y no a las muestras de estiércol fresco.

### 5.3.4. Humedad.

Este parámetro se lo analizó para determinar la cantidad de agua presente en el estiércol fresco y con ello establecer la cantidad de agua para la mezcla o la relación que se debía establecer agua: estiércol.

Los resultados se los describe en el siguiente cuadro.

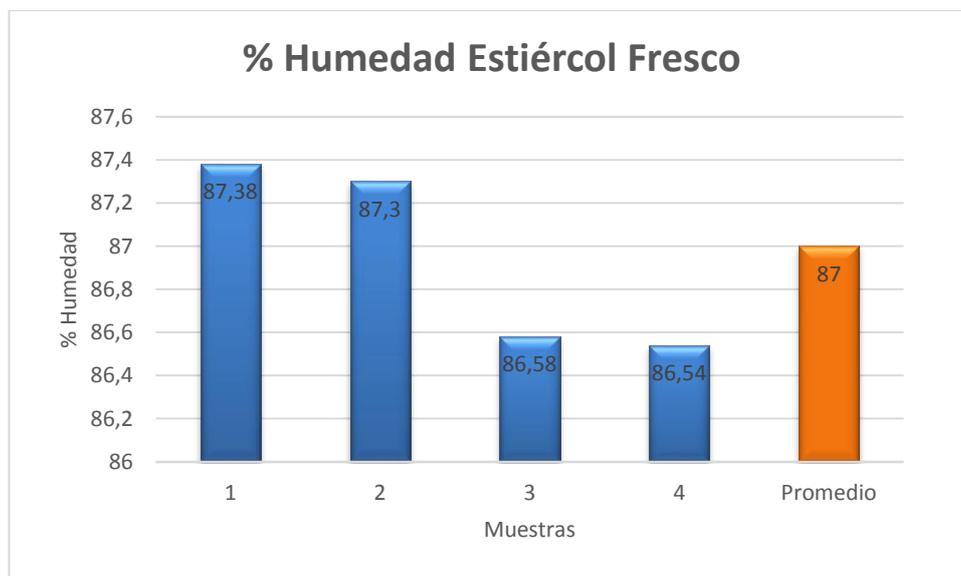
**CUADRO 9. Valores de humedad en el estiércol fresco.**

Detalle.	Unidad	Valor.
Muestra 1	%	87,38
Muestra 2	%	87,30
Muestra 3	%	86,58
Muestra 4	%	86,54
<b>Promedio</b>	<b>%</b>	<b>87</b>

FUENTE: Laboratorio LABSU.

Autores

**Gráfico 4. % Humedad Estiércol Fresco.**



FUENTE: Autores.

Los resultados obtenidos demuestran una alta cantidad de agua en las muestras de estiércol fresco un 87%.

### 5.3.5. Ceniza.

Este parámetro se lo realizó en la muestras de estiércol fresco, con la finalidad de conocer el porcentaje de materia sólida no combustible.

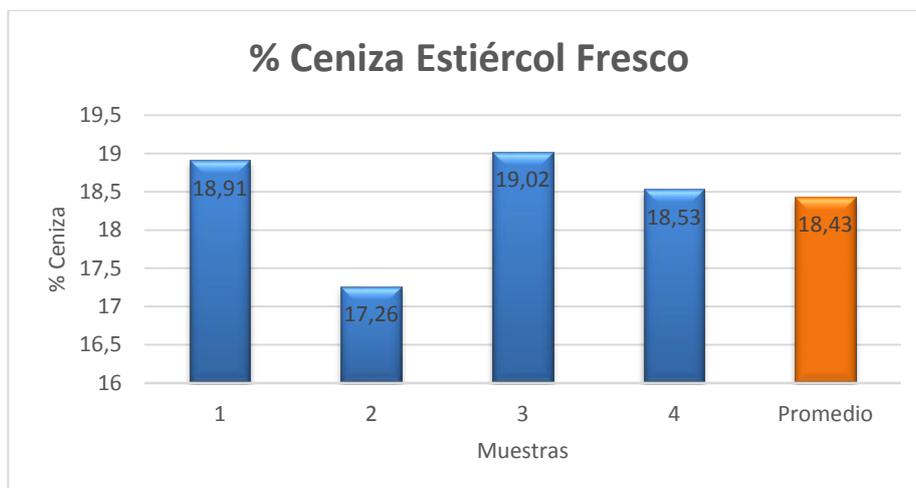
Los resultados se los describe en el siguiente cuadro.

**CUADRO 10. Porcentaje de cenizas en el estiércol fresco.**

Detalle.	Unidad	Valor.
Muestra 1	%	18,91
Muestra 2	%	17,26
Muestra 3	%	19,02
Muestra 4	%	18,53
<b>Promedio</b>	<b>%</b>	<b>18,43</b>

FUENTE: Laboratorio LABSU.  
Autores.

**Gráfico 5. % Ceniza Estiércol Fresco.**



**FUENTE:** Autores.

El resultado obtenido del porcentaje de ceniza fue de 18,43 %, este valor está en base a la cantidad de sólidos totales o sustancia seca, es decir cantidad de ceniza, por kilogramo de sólidos totales o materia seca y no corresponde a las muestras de estiércol fresco.

### 5.3.6. Coliformes totales.

De acuerdo a los análisis realizados de coliformes totales presentes en el estiércol fresco, existe un elevado número de Unidades Formadores de Colonias.(UFC)

Los resultados se los describe en el siguiente cuadro:

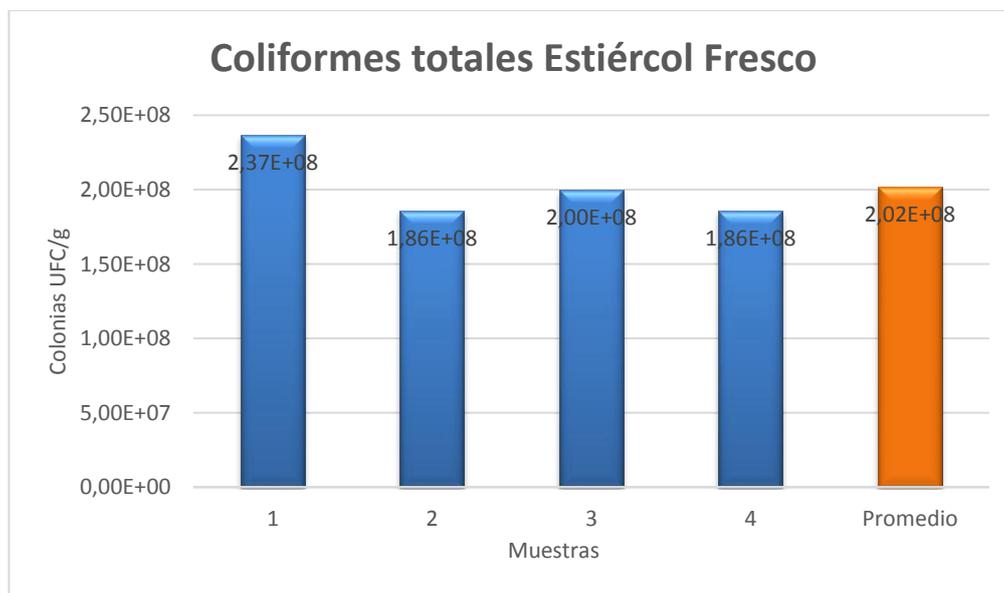
**CUADRO 11. Porcentaje de Coliformes totales en Estiércol Fresco.**

<b>Detalle.</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor.</b>
Muestra 1	UFC/g	$2,37 \times 10^8$
Muestra 2	UFC/g	$1,86 \times 10^8$
Muestra 3	UFC/g	$2 \times 10^8$
Muestra 4	UFC/g	$1,86 \times 10^8$
<b>Promedio</b>	<b>UFC/g</b>	<b><math>2,02 \times 10^8</math></b>

**FUENTE:** Laboratorio LABSU.

Autores.

**Gráfico 6. Coliformes totales Estiércol Fresco.**



FUENTE: Autores.

Los análisis arrojaron un valor promedio de  $8,09 \times 10^8$  de UFC por cada gramo de estiércol fresco.

### **5.3.7. Relación Carbono – Nitrógeno (C/N).**

La relación carbono/nitrógeno es un factor importante, debido a que el carbono es el alimento principal o fuente de energía de las poblaciones microbianas productoras de biogás y el nitrógeno contribuye a la formación de nuevas células.<sup>23</sup> Los resultados se los describe en el siguiente cuadro:

---

(23) VARNERO MARÍA T., Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables., Manual De Biogás - Proyecto CHI/00/G32., Santiago de Chile, 2011., Pág.34.

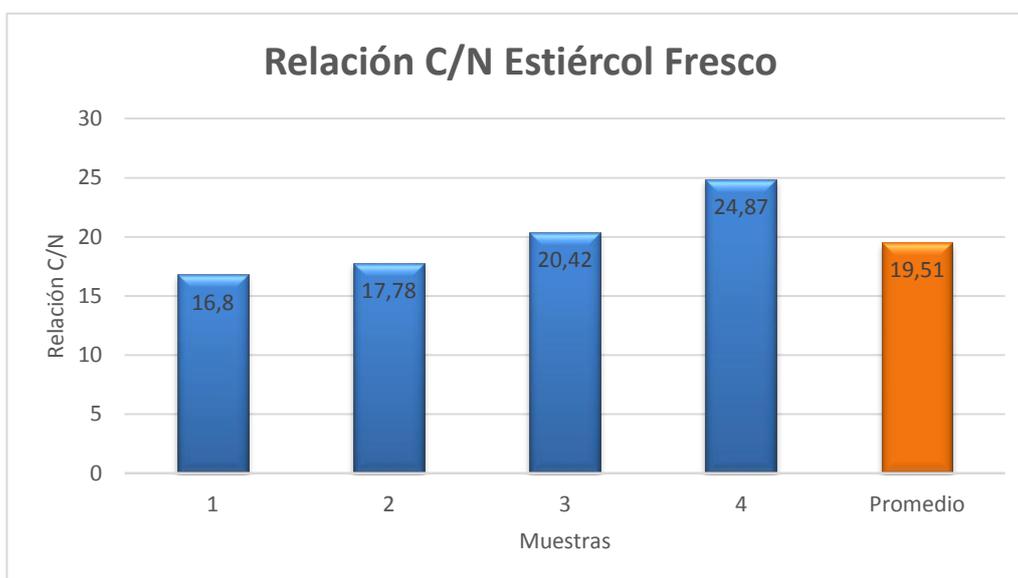
**CUADRO 12. Relación C/N en el estiércol fresco.**

<b>Detalle.</b>	<b>% Carbono</b>	<b>% Nitrógeno</b>	<b>C/N</b>
Muestra 1	47,04	2,8	16,80
Muestra 2	48	2,7	17,78
Muestra 3	46,97	2,3	20,42
Muestra 4	47,26	1,9	24,87
<b>Promedio</b>	<b>47,32</b>	<b>2,43</b>	<b>19,51</b>

**FUENTE:** Laboratorio LABSU.

Autores.

**Gráfico 7. Relación C/N Estiércol Fresco.**



**FUENTE:** Autores.

La relación C/N, en las muestras de estiércol fresco analizadas es de 19,51 %, difiriendo de las descritas en biografía que nos indican valores de 30:1 como óptimas.

#### **5.4. RESULTADOS DE ANÁLISIS POST TRATAMIENTO (BIOL.)**

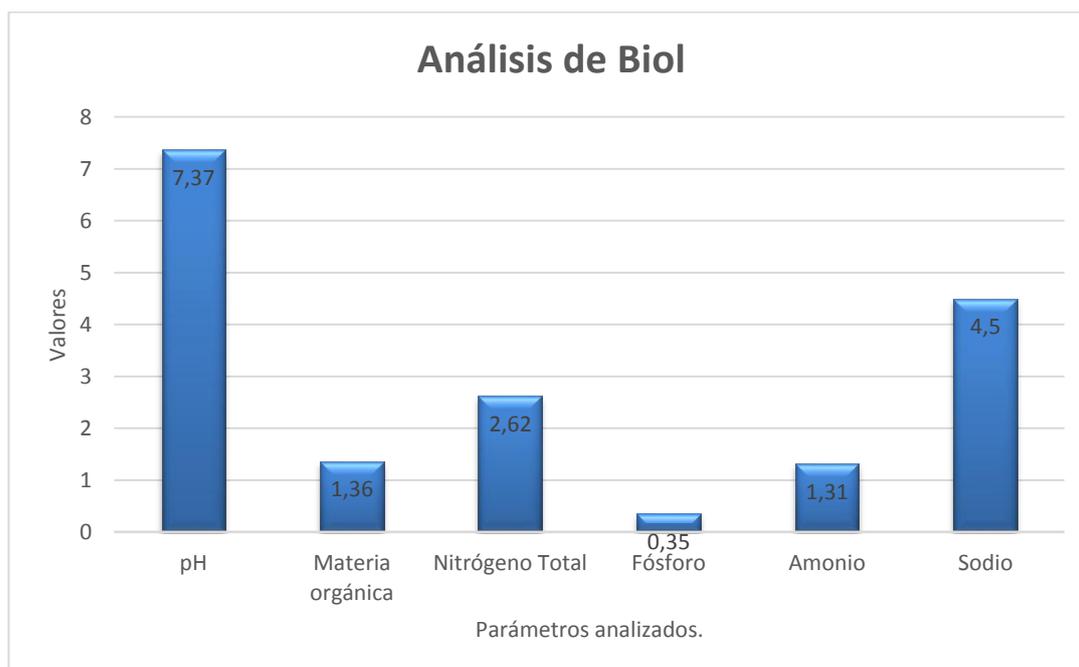
Una vez realizados los respectivos análisis de laboratorio, se obtuvo los siguientes resultados: ANEXO 9

**CUADRO 13. Resultados de biol del biodigestor Chino de la Finca los 5 hermanos.**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>M1</b>
Potencial de hidrogeno	-	7,37
Materia orgánica	%	1,36
Nitrógeno Total	g/L	2,62
Fósforo	g/L	0,35
Amonio	g/L	1,31
Sodio	g/L	4,5

**FUENTE:** Laboratorio LABSU.  
Autores.

**Gráfico 8. Análisis post- Tratamiento.**



**FUENTE:** Autores.

Los mismos que se asemejan a lo establecido por Sandra Aparcana Robles en su Estudio sobre el valor Fertilizante de los Productos del Proceso “Fermentación Anaeróbica” para Producción de Biogás que establece los siguientes valores:

**Cuadro 14. Análisis de biol**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>M1</b>
Potencial de hidrogeno	-	7,96
Materia orgánica	%	4,18
Nitrógeno Total	g/L	2,63
Fósforo	g/L	0,43
Amonio	g/L	1,27
Sodio	g/L	0,404

**FUENTE:** Sandra Aparcana Robles. Fertilizante de los Productos del Proceso "Fermentación Anaeróbica"

### **5.5. CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA MATERIA PRIMA. (ESTIÉRCOL)**

Para realizar el diseño de un Biodigestor se puede realizar mediante dos maneras:

1. Conociendo la cantidad de materia prima disponible. (estiércol).
2. Conociendo el requerimiento energético del sitio o finca.

Para el diseño del Biodigestor se realizó mediante la segunda opción, conociendo el requerimiento energético de la finca "Los 5 Hermano", cuyo valor es de 2 tanques de GLP por mes.

### **5.6. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE ENERGÍA QUE SE CONSUME MENSUALMENTE EN LA FINCA "LOS 5 HERMANOS".**

En la finca la energía o gas es consumido principalmente en actividades de alumbrado y en el calentamiento de agua para el faenamiento de pollos.

1 tanque de GLP para alumbrado = 15 Kg. de GLP/mes

1 tanque de GLP para faenamiento de pollos = 15 Kg. de GLP/mes.

El requerimiento mensual de la finca "Los 5 Hermanos" es de 30 Kg. de GLP.

### 5.6.1. Cálculo de la cantidad de GLP a m<sup>3</sup> de biogás.

$$\frac{30 \text{ Kg. GLP}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ m}^3 \text{ biogás}}{0.45 \text{ Kg. GLP}} = \frac{67 \text{ m}^3 \text{ biogás}}{\text{mes}}$$

$$\frac{67 \text{ m}^3 \text{ biogás}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} = \frac{2.2 \text{ m}^3 \text{ biogás}}{\text{día}}$$

La cantidad de biogás que se deberá producir diariamente, para satisfacer la demanda energética en la finca “Los 5 hermanos” es 2,2m<sup>3</sup> de biogás.

### 5.7. CÁLCULO DE DETERMINACIÓN DE MATERIA PRIMA DISPONIBLE.

De acuerdo (Pérez, G. y Viniegra, G 2008) la cantidad de estiércol producido y su composición dependerán de la calidad, cantidad de alimento, la raza y edad del animal. Para la determinación de la materia prima disponible, se realizó un muestreo durante 4 días, en la finca “Los 5 Hermanos”, existen actualmente 12 vacunos de raza Brahman, a continuación se resumen en el siguiente cuadro los datos obtenidos.

**CUADRO 15. Determinación de la materia prima disponible.**

Estiércol recogido de 12 vacunos		Estiércol/día por vacuno		% de aprovechamiento	
Detalle	Estiércol (Kg)	Detalle	Valor.	Detalle	
DIA 1	130,78	Promedio (Kg/día)	128	Promedio (kg/día.vac)	10,67
DIA 2	122,50	N° de Vacunos	12	% de aprovechamiento	70
DIA 3	137,16			<b>Estiércol disponible (Kg/día.vac)</b>	<b>7,47</b>
DIA 4	121,56				
<b>Total (kg)</b>	<b>512</b>	<b>Promedio (Kg/día. vacuno)</b>	<b>10,67</b>	<b>Total estiércol disponible (Kg/día)</b>	<b>89,60</b>
<b>Promedio (Kg/día)</b>	<b>128</b>				

FUENTE: Autores.

La materia prima que se produce en la finca “Los 5 Hermanos”, es 128 Kg/día, pero se tomó en consideración que únicamente el 70% de la misma es aprovechable, debido a que aproximadamente un 30% se mezcla con tierra, por lo que la materia prima disponible es de 89,60 Kg al día.

## 5.8. DIMENSIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR TIPO CHINO.

### 5.8.1. Determinación de la materia prima requerida.

Para determinar la cantidad de estiércol requerido capaz de producir los 2.2 m<sup>3</sup> de biogás diarios, que se requieren en la finca “Los 5 Hermanos” y satisfacer la demanda de GLP, se realizó usando el ANEXO 7, donde reporta los valores de 0,13 Kg sólidos totales por 1 kg estiércol fresco, análisis realizados en el laboratorio LABSU.

Para determinar la producción de biogás a una temperatura de la zona que es de 25 °C, se tomaron datos de la tabla 10.

**Tabla 10. Datos Básicos de Diseño –Biogás de Estiércol de Ganado Vacuno**

1 Kg de estiércol Fresco (EF) = 0.20 Kg de sólidos totales (ST)
1 Kg de Sólidos totales (ST) = 0.8 Kg de sólidos volátiles (SV)
1 Kg de Sólidos totales (ST) = 0.3 m <sup>3</sup> de biogás @ (35 °C y Pr. Atm.)
1 Kg de Sólidos totales (ST) = 0.25 m <sup>3</sup> de biogás @ (30 °C y Pr. Atm.)
<b>1 Kg de Sólidos totales (ST) = 0.2 m<sup>3</sup> de biogás @ (25 °C y Pr. Atm.)</b>
1 Kg de Sólidos totales (ST) = 0.16 m <sup>3</sup> de biogás @ (22 °C y Pr. Atm.)
1 Kg de Sólidos totales (ST) = 0.10 m <sup>3</sup> de biogás @ (18 °C y Pr. Atm.)
1 Kg de Sólidos totales (ST) = 0.08 m <sup>3</sup> de biogás @ (15 °C y Pr. Atm.)

FUENTE: Larry J. Douglas (1979).

A continuación se describe el cálculo realizado para determinar la cantidad de estiércol requerido diariamente, para producir los 2.2 m<sup>3</sup>/día.

$$\frac{2m^3 \text{ biogás}}{\text{día}} \times \frac{1Kg. \text{ de S.T}}{0.2m^3 \text{ biogas}} \times \frac{1Kg. E.F}{0.13 Kg. \text{ de S.T}} = 86 Kg. \frac{E.F}{\text{día}}$$

Con lo que se determinó que la materia prima requerida por día, es de 86 Kg, de estiércol fresco.

### 5.8.2. Cálculo de la mezcla agua + estiércol, cargada al biodigestor.

De acuerdo a (Varnero y Arellano, 1991.) la concentración óptima de los sólidos totales debe ser de 8% a 12% , para que el proceso se realice con una mayor eficiencia.

La relación se la realizó tomando en cuenta los análisis realizados en el laboratorio LABSU, donde se consideró que la humedad es elevada, de 87%, por lo que el contenido de agua en la mezcla se disminuyó para tener una mezcla óptima.

Una vez conocida la cantidad diaria de estiércol fresco requerido diariamente, se procedió a calcular la mezcla total (agua + estiércol) que se debía cargar al biodigestor todos los días, esta mezcla se realizó en una relación 1: 075, es decir 1 Kg. de E.F, en 0.75Kg de agua.

Asumiendo que 1Kg de E.F = 1L E.F.

$$CD = L \text{ de E.F.} + L \text{ de agua.}$$

$$CD = \frac{86 Kg. E.F}{\text{día}} \times \frac{1L E.F}{1Kg. E.F} + 64 L \text{ de agua} = \frac{150L \text{ de mezcla.}}{\text{día}}$$

$$CD = \frac{150L \text{ de mezcla}}{\text{día.}} \times \frac{1m^3 \text{ de mezcla}}{1000L \text{ de mezcla}} = \frac{0.15 m^3 \text{ de mezcla}}{\text{día.}}$$

### 5.8.3. Volumen tanque del biodigestor (Vb)

El tiempo de retención (T.R), hace referencia principalmente a la permanencia del sustrato mezcla (aguas + estiércol) dentro del biodigestor.

Para la determinación del volumen del biodigestor se requiere conocer la carga diaria (CD) y el tiempo de retención (T.R). El tiempo retención es de 28 días, basándonos en un experimento a escala prototipo realizado con anterioridad.

Para ello se emplea la siguiente fórmula.

$$Vb = CD * T.R$$

**Donde:**

Vb = Volumen tanque del biodigestor.

CD = Carga diaria.

T.R = Tiempo de retención.

$$Vb = \frac{0.15 \text{ m}^3}{\text{día}} \times 28 \text{ días}$$

$$Vb = 4.2 \text{ m}^3$$

El volumen del tanque del biodigestor es de  $4.2 \text{ m}^3$ , lo que permitirá almacenar toda la carga diaria durante los 28 días.

### 5.8.4. Diámetro del biodigestor ( $\emptyset$ )

Para determinar el diámetro del biodigestor se consideró una profundidad igual al diámetro. Basándonos en el principio utilizado en la Tesis Diseño de un Biorreactor y Conducción del Biogás Generado por las Excretas de Ganado Vacuno, Estación Tunshi-Espoch, propuesto por la Ing. María Belén y Edwin Lara. De la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, facultad de Ciencias.

Hb= $\emptyset$

Como ya se tiene el volumen del tanque cilíndrico del biodigestor, se empleó la fórmula de cálculo de volumen de un cilindro.

$$Vt = \frac{\pi * \emptyset^2}{4} Hb$$

Despejando y remplazando Hb por  $\emptyset$

**Donde:**

Vb = Volumen tanque del biodigestor.

$\emptyset$  = Diámetro del biodigestor.

Hb = Altura del biodigestor.

$$\emptyset = \sqrt[3]{\frac{Vb * 4}{\pi}}$$

Remplazando valores:

$$\emptyset = \sqrt[3]{\frac{4.2m^3 * 4}{3.14159}}$$

$$\emptyset = 1.75m$$

### 5.8.5. Altura, cámara de digestión. (Hb)

Para determinar la altura del pozo se calculó tomando en cuenta los datos obtenidos anteriormente (diámetro y volumen del tanque) y aplicando la siguiente fórmula se obtuvo el valor de la altura.

**Fórmula aplicada:**

$$Vb = \frac{\pi * \emptyset^2}{4} Hb$$

**Despejando Hb:**

$$Hb = \frac{Vb \cdot 4}{\pi \cdot \emptyset^2}$$

**Remplazando valores:**

**Donde:**

Vb = Volumen tanque del biodigestor.

$\emptyset$  = Diámetro del biodigestor.

Hb = Altura, cámara de biodigestión.

$$Hb = \frac{4.2m^3 \cdot 4}{3.1416 \cdot (1,75m)^2}$$

$$Hb = 1,75 m$$

La altura de la cámara de biodigestión es de 1,75 m, a ello se le suma 15 cm de base, por lo que Hb<sub>1</sub> será de 1,90 m.

$$Hb1 = Hb + 0,20m$$

$$Hb1 = 1,75m + 0,15m$$

$$Hb1 = 1,90m$$

### **5.8.6. Cálculos de la curvatura de la cúpula.**

#### **5.8.6.1. Altura de la cúpula (hc)**

Para determinar la altura de la cúpula se utilizó la fórmula que a continuación se la describe, tomando en consideración el diámetro del tanque.

$$hc = \frac{1}{5} \emptyset$$

Remplazando valores.

$$hc = \frac{1}{5}(1,75cm)$$

$$hc = 0,35m$$

La altura de la cúpula será de 0.35 m de altura.

### 5.8.6.2. Radio de la curvatura de la cúpula (Rc)

Se empleó la siguiente fórmula matemática.

$$Rc = \frac{(Rb)^2 + (hc)^2}{2(hc)}$$

**Remplazando valores:**

**Donde:**

Rb = Radio del biodigestor.

hc = Altura de la cúpula.

$$Rc = \frac{(0,87)^2 + (0,35)^2}{2(0,35)}$$

$$Rc = 1,27m$$

### 5.8.6.3. Volumen de la cúpula (Vc)

Uno de los factores importantes a considerar es el volumen de la cúpula, lo que permite saber la cantidad de biogás que se puede almacenar, y con ello determinar si se debe construir un tanque de almacenamiento adicional.

$$Vc = \pi(hc)^2 \left( Rc - \frac{hc}{3} \right)$$

### Remplazando valores:

#### Donde:

a = 3 valor constante.

Vc = Volumen de la cúpula.

Rc = Radio de curvatura.

hc = Altura de curvatura.

$$Vc = 3,1416(0,35m)^2 \left( 1,27m - \frac{0,35m}{3} \right)$$

$$Vc = 0,44m^3$$

### 5.8.7. Sobredimensionamiento para almacenamiento de biogás. (Sab)

Para una mayor capacidad de almacenamiento se sobredimensiono el biodigestor en 10% con respecto a su altura de la cámara de digestión (1,75m).

$$Sab = Hb * 10\%$$

$$Sab = 1,75m * 10\%$$

$$Sab = 0.18m$$

El sobredimensionamiento es de 0.18m.

### 5.8.8. Volumen del sobredimensionado (Vs)

Se obtiene a partir de:

$$Vs = \pi * r^2 * Sab$$

$$Vs = 3,1416 * (0,87m)^2 * 0.18m$$

$$Vs = 0,43 m^3$$

### 5.8.9. Volumen total del biodigestor (Vt)

El volumen total es la sumatoria de la capacidad o volumen de la cúpula, más el volumen del cilindro o cámara de biodigestión, más el sobredimensionamiento.

$$\begin{aligned}Vt &= Vc + Vb + Vs \\Vt &= 0,44m^3 + 4,2m^3 + 0,43m^3 \\Vt &= 5,1m^3\end{aligned}$$

El volumen total del biodigestor es 5,1m<sup>3</sup>.

### 5.8.10. Altura total del biodigestor. (Atb)

Para obtener la altura total del biodigestor se sumó Hb1+Hc+Sab.

$$\begin{aligned}Atb &= Hb1 + Hc + Sab \\Atb &= 1,90m + 0,35m + 0,18m \\Atb &= 2,43 m\end{aligned}$$

La altura total de biodigestor es de 2,43metros.

### 5.8.11. Cálculo de la caja de entrada.

Para determinar las dimensiones de la caja de entrada, se tomó en cuenta el volumen de carga diaria que ingresa al biodigestor, se consideró una caja cuadrada, por lo que su base, ancho y profundidad serán de las mismas medidas.

Es decir:

$$L_1 = L_2 = L_3 = L^3$$

Se empleó la siguiente fórmula matemática:

$$CD = Vce$$

$$Vce = L_1 \cdot L_2 \cdot L_3$$

**Remplazando:**

$$Vce = L^3$$

**Despejando y remplazando valores.**

$$L = \sqrt[3]{Vce}$$

$$L = \sqrt[3]{0,15m^3}$$

$$L = 0,53m$$

De acuerdo al cálculo realizado la medida de cada lado de la caja de entrada será de 0,53 m.

Para una mayor facilidad de mezcla (estiércol + agua) en la caja de entrada se la sobredimensionó en un 40% más en su capacidad de volumen, esto también evitará que la mezcla se derrame por los costados.

Por lo que sus dimensiones finales serán:

$$Vcef = Vce * (0,4)$$

$$Vcef = 0,15m^3 * (0,4)$$

$$Vcef = 0,21m^3$$

$$L = \sqrt[3]{0,21m^3}$$

$$L = 0,60m$$

Las medidas finales de cada lado de la caja de entrada ya sobredimensionada serán de 0.6m, con lo que tendrá una capacidad o volumen de 0,22m<sup>3</sup>

### **5.8.12. Cámara de salida.**

La cámara de salida para el biol, se la realizó también considerando el lugar por donde se realizará el mantenimiento de la parte interna del biodigestor. Su construcción cuenta de un túnel que va desde la cámara de biodigestión hasta la caja de salida.

Para obtener sus dimensiones no se utilizaron únicamente fórmulas matemáticas, sino se tomaron en cuenta criterios como:

- Facilidad de ingreso del personal encargado del mantenimiento cada vez que el Biodigestor lo requiera.
- El área de salida del biol no debe ser excesivamente grande, porque se corre el riesgo de que la materia prima que se carga diariamente se almacene en la cámara de salida y emita malos olores al ser un área no hermética.
- Que la caja de salida tenga un volumen de almacenamiento de 6 días, debido a que en la finca “Los 5 Hermanos”, la utilización del biol no se lo utilizará diariamente.

### **Dimensiones del túnel que une la cámara de biodigestión con la caja de salida.**

Altura : 0.55 m

Ancho : 0.55 m

Largo : 0.80 m

Este dimensionamiento permite que una persona de contextura delgada, ingrese con facilidad para realizar los trabajos de mantenimientos cada vez que el Biodigestor los requiera.

### **Dimensiones de la cámara de salida del biol.**

Para obtener las dimensiones de la cámara de salida se tomó en cuenta el volumen de mezcla (agua + estiércol), que diariamente ingresa al Biodigestor, es decir la carga diaria (CD), esto porque la caja se dimensionó con capacidad de almacenamiento de 6 días, a partir del inicio de salida del biol.

La altura se tomó en cuenta los criterios de diferencial de presiones, por lo tanto la caja de salida debe llegar hasta el nivel de llenado del Biodigestor con la materia prima, para evitar que la materia digerida y el biol, salga antes de tiempo. Por lo tanto lo tanto la altura de la caja de salida será de 1.75 m

Para determinar el largo de la caja de salida, se consideró un dimensionamiento que facilite el ingreso para realizar el mantenimiento adecuado.

Por ello se determinó que la caja tendrá un largo de 0.9 metro.

Para determinar el volumen final que debe tener la caja de salida, se consideró el principio de balance másico, el volumen de entrada es igual al volumen de salida, por lo tanto la cantidad de mezcla o carga diaria (CD), que es de 0.15 m<sup>3</sup>/día, que ingresa al Biodigestor, será el mismo volumen de salida, pero como la caja de salida es diseñada para almacenar 6 días el biol, se debe multiplicar el volumen de entrada por 6

$$V_{cs} = \frac{0.15m^3}{dia} \times 6dias = 0.9m^3$$

Para determinar el ancho de la caja de salida se empleó la siguiente fórmula matemática.

$$V_{cs} = (h * a * l)$$

**Donde:**

Vcs = Volumen de la caja de salida.

h = Altura

a = Ancho

l = Largo.

**Despejando.**

$$a = \frac{Vcs}{h * l}$$

Reemplazando valores

$Vcs = 0.9m^3$

$h = 1.75m$

$a = ?$

$l = 0.8m$

$$a = \frac{0.9m^3}{1.75m * 0.9m}$$

$$a = 0.57m$$

Por lo que el ancho de la caja de salida será de 0.57m

### **5.8.13. Tubería empleada para la conducción de la materia prima al interior del Biodigestor.**

La tubería empleada para conducir la mezcla de estiércol + agua, desde la caja de entrada hacia el interior del Biodigestor es de PVC de 8 pulgadas (20.32cm), el diámetro de esta tubería debe ser lo suficiente grande para evitar taponamiento al momento de la alimentación.

#### 5.8.14. TUBERÍA QUE CONDUCTIRÁ EL BIOGÁS DESDE EL INTERIOR DEL BIODIGESTOR HACIA FUERA.

El biogás contiene aproximadamente un 60% de metano y 40% de dióxido de carbono, además contiene una pequeña cantidad de ácido sulfhídrico.

Por ello se debe instalar tuberías anticorrosivas para evitar daños, por lo tanto para la salida del biogás producido en la cámara de biodigestión, se instaló un tubo de PVC de ½ pulgada en la parte superior de la cúpula y se adaptó una llave de paso, con lo que se facilitará el control de la salida del biogás.

**CUADRO 16. Resumen de medidas del biodigestor.**

Parámetro.	Símbolo.	Valor	Unidad
Volumen del tanque del biodigestor.	Vb	4,2	m <sup>3</sup>
Diámetro del biodigestor.	∅	1,75	m
Altura, cámara de digestión.	Hb	1,75	m
Altura de la cúpula.	Hc	0,35	m
Radio de la curvatura de la cúpula.	Rc	1,27	m
Volumen de la cúpula.	Vc	0,44	m <sup>3</sup>
Volumen del cilindro	Vci	4,2	m <sup>3</sup>
Volumen total del biodigestor	Vt	5,10	m <sup>3</sup>
Altura total del Biodigestor	Atb	2,43	m
Ancho de la caja de salida.	L <sub>1</sub>	0,59	m
Alto de la caja de salida.	L <sub>2</sub>	0,59	m
Base de la caja de salida.	L <sub>3</sub>	0,59	m

FUENTE: Autores.

## **5.9. METODOLOGÍA.**

La metodología aplicada en el Diseño y construcción del Biodigestor Anaerobio tipo Chino, fue analítica e investigación de campo.

Se llevó a cabo el levantamiento de línea base, considerando el volumen de materia prima generada por los vacunos, se tomó pequeñas muestras que fueron analizadas en el laboratorio LABSU, así como las condiciones geográficas y meteorológicas del lugar donde se construyó el Biodigestor.

### **5.9.1. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

Antes de iniciar el proyecto de construcción del biodigestor, se procedió a evaluar los impactos ambientales positivos y negativos que se generarían durante el periodo de construcción y operación.

#### **5.9.1.1. Objetivo general.**

- Cuantificar los impactos ambientales de manera positiva y negativa durante el periodo de ejecución del proyecto de construcción del Biodigestor Chino.

#### **5.9.1.2. Objetivos específicos.**

- Evaluar los factores ambientales aire, agua y suelo, mediante la matriz de Leopold.
- Determinar las especies de flora y fauna afectadas en la ejecución del proyecto.

#### **5.9.1.3. Marco legal.**

El presente proyecto se basa en la legislación ambiental vigente en nuestro país, entre las que tenemos:

**a) Constitución de la República del Ecuador.**<sup>24</sup>

Art.3. Deberes primordiales del Estado, numeral 7.-“Proteger el patrimonio natural y cultural del país”.

Art.14. “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak Kawsay*”.

**Art. 71.-** La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observaran los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda. El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

**Art. 73.-** El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.

**b) Texto Unificado De La Legislación Ambiental Secundaria.**<sup>25</sup>

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

---

(24)[http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion\\_de\\_bolsillo.pdf](http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf)

➤ **Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce y agua marina.**

Los puertos deberán contar con un sistema de recolección y manejo para los residuos sólidos y líquidos provenientes de embarcaciones, buques, naves y otros medios de transporte, aprobados por la Dirección General de la Marina Mercante y la Entidad Ambiental de Control. Dichos sistemas deberán ajustarse a lo establecido en la presente Norma, sin embargo los municipios podrán establecer regulaciones más restrictivas de existir las justificaciones técnicas.

**Se prohíbe todo tipo de descarga en:**

- a) Las cabeceras de las fuentes de agua.
- b) Aguas arriba de la captación para agua potable de empresas o juntas administradoras, en la extensión que determinará el CNRH, Consejo Provincial o Municipio Local y,
- c) Todos aquellos cuerpos de agua que el Municipio Local, Ministerio del Ambiente, CNRH o Consejo Provincial declaren total o parcialmente protegidos.

Toda descarga a un cuerpo de agua dulce, deberá cumplir con los valores establecidos a continuación en el TULAS Libro VI – Anexo I: Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

➤ **Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados**

En aquellos suelos que presenten contaminación deberán llevarse a cabo las acciones necesarias para recuperarlos, restaurarlos o restablecerlos a sus condiciones anteriores. Si alguna sustancia o elemento, se hubiere encontrado presente antes de la afectación del recurso en niveles de concentración elevados por condiciones naturales del suelo mismo, no serán considerados como contaminantes del sitio.

➤ **Prevención de la contaminación del recurso suelo.**

La prevención de la contaminación al recurso suelo se fundamenta en las buenas prácticas de manejo e ingeniería aplicada a cada uno de los procesos productivos. Se evitará trasladar el problema de contaminación de los recursos agua y aire al recurso suelo.

➤ **Sobre las actividades generadoras de desechos sólidos no peligrosos.**

Toda actividad productiva que genere desechos sólidos no peligrosos, deberá implementar una política de reciclaje o rehusó de los desechos. Si el reciclaje o rehusó no es viable, los desechos deberán ser dispuestos de manera ambientalmente aceptable.

➤ **De la prohibición de descargas, infiltración o inyección de efluentes en el suelo y subsuelo.**

Se prohíbe la descarga, infiltración o inyección en el suelo o en el subsuelo de efluentes tratados o no, que alteren la calidad del recurso. Se exceptúa de lo dispuesto en este artículo las actividades de inyección asociadas a la exploración y explotación de hidrocarburos, estas actividades deberán adoptar los procedimientos ambientales existentes en los reglamentos y normas ambientales hidrocarburífera vigentes en el país.

#### **5.9.1.4. Flora y Fauna afectados por la ejecución del proyecto.**

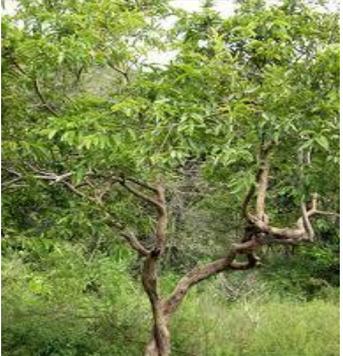
**a) Flora.**

El lugar donde se realizó el proyecto, se encontraba ya intervenido casi en su totalidad, al ser un área destinada como pastizales, encontrándose en el sitio únicamente flora tales como:

---

(25)<http://www.recaiecuador.com/Biblioteca%20Ambiental%20Digital/TULAS.pdf/LIBRO%20VI%20Anexo%201.pdf>

Tabla 11. Lista de plantas encontradas del sitio.

Nombre común	Nombre científico.	Imagen
Guarumo.	<i>Cecropiapeltata L</i>	
Hierba mala	<i>Neriumoleander</i>	
Hierba Dalis	<i>Paspalum dilatatum</i>	
Guayabo	<i>Psidiumguajava</i>	

FUENTE: Autores.

**b) Fauna.**

Se pudo apreciar la fauna existente en el área de intervención eran de pequeño tamaño, entre los cuales se observó las siguientes especies:

**Tabla 12. Lista de animales encontrados en el área.**

Nombre común	Nombre científico.	Imagen
Hormiga obrera	<i>Solenopsis</i>	
Lagartija común	<i>Anolis sagrei</i>	
Moscas negra	<i>Sarcophagidae</i>	
Gallinas	<i>Gallusgallus</i>	

FUENTE: Autores.

### 5.9.1.5. Cuantificación de los impactos mediante la matriz de Leopold

Mediante esta matriz se evaluará los impactos positivos y negativos, generados en los componentes ambientales agua, aire, suelo; en la flora y fauna existentes en el área, durante las fases de recolección de datos, construcción y operación del biodigestor chino.

La categorización proporcionada a los impactos ambientales, se lo puede definir de la siguiente manera:

- a) **Impactos Altamente Significativos:** Son aquellos de carácter negativo, cuyo Valor del Impacto es mayor o igual a 6.5 y corresponden a las afecciones de elevada incidencia sobre el factor ambiental, difícil de corregir, de extensión generalizada, con afección de tipo irreversible y de duración permanente.
- b) **Impactos Significativos:** Son aquellos de carácter negativo, cuyo Valor del Impacto es menor a 6.5 pero mayor o igual a 4.5, cuyas características son: factibles de corrección, de extensión local y duración temporal.
- c) **Despreciables:** Corresponden a todos los aquellos impactos de carácter negativo, con Valor del Impacto menor a 4.5. Pertenecen a esta categoría los impactos capaces plenamente de corrección y por ende compensados durante la ejecución del Plan de Manejo Ambiental, son reversibles, de duración esporádica y con influencia puntual.
- d) **Benéficos:** Aquellos de carácter positivo que son benéficos para el proyecto.

MATRIZ DE LEOPOLD

		A MODIFICACIÓN DEL RÉGIMEN	a Excavación	B FASE DE CONSTRUCCIÓN	a Ejecución del Proyecto	C FASE DE OPERACIÓN	a- Reciclado de residuos	b Uso de agua	a Descargas (Etc)	C Emisiones gaseosas y partículas a la atmósfera	D ACCIDENTES	b Derivas y fugas	c Fallas operacionales	AFECCIONES POSITIVAS	AFECCIONES NEGATIVAS	TOTAL DE AFECCIONES	AGREGACIÓN DE IMPACTO	PORCENTAJE	
A CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	A1 TIERRA	b, Materiales de construcción	-1 2		-4 2									0	2	2	-10	-5	
		c, Suelos	-2 3		-5 3		4 2		5 4			-2 2	-2 2	2	4	6	-1	-0,17	
	A2 AGUAS	b, Aguas Subterráneas					4 3		-1 2				-1 2		1	2	3	8	2,67
		e, Calidad				-1 2	2 2	-3 2	-1 2						1	3	4	-6	-1,5
B CONDICIONES BIOLÓGICAS	A3 AIRE	a, Calidad de gases y partículas				3 2			-3 2			-2 1	-3 2	1	3	4	-8	-2	
	FAUNA	a, Microfauna			-5 3		2 2					-2 1			1	2	3	-13	-4,33
		FLORA	a, Arbustos			-5 3				3 2						1	2	3	-9
b, Microflora				-4 3				3 2						1	1	2	-6	-3	
C FACTORES CULTURALES	CÁMVEL CULTURAL	a, Salud y Seguridad				4 2			-1 2			-3 2		1	2	3	0	0	
		b, Empleo	5 4		5 4									2	0	2	40	20	
	SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURA	a, Eliminación de residuos sólidos					5 3							1	0	1	15	15	
		<b>AFECCIONES POSITIVAS</b>	1	1	7	0	2	0	0	0	0	0	0						
		<b>AFECCIONES NEGATIVAS</b>	2	6	0	1	2	2	4	2									
		<b>TOTAL DE AFECCIONES</b>	3	7	7	1	4	2	4	2									
		<b>AGREGACIÓN DE IMPACTOS</b>	12	-47	57	-6	28	-8	0	-16	-10						10		
		<b>PORCENTAJE</b>	4	-7	8	7	-4	-4	-5								10		

Tabla 13. Resultado de valoración de impactos ambientales.

Rango	Factores	% de Afectación	Valor
<b>SUELO</b>			
0-20	Materiales de construcción	5,0	- (No significativo)
0-20	Suelos	0,2	- (No significativo)
<b>AGUA</b>			
0-20	Aguas Subterráneas	2,7	+ (No significativo)
0-20	Calidad	1,5	- (No significativo)
<b>AIRE</b>			
0-20	Calidad de gases y partículas	2,0	- (No significativo)
<b>FAUNA</b>			
0-20	Microfauna	4,3	- (No significativo)
<b>FLORA</b>			
	Arbustos	3,0	- (No significativo)
	Microflora	3,0	- (No significativo)
<b>NIVEL CULTURAL</b>			
0-20	Salud y Seguridad	0,0	(No significativo)
20-40	Empleo	40,0	+(Medianamente significativo)
<b>SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURA</b>			
0-20	Eliminación de residuos sólidos	15,0	+ (No significativo)

FUENTE: Autores.

Rango	Factores	% de Afectación	Valor
<b>MODIFICACIÓN DEL RÉGIMEN</b>			
0-20	Excavación	12,0	+(Poco significativo)
<b>FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>			
40-60	Ejecución del Proyecto	47,0	-(Poco significativo)
<b>FASE DE OPERACIÓN</b>			
<b>40-60</b>	Reciclado de residuos	47	+(Medianamente significativo)
<b>0-20</b>	Uso de agua	6	- (No significativo)
<b>20-40</b>	Descargas (Biol)	28	+(Poco significativo)
0-20	Emisiones gaseosas y partículas a la atmosfera	8,0	-(No significativo)
<b>ACCIDENTES</b>			
0-20	Derrames y fugas	16,0	-(Poco significativo)
0-20	Fallas operacionales	10,0	-(Poco significativo)

#### **5.9.1.6. Interpretación de resultados.**

##### **a) Impactos negativos.**

Al ser un proyecto de pequeña magnitud, las afectaciones al ambiente son mínimas, el factor con un mayor índice de impacto negativo tenemos al suelo con 47%, durante la fase de construcción, como resultado de excavación del hoyo donde se construyó el biodigestor. De igual forma tenemos al recurso agua que es utilizado durante la dilución o mezcla de alimentación diaria al biodigestor en un 6% de afectación negativa y en menor afectación tenemos la microfauna y la microflora 4,3 y 3% respectivamente.

Para mitigar los impactos negativos en el suelo se realizó actividades como:

- Se procuró cavar el hoyo únicamente en sus medidas establecidas para evitar afectar innecesariamente las capas del suelo.
- Al momento de terminar la construcción se retiró del lugar todos los residuos sólidos o líquidos contaminantes como plásticos, fundas, envases de plástico, restos de hierro.
- En lo que respecta a la afectación de la microfauna, se procedió a retirarlos cuidadosamente del área donde se realizó el proyecto, para evitar en lo máximo afectar las especies existentes.

##### **b) Impactos positivos.**

Los impactos positivos corresponden los beneficios que genera la implementación del biodigestor, los factores afectados positivamente son el recurso suelo con la recolección de los residuos sólidos orgánicos (estiércol) con un 47%, debido a que se disminuye la contaminación al utilizar estos residuos como materia prima en la producción de metano, además las descargas (biol) que generará el biodigestor contribuirá en el mejoramiento del suelo al aumentar sus nutrientes (C.H.O.N); las aguas subterráneas tienen un impacto del 2% al mejorar su calidad, debido a la disminución de residuos (estiércol) que producen infiltraciones y alteran la calidad del agua.

#### **5.9.1.7. Área de influencia directa.**

En la zona donde se ejecutara el proyecto se distingue con facilidad las áreas de agricultura, piscicultura y ganadería perteneciente al Sr. Segundo Álvarez, el mismo que es propietario del terreno, con un área de 39.00Has. De las cuales se afectará un área de 30 m<sup>2</sup> para la construcción del Biodigestor.

#### **5.9.1.8. Área de influencia indirecta.**

El área de influencia indirecta se aumentará 100 metros, correspondiente a fincas limitantes conjuntamente con sus habitantes.

#### **5.9.1.9. Análisis ambiental del proyecto.**

La construcción del Biodigestor Chino construido en la finca “Los 5 Hermanos”, sector los mieles, Parroquia el Dorado, Provincia de Orellana tiene una afectación general de impactos al ambiente poco significativos, debido que se intervino 30m<sup>2</sup> de suelo, donde se realizó la limpieza del área y se excavó un hoyo para la construcción del biodigestor, para ello se tuvo que remover arbustos, microflora y microfauna. A demás una influencia indirecta inferior a 100 m de radio,

Se cuantificaron 12 impactos ambientales positivos y 21 afectaciones negativas, durante las fases de construcción y operación del biodigestor.

Los factores ambientales afectados de manera negativa son: el suelo con el 47%, agua 6%, microfauna, microflora 4,3 y 3% respectivamente, obteniendo una valoración poco significativa de afectación a los recursos. Entre las afectaciones positivas se destaca el mejoramiento de la calidad del suelo con un 47%, por la recolección de los residuos orgánicos y las aguas subterráneas con un 2% debido a la disminución de las infiltraciones.

Las especies de fauna afectadas directamente fueron: hormigas, lagartijas, mosca negra, gallinas; y las especies de flora se identificaron: guarumo, yerba mala, yerba dalis, guayabos.

### **5.9.2. PLANIFICACIÓN DE CONSTRUCCIÓN.**

Mediante la información obtenida tanto en cálculos ingenieriles como en análisis de laboratorio, se procedió a seleccionar el tipo de biodigestor que más se acoplaba a las condiciones y características de la Finca “Los 5 Hermanos”, el cuál fue de tipo “Chino”. Para la construcción del mismo, se realizó una planificación previa, con la finalidad de reducir tiempo de trabajo, materiales y economizar costos.

La planificación de construcción constó de las siguientes fases:

- **Primera fase:** Selección del área donde será construido el biodigestor.
- **Segunda fase:** Limpieza y acondicionamiento del área destinada para la construcción.
- **Tercera fase:** Adquisición de materiales de construcción a utilizarse.
- **Cuarta fase:** Excavación del hoyo, zanjas de entrada y salida del biodigestor.
- **Quinta fase:** Construcción de la cámara de digestión del biodigestor.
- **Sexta fase:** Construcción de la caja de entrada de estiércol.
- **Sexta fase:** Construcción de la cúpula del biodigestor.
- **Séptima fase:** construcción de la caja de salida de biol.
- **Octava fase:** Colocación de tubería que conducirá el biogás.

#### **a. Primera fase: Selección del área donde será construido el biodigestor.**

Para la construcción del Biodigestor se seleccionó un área específica en la finca “Los 5 Hermanos”, considerando los siguientes factores:

- El sitio donde se construye el biodigestor debe estar cerca al lugar donde se consumirá el biogás producido, con la finalidad de evitar problemas, ya que este no tiene una suficiente presión para ser conducido a distancias lejanas. Por ello la distancia entre el lugar seleccionado para la construcción del biodigestor y el sitio donde se utilizara el biogás es de 50 metros aproximadamente.
- El área debe ser suelo firme y no un lugar rellenado, para evitar problemas de desmoronamientos de tierra al momento de realizar el hoyo, también se debe evitar realizarlo en lugares cercanos a cuerpos de agua porque al momento de cavar el hoyo se llena de agua y dificultaría la construcción.
- El sitio a seleccionar debe ser de fácil acceso tanto para personas como vehicular, para no tener dificultades en el transporte de materiales de construcción. (cemento, material pétreo, etc.)

**FOTOGRAFÍA 2. Selección del área donde se construirá el biodigestor.**



**b. Segunda fase: Limpieza y acondicionamiento del área destinada para la construcción.**

Para facilitar la construcción se realizó con la ayuda de herramientas manuales (machete, pala) una limpieza general del área donde se construirá el biodigestor, en un radio de 20

metros a la redonda, esto además permite que la radiación solar llegue directamente al biodigestor, aumentando así la eficiencia en la absorción del calor.

**FOTOGRAFÍA 3. Limpieza general del área.**



**c. Tercera fase: Adquisición de materiales de construcción a utilizarse.**

Para determinar los materiales que se necesitaron en la construcción, se lo realizó con la ayuda de una persona que contaba con los suficientes conocimientos en construcciones de hormigón armado, quien nos facilitó una lista aproximada de materiales a utilizarse. Al finalizar de la construcción se estableció con exactitud los materiales que se utilizó, que a continuación se los detalla.

**CUADRO 17. Materiales utilizados en la construcción del biodigestor.**

CANT.	DETALLE	V. Unitario	UNIDAD	V. Total
19	Cemento Rocafuerte.	8,8	Quintales	167,2
1	Malla electrosoldada de 10 x 10.	100	-	100
1	Tubo PVC de 8 pulgadas.	35	-	35
1	Alambre de amarre blanco.	0,8	Libra	0,8

1	Clavos de 2 pulgadas.	0,9	Libra	0,9
1	Clavos de 2 ½ pulgadas.	1	Libra	1
1	Llave de paso de ½ pulgadas.	5	-	5
1	Teflón	1,2	-	1,2
2	Triplex de 5 líneas.	18	-	36
30	Tablas de madera.	3,25	-	97,5
3	Material pétreo (arena fina)	15	m <sup>3</sup>	45
60	Bloques de 10.	0,35	-	21
½	Hierro 1/8	30	Quintal	30
2	Acelerante.	5	Galón	10
5	Manguera para gas	3	m	15
<b>SUBTOTAL</b>				<b>565,6</b>
<b>IVA 12%</b>				<b>67,872</b>
<b>TOTAL</b>				<b>633,472</b>

**FUENTE:** Autores.

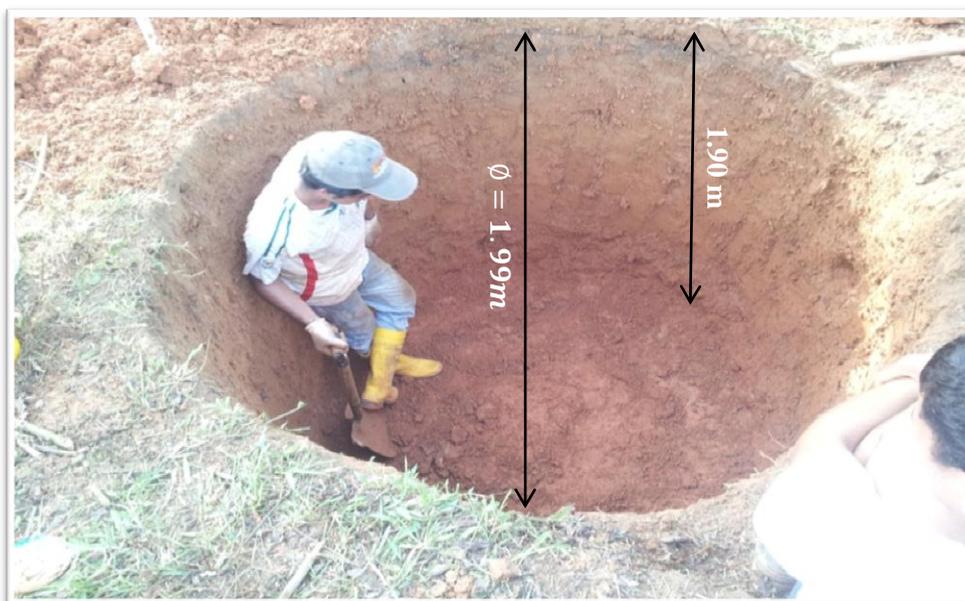
Además de los materiales se utilizó mano de obra calificada, la cual tuvo un valor de 600,00 USD. Por lo tanto el presupuesto de la construcción del Biodigestor Chino en la finca “Los 5 Hermanos” es 1233,47 dólares americanos.

#### **d. Cuarta fase: Excavación del hoyo, zanjas de entrada y salida del biodigestor.**

Se inició con el cuadrado del área y las mediciones que debía tener el hoyo, el diámetro interior del biodigestor es de 1.75 m, el grosor de las paredes del tanque es de 0.12 m, por lo tanto se debe cavó un hoyo con un diámetro de 1.99metros.

La altura según el dimensionamiento realizado es de 1.75 m, con una base de 0.15metros, por tanto el hoyo debe tener una altura de 1.90 metros.

**FOTOGRAFÍA 4: Excavación del hoyo.**



La zanga en donde se colocaría la tubería, se la realizó a una altura de 0.30 metros de la base del Biodigestor.

**.FOTOGRAFÍA 5 Colocación de la tubería de conducción de la mezcla**



**FOTOGRAFÍA 6.** Túnel de salida del biol y acceso al mantenimiento interno.



**e. Quinta fase: Construcción de la cámara de digestión del biodigestor.**

Una vez realizado el hoyo se procedió a la construcción del tanque o cámara de biodigestión, se inició con la colocación de la malla electrosoldada, la misma que permitirá tener una mayor resistencia y seguridad al tanque, luego se realizó el encofrado para la posterior fundición.

**FOTOGRAFÍA 7.** Colocación de malla electrosoldada y encofrado.



Un factor importante a tomar en cuenta es la relación que se utiliza para la fundición con relación a la mezcla del cemento y el material pétreo, debido a que el tanque o cámara de biodigestión debe ser una área totalmente hermética, cumpliéndose así el principio de que es un Biodigestor anaerobio, así como evitar que las paredes se partan. La relación utilizada en la construcción del Biodigestor chino en la finca “Los 5 Hermanos” fue de 1 quintal de cemento por cada 2 carretilladas de material pétreo.

**FOTOGRAFÍA 8. Tanque o cámara de biodigestión fundida.**



**f. Sexta fase: Construcción de la caja de entrada de estiércol.**

La caja de entrada se la realizó con bloques de 10, y se enlució para evitar dificultades al momento de realizar la mezcla, el tubo que conduce la materia prima se colocó en el centro de la caja para una mayor facilidad de carga.

Su construcción se la realizó a una altura que coincide con el nivel hasta dónde llegará el llenado con la mezcla, tomando en cuenta el criterio de diferencial de presión, donde dice que el nivel de un líquido en un sistema será el mismo en cualquier parte.

## TOGRAFÍA 9. Construcción de la caja de entrada



### **g. Sexta fase: Construcción de la cúpula del biodigestor.**

Una vez que el tanque ya estuvo bien solidificado la fundición (dos días), se procedió a la construcción de la cúpula, al igual que en el tanque se utilizó malla electrosoldada y el encofrado se lo realizó desde el interior del tanque.

La pared de la cúpula que se construyó tiene un grosor de 0.12 m (12cm), además en su centro se colocó un tubo de PVC de ½ pulgada, el cual permitirá la conducción del biogás que se almacena en la cúpula, ah este tubo se le acoplo en la parte de afuera una llave de paso que permitirá regular la salida del biogás.

**FOTOGRAFÍA 10. Construcción de la cúpula.**



**h. Séptima fase: construcción de la caja de salida de biol.**

La caja de salida por donde se recogerá el biol, también servirá como conducto para el ingreso a dar mantenimiento interno del Biodigestor, se construyó al igual que la caja de entrada utilizando bloques de 10, y se enlució interna y externamente.

**FOTOGRAFÍA 11. Construcción de la caja de salida.**



### **Octava fase: Colocación de tubería que conducirá el biogás.**

La tubería que permita la salida del biogás desde la cámara de almacenamiento será de PVC de ½ pulgada, luego se acoplara una manguera para gas en la llave de paso instalada en la cúpula .ANEXO 11.

**FOTOGRAFÍA 12. Biodigestor tipo Chino en la Finca “Los Hermanos”.**



### **5.9.3. CARGA DEL BIODIGESTOR.**

**Para la carga del biodigestor se establecieron las siguientes etapas;**

- **Primera etapa:** Limpieza externa e interna del biodigestor.
- **Segunda etapa:** Recolección y almacenamiento de la materia prima (estiércol).
- **Tercera etapa:** Recolección de rumen proveniente del camal.
- **Cuarta etapa:** Carga del biodigestor con estiércol de la finca “Los 5 Hermanos” más rumen proveniente del camal y agua.
- **Quinta etapa:** Monitoreo del funcionamiento del biodigestor.
- **Sexta etapa:** Quema del gas.
- **Séptima etapa;** Extracción y utilización del biol.

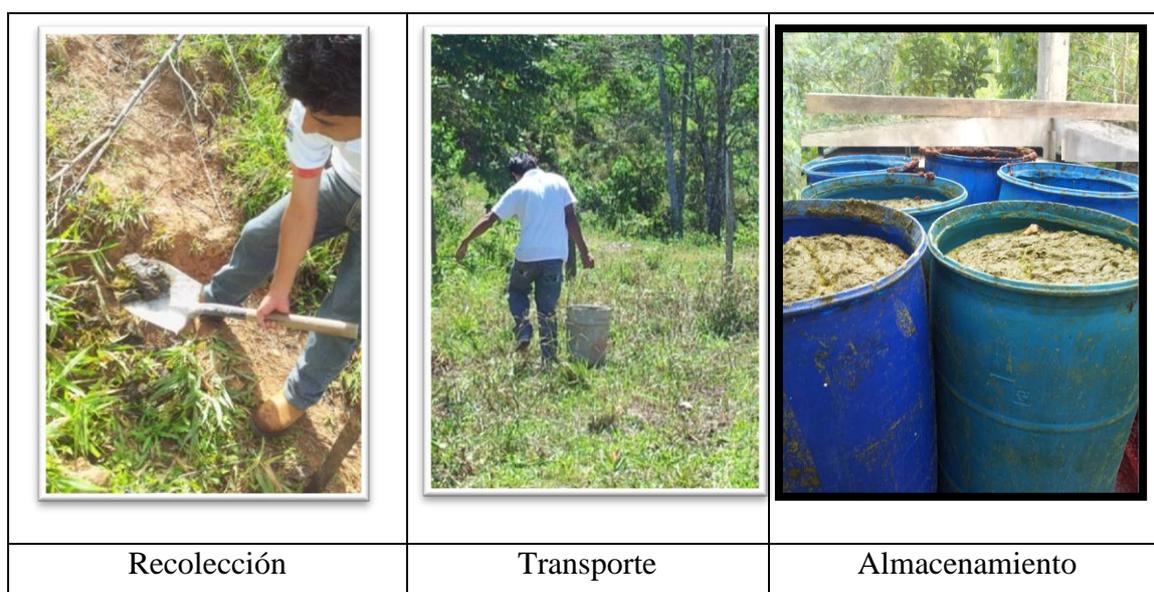
**a. Primera etapa: Limpieza externa e interna del biodigestor.**

Esta etapa consistió en ir retirando escombros tales como restos de cemento, clavos, palos y basuras en general, tanto de la caja de entrada, la cámara de digestión y la caja de salida del biol. Esto se realizó con la finalidad de que cuando se realice la carga del biodigestor no existan elementos ajenos que tiendan a influir en el proceso de digestión.

**b. Segunda etapa: Recolección y almacenamiento de la materia prima (estiércol).**

La recolección del estiércol se la realizó por los diferentes potreros de la finca empezando el 20 de Noviembre hasta el 17 de Diciembre del 2013 en horas de la mañana, tarde y noche, logrando almacenar aproximadamente unos 1890Kg, esto se realizó con la finalidad de facilitar la carga diaria del biodigestor. La recolección se la realizó de manera manual con la ayuda de palas y baldes. Tratando de escoger solo estiércol sin tierra, el mismo que era colocado en baldes, los cuales eran transportadas a su centro de acopio para ser almacenadas en tanques de 50 galones, que posteriormente serían utilizados para cargar el biodigestor. El almacenamiento del estiércol se realizó debido a que en la finca “Los 5 Hermanos”, los vacunos no se encuentran en establos, lo cual tiende a dificultar la recolección de la materia prima.

**FOTOGRAFÍA 13. Recolección y almacenamiento de la materia prima.**



**c. Tercera etapa: Recolección de rumen proveniente del camal.**

A demás del estiércol de los vacunos de la finca “Los 5 Hermanos”, también se llevó a cabo la recolección de 500 kg de rumen, los mismos que provenían del faenamiento de reses, que luego eran transportados en tanques hacia el lugar donde se desarrolló el proyecto.

La alimentación del biodigestor con rumen, se la realizo con la finalidad de acelerar el proceso digestión anaerobia dentro del biodigestor, ya que el rumen es apropiado para el crecimiento y reproducción de microorganismos.

**FOTOGRAFÍA 14. Recolección y transporte de rumen proveniente del camal.**



**d. Cuarta etapa: Carga del biodigestor con estiércol de la finca “Los 5 Hermanos” más rumen proveniente del camal y agua.**

La primera carga del Biodigestor se realizó el 1 de diciembre del 2013, con 85.5Kg de materia prima previamente recolectada de la finca “Los 5 Hermanos”, más los 500Kg de rumen proveniente del camal de Fco. Orellana y 439 litros de agua, para de esta manera cumplir con la relación establecida (1:0.75).

Cabe recalcar que antes de colocar la materia prima más el agua que vayan a ingresar al biodigestor, se debe realizar una mezcla homogénea entre las mismas, para que al momento de su ingreso no vaya a ver taponamientos de la tubería.

**FOTOGRAFÍA 15. Carga del biodigestor (Estiércol+ rumen + agua).**

		
<p>Estiércol Fresco</p>	<p>Rumen</p>	<p>Mescla ((Estiércol+ rumen + agua)</p>

#### **5.9.4.MEDICIÓN DEL BIOGÁS.**

La medición del biogás se la realizó por periodos, la primer medición a los 14 días, la segunda medición a los 20 días y la tercera medición a los 28 días, esto con el objetivo de evaluar la producción de biogás a medida que el tiempo transcurre , para lo cual se utilizó el método de desplazamiento de líquido, el mismo que consistió en utilizar un recipiente lleno con agua, que contaba con un una manguera por donde ingresaba el biogás, otra manguera de menor diámetro para la expulsión del líquido desplazo, para la medición del líquido desplazado se utilizó un recipiente graduado el mismo que se llenaba conforme el gas ingresaba en un tiempo determinado. ANEXO 10.

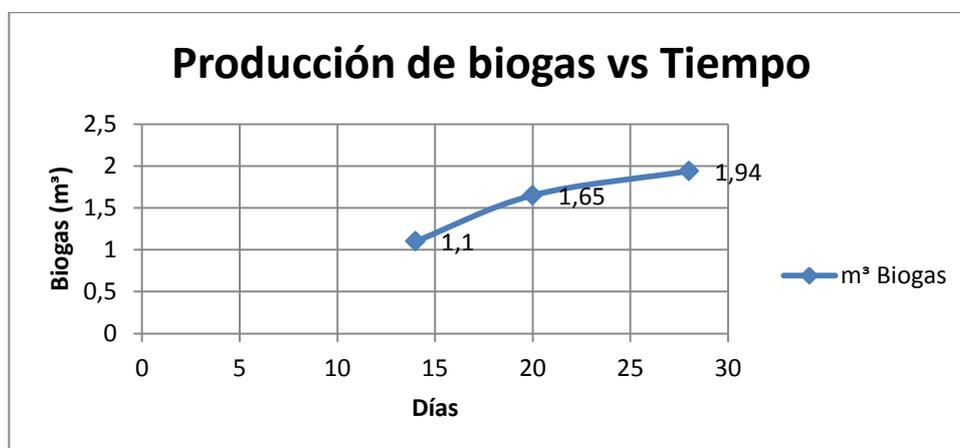
En la medición de campo del biogás se obtuvo los siguientes resultados:

**Cuadro 18. Resultados de producción de biogás.**

Medición	Tiempo (Días)	Cantidad de biogás m <sup>3</sup>	% Eficiencia.
1	14	1,1	50
2	20	1,65	75
3	28	1,94	88

**FUENTE:** Autores

**Grafico N° 1: Producción de biogás**



**FUENTE:** Autores

Como se observa en la gráfica, la producción de biogás en el biodigestor de la finca “Los 5 Hermanos”, va creciendo en forma ascendente, es decir la producción de biogás mantiene una relación directamente proporcional al tiempo. Además se determinó que la producción de biogás generada por el biodigestor fue inferior en  $0.26\text{m}^3$  con respecto a la establecida en cálculos iniciales que fue de  $2.2\text{m}^3$ . Esto se debió a que durante el proceso de generación de biogás, los factores climáticos de la zona no favorecieron al proceso de producción.

Se pudo apreciar que conforme el (T.R) aumentaba, la cantidad de biogás era mayor y por consecuentemente existía una mayor presión, la cual conllevó a que en una pequeña área de la cúpula del biodigestor se formarían agujeros diminutos no más grandes del tamaño de un alfiler, problema que fue resuelto de manera inmediata, aplicando varias capas de sellador (SIKA para exteriores), luego de su respectivo secado se realizó pruebas verificando que las fugas habían desaparecido y por ende el funcionamiento del biodigestor tipo Chino era el normal.

A demás se pudo determinar el poder calorífico del Biogás generado por el biodigestor, mediante una comparación, la misma que consistió en hacer hervir 500ml de agua en una cocineta que utilice GLP, y la misma cantidad en el mechero del biodigestor. Los 500ml

de agua se tardaron en hervir 10 minutos con la utilización de GLP, el cual tiene un poder calorífico de 50.25 KJ y utilizando el biogás se demoró 15 minutos. Lo cual nos determina que el poder calorífico del biogás generado por el Biodigestor de la Finca “Los 5 Hermanos” es inferior al de un GLP.

# **CAPÍTULO IV**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

## CAPÍTULO IV

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 6.9. Conclusiones.

1. Partiendo del requerimiento energético de la finca 2 GLP/mes, se diseñó el Biodigestor Chino el cual de acuerdo a matrices de selección es el más adecuado considerando los factores económicos y climáticos del sector, el mismo que fue construido en hormigón armado, en las cajas de entrada y salida se utilizó bloque de 12 cm, recubiertas por una capa de cemento (enlucido).
2. La materia prima utilizada arrojó los siguientes resultados en los análisis Físico-químicos y microbiológicos: pH 7.45; Relación C/N 20:1; % de sólidos totales 13; Coliformes totales  $8.09 \times 10^8$  UFC/gr; % de ceniza 18.43; % de Humedad 87, los cuales son adecuados para la producción de biogás.
3. El Biodigestor Chino construido en la finca “Los 5 Hermanos”, tiene las siguientes dimensiones: altura 2,43m; diámetro 1.75m, con un volumen de la cámara de biodigestión de  $4.2\text{m}^3$ , volumen de la cúpula  $0.44\text{m}^3$ , en consecuencia tiene un volumen total de  $5,1\text{m}^3$ .
4. Se construyó satisfactoriamente el biodigestor Chino Anaerobio, en la finca “Los 5 hermanos” para el aprovechamiento de la materia prima generada en la misma, la materia prima contiene las condiciones óptimas para la generación de biogás.

## **6.10. Recomendaciones.**

1. Para la recolección del estiércol, procurar recolectar solamente materia orgánica, más no con residuos de tierra o lodo, ya que la acumulación excesiva de estos residuos podría taponar el biodigestor y con ello el mantenimiento sería en menor tiempo.
2. En el llenado del biodigestor, tomar en cuenta que la mezcla entre agua y estiércol debe ser de manera homogénea, para facilitar el ingreso por la tubería de entrada y su rápida descomposición.
3. Para fincas que no posean establos o corrales, se debe realizar centros de acopio aproximadamente cada 100m por donde tiendan apastar las vacas, con la finalidad de facilitar la recolección del estiércol.
4. El biol se debe utilizar una vez que hayan transcurrido 45 días desde la primera carga del biodigestor, ya que si lo utiliza antes de este tiempo el efecto en el suelo no sería el mismo debido a que se podría encontrar materia aún en descomposición.
5. Construir un techo sobre el biodigestor para que durante las épocas lluviosas no caiga directamente el agua sobre el mismo, ayudando a mantener una temperatura constante.
6. Durante la aplicación del biol a los cultivos o suelo, realizar la dilución correcta 1:20, es decir por cada litro de biol, agregar 20 litros de agua, para evitar que se quemem las plantas.

# **CAPÍTULO V**

## **BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS**

## CAPÍTULO V

### 7. BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS.

#### 7.9. Bibliografía.

1. **ALMEIDA, A, y OTROS.,** Expresión Genética en la Digestión Anaerobia., 1ra ed., Cataluña-España., Universidad Autónoma de Coahuila., 2011., Pp. 20, 21  
E-Books:  
<http://www.postgradoeinvestigacion.uadec.mx/Documentos/AQM/AQM6/Art%203%20Almeida%20y%20col.pdf>
2. **BOTERO, R. y OTROS.,** Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas., 1era ed., Cali-Colombia., Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT., .1987., Pp. 16.  
E-Books:  
<http://www.produccion-animal.com.ar/Biodigestores/04-biodigestores.pdf>
3. **CAMPOS, E, y OTROS.,** Biogás y Aprovechamiento de la Biomasa., 1ra ed., Lérida-España., Universidad de Lleida., 2012., Pp. 3, 4,5.

4. **COLQUE, T. y OTROS.**, Producción de biol abono líquido natural y ecológico., 1era ed., Puno-Perú., Estación Experimental ILLPA., 2005., Pp. 1,10.  
E-Books:  
<http://masporcicultura.com/Productos/biofertilizante-liquido-desc-mp.pdf>
5. **HILBERT, J.**, Manual para la producción de biogás., 1era ed., Buenos Aires-Argentina., Instituto de Ingeniería Rural-I.N.T.A. – Castelar., 2009., Pp. 11.  
E-Books:  
<http://www.produccion-animal.com.ar/Biodigestores/07-Manual.pdf>
6. **VARNERO, M.**, Manual de biogás., 1era ed., Santiago-Chile., Proyecto CHI/00/G32., 2011., Pp. 21, 37.  
E-Books:  
[http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/Biocomustibles/FAO/manual\\_biogas.pdf](http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/Biocomustibles/FAO/manual_biogas.pdf)
7. **BALCÁZAR, A.**, Aprovechamiento del Recurso Energético Biomasa en la vivienda rural de la ciudad de Loja., Escuela de Arquitectura., Loja- Ecuador., Universidad Técnica Particular de Loja., **TESIS.**, 2009.,Pp. 10,11,25.  
E-Books:  
<http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/7242/1/Cristian%20Balcazar.pdf>.

8. **CAMPOS, A.**, Optimización de la digestión anaerobia de purines de cerdos mediante codigestión con residuos orgánicos de la industria agroalimentaria., Escuela técnica superior de Ingeniería Agraria., Lérida-España., Universidad de Lleida., **TESIS.**, 2001., Pp. 23.  
E-Books:  
<http://web.udl.es/usuaris/r5213847/ecampos-tesis.pdf>
9. **HIDALGO B. y OTRO.**, Diseño de un Biorreactor y Conducción del Biogás Generado por las Excretas de Ganado Vacuno, Estación TUNSHI - ESPOCH., Facultad de Ciencias., Escuela de Ciencias Químicas., Riobamba-Ecuador., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., **TESIS.**, 2012., Pp. 97, 98, 99, 100.
10. **MOROCHO, M.**, Alternativas de Manejo para Reducir el Impacto Contaminante de las Excretas Bovinas en los Establos Lechero., Facultad de Ciencias Pecuarias., Escuela de Ingeniería Zootécnica., Riobamba-Ecuador., Escuela Superior Politécnica De Chimborazo., **TESIS.**, 2012 ., Pp. 13.  
E-Books:  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2111/1/17T1105.pdf>

**11. NINABANDA JENY.,** Alternativas de Manejo de las Excretas Porcinas., Facultad de Ciencias Pecuarias., Escuela de Ingeniería Zootécnica., Riobamba-Ecuador., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., **TESIS.**, 2012., Pp. 15.

E-Books:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2109/1/17T1107.pdf>

**12. WAYLLAS, J.,** Diseño de un Biorreactor Chino Anaerobio a Partir del Estiércol Vacuno en la Comunidad el Olivo., Facultad de Ciencias., Escuela de Ingeniería en Biotecnología Ambiental., Riobamba-Ecuador., Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.,, **TESIS.**, 2010., Pp. 2.

#### **7.10. BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET**

##### **13. BIOGAS.**

<http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/biogas.pdf>  
2013/11/ 25

##### **14. DIFIULTADES.**

<http://www.portalagropecuario.com.mx/dgen/album/1346954872.pdf>  
2014/01/18/

**15. INCLUSIÓN DE INOCULANTES.**

<http://www.textoscientificos.com/energia/biogas/factores>  
2013/12/12

**16. UBICACIÓN DE BIODIGESTORES.**

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/79/simple-search?query=biorreactor>  
2013/11/30

**17. TIPO DE MATERIA PRIMA.**

<http://www.textoscientificos.com/energia/biogas/factores>  
2013/ 12/ 02

**18. TEMPERATURA DEL SUSTRATO.**

<http://www.gporellana.gob.ec>.  
2013/12/07

**19. TIPO DE BIODIGESTORES.**

<http://www.portalagropecuario.com.mx/dgen/album/1346954872.pdf>  
2014/01/15

**20. TIEMPOS DE RETENCIÓN.**

<http://www.textoscientificos.com/energia/biogas/factores>  
201312/10

**21. VELOCIDAD DE CARGA VOLUMÉTRICA.**

<http://www.textoscientificos.com/energia/biogas/factores>  
2013/12/08

**22. VENTAJAS DE LOS BIODIGESTORES.**

[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:xhugL\\_FEeBIJ:www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/energia22/html/articulo04.htm+&cd=8&hl=es&ct=clnk&gl=ec](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:xhugL_FEeBIJ:www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/energia22/html/articulo04.htm+&cd=8&hl=es&ct=clnk&gl=ec)  
2014/01/16

**23. CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR 2008**

[http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion\\_de\\_bolsillo.pdf](http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf)  
2014/03/15

**24. TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA  
LIBRO VI, ANEXO 1 NORMA DE CALIDAD  
AMBIENTAL Y DE DESCARGAS DE EFLUENTES:  
RECURSO AGUA, ECUADOR, 2003.**

<http://www.recaiecuador.com/Biblioteca%20Ambiental%20Digital/TULAS.pdf/LIBRO%20VI%20Anexo%201.pdf>  
2014/03/15

## 8. ANEXOS.

### ANEXO 1. VACUNOS DE RAZA BRAHMÁN ROJO.



### ANEXO 2. CUANTIFICACIÓN DE LA MATERIA PRIMA.

	
<p>Muestro aleatorio simple.</p>	<p>Pesado y toma de datos de muestras de estiércol de vacunos</p>

**ANEXO 3. TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE LABORATORIO PRE-TRATAMIENTO.**

	
<p>Homogenización de estiércol.</p>	<p>Muestras para análisis físico-químicos.</p>
	
<p>Muestras para análisis microbiológicos.</p>	<p>Muestras recolectadas.</p>

**ANEXO 4. TOMA DE MUESTRAS POST-TRATAMIENTO (BIOL).**



## ANEXO 5. ELABORACIÓN DE BIODIGESTOR PROTOTIPO TIPO BATCH.

	
<p>Limpieza del balde</p>	<p>Recubrimiento con cemento</p>
	
<p>Mezcla estiercol + agua ( 1:0.75)</p>	<p>Comienzo de producción de biogás</p>

**ANEXO 6. HOJA DE CONTROL DE TEMPERATURA BIOGESTOR CHINO TIPO BATCH (PROTOTIPO).**

HOJA DE CONTROL DE TEMPERATURA BIOGESTOR CHINO TIPO BATCH (PROTOTIPO)							
DIA	FECHA	TEMPE.SECTOR °C			CONDICIONES CLIMATICAS		
		M	T	N	S	N	LL
1	29/10/2013	30	28	23	T	M	
2	30/10/2013	25	30	26	T	M	
3	31/10/2013	24	33	27	MT	M	No
4	01/11/2013	22	30	22	T	M	No
5	02/11/2013	23	27	22	T	M	No
6	03/11/2013	25	29	21	T	M	No
7	04/11/2013	24	26	22	T	M	
8	05/11/2013	24	30	22	T	M	
9	06/11/2013	24	31	21	T	M	
10	07/11/2013	25	30	23	T	M	
11	08/11/2013	26	29	22	T	M	
12	09/11/2013	25	33	24	M	T	
13	10/11/2013	27	38	24	M	T	
14	11/11/2013	26	36	27	M	T	
15	12/11/2013	24	35	25	T	M	N
16	13/11/2013	22	30	25		T	MN
17	14/11/2013	25	30	25			
18	15/11/2013	26	37	25	T		M
19	16/11/2013	28	29	22		M	
20	17/11/2013	29	31	25	T	M	
21	18/11/2013	27	28	26			TD
22	19/11/2013	25	29	21	T	M	No
23	20/11/2013	24	26	22	T	M	No
24	21/11/2013	25	30	23	MT		
25	22/11/2013	26	29	22	MT		
26	23/11/2013	25	33	24	MT		
27	24/11/2013	24	35	25	MT		
28	25/11/2013	22	30	25	MT		
	Total	702	862	661			
	Total/TR	25	31	24			
	<b>Promedio diario °C</b>	<b>26</b>					
<b>M:Mañana</b>	S:Soleado						
<b>T:Tarde</b>	N:Nublado						
<b>No: Noche</b>	Ll: Lluvioso						

**ANEXO 7. QUEMA DEL GAS PROVENIENTE DEL BIODIGESTOR  
PROTOTIPO.**



## ANEXO 8. RESULTADOS DE LABORATORIO, MUESTRAS PRE-TRATAMIENTO.

	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105		Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: S/N</b>		
SPS: 13 -S/N		Análisis de estiércol	

**Sr. Jorge Gordón/Sr. José Samaniego**

Dirección: Coca.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por..... Sr. Jorge Gordón/Sr. José Samaniego.

Fecha hora de toma de muestra ..... 2 013 10 14 07:00.

Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 013 10 14 10:00.

Fecha del análisis ..... 2 013 10 14 a 2 013 10 23.

Condiciones Ambientales de Análisis ..... T. Máx: 27,0°C T. Mín: 22,5°C

Código de LabSu ..... Identificación de la muestra.

M 1 ..... Muestra de Estiércol pre degradación, de la Finca Los 5 hermanos del sector los Mieles.

**2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:**

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	M 1	PEE-LABSU	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K=2)
1	Potencial hidrógeno	~	7,37	PEE-LABSU-12	EPA 9045 C	± 0,05
2	*Temperatura	°C	23,1	~	~	~
3	Sólidos totales	%	12,62	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	± 10%
4	*Materia Organica	%	81,09	PEE-LABSU-67	Gavimetría	~
5	*Humedad	%	87,38	PEE-LABSU-38	Gavimetría	~
6	*Ceniza	%	18,91	PEE-LABSU-38	Gavimetría	~
7	Coliformes totales	UFC/G	2,37x10 <sup>8</sup>	PEE-LABSU-44	SM 9222 B	± 12%
8	Coliformes fecales	UFC/G	2,3x10 <sup>8</sup>	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 5%
9	*Carbono orgánico Total	%	47,04	PEE-LABSU-66	EPA 9060	~
10	*Nitrógeno total	%	2,8	PEE-LABSU-71	KJELDAHL, EPA	~

**3.- Responsables del Informe:**

Autorización: Téc. Andres Solis Plaza.  
DIRECTOR TECNICO



Ricardo Caicedo Parra.  
RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-04



VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO  
 Fray P. de Villarquemado S/N y Av.Labaka  
 E-mail: laboratorio@labsu.com  
 Coca, Provincia de Orellana - Ecuador  
 Telefax:(593)06- 2881105

**INFORME DE ENSAYO N°: S/N**

SPS: 13 -S/N      Análisis de estiércol

Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003

## Sr. Jorge Gordón/Sr. José Samaniego

Dirección: Coca.

### 1.- Datos generales:

Recogidas por..... Sr. Jorge Gordón/Sr. José Samaniego.  
 Fecha hora de toma de muestra ..... 2 013 10 14      07:00.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 013 10 14      10:00.  
 Fecha del análisis..... 2 013 10 14 a 2 013 10 23.  
 Condiciones Ambientales de Análisis ..... T. Máx: 27,0°C T. Mín: 22,5°C  
 Código de LabSu..... Identificación de la muestra.  
 M 2..... Muestra de Estiércol pre degradación, de la Finca Los 5 hermanos del sector los Mieles.

### 2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	M 2	PEE-LABSU	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K=2)
1	Potencial hidrógeno	~	7,43	PEE-LABSU-12	EPA 9045 C	± 0,05
2	*Temperatura	°C	25	~	~	~
3	Sólidos totales	%	12,70	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	± 10%
4	*Materia Organica	%	82,74	PEE-LABSU-67	Gavimetría	~
5	*Humedad	%	87,30	PEE-LABSU-38	Gavimetría	~
6	*Ceniza	%	17,26	PEE-LABSU-38	Gavimetría	~
7	Coliformes totales	UFC/G	2,1x10 <sup>8</sup>	PEE-LABSU-44	SM 9222 B	± 12%
8	Coliformes fecales	UFC/G	1,96x10 <sup>8</sup>	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 5%
9	*Carbono orgánico Total	%	48	PEE-LABSU-66	EPA 9060	~
10	*Nitrógeno total	%	2,7	PEE-LABSU-71	KJELDAHL, EPA	~

### 3.- Responsables del Informe:

Autorización: Téc. Andres Solis Plaza.  
 DIRECTOR TECNICO



Ing. Ricardo Caicedo Parra.  
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-04

	<b>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO</b> Fray P. de Villarquemado S/N y Av.Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105	<b>Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003</b>
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: S/N</b>	
	SPS: 13 -S/N	Análisis de estiércol

## Sr. Jorge Gordón/Sr. José Samaniego

Dirección: Coca.

### 1.- Datos generales:

Recogidas por.....Sr. Jorge Gordón/Sr. José Samaniego.  
 Fecha hora de toma de muestra .....2 013 10 14 07:00.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio .....2 013 10 14 10:00.  
 Fecha del análisis .....2 013 10 14 a 2 013 10 23.  
 Condiciones Ambientales de Análisis .....T. Máx: 27,0°C T. Mín: 22,5°C  
 Código de LabSu .....Identificación de la muestra.  
 M 3 .....Muestra de Estiércol pre degradación, de la Finca Los 5 hermanos del sector los Micles.

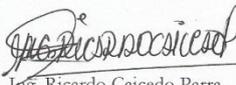
### 2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	M 3	PEE-LABSU	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K=2)
1	Potencial hidrógeno	~	7,49	PEE-LABSU-12	EPA 9045 C	± 0,05
2	*Temperatura	°C	22,7	~	~	~
3	Sólidos totales	%	13,49	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	± 10%
4	*Materia Organica	%	80,88	PEE-LABSU-67	Gavimetría	~
5	*Humedad	%	86,58	PEE-LABSU-38	Gavimetría	~
6	*Ceniza	%	19,02	PEE-LABSU-38	Gavimetría	~
7	Coliformes totales	UFC/G	2x10 <sup>8</sup>	PEE-LABSU-44	SM 9222 B	± 12%
8	Coliformes fecales	UFC/G	1,88x10 <sup>8</sup>	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 5%
9	*Carbono orgánico Total	%	46,97	PEE-LABSU-66	EPA 9060	~
10	*Nitrógeno total	%	2,3	PEE-LABSU-71	KJELDAHL, EPA	~

### 3.- Responsables del Informe:

Autorización:   
 Téc. Andrés Solís Plaza.  
 DIRECTOR TECNICO



  
 Ing. Ricardo Caicedo Parra.  
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-04



VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO  
 Fray P. de Villarquemado S/N y Av.Labaka  
 E-mail: laboratorio@labsu.com  
 Coca, Provincia de Orellana - Ecuador  
 Telefax:(593)06- 2881105

**INFORME DE ENSAYO N°: S/N**

SPS: 13 -S/N | Análisis de estiércol

Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003

## Sr. Jorge Gordón/Sr. José Samaniego

Dirección: Coca.

### 1.- Datos generales:

Recogidas por..... Sr. Jorge Gordón/Sr. José Samaniego.  
 Fecha hora de toma de muestra .....2 013 10 14 07:00.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio .....2 013 10 14 10:00.  
 Fecha del análisis.....2 013 10 14 a 2 013 10 23.  
 Condiciones Ambientales de Análisis.....T. Máx: 27,0°C T. Mín: 22,5°C  
 Código de LabSu..... Identificación de la muestra.  
 M 4..... Muestra de Estiércol pre degradación, de la Finca Los 5-hermanos del sector los Mieles.

### 2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	M 4	PEE-LABSU	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K=2)
1	Potencial hidrógeno	~	7,52	PEE-LABSU-12	EPA 9045 C	± 0,05
2	*Temperatura	°C	23,4	~	~	~
3	Sólidos totales	%	13,46	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	± 10%
4	*Materia Organica	%	81,47	PEE-LABSU-67	Gavimetría	~
5	*Humedad	%	86,54	PEE-LABSU-38	Gavimetría	~
6	*Ceniza	%	18,53	PEE-LABSU-38	Gavimetría	~
7	Coliformes totales	UFC/G	1,86x10 <sup>8</sup>	PEE-LABSU-44	SM 9222 B	± 12%
8	Coliformes fecales	UFC/G	1,8x10 <sup>8</sup>	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 5%
9	*Carbono orgánico Total	%	47,26	PEE-LABSU-66	EPA 9060	~
10	*Nitrógeno total	%	1,9	PEE-LABSU-71	KJELDAHL, EPA	~

### 3.- Responsables del Informe:

Autorización: Téc. Andres Solis Plaza  
 DIRECTOR TECNICO

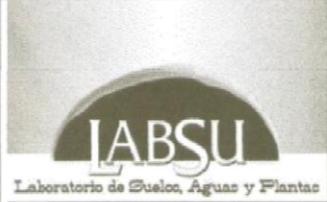


Ing. Ricardo Caicedo Parra  
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-04

**ANEXO 9. RESULTADOS DE LABORATORIO, MUESTRAS PRE-TRATAMIENTO.**

	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105	Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003
<b>INFORME DE ENSAYO N°: S/N</b>		
SPS: 13 -S/N		Análisis de Biol

**Sr. Jorge Gordón/Sr. José Samaniego**

Dirección: Coca.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por ..... Sr. Jorge Gordón/Sr. José Samaniego.

Fecha hora de toma de muestra ..... 2 014 01 16 07:00.

Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 014 01 16 10:00.

Fecha del análisis ..... 2 014 01 16 a 2 014 01 21.

Condiciones Ambientales de Análisis ..... T. Máx: 27,0°C T. Mín: 22,5°C

Código de LabSu ..... **Identificación de la muestra.**

M 1 ..... Muestra de Biol, de la Finca Los 5 hermanos del sector los Mieles.

**2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:**

Ítem	Análisis solicitados	Unidad	M 1	PEE-LABSU	Método / Norma Referencia	Incertidumbre (K=2)
1	Potencial hidrógeno	~	7,37	PEE-LABSU-12	EPA 9045 C	± 0,05
2	*Materia Orgánica	%	1,36	PEE-LABSU-67	Gavimetría	~
3	*Nitrógeno total	g/L	2,62	PEE-LABSU-71	KJELDAHL, EPA	~
4	*Fósforo (P-PO <sub>4</sub> )	g/L	0,35	PEE-LABSU-19	SM 4500 E	-
5	Amonio (NH <sub>4</sub> )	g/L	1,31	PEE-LABSU-41	SM 4500 NH3 F	± 20%
6	*Sodio	g/L	4,5	PEE-LABSU-32	SM 3030 B, 3111 B	~

**3.- Responsables del Informe:**

  
 Autorización: Téc. Andrés Solís Plaza  
 DIRECTOR TÉCNICO



  
Ing. Ricardo Vaicedo Parra  
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-04

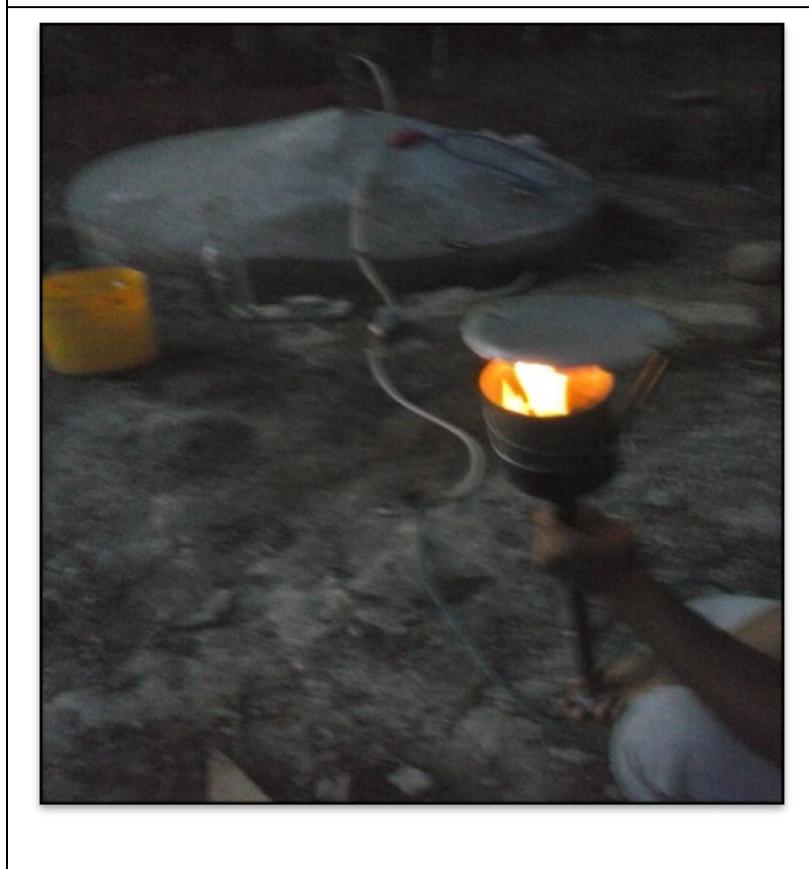
**ANEXO 10. MEDICIÓN DE BIOGÁS MEDIANTE COLUMNA DE AGUA.**



**ANEXO 11. COLOCACIÓN DE FILTRO DE LIMALLAS DE HIERRO Y MANGUERA PARA CIRCULACIÓN DE BIOGAS.**

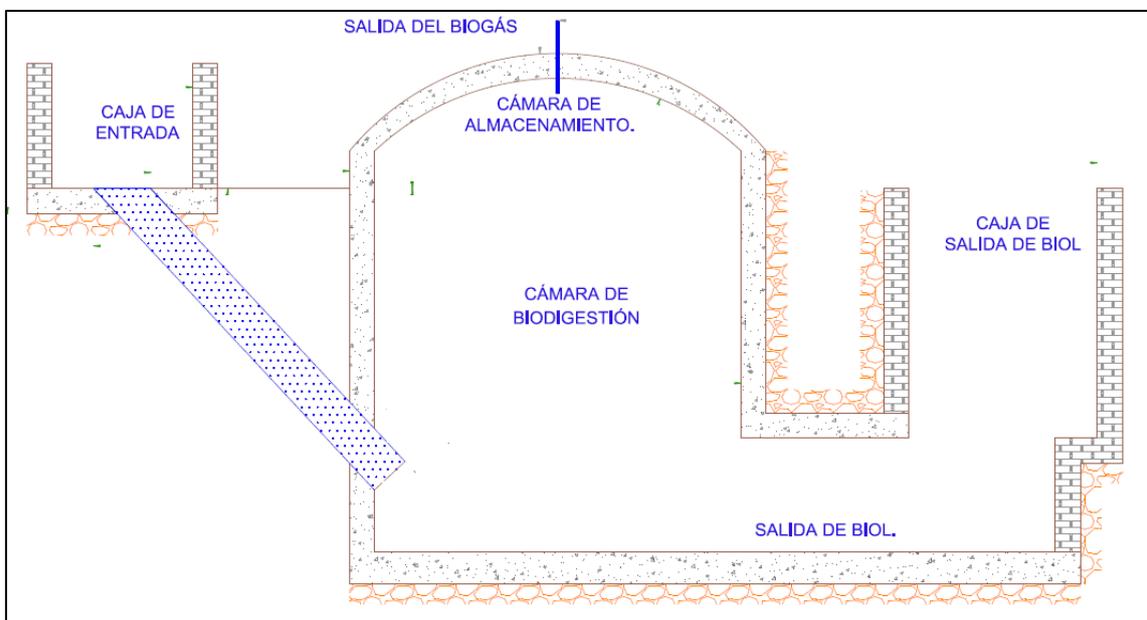


**ANEXO 12. QUEMA DEL BIOGÁS EN LÁMPARAS PARA ALUMBRADO DE LA FINCA “LOS 5 HERMANOS”.**



## ANEXO 13. MANUAL DE OPERACIÓN DEL BIODIGESTOR.

### ➤ Partes del biodigestor Chino de la Finca los 5 Hermanos.



Para el correcto funcionamiento del biodigestor tipo Chino se recomienda seguir las recomendaciones detalladas a continuación:

### ➤ Acondicionamiento del biodigestor.

Para garantizar un arranque óptimo del biodigestor, se recomienda efectuar una limpieza interna de modo que no existan objetos ajenos que tiendan a interferir negativamente en los procesos biológicos. Además la utilización de rumen de ganado vacuno para acelerar el crecimiento de bacterias encargadas en la producción de metano, la cantidad a colocar debe corresponder a 10% del volumen de la cámara de digestión (500Kg).

### ➤ Materia prima que se debe utilizar.

Para la alimentación diaria del biodigestor la materia prima a utilizarse es estiércol de ganado vacuno, proveniente de potreros o establos de la finca, tener en cuenta durante la recolección del estiércol se debe evitar que éste no contenga tierra u otros residuos ajenos

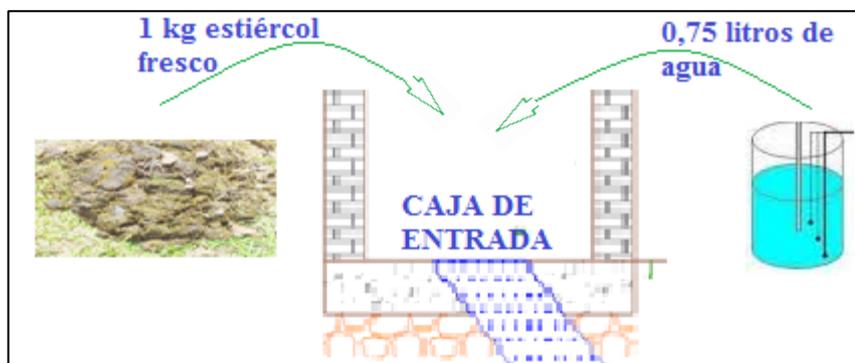
a su composición ya que estos influirían negativamente en el rápido taponamiento del biodigestor y producción de biogás.

➤ **Características de la materia prima.**

La materia prima a utilizar debe poseer un porcentaje de ST de 12%, pH entre 6,5 a 7,5 y una relación Carbono/Nitrógeno de 11:1, para una producción óptima y constante de biogás.

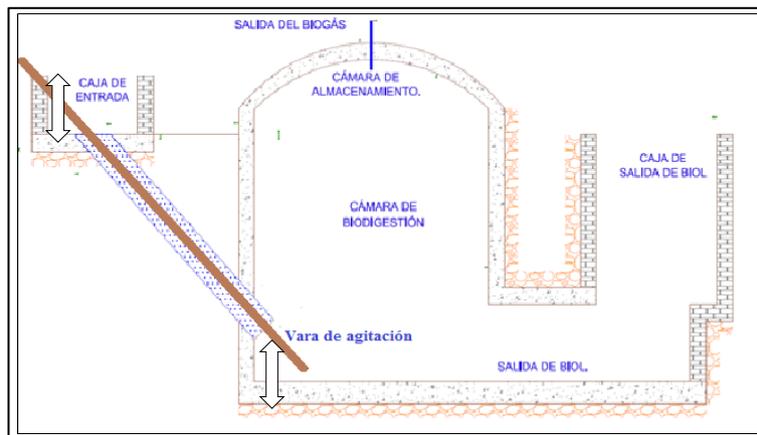
➤ **Alimentación diaria del biodigestor.**

Para su alimentación se debe utilizar una mezcla de estiércol + agua apropiadas, relación de 1:0,75; por cada kilogramo de estiércol agregar 0,75 litros de agua. La cantidad de mezcla que diariamente debe ingresar al biodigestor es de 0,15m<sup>3</sup>, debe ser previamente mezclada en la caja de entrada.



➤ **Agitación**

Debido a que este tipo de biodigestor es de campana fija, no cuenta en su diseño con un sistema de agitación, por lo cual se recomienda utilizar una vara, la misma que deberá ser introducida por el ducto de alimentación. Para evitar que se formen natas o espacios muertos dentro de la cámara de digestión.



➤ **Mantenimiento del Biodigestor.**

Para mayor durabilidad de vida útil, hacer una limpieza general cada 8 meses, para ello dejar de alimentar el biodigestor, retirar todo el biol producido en la caja de salida. La limpieza interna se debe realizar por la caja de salida porque fue diseñada para para este fin, al poseer las dimensiones que facilitan el ingreso del personal que realizará el mantenimiento, retirar todos los sedimentos que se encuentre y depositarlos en un área determinada protegida de la lluvia para evitar infiltraciones.

Durante el mantenimiento tener en cuenta si existe algún desgaste en la estructura, si el conducto de alimentación se encuentra en buen estado, en casa de haber algún problema realizar los respectivos trabajos de readecuación.

➤ **Conducción del biogás.**

Para la conducción del biogás producido, sedebe realizar utilizando manguera de menor diámetro posible, para tener mayor eficacia en su conducción.

Los filtros colocados para la purificación del biogás, realizar un mantenimiento periódico cada tres meses.

**ANEXO 14. UBICACIÓN DEL BIODIGESTOR EN LA FINCA LOS 5 HERMANOS.**

## **ANEXO 15. PLANOS.**