

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE
APROVECHAMIENTO DE ESTIÉRCOL Y
SANGRE DEL CAMAL MUNICIPAL DEL
DISTRITO DE JAZÁN, PROVINCIA BONGARÁ,
DEPARTAMENTO AMAZONAS, PERÚ**

**TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTORES:
Bach: CRISTÓBAL TORRES GUZMÁN
Bach: NEY JHOSEP MENDOZA LLAJA**

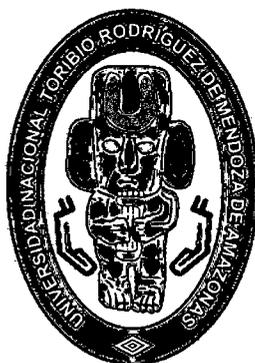
**ASESOR: Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN
CHACHAPOYAS – PERÚ**

2015

**UNIVERSIDAD NACIONAL
“TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA”
DE AMAZONAS**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE
ESTIÉRCOL Y SANGRE DEL CAMAL MUNICIPAL DEL DISTRITO DE
JAZÁN, PROVINCIA BONGARÁ, DEPARTAMENTO AMAZONAS, PERÚ”.**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORES:

Bach: CRISTÓBAL TORRES GUZMÁN

Bach: NEY JHOSEP MENDOZA LLAJA

**ASESOR: Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA
GURBILLÓN**

CHACHAPOYAS – PERÚ

2015

DEDICATORIA

A DIOS:

Por haberme otorgado los más bellos regalos: la vida, mi familia y por guiar mis pasos para poder cumplir mis objetivos.

A MI MADRE:

Rosa Amelia Guzmán Guevara. Por su apoyo incondicional, por sus consejos y por darme la confianza y las fuerzas para poder seguir adelante.

A MIS AMIGOS Y FAMILIARES:

A todas las personas que en el transcurso de mi carrera me han ido acompañando y apoyando de diferentes maneras.

CRISTÓBAL

DEDICATORIA

A DIOS:

Porque día tras día me regala la vida y me da las fuerzas para seguir adelante en mi búsqueda por lograr un mejor porvenir.

A MIS PADRES:

Fausto Mendoza Alvarado y Rosa Llaja Puerta, que con su sacrificio admirable han hecho posible mi formación y realización profesional.

A MIS AMIGOS Y FAMILIARES:

Que me han ido apoyando en el transcurso de mi vida.

NEY JHOSEP.

AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida, por iluminar el camino de cada uno de nosotros y por ayudarnos en cada momento a poder cumplir nuestras metas y objetivos.

A nuestros padres por confiar y apostar todo por nosotros, por su amor y por el apoyo incondicional.

A nuestros familiares y amigos por su cariño y también por el apoyo que nos brindaron y nos siguen brindando, por compartir buenos y malos momentos y por alentarnos en los momentos de desánimo.

A Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón, por su tiempo, paciencia, dedicación y conocimientos en el asesoramiento del presente trabajo de investigación.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, nuestra *Alma Mater*, en cuyo Campus Universitario nos hemos formado profesionalmente. De manera especial a los docentes y autoridades de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental por la confianza y por permitirnos completar esta etapa importante de nuestras vidas.

A la Municipalidad Distrital de Jazán, por las facilidades brindadas para realizar el presente trabajo de investigación, que pretende mejorar el servicio que brindan en su camal municipal.

Cristóbal y Ney Jhosep.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Dr. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA

Rector (e)

Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES

Vicerrector Académico (e)

Dra. MARIA NELLY LUJAN ESPINOZA

Vicerrector de Investigación (e)

Lic. JOSÉ LUIS QUISPE OSORIO

Decano (e) de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

VISTO BUENO DEL ASESOR

El Docente de la UNTRM-A que suscribe, hace constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada “**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE ESTIÉRCOL Y SANGRE DEL CAMAL MUNICIPAL DEL DISTRITO DE JAZÁN, PROVINCIA BONGARÁ, DEPARTAMENTO AMAZONAS, PERÚ**”, desarrollado por los Bachilleres, egresados de la Carrera profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la UNTRM-A.

Bach. NEY JHOSEP MENDOZA LLAJA

Bach. CRISTÓBAL TORRES GUZMÁN

El docente de la UNTRM-A que suscribe, da el Visto Bueno al Informe Final de la Tesis mencionada, dándole el pase para que sea sometida a la revisión del Jurado Evaluador comprometiéndose a supervisar el levantamiento de las observaciones dadas por el Jurado Evaluador para su posterior sustentación.

Chachapoyas, 25 de junio del 2015

.....

Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

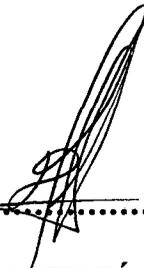
Profesor Principal FICA - UNTRM

JURADO EVALUADOR



.....
Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES

Presidente



.....
Ing. M.Sc. EDWIN DÍAZ ORTIZ

Secretario



.....
Ing. JORGE CHÁVEZ GUIVIN

Vocal



UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS

FACULTAD DE: Ingeniería Civil y Ambiental

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Chachapoyas, el día 28 de agosto del año 2015, siendo las 17:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado conformado por:

Presidente: Oscar Andrés Gamarra Torres

Secretario: Edwin Díaz Ortiz

Vocal: Jorge Chávez Givín

para evaluar la sustentación del informe de Tesis presentando por el(la) bachiller,

don(ña) Ney Josepi Mendoza Llaiza

titulado Propuesta de un sistema de aprovechamiento de estiércol y sangre del camal municipal del distrito de Jazán, Provincia Bongará, Departamento Amazonas, Perú



Después de la Sustentación respectiva el Jurado acuerda la **APROBACIÓN (X)**, **DESAPROBACIÓN ()** por mayoría () por unanimidad (X), en consecuencia el (la) aspirante puede proseguir con el trámite subsiguiente de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la UNTRM-A.

Siendo las 18:30 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación del informe de Tesis.

SECRETARIO

PRESIDENTE

VOCAL

Form 6-T



UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS

FACULTAD DE: Ingeniería Civil y Ambiental

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Chachapoyas, el día 28 de agosto del año 2015, siendo las 17:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado conformado por:

Presidente: Oscar Andrés Gamarra Torres

Secretario: Edwin Díaz Ortiz

Vocal: Jorge Chávez Goivin

para evaluar la sustentación del informe de Tesis presentando por el(la) bachiller, don(ña) Cristóbal Torres Guzmán titulado Propuesta de un sistema de aprovechamiento de estiércol y sangre del camal municipal del distrito de Jarán, Provincia Bongará, Departamento Amazonas, Perú

Después de la Sustentación respectiva el Jurado acuerda la APROBACIÓN (X), DESAPROBACIÓN () por mayoría () por unanimidad (X), en consecuencia, el (la) aspirante puede proseguir con el trámite subsiguiente de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la UNTRM-A.

Siendo las 18:30 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación del informe de Tesis.

SECRETARIO

PRESIDENTE

VOCAL

Form 6-T

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	iii
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR.....	v
JURADO EVALUADOR.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo general.....	2
2.2. Objetivos específicos.....	2
III. MARCO TEÓRICO.....	3
3.1. Estado situacional del camal municipal de Jazán.....	3
3.1.1. Ubicación.....	3
3.1.2. Descripción del camal municipal.....	3
3.1.3. Operación del camal.....	6
3.1.4. Días de trabajo en el camal municipal de Jazán.....	7
3.1.5. Número de bovinos y cerdos faenados.....	8
3.1.6. Número de trabajadores en el camal municipal de Jazán.....	9
3.2. Residuos sólidos generados en el camal municipal de Jazán.....	9
3.2.1. Sangre.....	11
3.2.2. Estiércol.....	12
3.3. Tecnologías para procesamiento de residuos sólidos.....	14
3.3.1. Compostaje.....	16
3.3.2. Biodigestión / producción de biogas.....	19
3.3.3. Manejo de la sangre.....	20

3.4.	Sistema para producir biogas y bioabonos.....	23
3.4.1.	Digestión anaerobia.....	23
3.4.2.	Biodigestor tubular de geomembrana de PVC.....	26
3.4.3.	Temperatura y tiempo de retención.....	28
IV.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	29
4.1.	Material.....	29
4.2.	Equipos.....	29
4.3.	Software.....	29
4.4.	Métodos.....	30
4.4.1.	Determinación de la cantidad de sangre de ganado sacrificado.....	30
4.4.2.	Determinación de la cantidad de estiércol.....	30
4.4.4.	Volumen total de biodigestor.....	32
4.4.5.	Carga de mezcla diaria de alimentación del biodigestor.....	33
V.	RESULTADOS.....	34
5.1.	Cantidad de estiércol de ganado vacuno por día.....	34
5.2.	Estiércol de ganado porcino por día.....	34
5.3.	Cantidad de sangre de bovino por día.....	35
5.3.1.	Cantidad de sangre de porcino por día.....	36
5.4.	Temperatura promedio de Jazán.....	37
5.5.	Cálculo del tamaño del biodigestor.....	38
5.6.	Alimentación diaria del biodigestor.....	39
5.7.	Zanja para instalación del biodigestor.....	40
5.8.	Aplicación del biogas y bioabonos.....	40
5.8.1.	Cocina a biogas.....	40
5.8.2.	Lámpara a biogas.....	41
5.8.3.	Soplete a biogas.....	41
5.9.	Beneficios para el medio ambiente.....	41
5.9.1.	Reducción de emisión de metano.....	43
5.9.2.	Reducción de consumo de combustibles fósiles.....	43
5.9.3.	Beneficios de los bioabonos.....	45
5.10.	Evaluación del potencial energético y de saneamiento ambiental de la producción de biogas.....	45
5.11.	Producción de biogas diario.....	49
5.12.	Gasto de biogas para la cocción de la sangre.....	49
5.13.	Esquema de instalación del sistema de producción de biogas.....	50

5.14.	Planos de la caseta para el biodigestor	51
5.15.	Alimentación de materia orgánica (poza de carga)	52
5.16.	Cámara de digestión (biodigestor)	53
5.17.	Sistema de purificación del biogas.....	55
5.18.	Válvula de seguridad	57
5.19.	Gasómetro	58
5.20.	Salida de efluente (poza de descarga)	58
5.21.	Purga del sistema (salida de biosol).....	59
VI.	DISCUSIÓN.....	61
VII.	CONCLUSIONES.....	64
VIII.	RECOMENDACIONES	65
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
X.	ANEXOS.....	69
	ANEXO 1. Cálculo de la producción promedio de estiércol de ganado vacuno	69
	ANEXO 2. Cálculo de la producción promedio de estiércol de porcinos	70
	ANEXO 3. Detalle caseta para Biodigestor.....	71
	ANEXO 4. Detalle para instalación de Biodigestor	72
	ANEXO 5. Proceso para la recolección de la sangre y estiércol.	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Días de trabajo y número de ganado faenado en un mes en el camal de Jazán..	7
Tabla 2. Cantidad de bovinos y porcinos sacrificados en días consecutivos de febrero del 2015 en el camal de Jazán.	9
Tabla 3. Composición química aproximada de la sangre (g/100 g de porción comestible).	11
Tabla 4. Opciones de manejo de residuos procedentes del camal.....	15
Tabla 5. Composición química del biogas.....	23
Tabla 6. Porcentajes de estiércol de ganado vacuno con respecto al peso de su carcasa.	34
Tabla 7. Muestreo de cantidad de estiércol de porcino.	35
Tabla 8. Porcentaje de sangre por Kg de carcasa de ganado bovino.....	35
Tabla 9. Porcentaje de sangre obtenida por cada cerdo sacrificado.	36
Tabla 10. Temperatura media en la estación experimental de Suyubamba del año 2013.	37
Tabla 11. Temperatura media en la estación experimental de Suyubamba del año 2014.	38
Tabla 12. Tiempo de retención hidráulico según la temperatura.	38
Tabla 13. Equivalencias energéticas del biogas con diferentes combustibles.....	44
Tabla 14. Presupuesto para la para la instalación del Biodigestor.	60
Tabla 15. Promedio de estiércol y sangre del ganado vacuno mensual.	69
Tabla 16. Promedio de estiércol y sangre de los porcinos mensual.	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del camal municipal en el Distrito de Jazan.	3
Figura 2. Rendimiento aproximado en carne y otros productos de un bovino adulto.	10
Figura 3. Estructura de ladrillos, muro de compostero.....	18
Figura 4. Diseño del compostero.....	19
Figura 5. Etapas de la descomposición anaeróbica (Ministerio Federal de Alimentación, Agricultura y Protección del Consumidor, 2013).....	24
Figura 6. Dimensiones para la zanja para el biodigestor.	32
Figura 7. Esquema de instalación del sistema de producción de biogas.	50
Figura 8. Plano de la caseta para el biodigestor (vista frontal).....	51
Figura 9. Plano de instalación del biodigestor y del gasómetro en la caseta.....	52
Figura 10. Poza de carga del biodigestor.	53
Figura 11. Sistema de completo de producción de biogas.	54
Figura 12. Cartuchos rellenos con fierro para eliminar H ₂ S 55	55
Figura 13. Esquema del sistema de purificación y control de biogas.....	56
Figura 14. Esquema de la válvula de seguridad.	57
Figura 15. Gasometro de geomembrana de PVC.	58
Figura 16. Poza de salida del biol.....	59
Figura 17. Descarga del biosol.	59

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Desagüe del camal de Jazán al río Utcubamba.....	4
Fotografía 2. Sala de sacrificio y faenado de bovinos y porcinos del camal de Jazán.	4
Fotografía 3. Formato de registro del número de ganado sacrificado en el camal de Jazán.	5
Fotografía 4. Espacio de reposo del ganado antes de ser sacrificado.....	6
Fotografía 5. Disposición final de la sangre del ganado sacrificado en el camal municipal de Jazán en las aguas del río Utcubamba.	12
Fotografía 6. Desagüe que conduce el estiércol del camal municipal de Jazán a las aguas del río Utcubamba.	13
Fotografía 7. Vertido del estiércol en el desagüe del camal municipal de Jazán.	14
Fotografía 8. Pilas de compostaje.....	16
Fotografía 9. Biodigestor tubular de geomembrana de PVC.....	27
Fotografía 10. Recojo de estiércol de vacuno para ser pesado.....	30
Fotografía 11. Recojo de sangre de bovino sacrificado.....	36

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se desarrolló en el camal municipal del Distrito de Jazán, Provincia de Bongará, Región Amazonas; con la finalidad de mitigar el impacto ambiental que producen los residuos de este establecimiento en las aguas del río Utcubamba, para lo cual se propone el diseño de un biodigestor para procesar el estiércol del ganado sacrificado y de las aguas de lavado de los pisos. El biogas producido en el biodigestor se empleará como combustible para dar valor agregado a la sangre del ganado sacrificado. En el camal, de los bovinos y porcinos sacrificados se producen 115 kg de estiércol por día, que mezclados con agua en la proporción de 1:5, suman 690 litros de mezcla estiércol-agua al día, dato que permitió calcular las dimensiones del biodigestor tubular: longitud de 18 m y diámetro de 1,27 m, siendo su volumen total de 23 m³. Se determinó que la producción de biogas será de 6,04 m³ diarios (35% de la mezcla estiércol-agua) a partir del día 25 de fermentación a una temperatura ambiente promedio de 20,21°C. Se calculó que se necesita 10,3 kg de clavos de 2" o viruta de fierro para eliminar el H₂S que genera olor a desagüe en el biogas. El biogas producido es suficiente para cocinar los 25 kg de sangre de ganado producidos cada día y así poder darle valor agregado. Por lo tanto, el presente proyecto de investigación se constituye en una herramienta para que las autoridades del Distrito de Jazán puedan plantear y hacer efectivas sus políticas ambientales, y de esta manera contribuyan con el cuidado de la casa de todos: el Planeta Tierra.

Palabras clave: impacto ambiental, biogas, valor agregado.

ABSTRACT

This research project was developed in the municipal Slaughterhouse Jazán District, Bongara Province, Amazon Region; in order to mitigate the environmental impact caused by waste from this establishment in the waters of the river Utcubamba, for which proposed the design of a biodigester to process manure from cattle slaughtered and water washing the floors. The biogas produced in the biodigester is used as fuel to add value to the blood of cattle slaughtered. In the slaughterhouse, cattle and pigs slaughtered produced 115 kg of manure per day, mixed with water in the ratio of 1: 5, totaling 690 liters of manure-water mixture a day, allowing data to calculate the size of the biodigester tubular: length of 18 m and diameter of 1,27 m, and its total volume of 23 m³. It was determined that biogas production will be 6,04 m³ per day (35% of the manure-water mixture) from the 25th day of fermentation at an average ambient temperature of 20-21 ° C. It was estimated that it takes 10,3 kg of nails 2 "or iron shaving to remove H₂S smell of sewage generated in the biogas. The biogas produced is enough to cook 25 kg of cattle blood produced every day so we can give added value. Therefore, this research project is a tool for authorities Jazán District can raise and enforce environmental policies, and thus contribute to the care of the house of all: Planet Earth.

Keywords: environmental impact, biogas, added value.

I. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación tiene por finalidad proponer un sistema para el tratamiento de estiércol producido en el camal municipal del distrito de Jazán, en el cual se determinará la cantidad de estiércol producido el mismo que servirá para calcular las dimensiones de un biodigestor que dará como producto final biogas. El biogas producido servirá para cocinar la sangre emanada de la actividad de faenamiento de los ganados y darle un valor agregado como suplemento alimenticio.

Se realizó esta investigación ya que, el mundo actual necesita de municipalidades ecoeficientes, que propongan o hagan uso de energías renovables y con ello puedan hacer frente a los grandes cambios que se están produciendo debido al uso de combustibles fósiles (leña, carbón, petróleo, etc). Pues, casi todas (por no decir todas la municipalidades) del departamento de Amazonas, cuentan con camales municipales que desechan sus residuos sin ningún tratamiento, constituyéndose en focos contaminantes.

Además, el camal municipal de Jazán, se encuentra a uno 10 metros del río Utcubamba aproximadamente, por lo que, sus desechos son depositados directamente a este importante cuerpo de agua. Pues, con la presente propuesta, se quiere demostrar que los residuos del camal tienen mucho valor y que en lugar de ser residuos contaminantes pueden convertirse en materia prima aprovechable y que presentan valor económico.

Por ello, a lo largo de toda la investigación se detallará los procedimientos realizados para los diferentes cálculos y así asignar dimensiones al biodigestor, siendo la principal actividad, la determinación de la producción de estiércol diaria y mensual, con la que se calculó el volumen total a tratar. Asimismo, para la sangre se tuvo que realizar mediciones con la finalidad de determinar si la cantidad de biogas a producir sería suficiente para su cocción y así asignarle un valor agregado.

Finalmente, se presenta los diseños (resultados) de cada componente del sistema de tratamiento de estiércol: longitud del biodigestor, diámetro, tamaño y profundidad de la zanja, la poza de carga, la cantidad de fierro a utilizar para tratar el sulfuro de Hidrógeno (H_2S) y la cantidad aproximada de biogas a producir.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Promover un sistema de tratamiento de estiércol y sangre producidos en el camal municipal del distrito de Jazán, provincia Bongará, región Amazonas, Perú.

2.2. Objetivos específicos

- Se calculó la cantidad de estiércol y sangre producidos en el camal municipal del distrito de Jazán.
- Se diseñó y se propuso un biodigestor para la producción de biogas a partir de estiércol.
- Se propuso un sistema de tratamiento de sangre para darle valor agregado.
- Se propuso la transformación de sangre en harina para alimentación de cerdos y/o peces.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Estado situacional del camal municipal de Jazán

3.1.1. Ubicación

El presente proyecto de investigación se ha desarrollado en la localidad de Pedro Ruiz, Distrito de Jazán, Provincia de Bongará, Región Amazonas; que se encuentra a una altitud de 1240 msnm, en la Longitud $-77^{\circ}58'52.73''$ y Latitud $-5^{\circ}56'11.99''$. Dicha localidad cuenta con aproximadamente 9260 habitantes (INEI, 2009).

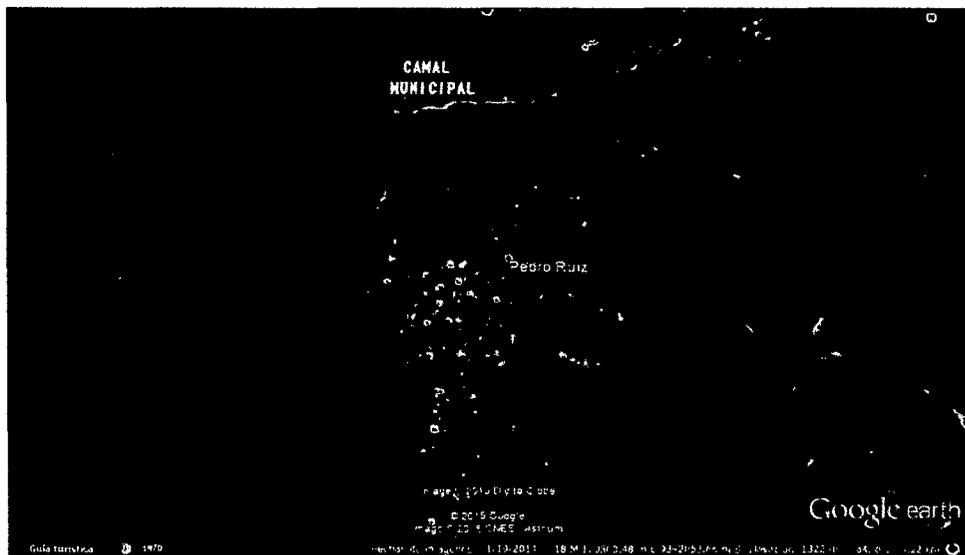


Figura 1. Ubicación del camal municipal en el Distrito de Jazan.

Por el distrito de Jazán pasa la carretera Fernando Belaúnde Terry, constituyéndose en un punto comercial importante de la región ya que es el punto divisorio para la Selva y Chachapoyas. Sus actividades comerciales, permiten que haya demanda importante de carne, razón por la cual, se sacrifica ganado de lunes a sábado, en cantidades diferentes que dependen de la demanda.

3.1.2. Descripción del camal municipal

El distrito de Jazán, cuenta con un camal municipal en el que se sacrifica ganado bovino y porcino para abastecer con carne a la población del distrito y de las comunidades cercanas, así como también a otros distritos cercanos a éste.

Es el único camal en el distrito y se ubica a 10 m, aproximadamente, de la orilla del río Utcubamba (Fotografía 1).



Fotografía 1. Desagüe del camal de Jazán al río Utcubamba.

Como se aprecia en la Fotografía 1, debido a que el camal está muy cerca al cauce del río, todos sus desechos son vertidos en este importante cuerpo de agua, razón por la cual, su ubicación no es la adecuada, porque además de ser un foco de vectores infecciosos, se convierte en un peligro para el bienestar de la vida existente en el río Utcubamba.



Fotografía 2. Sala de sacrificio y faenado de bovinos y porcinos del camal de Jazán.

El actual camal del distrito de Jazán se encuentra en condiciones precarias, debido a que no reúne las condiciones necesarias para realizar con eficiencia tal actividad. Cuenta con una sola sala de sacrificio tanto para bovinos como para porcinos y sus instalaciones son antiguas (Fotografía 2).

El camal cuenta con servicios higiénicos para los trabajadores y público en general, un almacén de herramientas (palanas, picotas, baldes) y un ambiente para oficina del Técnico Pedro Vargas Bazán, encargado del camal municipal, donde realiza su función de registro del número de ganado sacrificado y el peso de su carcasa, para luego hacer sus reportes (Fotografía 3).

SENASA
Sistema Nacional de Sanidad Animal

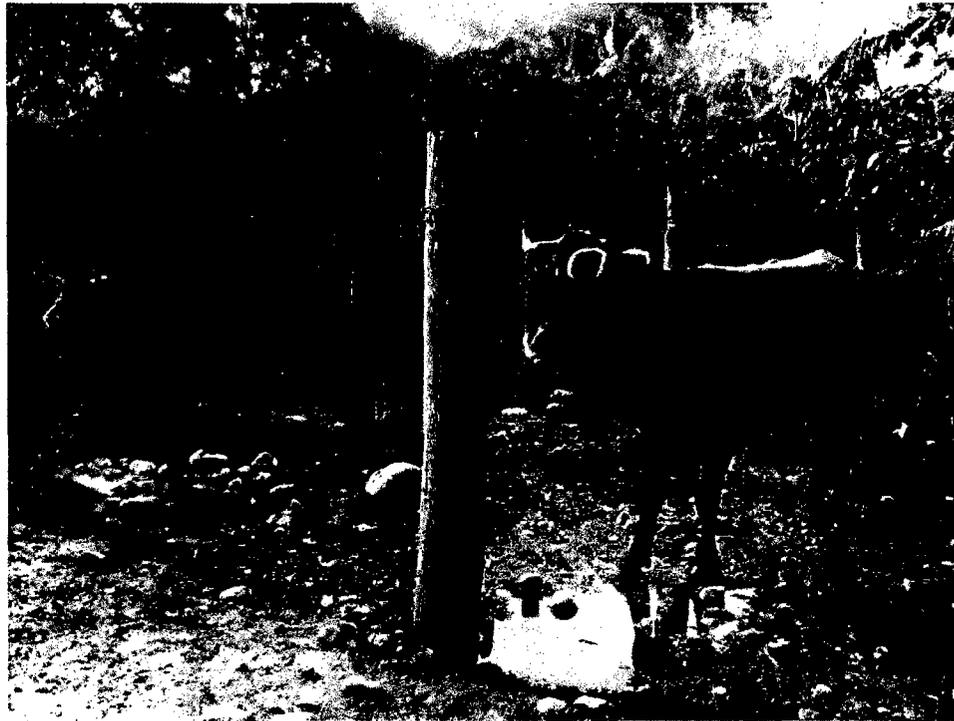
REGISTRO DIARIO DEL INGRESO DE LOS ANIMALES A LOS MATADEROS

01-ANEXO 001
02-FICHA
03-RESPONSABLE

2013
Responsable: Ing. P. Vargas Bazán

Nº	DESCRIPCIÓN	ESPECIE	BOVINO		BIVALVO		OVINOS		CAPRINOS		PORCINOS		EQUINOS		LLAMAS		ALPACAS	
			Hem	Mach	Hem	Mach	Hem	Mach	Hem	Mach	Hem	Mach	Hem	Mach	Hem	Mach	Hem	Mach
1	Cantidad		12	12							01	01						
2	Cantidad		02								01							
3	Cantidad		01								01							
4	Cantidad		01								01							
5	Cantidad		01								01							
6	Cantidad		01								01							
7	Cantidad		01								01							
8	Cantidad		01								01							
9	Cantidad		01								01							
10	Cantidad		01								01							
11	Cantidad		01								01							
12	Cantidad		01								01							
13	Cantidad		01								01							
14	Cantidad		01								01							
15	Cantidad		01								01							
16	Cantidad		01								01							
17	Cantidad		01								01							
18	Cantidad		01								01							
19	Cantidad		01								01							
20	Cantidad		01								01							
21	Cantidad		01								01							
22	Cantidad		01								01							
23	Cantidad		01								01							
24	Cantidad		01								01							
25	Cantidad		01								01							
26	Cantidad		01								01							
27	Cantidad		01								01							
28	Cantidad		01								01							
29	Cantidad		01								01							
30	Cantidad		01								01							
31	Cantidad		01								01							
32	Cantidad		01								01							
33	Cantidad		01								01							
34	Cantidad		01								01							
35	Cantidad		01								01							
36	Cantidad		01								01							
37	Cantidad		01								01							
38	Cantidad		01								01							
39	Cantidad		01								01							
40	Cantidad		01								01							
41	Cantidad		01								01							
42	Cantidad		01								01							
43	Cantidad		01								01							
44	Cantidad		01								01							
45	Cantidad		01								01							
46	Cantidad		01								01							
47	Cantidad		01								01							
48	Cantidad		01								01							
49	Cantidad		01								01							
50	Cantidad		01								01							
51	Cantidad		01								01							
52	Cantidad		01								01							
53	Cantidad		01								01							
54	Cantidad		01								01							
55	Cantidad		01								01							
56	Cantidad		01								01							
57	Cantidad		01								01							
58	Cantidad		01								01							
59	Cantidad		01								01							
60	Cantidad		01								01							
61	Cantidad		01								01							
62	Cantidad		01								01							
63	Cantidad		01								01							
64	Cantidad		01								01							
65	Cantidad		01								01							
66	Cantidad		01								01							
67	Cantidad		01								01							
68	Cantidad		01								01							
69	Cantidad		01								01							
70	Cantidad		01								01							
71	Cantidad		01								01							
72	Cantidad		01								01							
73	Cantidad		01								01							
74	Cantidad		01								01							
75	Cantidad		01								01							
76	Cantidad		01								01							
77	Cantidad		01								01							
78	Cantidad		01								01							
79	Cantidad		01								01							
80	Cantidad		01								01							
81	Cantidad		01								01							
82	Cantidad		01								01							
83	Cantidad		01								01							
84	Cantidad		01								01							
85	Cantidad		01								01							
86	Cantidad		01								01							
87	Cantidad		01								01							
88	Cantidad		01								01							
89	Cantidad		01								01							
90	Cantidad		01								01							
91	Cantidad		01								01							
92	Cantidad		01								01							
93	Cantidad		01								01							
94	Cantidad		01								01							
95	Cantidad		01								01							
96	Cantidad		01								01							
97	Cantidad		01								01							
98	Cantidad		01								01							
99	Cantidad		01								01							
100	Cantidad		01								01							
101	Cantidad		01								01							
102	Cantidad		01								01							
103	Cantidad		01								01							

propias. Según su definición, el camal, llamado también planta de beneficio de animales, es “todo establecimiento donde se benefician las especies animales que han sido declaradas aptas para el consumo humano”. En estos establecimientos se desarrollan los procesos de sacrificio y faenado de animales; de esta actividad se obtiene el producto principal que es la carne, subproductos y residuos sólidos y líquidos (García, 2012).



Fotografía 4. Espacio de reposo del ganado antes de ser sacrificado.

Entonces, al hablar de camal y sacrificio de animales, se entiende como una actividad cuyos productos van a ser consumidos por los seres humanos, razón por la cual, se debe tomar las precauciones sanitarias, ambientales y de higiene necesarias, para no causar problemas a los consumidores de dichos productos.

3.1.3. Operación del camal

Las actividades principales del camal municipal de Jazán a tener en cuenta son tres: los días de trabajo a lo largo de la semana, el número de animales (bovinos o porcinos) que son sacrificados y el número de trabajadores encargados de efectuar los diferentes procesos desde que los animales ingresan a las instalaciones del camal. Estas actividades se describen a continuación.

3.1.4. Días de trabajo en el camal municipal de Jazán

Para abastecer a toda la población y de los demás distritos aledaños, en el camal municipal de Jazán, se trabaja todas las semanas, de lunes a sábado, los únicos días en que no se sacrifica ganado son los domingos y feriados, excepto por emergencias que pueden deberse a un accidente de algún ganado o por alguna urgencia de los dueños del ganado.

Los datos de la Tabla 1 corresponden al periodo del 10 de octubre al 8 de noviembre del 2014, en ésta se puede notar que todos los días, excepto domingos, se sacrifica ganado bovino o porcino, dándose el caso en el que en algunos días sólo se sacrifican bovinos en otros sólo porcinos, esto, de acuerdo al ganado que llegue, pues no existe un número establecido para cada día.

En la Tabla 1 se aprecia que a pesar que el 26 de octubre fue domingo, se sacrificó dos bovinos por emergencia: uno se había lesionado la pierna y el otro para cubrir gastos de un velorio (Vargas, 2015).

Tabla 1. Días de trabajo y número de ganado faenado en un mes en el camal de Jazán.

Cantidad de bovinos y cerdos sacrificados en el camal de Jazán		
Fecha	Bovinos	Cerdos
10/10/2014	6	2
11/10/2014	6	3
12/10/2014	0	0
13/10/2014	9	2
14/10/2014	1	2
15/10/2014	0	3
16/10/2014	3	0
17/10/2014	3	2
18/10/2014	10	2
19/10/2014	0	0
20/10/2014	6	1
21/10/2014	1	4

22/10/2014	2	0
23/10/2014	5	1
24/10/2014	1	0
25/10/2014	6	5
26/10/2014	2	0
27/10/2014	4	2
28/10/2014	3	2
29/10/2014	2	0
30/10/2014	3	0
31/10/2014	2	0
01/11/2014	8	5
02/11/2014	0	0
03/11/2014	3	2
04/11/2014	5	3
05/11/2014	0	2
06/11/2014	2	2
07/11/2014	4	1
08/11/2014	8	3
TOTAL	105	49

Fuente: Vargas, 2014

3.1.5. Número de bovinos y cerdos faenados

Como se observa en la Tabla 1, del 10 de octubre al 8 de noviembre del 2014, se sacrificaron 105 bovinos y 49 porcinos. Estos números varían de mes a mes. En épocas de festividades patronales, navidad y otras actividades del distrito y de las demás comunidades vecinas, la cantidad de ganado sacrificado aumenta (Vargas, 2015). En los días de muestreo se pudo observar que la cantidad de ganado faenado varía de un día para otro, como se muestra en la Tabla 2.

El sábado, la cantidad de sacrificios y faenado aumenta, para atender la demanda de los consumidores también para el domingo, porque ese día no se realizan actividades en el camal municipal. En general, el promedio de animales sacrificados por mes en el camal municipal de Jazán es de 94 bovinos y 52 porcinos.

Tabla 2. Cantidad de bovinos y porcinos sacrificados en días consecutivos de febrero del 2015 en el camal de Jazán.

Cantidad de ganado sacrificado			
Día	Fecha	Bovinos	Porcinos
Viernes	06/02/2015	3	2
Sábado	07/02/2015	6	2

Fuente: elaboración propia.

3.1.6. Número de trabajadores en el camal municipal de Jazán

El factor primordial para que toda empresa, institución, negocio o proceso funcione es el personal encargado. El número de trabajadores en una institución determinan la calidad y la eficiencia en la realización de las diferentes actividades. El camal municipal de Jazán cuenta con dos personas estables para su mantenimiento y funcionamiento. El Técnico. Pedro Vargas Bazán, es el encargado de supervisar todo el proceso de faenado del ganado bovino y porcino sacrificado en dicho camal. Además, es el responsable de evaluar si los bovinos y porcinos que son llevados al camal son aptos para el consumo humano. También registra la cantidad de ganado que se sacrifica, el peso de cada carcasa y supervisa que no contengan enfermedades peligrosas para el consumidor. A partir de todos esos datos, hace un reporte mensual a SENASA.

El señor Pedro Vargas, cuenta con un ayudante que cumple una función también muy importante dentro del proceso, el de mantener limpio y en orden el espacio en el que el ganado es sacrificado. Después de la faena diaria en el camal, se encarga de baldear y acondicionar el lugar para el siguiente día de trabajo.

3.2. Residuos sólidos generados en el camal municipal de Jazán

Los residuos de camal tienden a ser un riesgo para el ecosistema (aguas, suelo, seres vivos, etc.) pues degradan las fuentes de agua – inclusive las de agua potable - y los suelos donde se vierten directamente (Chávez, 2012).

En los mataderos, casi el 25% del peso total de los animales vivos puede considerarse como residuos (estiércol, contenidos estomacales, sangre, huesos, pelo, pezuñas,

cuernos, fragmentos de tejidos grasos, conjuntivos y musculares). Se ha estimado que para ganado porcino y bovino, respectivamente; se generan en matadero 2,0 – 3,5 y 7,5 – 30 Kg de estiércol (en su mayoría semilíquido); 4-6 y 30 – 35 litros de sangre; 9 y 66 Kg de huesos y 0,4 – 1,6 y 40 – 80 Kg de contenidos estomacales. Se trata de materiales ricos en proteínas y grasas, por tanto con notable contenido de nitrógeno, pero también fósforo, potasio y calcio (Chávez, 2012).

Para determinar los residuos sólidos generados en el camal municipal de Jazán, se tomó como referencia la Figura 2 establecida por Quiroga (2008), que ayuda a conocer el porcentaje de desechos, sangre, carne y demás componentes que puede generar un bovino adulto.

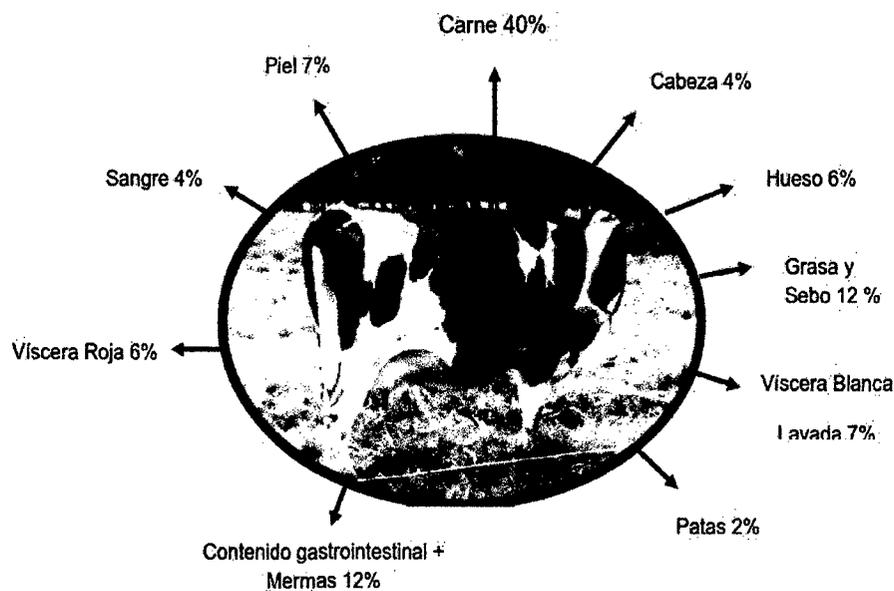


Figura 2. Rendimiento aproximado en carne y otros productos de un bovino adulto.

La Figura 2 hace referencia al ganado en peso vivo o peso total. Para efectos del presente trabajo de investigación, se usó como referencia esta imagen, pero al momento de realizar los muestreos, se optó por anotar y calcular la cantidad de estiércol o sangre por kilogramo de carne, debido a que se reporta a SENASA el peso de la carcasa de bovino o cerdo, lo que no incluye la cabeza, la piel (cuero), las patas y todo el contenido intestinal, por lo que los porcentajes de sangre y estiércol se elevan algunos números más.

3.2.1. Sangre

La sangre es el primer subproducto que se obtiene durante el beneficio de animales, se desecha o se subutiliza en la mayoría de los casos, a pesar de representar alrededor de un 60% del potencial de proteínas (plasma). Su rendimiento es alrededor del 4% del peso vivo del animal en bovinos. Este porcentaje produce aproximadamente 4 kg de harina de sangre (García, 2012).

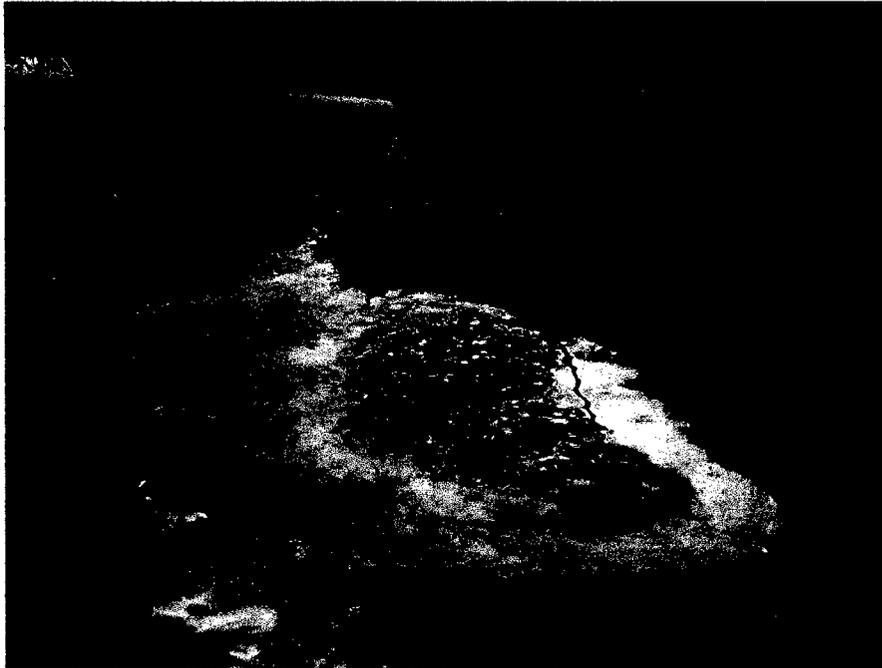
La sangre está formada por el plasma, que es un componente rico en proteínas, en el que están suspendidos los elementos celulares como eritrocitos, leucocitos y trombocitos. Los glóbulos rojos tienen forma de discos, no poseen núcleos y son elásticos. Estos glóbulos contienen el pigmento sanguíneo llamado hemoglobina. Los glóbulos blancos son células que poseen núcleo pero no tienen membrana ni color y son mucho menos abundantes que los eritrocitos. En el plasma se encuentran además de las sales sanguíneas (fosfato potásico, cloruro sódico y pocas sales de Ca, Mg y Fe), una gran cantidad de proteínas, entre las que se destaca la albúmina, diversas globulinas y el fibrinógeno (Beltrán y Perdomo, 2007).

Tabla 3. Composición química aproximada de la sangre (g/100 g de porción comestible).

	Agua	Proteína	Grasa	Energía (kJ)
Sangre (vacuno)	80,5	17,3	0,13	335

Fuente: Beltiz y Grosch, 2007.

En el camal de Jazán, no se da un valor agregado a la sangre de bovino, ya que, se desangra al ganado y se la deja correr por un tubo hacia el río Utcubamba. Se pierde todo ese gran potencial energético y proteico de este componente.



Fotografía 5. Disposición final de la sangre del ganado sacrificado en el camal municipal de Jazán en las aguas del río Utcubamba.

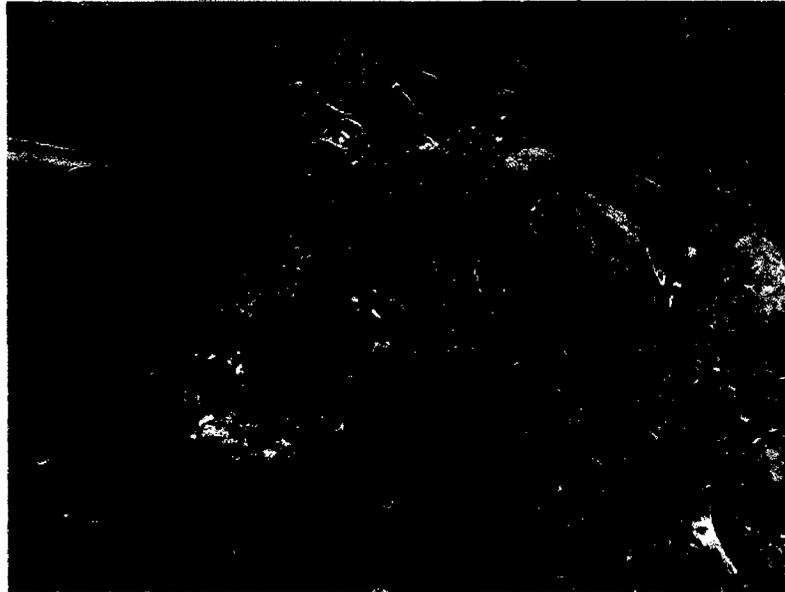
3.2.2. Estiércol

Al igual que la sangre, este producto es de interés para la presente investigación, ya que constituye el mayor porcentaje del material desechado, así como la materia prima esencial para producir biogas. El contenido gastrointestinal es el alimento que está siendo procesado en los estómagos del bovino (rumen, retículo, omaso, abomaso). Se calcula que un bovino adulto puede producir hasta 16 kg de estiércol al día (García, 2012).

3.2.2.1. Estiércol de ganado bovino

Para determinar la cantidad de estiércol de ganado vacuno al día, se tomó en cuenta los porcentajes determinados por Quiroga (2008); sin embargo, para obtener mejores resultados, se adaptó los datos reportados por el responsable del camal; por ello se empleó el peso de la carcasa para determinar la cantidad de estiércol debido a que la cabeza, el cuero, las patas y las vísceras no se pesan. Como en el camal no se emplea el estiércol, es desechado sin ningún tratamiento y de

manera inescrupulosa hacia las aguas del río Utcubamba junto con el agua de lavado del piso (Fotografía 6).



Fotografía 6. Desagüe que conduce el estiércol del camal municipal de Jazán a las aguas del río Utcubamba.

3.2.2.2. Problemas ocasionados por los residuos del camal

El estiércol y el contenido estomacal del ganado sacrificado en el camal son los principales residuos sólidos generados en el camal de Jazán, que son vertidos en el desagüe junto con el agua de lavado del piso que desembocan directamente en el río Utcubamba; lo cual es un peligro para los seres vivos existentes en sus aguas y en sus riberas, así como para las poblaciones asentadas río abajo que se abastecen de las aguas de este río para su uso directo o para preparar sus alimentos.

La sangre de los animales sacrificados también se vierte directamente en el desagüe del camal, constituyéndose en un contaminante muy peligroso, porque al descomponerse consume el oxígeno del agua y por consiguiente mueren peces y otras formas de vida de los ríos. Por lo tanto, se requiere un cambio en el paradigma hacia que en el camal se tenga una visión ambientalista en el que se entienda que estos residuos son recursos que pueden y deben aprovecharse (Bonilla,

2007), dándoles un tratamiento para minimizar su efecto negativo al medio ambiente.

Los vertidos de sangre poseen elevada carga orgánica y nitrogenada. La sangre tiene una Demanda Química de Oxígeno (DQO) total de 375,00 mg/L y una elevada cantidad de nitrógeno, con una relación carbono/nitrógeno del orden de 3:4. Se estima que entre un 15% – 20% de la sangre va a parar a los vertidos finales representando una carga de 1 a 2 kg de Demanda Bioquímica de Oxígeno al quinto día (DBO_5) por cada 1,00 kg de peso vivo de cada ganado sacrificado y este valor aumentaría hasta 5,8 kg de DBO_5 , si el vertido de la sangre es total (Escuela Organización Industrial, 2008).



Fotografía 7. Vertido del estiércol en el desagüe del camal municipal de Jazán.

3.3. Tecnologías para procesamiento de residuos sólidos

Los residuos sólidos y líquidos provenientes del camal, son depositados directamente en el río Utcubamba. Esta situación representa, además del evidente daño ambiental, un gran desperdicio de recursos que pueden ser empleados en diversas actividades y bien pueden ser considerados como un subproducto de la matanza. Esto significa que se requiere un cambio de paradigma hacia una visión ambientalista en el que se

entienda que los residuos no son algo de lo que nos tenemos que deshacer inmediatamente sino que son recursos que podemos y debemos aprovechar. Al mismo tiempo, disminuimos la contaminación de la naturaleza y prevenimos riesgos a la salud humana directa o indirectamente.

La recuperación y separación de los residuos de manera integral en el camal es esencial, primeramente para valorarlos como un subproducto y poderlos utilizar en otras actividades como la elaboración de harinas y alimentos, compostaje o, incluso, generación de energía.

Tabla 4. Opciones de manejo de residuos procedentes del camal.

Residuo	Compostaje	Biodigestión	Planta de tratamiento	Relleno sanitario	Incineración	Encalar y enterrar
Sangre		X	X			
Heces	X	X				
Residuos alimentarios	X	X				
Contenido gástrico/ruminal	X	X				
Grasa y pedacería	X	X	X			
Cuernos, pezuñas y otros no comestibles			X	X		
Órganos decomisados					X	X
Animales muertos					X	X

Fuente: Bonilla (2007).

Es importante resaltar que no existen fórmulas o recetas probadas para todos los camales respecto al manejo de sus residuos y que cada uno deberá encontrar las medidas de manejo más convenientes que permitan cumplir con la legislación ambiental, proteger la salud pública y aprovechar los residuos. En la Tabla 4 se muestran las opciones de manejo más recomendables para cada tipo de residuo considerando su mejor utilización, valor y disminución del impacto en el ambiente y en la salud pública.

En el caso de disponer de gran cantidad de residuos se sugiere adoptar las opciones de manejo de biodigestión / producción de biogas y de plantas de tratamiento. En el caso de pequeñas cantidades de residuos las tecnologías más sofisticadas pueden ser inviables económicamente debido al bajo volumen de residuos generados. Para éstos se sugiere el compostaje y la producción de biogas.

3.3.1. Compostaje

Composta o humus es tierra vegetal que se forma por la degradación biológica aeróbica de materia orgánica y se usa como fertilizante natural. El compostaje es un proceso de biodegradación relativamente rápido que puede tomar 6-12 semanas para alcanzar un producto estable y listo para utilizar. Hay diversas maneras de hacer composta a pequeña o gran escala, el común denominador es que durante el proceso se alcancen temperaturas mayores a 60°C durante varios días para lograr la descomposición de los materiales que se agreguen y reducir la carga de microorganismos y parásitos (Bonilla, 2007).



Fotografía 8. Pilas de compostaje.

Bonilla (2007), presenta dos tipos de compostaje económicos, el segundo de ellos requiere una construcción sencilla. En el primero de ellos, los residuos del rastro deberán acumularse en pilas alternando capas de contenido gástrico/ruminal y heces con capas de grasa y pedacería alcanzando una altura de hasta 1,5 metros como se muestra en la Fotografía 8. La composta puede colocarse directamente sobre el suelo y se recomienda poner una capa de asiento de 15 centímetros de tallos de maíz o paja, pasto, ramas, etc., para proporcionar una adecuada ventilación. Los componentes de esta capa deben ser menores a 8 centímetros. Para alcanzar mejores resultados se recomienda mezclar estos pedazos con tierra y colocarlos al centro de la pila en donde la temperatura es mayor. Las temperaturas altas dentro de la composta ayudan a mantener fuera a ratas, perros y otros vectores. El contenido gástrico/ruminal provee humedad suficiente para que comience la actividad bacteriana, por lo que no se requiere agua al inicio.

Se necesita una aireación y humedad adecuada desde el inicio hasta el final para alcanzar condiciones óptimas de las bacterias. Conforme transcurre el tiempo la pila de composta reducirá su tamaño debido al encogimiento de la materia descompuesta. También es necesario revolver la composta al menos tres veces para obtener un material uniforme. Se aconseja hacer el primer volteo en la semana tres y posteriormente cada dos o tres semanas. El tiempo total requerido es de aproximadamente 90 días, dependiendo de factores como el tipo de materiales, el tamaño de la pila, la temperatura ambiente, etc.

Es posible construir una estructura que ayude a mantener la composta con mayor orden y limpieza. Se pueden utilizar ladrillos para construir un muro dejando espacios entre ellos como se observa en la Figura 3. Son preferibles las paredes de ladrillo a las de madera porque estas últimas tienden a pudrirse rápidamente si no tienen tratamiento especial.

En el segundo sistema, el tamaño del compostero dependerá de la cantidad de material que vaya a ser convertido. En la Figura 4 se muestra el diseño recomendado que facilita el volteo del material y el retiro de la composta. El diseño consta de cuatro compartimientos para materia prima (A, A1 y C, C1), cada uno con cuatro paredes. Los compartimientos B y D comparten dos paredes

con A y C y tienen una pared exterior cada uno. El cuarto lado de B y D se forma con tablones de madera insertados. El compartimiento E se usa para el material terminado, tiene una pared exterior y un lado cerrado por tablones de madera o una puerta. Los tablones de madera facilitan el volteo y la carga. El suelo debe ser preferentemente de tierra.

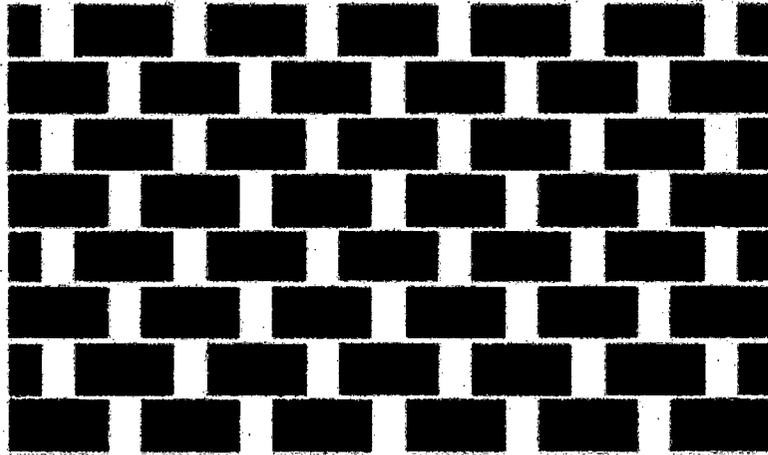


Figura 3. Estructura de ladrillos, muro de compostero.

Los residuos deben apilarse en los compartimientos A y A1 primero, cuando estos se llenen se comienzan a usar los C y C1. Se recomienda que la primera capa de estos compartimientos sea de un material como el explicado en el apilamiento. Los compartimientos del compostero están listos para recibir los residuos siguiendo las mismas instrucciones para el compostaje descrito primeramente.

En casos de alto contenido de humedad es posible que se formen lixiviados (líquidos de los residuos), éstos pueden ser canalizados al drenaje. También se pueden generar gases, principalmente compuestos volátiles orgánicos, que con frecuencia tienen un mal olor y que normalmente se encuentran por debajo de límites de exposición laboral. En caso que los olores fueran muy fuertes, es posible que el proceso se realice dentro de una instalación cerrada y así también pueden controlarse variables ambientales. Finalmente, el material está convertido en composta o humus y estará listo para usarse como fertilizante.

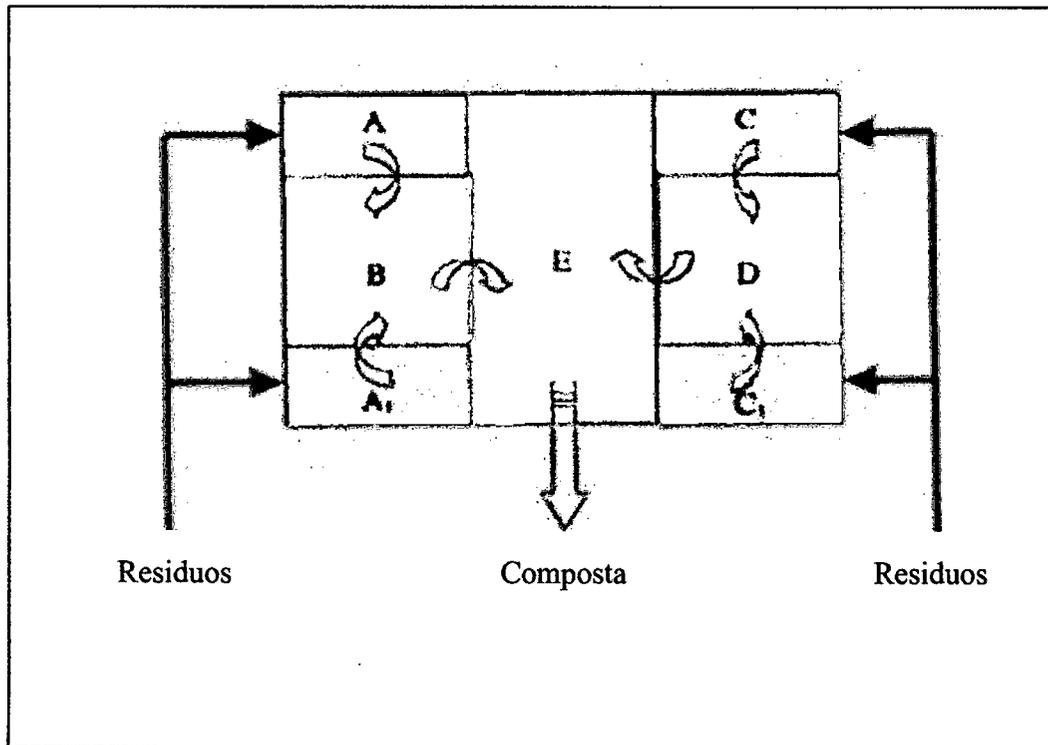


Figura 4. Diseño del compostero.

3.3.2. Biodigestión / producción de biogas

Al realizar este proceso de biodigestión se logrará que más del 90% de residuos generados en el camal puedan ser tratados: sangre, contenido gástrico /ruminal, heces, grasa y pedacería, residuos alimentarios y aguas residuales que serán utilizadas como diluyente para ser procesados en un biodigestor.

El diseño de los biodigestores puede variar de acuerdo al proveedor del sistema y de las condiciones de cada residuo. Sin embargo, existen dos diseños básicos. El primero es el que el gas es producido en uno o más digestores y luego es almacenado en un tanque separado. El otro tipo es aquel en el que el biodigestor y el tanque de almacenamiento forman una sola unidad en la que el gas es producido en la parte baja de la estructura y se almacena en la parte alta. Este último es más barato y sencillo de construir pero la producción de gas se ve afectada cuando se recarga el biodigestor, mientras que el primero proporciona un abasto de gas continuo aún durante la recarga de uno o más digestores, por lo que es más práctico para grandes cantidades de residuos.

El lodo resultante de esta digestión anaeróbica tiene un mayor contenido de nitrógeno que la composta y debe ser secado con filtros de arena o por presión. Una vez secado puede ser empleado como fertilizante en el campo. El biogas puede usarse para calentar agua o para generar electricidad y con ello reducir los costos de energía. El éxito de una planta de biogas depende de diversos factores como la calidad de los residuos, temperatura, porcentaje de sólidos y tipos de bacterias.

Existe la posibilidad que los proyectos de biodigestión puedan ingresar al Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) en el marco de Protocolo de Kyoto y obtener ingresos extraordinarios por la venta de “bonos de carbono” (por dejar de contaminar).

3.3.3. Manejo de la sangre

La sangre es el residuo más dañino para el ambiente que generan los camales, tanto por volumen como por capacidad contaminante. El tratamiento de aguas residuales que contienen altos volúmenes de sangre resulta más costoso que el implementar medidas para evitar que ésta vaya al drenaje y emplearla como materia prima en algún proceso. Es por ello que debe evitarse en gran medida la descarga de sangre al drenaje de la instalación (Bonilla, 2007).

3.3.3.1. Aprovechamiento de la sangre en la alimentación animal

La sangre se almacena en recipientes limpios y se mezcla en partes iguales con salvado, cáscara de arroz, harina de yuca u otros alimentos y así se suministra a porcinos y aves el mismo día de su preparación. Si existen excedentes de sangre fresca, se puede aplicar:

a) Sangre con cal viva

La cal viva conserva la sangre hasta por una semana. Se añade al recipiente de la sangre un 1% de cal viva y, a medida que se agrega, se va revolviendo la sangre fresca. La sangre así preparada se puede utilizar según las indicaciones para el uso de la sangre fresca.

b) Sangre deshidratada

La sangre que ha sido mezclada con productos de origen vegetal puede secarse sobre una plataforma de cemento, exponiéndose al sol. Para el mejor aprovechamiento del calor, la superficie de la plataforma se debe cubrir con pintura negra. Para el secado de la sangre, esta se distribuye, ya mezclada, sobre la plataforma, formando una capa de aproximadamente 7 cm de espesor. Para facilitar la penetración de calor se debe de rastrillar.

Si los días son soleados, la sangre se seca en dos o tres días. Se le puede añadir entonces más sangre fresca y repetir el proceso con el fin de aumentar la cantidad de proteína. Si los días son lluviosos, es necesario disponer de cubiertas de plástico o de lonas para cubrir la sangre colocada en la plataforma. El proceso de secado se puede acelerar aplicando fuego debajo de los contenedores metálicos. El producto deshidratado se recoge en bolsas de plástico, sacos de fique o cestillos y se almacena en un ambiente seco o se transporta directamente a los centros donde se consumirá.

c) Sangre cocinada

Se puede cocinar la sangre en el camal con el fin de suministrarla directamente como alimento para animales o como un paso para facilitar su secado.

Se requieren los siguientes implementos: recipientes para la cocción de la sangre, sacos para el drenaje de la sangre cocida, plataforma para el secado de subproductos y recipientes para almacenamiento de harina de sangre.

Los recipientes para la cocción se pueden construir con cilindros metálicos. Su construcción se puede realizar cortando el cilindro transversal o longitudinalmente. En ambos casos se recubren con material anticorrosivo sobre el que se aplica pintura. Si el cilindro se corta transversalmente se le puede dotar de asas y tapa protectora

para facilitar su manejo. Al cilindro cortado longitudinalmente se le pueden acoplar unas patas para mejorar su estabilidad.

Para la cocción de la sangre se realizan los siguientes pasos:

- ✓ Recoger la sangre higiénicamente.
- ✓ Verter la sangre en el recipiente de cocción y calentar por debajo sometiéndola a una temperatura de 80°C durante 15 a 20 minutos y agitándola con una cuchara de madera para evitar que se queme.
- ✓ El material obtenido se enfría y suministra a cerdos y aves de corral.

d) Sangre cocinada y deshidratada

Para la obtención de sangre cocinada y deshidratada se opera de la siguiente forma:

- ✓ Después de cocinada, se introduce la sangre en un saco poroso y se presiona para facilitar el escurrido del suero.
- ✓ Posteriormente, los grumos de sangre cocinada se colocan en la plataforma de secado y se realizan los mismos pasos que para la sangre deshidratada.
- ✓ La sangre deshidratada se recoge en bolsas adecuadas y se almacena por un periodo de hasta un mes en ambiente seco.
- ✓ La sangre cocinada-deshidratada se muele y constituye un rico alimento proteico para utilizar en la producción animal.

e) Uso de anticoagulante

Se puede utilizar citrato de sodio para evitar que la sangre se coagule. Para su preparación, se adicionan 70 gramos de citrato de sodio a un litro de agua potable, esta solución sirve para impedir la coagulación de diez litros de sangre. También puede emplearse el

citrato de sodio en forma directa a razón de 4 a 8 gramos por litro de sangre.

3.4. Sistema para producir biogas y bioabonos

El biogas es una mezcla de diferentes gases producidos por la descomposición anaeróbica de materia orgánica como el estiércol y la basura orgánica. El elemento que se presenta en mayor porcentaje en el biogas es el metano (CH_4), que lo convierte en un gas peligroso para la atmósfera; puesto que todos sus componentes forman parte de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) (Barrena *et al.*, 2013).

Como se puede apreciar en la Tabla 5, el metano es el gas que se encuentra en mayor cantidad en el biogas, resultando este dato muy relevante, ya que, una molécula de metano puede retener tanto calor como 24 moléculas de dióxido de carbono (CO_2).

Tabla 5. Composición química del biogas.

Componente	Fórmula	Porcentaje
Metano	CH_4	40 – 70
Dióxido de carbono	CO_2	30 – 60
Hidrógeno	H_2	0,1
Nitrógeno	N_2	0,5
Monóxido de carbono	CO	0,1
Oxígeno	O_2	0,1
Sulfuro de Hidrógeno	H_2S	0,1

Fuente: (Barrena *et al.*, 2013).

3.4.1. Digestión anaerobia

Es un proceso biológico realizado por bacterias existentes en la naturaleza. Este interesante proceso de descomposición de la materia orgánica compleja (celulosa, carbohidratos, almidón, proteínas, etc.) produce biogas combustible, con 60 a 70% de metano (CH_4) y aproximadamente 40% de dióxido de carbono (CO_2) (Groppelli y Giampaoli, 2005).

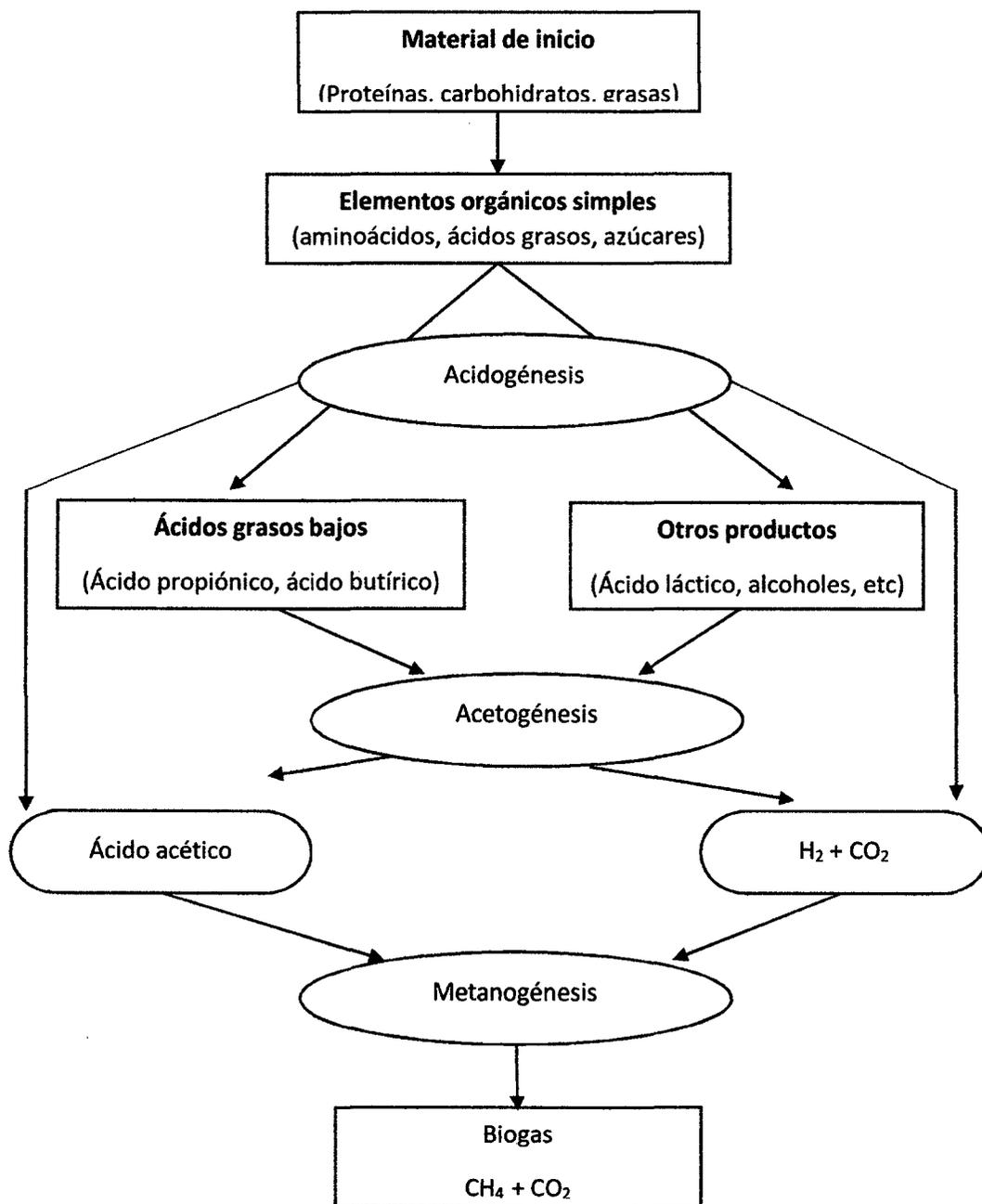


Figura 5. Etapas de la descomposición anaeróbica (Ministerio Federal de Alimentación, Agricultura y Protección del Consumidor, 2013).

La producción de biogas requiere cuatro etapas muy diferenciadas, aunque en realidad todas ellas ocurren simultáneamente. Lara e Hidalgo (2011), describen las siguientes etapas:

✓ **Hidrólisis**

Las bacterias de esta primera etapa toman la materia orgánica virgen con sus largas cadenas de estructuras carbonadas y las van rompiendo y transformando en cadenas más cortas y simples (ácidos orgánicos) liberando H_2 y CO_2 .

Esta etapa puede ser la limitante de la velocidad del proceso global, si se trata residuos con alto contenido en sólidos. El grado de hidrólisis y la velocidad dependen de muchos factores, entre otros, del pH, de la temperatura, concentración de la biomasa, del tipo de materia orgánica particulada y del tamaño de la partícula.

✓ **Fase de acidificación**

Esta etapa la llevan a cabo las bacterias acetogénicas y realizan la degradación de los ácidos orgánicos llevándolos al grupo acético CH_3-COOH y liberando como productos H_2 y CO_2 .

Esta reacción es endoexotérmica pues demanda de energía para ser realizada y es posible gracias a la estrecha relación simbiótica con las bacterias metanogénicas que substraen los productos finales del medio minimizando la concentración de los mismos en la cercanía a las bacterias acetogénicas.

✓ **Fase acetogénica**

Los productos de la fase acidogénica sirven de substrato para otras bacterias, las reacciones de esta etapa son endogénicas (se necesita energía para la degradación de los productos de la acidogénesis).

Las bacterias de esta etapa producen H_2 y están en simbiosis constante con los organismos que producen metano. Los organismos metanogénicos pueden sobrevivir solo a altos niveles de presión parcial de H_2 , si este nivel baja, el H_2 , el CO_2 y el acetato son producidos por

bacterias acetogénicas; en el caso contrario predomina la formación de ácido propiónico, butírico, valérico y etanol.

✓ Fase metanogénica

Las bacterias intervinientes en esta etapa representan al grupo de las *achibacterias* y poseen características únicas que las diferencian de todo el resto de las bacterias por lo cual, se cree que pertenecen a uno de los géneros más primitivos de vida colonizadas en la tierra. La transformación final cumplida en esta etapa tiene como principal sustrato el ácido acético junto con otros ácidos orgánicos de cadenas cortas y los productos finales liberados son CH₄ y CO₂.

3.4.2. Biodigestor tubular de geomembrana de PVC

Un biodigestor es un sistema natural que toma ventaja de la digestión anaeróbica y transforma biomasa o materia orgánica degradable en biogas y/o fertilizantes (Hidalgo *et al.*, 2010).

Un biodigestor o biorreactor es un contenedor o sistema que mantiene un ambiente biológicamente activo. En algunos casos, estos son recipientes en el que se lleva a cabo un proceso químico que involucra organismos o sustancias bioquímicamente activas derivadas de dichos organismos. Este proceso puede ser aerobio o anaerobio (Lara & Hidalgo, 2011).

Un biodigestor es un recinto cerrado, en el que se introduce una mezcla de estiércol y agua. Las bacterias que habitan en el estiércol, en ausencia de oxígeno, degradan la materia orgánica disuelta en un medio acuoso, y la transforman en una mezcla de gases, llamado biogas, con alto contenido de metano; y un fertilizante llamado biol (Herrero, 2008).

La alta inversión para construir un biodigestor de estructura rígida resultaba una limitante para los pequeños granjeros de bajos ingresos. Esto motivó a unos ingenieros taiwaneses en los años sesenta a diseñar biodigestores con materiales flexibles más baratos, locales y accesibles. Primero se utilizó nylon y neopreno, sin embargo; estos demostraron ser algo costosos.

Un paso mayor en los setenta fue combinar PVC con el residuo de las refinerías de aluminio produciéndose así "el barro rojo PVC", y de ahí fue reemplazado por polietileno más barato y es el que se usa mayormente en América Latina, África y Asia. Desde 1986, el Centro para la Investigación en Sistemas Sustentables de Producción Agrícola (CIPAV), ha recomendado biodigestores de plástico económico como la tecnología apropiada por optimizar el uso de excrementos pecuarios. En este biodigestor, parcialmente lleno con materia orgánica en fermentación, el biogas se va acumulando en la parte superior y lo va inflando lentamente con una presión baja.



Fotografía 9. Biodigestor tubular de geomembrana de PVC.

En el biodigestor se almacena la materia orgánica y se dan los procesos de fermentación. Su tamaño varía dependiendo de la cantidad de material a fermentar, sin embargo este no puede ser muy grande, si hay necesidad de procesar mucho material, se procederá a conectar los biodigestores que sean necesarios.

El biodigestor debe estar aislado y contener un sistema de calentamiento y agitación. Para calentarse se recubre por encima de 60 cm con una estructura simple de plástico a modo de invernadero, ello prevendrá de cambios drásticos

de temperatura y la mantendrá en el nivel deseable, así como también la construcción de una pared de tierra a los costados para evitar el enfriamiento del biodigestor, o semi-enterrarlo para el mismo fin, dependiendo de las condiciones del suelo. El gas producido por el digestor puede almacenarse en un espacio añadido al digestor o conducirse independientemente a otra instalación de almacenamiento, cerca de la cocina o calefactor a usarse.

3.4.3. Temperatura y tiempo de retención

Según Herrero (2008), en el proceso de digestión anaerobia son las bacterias metanogénicas las que producen, en la parte final del proceso, metano. Existen diferentes poblaciones de bacterias metanogénicas y cada una de ellas requiere una temperatura para trabajar de forma óptima. Existen poblaciones metanogénicas donde su mayor rendimiento es a 70°C, pero para ello habría que calentar el lodo interior del biodigestor. Hay otras poblaciones en que su rango óptimo de trabajo es de 30 a 35°C. Estas temperaturas se pueden alcanzar en zonas tropicales de manera natural. La actividad de las bacterias desciende si estamos por encima o por debajo del rango de temperaturas óptimas de trabajo. A menores temperaturas se sigue produciendo biogas, pero de manera más lenta. A temperaturas inferiores a 5°C se puede decir que las bacterias quedan 'dormidas' y ya no producen biogas.

Por ello es necesario estimar un tiempo de retención según la temperatura a la que se trabaje. El tiempo de retención es la duración del proceso de digestión anaerobia, es el tiempo que requieren las bacterias para digerir el lodo y producir biogas. Este tiempo, por tanto, dependerá de la temperatura de la región donde se vaya a instalar el biodigestor. Así, a menores temperaturas se requiere un mayor tiempo de retención que será necesario para que las bacterias, que tendrán menor actividad, tengan tiempo de digerir el lodo y de producir biogas.

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

Para llevar a cabo el presente proyecto de investigación se necesitaron un conjunto de materiales, equipos y software.

4.1. Material

- 01 Cinta métrica de 50 m
- 01 Balde graduado de 18 litros
- 02 Balde graduado de 5 litros
- 02 jarras de 2 litros
- 02 Palanas
- 50 Bolsas para basura
- 20 Mascarillas
- 50 Guantes
- 02 Cuaderno de notas
- 06 Lapiceros
- 06 Lápices
- 1 Tablero de acrílico
- 100 hojas papel bond A4
- 10 Sacos blancos
- 2 pares de botas

4.2. Equipos

- 01 GPS Garmin
- 01 Cámara fotográfica digital
- 01 Calculadora científica
- 02 Teléfonos celulares
- 01 Balanza electrónica de 50 Kg
- 01 Laptop
- 01 Impresora multifuncional

4.3. Software

- Microsoft Word 2013
- Microsoft Excel 2013

- AutoCad 2013
- Google Earth

4.4. Métodos

4.4.1. Determinación de la cantidad de sangre de ganado sacrificado

Para determinar el porcentaje de sangre con respecto al peso de su carcasa de cada ganado sacrificado en el camal municipal de Jazán, se realizó muestreos por cada ganado sacrificado durante los días de evaluación.

4.4.2. Determinación de la cantidad de estiércol

Se recogió el estiércol procedente de la panza del ganado con una palana para posteriormente depositarlo en un balde previamente tarado. Seguidamente, se procedió al pesado del estiércol en una balanza electrónica. Se expresó como porcentaje de estiércol con respecto al peso de la carcasa del animal sacrificado



Fotografía 10. Recojo de estiércol de vacuno para ser pesado

4.4.3. Cálculo del tamaño del biodigestor

Según Barrena *et al.* (2013), el tamaño del biodigestor se calcula a partir de la cantidad de estiércol disponible por día, pero mezclado con agua en la relación de 1:5; es decir, una parte de estiércol y 5 de agua, que en total serán seis unidades; siguiendo la secuencia de cálculo:

Cantidad de estiércol: $E \text{ kg/día} = E \text{ L/día}$

Volumen de mezcla estiércol:agua: $6E \text{ L/día}$

Tiempo de retención hidráulico en Pedro Ruíz Gallo (Jazán): 25 días

Volumen de trabajo del biodigestor: $V_T = (6E \text{ L/día}) (25 \text{ días}) = 150E \text{ L}$

Volumen total del biodigestor: $V_B = V_T/0,75$

Volumen de la campana del biogas: $V_G = 0,25 V_B$

Conociendo el volumen total (V_B) del biodigestor tubular se podrá determinar sus dimensiones: longitud y diámetro.

4.4.3.1. Diámetro del biodigestor

Para la construcción del biodigestor tubular se usa manga de geomembrana de PVC, que permite hacer una cámara hermética al sellar ambos extremos de la manga con tapas circulares del mismo material. El ancho del biodigestor determina su diámetro. El volumen total del biodigestor (V_B) equivale al volumen de un cilindro (en metros cúbicos) que se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$V_B = \frac{\pi * D^2}{4} * L$$

Donde, D : diámetro = 1,27 m (diámetro mínimo del fabricante)

Para el cálculo de la longitud de la manga se despeja L :

$$L = \frac{4V_B}{\pi * D^2}$$

4.4.3.2. Zanja para instalación del biodigestor

La longitud de la zanja donde se instalará el biodigestor queda determinada por la longitud del biodigestor y su profundidad equivale a $3/4$ del diámetro del biodigestor. De forma general, para

un biodigestor de 1,27 m de diámetro, se emplean las siguientes dimensiones para la zanja (Figura 6): $a = 0,70$ m; $b = 0,90$ m; $p = 0,90$ m. El largo de la zanja es igual a la longitud del biodigestor (Barrena *et al.*, 2013).

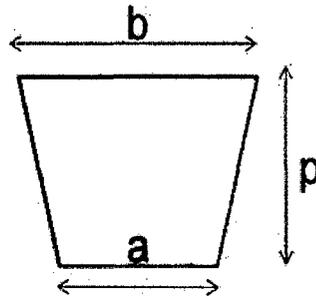


Figura 6. Dimensiones para la zanja para el biodigestor.

Hay que considerar que al introducir el biodigestor en la zanja, las paredes de esta sustentarán toda la presión del volumen de líquido del biodigestor. La cúpula de biogas estará en la parte superior y ocupará un 25% del volumen total.

Si se construye una zanja sin considerar el ancho recomendado puede suceder que la cúpula de biogas sea demasiado pequeña o incluso grande. En caso que la cúpula ocupe más de un 25% del volumen, se producirá una reducción del volumen de la fase líquida y por tanto se reducirá el tiempo de retención.

4.4.4. Volumen total de biodigestor

El volumen total del biodigestor ha de albergar una parte líquida y otra gaseosa. Normalmente se da un espacio del 75% del volumen total a la fase líquida, y del 25% restante a la fase gaseosa. El volumen total es la suma del volumen gaseoso y el volumen líquido (Barrena *et al.*, 2013).

a) Volumen líquido

Para que la carga diaria de entrada pueda ser digerida por las bacterias es necesario que esté en el interior del biodigestor tanto tiempo como el tiempo de retención estimado (según la temperatura del lugar). Ya que el

biodigestor tubular es de flujo continuo, el volumen líquido será el resultado de multiplicar el tiempo de retención por la carga diaria, la misma que ocupará el 75% del biodigestor.

b) Volumen gaseoso

Dentro del biodigestor, por estar en una situación anaerobia (en ausencia de oxígeno) se va a producir biogas, y este se acumulará en la parte superior. Al ser el biodigestor tubular se formará una campana de biogas que sirve para almacenarlo y darle forma al biodigestor. Este volumen ocupará el 25% de todo el biodigestor.

4.4.5. Carga de mezcla diaria de alimentación del biodigestor

Es la cantidad de materia orgánica, mezcla de estiércol – agua en la proporción de 1:5, con que se debe alimentar el biodigestor cada día para mantener la producción diaria de biogas. Es el resultado de dividir el volumen de trabajo (VT) por el tiempo de retención hidráulico (TRH), en consecuencia sus unidades serán m³/día (Barrena *et al.*, 2013).

Desde que se cargó completamente el biodigestor (75% de su volumen total), hasta que su campana y el gasómetro estén llenos de biogas, pasan un número de días igual al tiempo de retención hidráulico. Transcurrido el TRH, se puede emplear el biogas como combustible; en consecuencia, se debe alimentar diariamente el biodigestor para mantener la producción de biogas.

V. RESULTADOS

5.1. Cantidad de estiércol de ganado vacuno por día

Para poder determinar la cantidad de estiércol de ganado vacuno por día, se tuvo en cuenta los porcentajes determinados por Quiroga (2008), sin embargo, para obtener mejores resultados, se tuvo que adaptar los datos reportados por el responsable del camal; es decir, ya no se tomó el peso del ganado vivo, sino el de la carcasa, por lo que se determinó la cantidad de estiércol por Kg de carcasa.

Tabla 6. Porcentajes de estiércol de ganado vacuno con respecto al peso de su carcasa.

Vacuno	Peso carne (Kg)	Peso estiércol (Kg)	% estiércol
V1	193	39,90	20,67
V2	108	24,00	22,22
V3	181	60,80	33,59
V4	163	39,24	24,07
V5	123	21,61	17,57
V6	109	22,48	20,62
V7	135	26,30	19,48
Promedio	144,57	33,48	23,16

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 6 se aprecia que por cada 100 kg de carcasa se genera 23,16% de estiércol. Con los porcentajes obtenidos se puede calcular la cantidad de contenido gastrointestinal disponible por día.

5.2. Estiércol de ganado porcino por día

En lo que se refiere a cerdos, sólo se muestreó de un ejemplar, puesto que de los demás sacrificados, los dueños llevaban las vísceras a lavarlas en sus casas para utilizarlas como alimento, razón por la cual, este elemento no es un problema grave en el camal municipal en el que se realizó la presente investigación.

Tabla 7. Muestreo de cantidad de estiércol de porcino.

Primer día de muestreo (porcinos)			
	Peso de carcasa (kg)	Peso de estiércol (kg)	% de estiércol
C1	135	10	7,40

Fuente: Elaboración propia

En el camal de Jazán se sacrifican en promedio tres bovinos por día y considerando los datos de la Tabla 15(Anexo 1), se obtiene una producción promedio de 100,32 kg de estiércol de ganado vacuno y según la Tabla 16(Anexo 2) se obtiene 9,56 kg de estiércol de cerdo; haciendo un total de 109,88 kg que se redondean para los cálculos a 115,00 kg de estiércol por día.

5.3. Cantidad de sangre de bovino por día

A partir de los datos recogidos se determinó el porcentaje de sangre con respecto al peso de la carcasa del ganado bovino (Tabla 8).

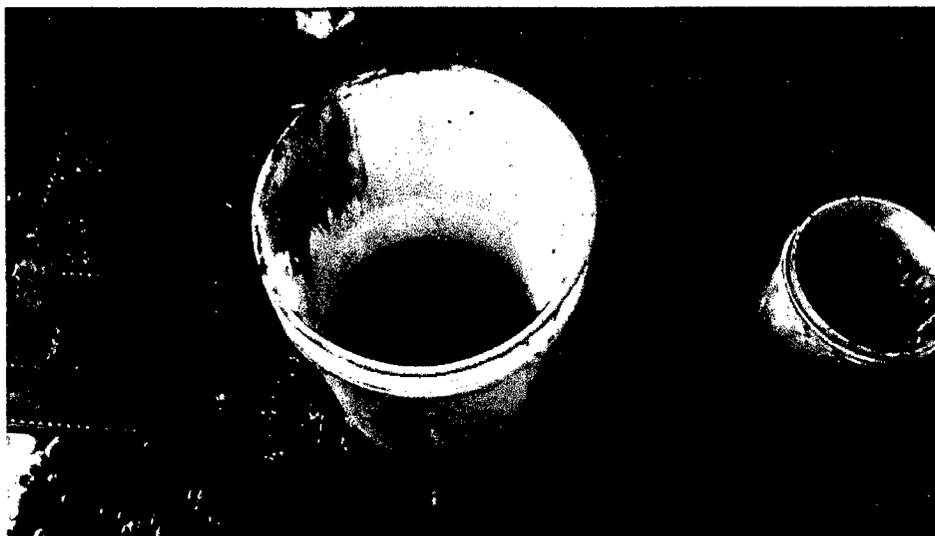
Tabla 8. Porcentaje de sangre por Kg de carcasa de ganado bovino.

Porcentaje de sangre por kg de carcasa			
Bovinos	Peso de carcasa (Kg)	Peso de sangre (kg)	% de sangre
V1	96	6,8	7,08
V2	193	8,4	4,35
V3	163	11,18	6,86
V4	109	5,28	4,84

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar, los porcentajes de sangre por kg de carne, en peso, oscilan entre el 5 y 7%, aproximadamente, obteniendo un **promedio de 5,78%**. Estos porcentajes son de suma importancia para calcular la cantidad de sangre a tratar para darle valor agregado, así como la cantidad de biogas a usar para ello.

Sin embargo, con las técnicas de faenado utilizadas en el camal municipal de Jazán es difícil determinar la cantidad exacta de sangre producida por cada bovino, ya que una gran cantidad se pierde antes de poder ser pesada (Fotografía 11).



Fotografía 11. Recojo de sangre de bovino sacrificado

5.3.1. Cantidad de sangre de porcino por día

En lo referente a sangre de porcinos, para la presente investigación no presenta mayor relevancia, puesto que en el transcurso de los días de muestreo, se observó que toda la sangre de los cerdos sacrificados es recogida en depósitos y llevada a casa de los dueños donde la emplean para su alimentación. Se pesó la sangre producida por los cerdos, lo que se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Porcentaje de sangre obtenida por cada cerdo sacrificado.

Porcentaje de sangre de cerdo por kg de carcasa			
Cerdos	Peso de carcasa (kg)	Peso de sangre (kg)	% de sangre
C1	135	4,2	3,11
C2	56	2,0	3,57
C3	76	3,33	4,38
C4	56	2,95	5,27

Fuente: elaboración propia.

Según la Tabla 8 se obtiene una producción de 25,04 kg de sangre de ganado vacuno. La sangre de cerdo es considerada como cero porque sus dueños llevan la sangre para su consumo, obteniendo así solo 25,04 kg de sangre al día.

5.4. Temperatura promedio de Jazán

Tomando como referencia datos de la estación experimental de Suyubamba de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, se determinó la temperatura media de Jazán; ya que el clima de Suyubamba es muy parecido a la del distrito de Jazán; además, es la única estación más cercana (INDES-CES, 2015).

Tabla 10. Temperatura media en la estación experimental de Suyubamba del año 2013.

Promedio de temperaturas en la estación experimental de Suyubamba de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas		
Mes	Temperatura media (°C)	Promedio (°C)
Enero	20,34	20,34
Febrero	22,18	
Marzo	21,14	
Abril	20,65	
Mayo	20,44	
Junio	19,05	
Julio	18,64	
Agosto	19,32	
Setiembre	19,13	
Octubre	21,33	
Noviembre	21,01	
Diciembre	20,85	

Fuente: INDES-CES, 2015.

Para el año 2014, se obtuvo datos de algunos meses, y como no existe otra estación cercana solo se trabajó con ellos (Tabla 11).

Tabla 11. Temperatura media en la estación experimental de Suyubamba del año 2014.

Promedio de temperaturas en la estación experimental de Suyubamba de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas		
Mes	Temperatura media (°C)	Promedio (°C)
Enero	20,23	20,08
Febrero	20,43	
Marzo	20,40	
Agosto	19,25	

Fuente: INDES-CES

Con los datos de las Tablas 10 y 11 se determinó que la temperatura media del Distrito de Jazán fue de 20,21°C. Con referencia a la Tabla 12, el tiempo de retención hidráulico o el tiempo necesario para la producción del biogas, depende de las características de las regiones; en consecuencia, el TRH en Jazán será de 25 días.

Tabla 12. Tiempo de retención hidráulico según la temperatura.

Tiempo de retención hidráulico según la temperatura		
Región característica	Temperatura (°C)	Tiempo de retención (días)
Trópico	30	15
Valle	20	25
Altiplano	10	60

Fuente: Herrero, 2008

5.5. Cálculo del tamaño del biodigestor

Cantidad de estiércol: 115 kg/día = 115 L/día

Volumen de mezcla estiércol:agua: 6(115) = 690 L/día

Tiempo de retención hidráulico en Pedro Ruíz Gallo (Jazán): 25 días

Volumen de trabajo del biodigestor: $VT = (690 \text{ L/día}) (25 \text{ días}) = 17250 \text{ L}$

Volumen total del biodigestor: $VB = VT/0,75 = 17250 \text{ L}/0,75 = 23000 \text{ L}$

Volumen de la campana del biogas: $VG = 0,25 \text{ VB} = 0,25 \times 23000 \text{ L} = 5750 \text{ L}$

Conociendo el volumen total (VB) del biodigestor tubular se podrá determinar sus dimensiones: longitud y diámetro.

$$VB = \frac{\pi * D^2}{4} * L$$

Donde, D: diámetro = 1,27 m (diámetro mínimo del fabricante: www.cidelsa.com).

VB = 23 m³. Para el cálculo de la longitud de la manga se despeja L:

$$L = \frac{4(23 \text{ m}^3)}{\pi * (1,27 \text{ m})^2}$$

L = 18,16 m, valor que se redondea a 18 m para facilidad de construcción.

En resumen:

Cantidad de estiércol a procesar por día: 115 kg

Volumen total del biodigestor: 23 m³

Volumen ocupado por la mezcla estiércol-agua = 17,25 m³

Volumen de la campana para biogas: 5,75 m³

Longitud del biodigestor: 18 m

Diámetro del biodigestor: 1,27 m

5.6. Alimentación diaria del biodigestor

Según las Tablas 6 y 7 se obtienen 115,00 kg de estiércol de ganado vacuno y porcino por día, que se debe mezclar con agua en la proporción de 1:5 para alimentar el biodigestor cada día, con lo que se mantendrá la producción diaria de biogas.

Carga diaria: 115 L estiércol x 6 = 690 L

Si se emplea un cilindro de 200 L para preparar la alimentación: 690 L/200 L = 3,45 cilindros.

Para cada uno de los 3 cilindros: 690 L estiércol/3,45 = 33,3 L de estiércol (prácticamente dos baldes de 18 L cada uno), que debe colocarse en el cilindro y se le agrega agua hasta llenarlo, enseguida se agita bien para uniformizar la mezcla y luego se carga al biodigestor.

Para el medio cilindro restante: 17 L de estiércol, se agrega agua hasta la mitad, se agita bien y se carga al biodigestor.

5.7. Zanja para instalación del biodigestor

Para un biodigestor de 1,27 m de diámetro, se emplean las siguientes dimensiones para la zanja (Figura 6): a = 0,70 m; b = 0,90 m; p = 0,90 m. El largo de la zanja es igual a la longitud del biodigestor, es decir 18 m.

5.8. Aplicación del biogas y bioabonos

Al igual que el gas natural, el biogas tiene una amplia variedad de usos, pero al proceder de la biomasa, específicamente del estiércol, constituye una fuente de energía renovable. Existen diversos beneficios derivados del proceso de conversión de residuos orgánicos en biogas (Varnero, 2011). Por su parte los bioabonos, por ser grandes mejoradores del suelo, se están convirtiendo en una alternativa muy importante para mejorar los cultivos sin tener que introducir en ellos sustancias químicas que deterioran su calidad.

El biogas obtenido en los digestores contiene de 60% a 80% de metano y su poder calorífico es de aproximadamente 6 kWh/m³ (800 BTU/pie³), lo que permite emplearlo con propósitos de generación de energía; en iluminación y medio de calentamiento para cocción de alimentos; como combustible para una caldera; para calentar un espacio o hacer funcionar equipos de refrigeración. El poder calorífico aprovechable depende del rendimiento de los quemadores o de los equipos que funcionan a base del biogas (Silva, 2003).

5.8.1. Cocina a biogas

El uso más simple del biogas es como combustible para la obtención de energía térmica (calor). En los lugares donde los combustibles son escasos, los sistemas pequeños de biogas pueden proporcionar la energía calórica para actividades básicas como cocinar y calentar agua, produciéndose una combustión completa (llama azul) en la cual se produce la rápida oxigenación/oxidación del biogas, representándose por la siguiente ecuación química $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (Varnero, 2011).

Una cocina a biogas de dos hornillas realiza un consumo de 0,20 – 0,42 m³/h, por su parte una olla arrocera consumirá 0,14 m³/h de biogas (Varnero, 2011). Barrena *et al.* (2013), afirma que para una cocina de dos hornillas, se necesita 150 litros de biogas para una hora, lo cual equivale a 0,15 m³/h, cifra que se asemeja a la determinada por Varnero (2011).

Dependiendo del volumen de producción, el gas puede utilizarse hasta 12 horas diarias. De acuerdo con experiencias propias, el biodigestor plástico provee biogas a una familia de 5-8 miembros por un período promedio de 8 horas diarias. La calidad de la llama es buena, no ahúma, no mancha y el olor es normal (Estudio de Performance Ambiental, 2011).

5.8.2. Lámpara a biogas

El biogas puede ser empleado también como combustible de una lámpara de camiseta (petromax), para iluminación lo que contribuirá a reducir la facturación de energía eléctrica en el camal municipal de Jazán. Según Varnedo (2011), una lámpara a biogas consume un aproximado de 0,07m³/h.

En La Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, se habilitó una lámpara tipo petromax para que funcione a biogas, además se hizo funcionar un grupo electrógeno y una motocicleta a biogas (Barrena *et al.*, 2013). Según Silva (2003), el biogas es empleado fundamentalmente en motores para la generación eléctrica y en equipos de refrigeración.

5.8.3. Soplete a biogas

En el camal municipal de Jazán, para el pelado de cerdos por escaldado se utiliza sopletes a gas propano que generan gastos adicionales. El biogas, reemplazaría al gas propano, y los gastos disminuirían, al mismo tiempo que se haría uso de una importante energía limpia como es el biogas.

5.9. Beneficios para el medio ambiente

Uno de los objetivos principales para el establecimiento de biodigestores es que ellos se constituyen en una valiosa alternativa para el tratamiento de los desechos

orgánicos presentes en las aguas residuales ya que previene la contaminación de los cuerpos de agua y al mismo tiempo suministra un gas combustible (fundamentalmente metano) que puede emplearse para satisfacer la demanda de energía de una comunidad y un efluente que puede ser utilizado como fertilizante (Silva, 2003).

Con el uso de biogas se promueve la reducción de la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, además que se reducen los malos olores, puesto que los sistemas de biogas reducen los olores ofensivos especialmente en aquellas zonas adonde se producen y manejan grandes cantidades de estiércol debido a la explotación de ganado.

Para Chauca (2010), son muchos los beneficios que se obtienen al utilizar los biodigestores, entre los más importantes menciona:

- Proporcionan combustible (biogas) para satisfacer necesidades energéticas rurales, con energía renovable (calor, luz, electricidad) y de bajo costo.
- Reducen la contaminación ambiental al convertir en residuos útiles a las excretas de origen animal, aumentando la protección del suelo, de las fuentes de agua, de la pureza del aire y del bosque. Dichas excretas contienen microorganismos patógenos, larvas, huevos, pupas de invertebrados; que de no ser tratadas podrían convertirse en plagas y enfermedades para las plantas cultivadas.
- Se produce abono orgánico (bioabono) con un contenido mineral similar al de las excretas frescas, pero de mejor calidad nutricional para las plantas y para la producción del fitoplancton. Este último es utilizado para la alimentación de peces y crustáceos.
- Mediante la utilización del efluente como bioabono se reduce el uso de fertilizantes químicos, cuya producción y aplicación tiene consecuencias negativas para el medio ambiente global local.
- Mejora las condiciones higiénicas de la casa rural y/o unidad de producción a través de la reducción de patógenos, huevos de gusanos y moscas, los que mueren durante el proceso de biodigestión.
- Contribuyen a reducir los niveles de deforestación por el menor uso de leña con fines energéticos.

El biogas es un combustible ecológico puesto que permite reciclar dióxido de carbono (CO₂) producido en su combustión; es decir, realizar la captura de carbono. Las plantas absorben agua y nutrientes del suelo mediante sus raíces; con sus hojas captan el CO₂ del aire y la energía solar a través de la clorofila para realizar la fotosíntesis, que permite a la planta producir monosacáridos y luego polisacáridos para su crecimiento. Las plantas sirven de alimento a los animales que al final de su digestión excretan estiércol, que puede ser colectado para procesarlo en un recipiente cerrado (biodigestor) en condiciones anaeróbicas (ausencia de oxígeno) para producir bioabonos. El biogas se emplea como combustible en la cocina, en lámparas, en motores o para calefacción, produciendo CO₂ y vapor agua que se descargan a la atmósfera, de donde el CO₂ será reciclado por las plantas. Los bioabonos servirán para retornar nutrientes al suelo de manera que la producción de cultivos sea mayor (Barrena, *et al.*, 2013).

5.9.1. Reducción de emisión de metano

El metano es un gas de efecto invernadero, cada una de sus moléculas impacta al medio ambiente tanto como lo hacen 25 moléculas de dióxido de carbono (Barrena *et al.*, 2013). Por ello, la producción y empleo del biogas es una alternativa importante para reducir las emisiones de metano a la atmósfera que contribuye al efecto invernadero. El contenido de metano en la atmósfera se ha duplicado desde la última era de hielo a 1,7 mL/m³ en la actualidad. Este gas contribuye con un 20% al efecto invernadero antropogénico. Entre las fuentes de metano, más del 50% corresponde a la ganadería (Varnero, 2011).

5.9.2. Reducción de consumo de combustibles fósiles

Una de las principales razones por las que se produciría biogas es por ser una energía limpia. El biogas es una fuente de energía económica que permite disminuir costos asociados al consumo de la energía eléctrica o sistemas de gas convencionales (Silva, 2003).

El biogas es invisible y no tiene olor. Produce una llama azul al quemarse. Si se utiliza biogas para cocinar en vez de combustibles sólidos como leña, se

reduce el humo producido dentro de la casa, se evitan enfermedades y se reduce la demanda de árboles para leña como combustible. El material que queda después de producir el biogas puede utilizarse como fertilizante de alta calidad. Quemar biogas no contribuye al cambio climático. El biogas se convertirá así en una fuente de energía barata para satisfacer la demanda de la cocina de los hogares campesinos, reduciendo o eliminando su consumo de leña o de algún otro combustible (Chauca, 2010).

Tabla 13. Equivalencias energéticas del biogas con diferentes combustibles.

100 litros de biogas equivalen a	
Madera	1,3 kg
Bosta seca	1,2 kg
Alcohol	1,1 litros
Gasolina	0,8 litros
Gas-oil	0,65 litros
Gas natural	0,76 m
Carbón	1,5 kg
Electricidad	2,2 Kw/h

Fuente: Marti, 2008

El biogas producido se emplea normalmente como sustituto de la leña, estiércol seco, o gas licuado de petróleo (GLP) (Marti, 2008).

Según el Ministerio de Recursos Naturales y del Ambiente (MARENA) de Nicaragua, el consumo *per capita* de leña de cada nicaragüense es de 1,8 kg/persona/día. Si se toma como cierta la existencia de 350 mil familias en Nicaragua con un promedio de seis miembros en cada una, los biodigestores contribuirían al ahorro de leña de 3,9 tn/familia/año. Con solamente el 10% de las familias rurales haciendo uso de biodigestores plásticos, el ahorro sería aproximadamente 136500 toneladas de leña por año. Si el país pierde aproximadamente 140 mil hectáreas de bosque anualmente, los biodigestores harían una significativa reducción de la tasa de deforestación y una notable contribución a mejorar la calidad ambiental (Beteta y Gonzales, 2005).

5.9.3. Beneficios de los bioabonos

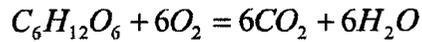
La aplicación de materia orgánica humificada funciona como base para la formación de múltiples compuestos que mantienen la actividad microbiana, como son: las sustancias húmicas (ácidos húmicos, fúlvicos, y huminas); que al incorporarla ejercerá distintas reacciones en el suelo como son: mejora la estructura del suelo, facilitando la formación de agregados estables con lo que mejora la permeabilidad de estos, aumenta la fuerza de cohesión a suelos arenosos y disminuye esta en suelos arcillosos. Además, estimula el desarrollo de plantas, mejora y regula la velocidad de infiltración del agua, disminuyendo la erosión producida por el escurrimiento superficial. También, eleva la capacidad tampón de suelos, su acción quelante contribuye a disminuir los riesgos carenciales y favorece la disponibilidad de algunos micronutrientes (Fe, Cu y Zn) para las plantas; así como, aporta elementos minerales en bajas cantidades, y es una importante fuente de carbono para los microorganismos del suelo (Herrán, *et al.*, 2008).

El efluente del biodigestor es un abono de excelente calidad para el agro, además, todos los patógenos iniciales habrán muerto, reduciéndose así el riesgo de contaminar las fuentes de agua y causar enfermedades, de otro lado, las semillas de malezas que estuvieron presentes en el estiércol habrán perdido su viabilidad, lo que reduce la diseminación de malezas en los pastizales (Chauca, 2010).

5.10. Evaluación del potencial energético y de saneamiento ambiental de la producción de biogas

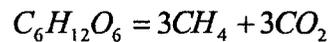
Para demostrar la factibilidad del empleo de digestores para producir biogas, se precisa contar con las herramientas que permitan determinar las potencialidades de su productividad energética y de saneamiento ambiental lo más objetivamente posible. La primera pregunta que surge es: ¿Qué cantidad de biogas y de energía se puede esperar de un determinado número de vacas?

La oxidación de la glucosa se expresa como:



La ecuación indica que para oxidar totalmente un mol (180 g) de glucosa se necesita 6 moles de oxígeno, es decir, $6 \times 32 = 192$ g de oxígeno.

La ecuación que describe el proceso de descomposición anaerobia, para producir metano a partir de glucosa, se expresa de la manera siguiente:



$$(180 \text{ g}) \rightarrow 3 \times 22,4 \times 10^3 \text{ mL}$$

La ecuación señala que un mol (180 g) de glucosa al descomponerse totalmente dará $3 \times 22,4 \times 10^3$ mL de metano.

Como la demanda química de oxígeno (DQO) de 180 g de glucosa es 192 g, ello indica que la producción de metano de 1 g de DQO es $3 \times 22,4 \times 10^3 / 192 = 350$ mL a 0°C y a 1 atm.

Si el análisis se hace a $20,21^\circ\text{C}$ (293,21 K) y a 1 atm, que son las condiciones promedio del clima en Jazán, con la ley del gas ideal, se calcula el volumen de metano a esa temperatura y presión:

$$PV = nRT$$

$$V = nRT / P$$

Considerando 1 mol de CH_4 :

$$V = ((1,0 \text{ mol} \times (0,082 \text{ L.atm/K.mol}) \times (293,21 \text{ K})) / 1 \text{ atm})$$

$$V = 24,04 \text{ L de metano}$$

Entonces: 1g de DQO nos daría $3 \times 24,04 \times 10^3 / 192 = 375,63$ mL de metano, a $20,21^\circ\text{C}$ y 1 atm de presión.

Entonces, 1 kg de DQO nos reporta 375,63 litros de metano; pero el biogas es metano más otros gases, si consideramos el biogas como 60% de metano y 40% de CO₂, entonces podemos afirmar que por cada kg de DQO destruido en el biodigestor se formarán: (375,63 L metano/kg DQO) x (100 L biogas/60 L de metano) = 626,05 litros de biogas/kg DQO.

La alimentación, las condiciones de cría y otros aspectos pueden hacer variar considerablemente las características del estiércol y su magnitud, pero la experiencia induce a escoger los siguientes parámetros: (Díaz, 2010).

- Peso del estiércol más orines: 5% del peso vivo de una vaca.
- DQO: 60 g/L

Considerando que un litro de estiércol = 1 kg; entonces, si se tiene 10 vacas en el establo y en su conjunto pesan 4000 kg, puede obtenerse: 4000 x 0,05 = 200 kg o 200 L de estiércol.

¿Cuál será la carga contaminante en términos de DQO y expresada en kg?

$$(200 \text{ L estiércol} \times 60 \text{ g/L}) / (1000 \text{ g/kg}) = 12 \text{ kg de DQO}$$

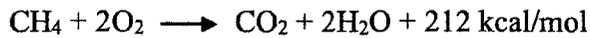
Es decir, las vacas (10 animales con un peso vivo de 4000 kg) vierten al medio todos los días el equivalente a 12 kg de DQO, si consideramos 60% de eficiencia en la fermentación anaeróbica dentro del biodigestor, un régimen mesófilo, unos 25°C con digestión no controlada, en condiciones termófilas este puede variar y llegar incluso a 85% y más (Díaz, 2010). Entonces, la expresión propuesta para definir la posible producción de biogas es: ((DQO(en kg) x 626,05 L biogas/kg DQO)/(1000 L/m³)) x 0,60 = m³ de biogas producido.

La posible producción de biogas de las 10 vacas, será de:

$$((12 \text{ kg DQO} \times 626,05 \text{ L biogas/kg DQO}) / (1000 \text{ L/m}^3)) \times 0,60 = 4,51 \text{ m}^3 \text{ de biogas/día.}$$

Este volumen de biogas: ¿Cuánta energía producirá?

Consideremos la combustión del metano: (Díaz, 2010).



1 mol de metano = 24,04 L de metano (a 20,21°C)

1 m³ de metano = 1000 L de metano x (1 mol de metano/24,04 L de metano) = 41,60 mol de metano; es decir: 41,60 mol de metano/m³ de metano.

$$212 \text{ kcal/mol} \times 41,60 \text{ mol/m}^3 = 8819,2 \text{ kcal/m}^3$$

Como se ha considerado al biogas con 60% de metano y 40% de CO₂:

$$8819,2 \times 0,60 = 5291,52 \text{ kcal/m}^3, \text{ como: } 1 \text{ kWh} = 860 \text{ kcal}$$

$$5291,52/860 = 6,15 \text{ kWh}$$

Entonces 1 m³ de biogas (60% de CH₄ y 40% de CO₂) tiene una energía de 6,15 kWh. Por lo general, la eficiencia se ve afectada al convertirla, por lo que se suele utilizar para la energía eléctrica 30% y para la térmica 50% (Díaz, 2010). Entonces:

$$\text{Energía eléctrica de 1 m}^3 \text{ de biogas} = 6,15 \times 0,30 = 1,85 \text{ kWh}$$

$$\text{Energía térmica de 1 m}^3 \text{ de biogas} = 6,15 \times 0,50 = 3,08 \text{ kWh}$$

Evaluando las 10 vacas (4000 kg de peso vivo):

$$\text{Biogas a producir} = 4,51 \text{ m}^3/\text{día}$$

Energía esperada:

$$\text{Eléctrica} = 4,51 \text{ m}^3/\text{día} \times 1,85 \text{ kWh/m}^3 = 8,34 \text{ kWh/día}$$

$$\text{Térmica} = 4,51 \times 3,08 = 13,89 \text{ kWh/día}$$

Eliminación de DQO:

$$(4,51 \text{ m}^3 \text{ biogas/día}) / (0,62605 \text{ m}^3 \text{ biogas/kg DQO}) = 7,20 \text{ kg DQO/día}$$

Estas son las herramientas que permitirán evaluar con más precisión el impacto de la digestión anaeróbica y tomar decisiones económicas para su introducción en forma segura, así como la composición de biogas.

5.11. Producción de biogas diario

La producción del biogas está en función del volumen líquido (estiércol - agua) contenido en el biodigestor. Según Barrena *et al.* (2013), el volumen de biogas producido corresponde al 35% del volumen líquido.

Como se tiene 17,25 m³ de mezcla estiércol-agua en el biodigestor, se producirán 6,04 m³ de biogas, que será almacenado en el gasómetro de forma cilíndrica horizontal que tendrá una capacidad de 7,6 m³ (6,00 m de largo x 1,27 m de diámetro).

5.12. Gasto de biogas para la cocción de la sangre

La sangre sancochada se puede utilizar como materia prima para alimento de cerdos y peces. Para determinar la cantidad de biogas necesario para sancochar toda la sangre producida durante el sacrificio del ganado en el camal de Jazán se recolectó 1 litro de sangre de bovino que equivalió a 1,05 kg; entonces, su densidad fue de 1,05 kg/L.

Para la cocción de 4 litros de sangre en cocina con biogas en el Módulo SIPIAG de la UNTRM, se tuvo los siguientes datos: a los 28 minutos inició la ebullición y se dio por terminado el sancochado de la sangre 30 minutos después. Por lo tanto, el sancochado de 4 L de sangre demandó 58 minutos.

Con estos resultados, se puede deducir que para sancochar en cocina a biogas los 25 L de sangre producidos por día en el camal de Jazán será necesario:

$$(58 \text{ minutos}/4 \text{ L de sangre}) \times 25 \text{ L de sangre} = 362,5 \text{ minutos} = 6,04 \text{ horas}$$

Según Chauca (2010), un biodigestor tubular de geomembrana de PVC de 8 m de largo x 1,27 m de diámetro almacena en su cúpula 2,53 m³ de biogas (25% del volumen del biodigestor) y en su gasómetro de 2 m de largo x 1,27 m de diámetro almacena 2,53 m³ de biogas; asimismo, menciona que los 5 m³ de biogas producido a una presión inicial de 10 cm de agua, permitieron funcionar durante 5 horas a una cocina de dos hornillas (0,5 m³ de biogas/h para cada hornilla) para la preparación de los alimentos de 20 personas.

De esta información se puede deducir que para las 6 h necesarias para sancochar los 25 L de sangre en una hornilla se requerirá:

$$(0,5 \text{ m}^3 \text{ de biogas/h}) \times 6 \text{ h} = 3 \text{ m}^3 \text{ de biogas}$$

El sistema de producción de biogas propuesto para el camal de Jazán producirá 6,04 m³ de biogas/día. Teniendo en cuenta que en su cúpula contendrá 5,75 m³ de biogas, en total estarán disponibles 11,79 m³ de biogas; cantidad suficiente para sancochar la sangre y emplear el biogas remanente para el pelado de los cerdos por escaldado con soplete a biogas. Según López (2008), 1000 m³ de biogas equivalen a 242 m³ de propano (gas que se utiliza en la cocina de las viviendas). Con el uso del biogas (combustible renovable y ecológico) en el camal de Jazán se puede evitar el uso de 2,85 m³ de gas propano (combustible fósil no renovable). Esto hace atractiva la presente propuesta para el camal municipal de Jazán.

5.13. Esquema de instalación del sistema de producción de biogas

En la Figura 7 se muestra el esquema para la instalación del sistema de producción de biogas propuesto y empleado por Barrena *et al.* (2013). Está conformado por el biodigestor con sus pozas de carga y descarga, el sistema de purificación del biogas, el manómetro (opcional), la válvula de seguridad y el gasómetro.

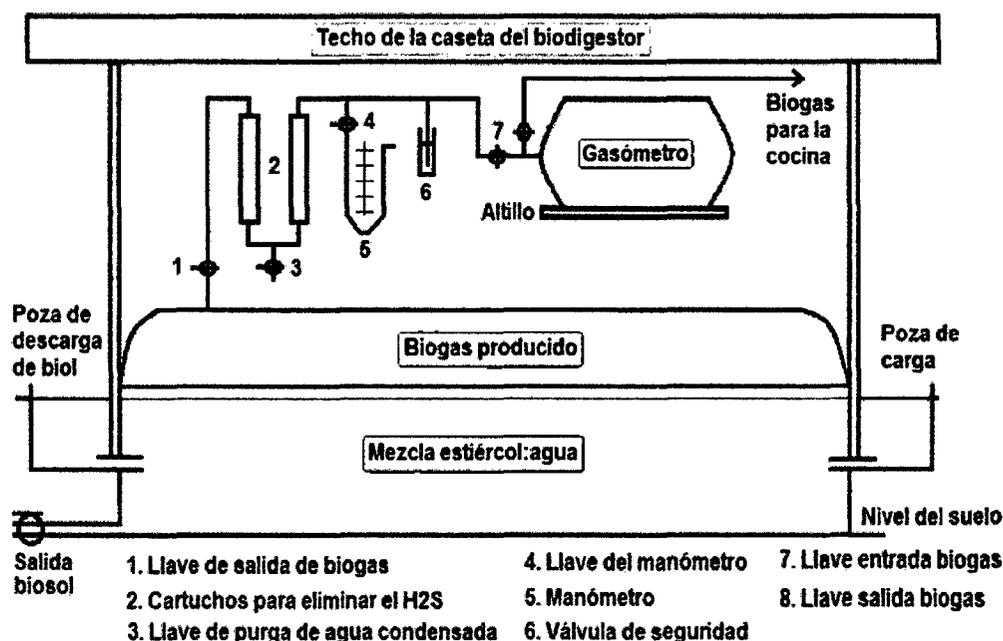


Figura 7. Esquema de instalación del sistema de producción de biogas.
Fuente: Barrena *et al.*, 2013.

5.14. Planos de la caseta para el biodigestor

Como medida de seguridad para evitar que personas extrañas manipulen los componentes del sistema de producción de biogas, la instalación debe hacerse en el interior de una caseta, la cual a su vez lo protegerá de la intemperie. En las Figuras 8 y 9 se presentan los planos correspondientes.

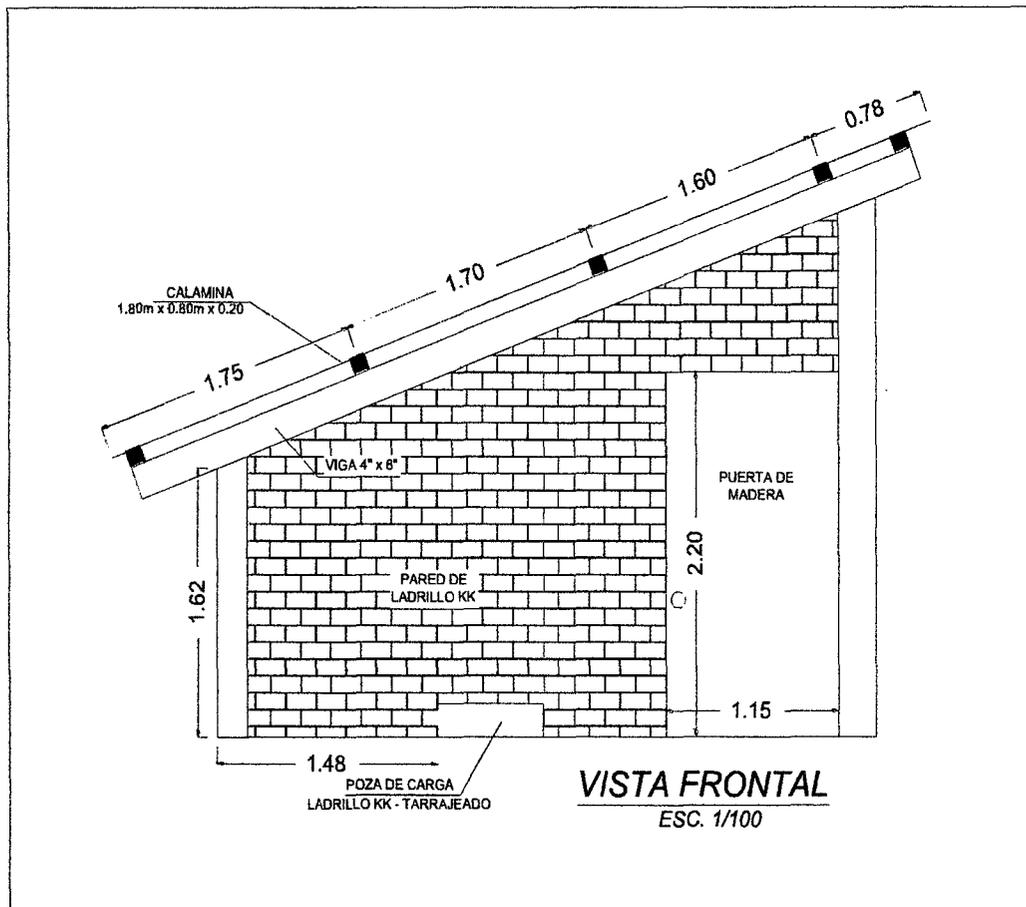


Figura 8. Plano de la caseta para el biodigestor (vista frontal).

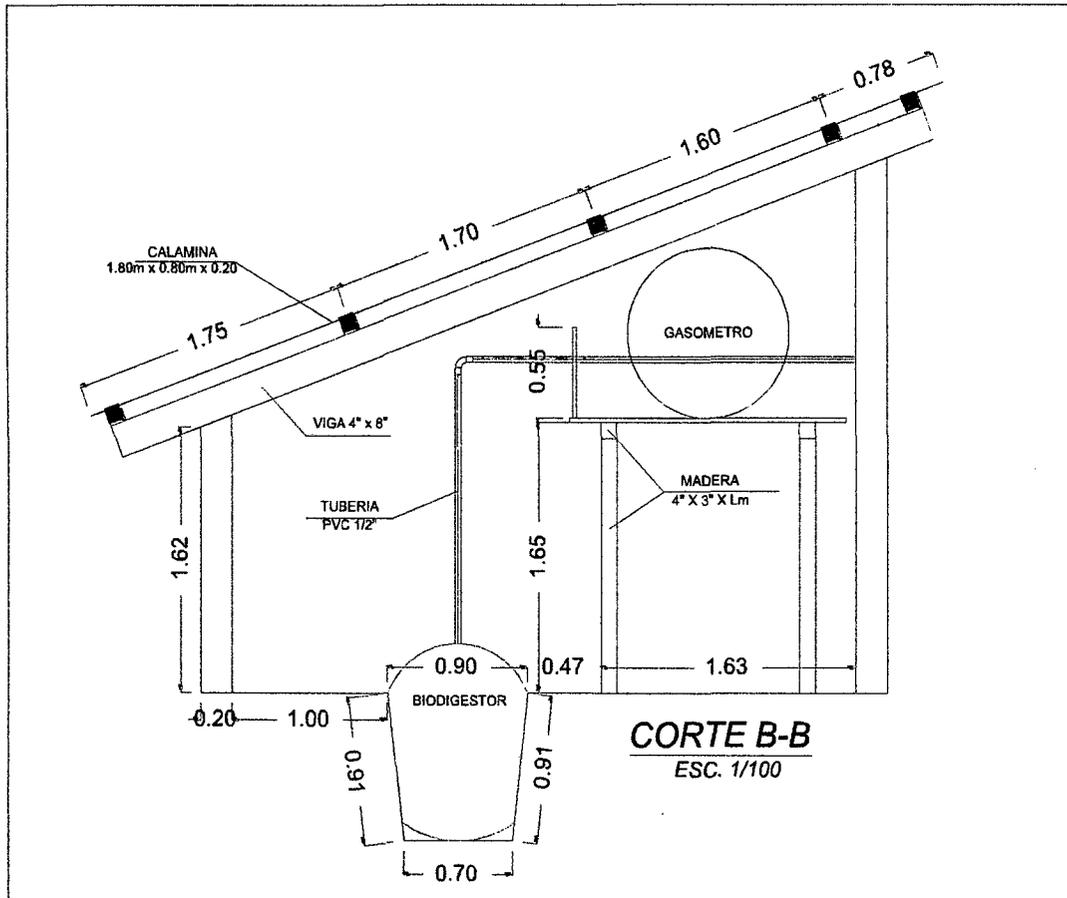


Figura 9. Plano de instalación del biodigester y del gasómetro en la caseta.

5.15. Alimentación de materia orgánica (poza de carga)

Para alimentar el biodigester con los 690 L de mezcla estiércol-agua se construirá una poza de ladrillo cuyo borde estará a nivel del suelo, de 50 cm x 50 cm x 50 cm, tarrajada con cemento. A ras del fondo, en la cara de esta poza que da a la poza donde se instalará el biodigester, se colocará un tubo de desagüe de PVC de 4", que conectará la poza de carga con el biodigester (Figura 10).

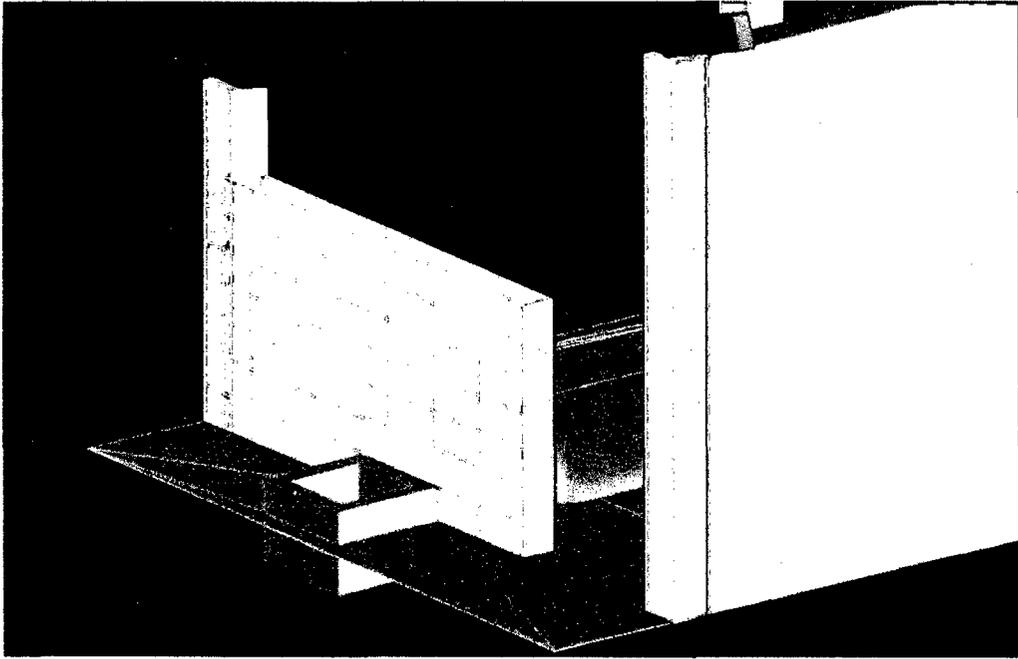


Figura 10. Poza de carga del biodigestor.

5.16. Cámara de digestión (biodigestor)

Es aquí donde se va almacenar la mezcla de estiércol y agua. Las bacterias que habitan en el estiércol, en ausencia de oxígeno, degradan la materia orgánica disuelta en un medio acuoso, y la transforman en una mezcla de gases llamado biogas, con alto contenido de metano; y un fertilizante llamado biol.

El biodigestor será de forma cilíndrica horizontal, tendrá 18 m de largo y 1,27m de diámetro, por lo tanto tendrá un volumen total de 23 m^3 . Se debe hacer de geomembrana de PVC de 1 mm de espesor, con uniones selladas con calor. En el centro de una tapa debe tener una manga del mismo material para tubo de PVC de 4"; en el centro de la otra tapa debe tener una manga para tubo de PVC de 4" y en la base de esta tapa una segunda manga para tubo de PVC de 4". En el lomo del biodigestor, a un tercio de su longitud a partir de cualquiera de sus extremos, debe tener insertado un niple de PVC de $\frac{1}{2}$ " para sacar el biogas del biodigestor conducirlo al gasómetro para su almacenamiento.

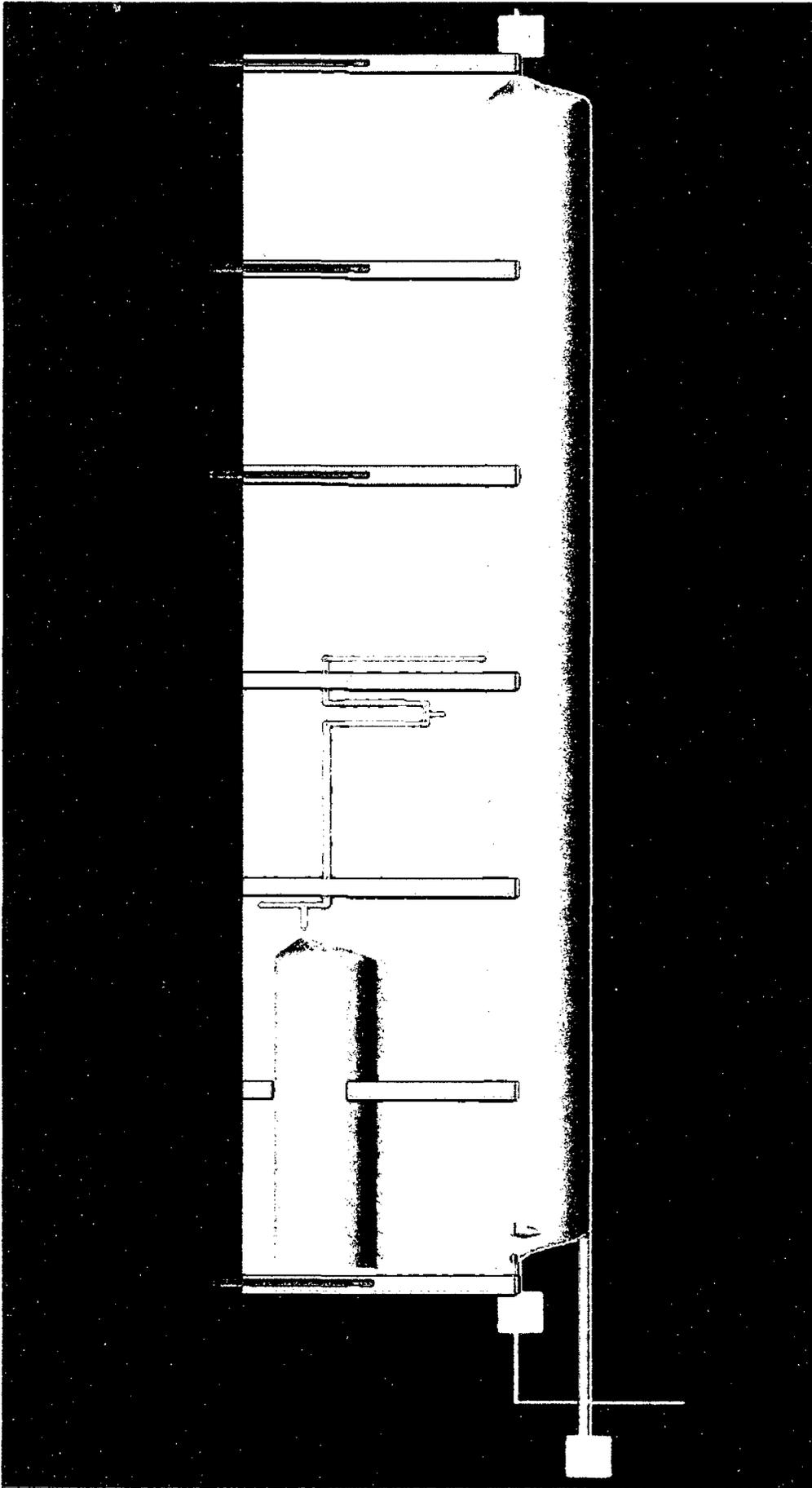


Figura 11. Sistema de completo de producción de biogas.

5.17. Sistema de purificación del biogas

Este sistema permitirá eliminar contaminantes del biogas, de los cuales el que causa mayor problema es el sulfuro de hidrogeno (H_2S) por su olor desagradable y alto poder corrosivo. La no eliminación provocará un deterioro rápido de todas las instalaciones, con las correspondientes pérdidas económicas. Para eliminar el sulfuro de hidrogeno se hará pasar la corriente de biogas por cartuchos verticales rellenos de clavos de fierro de 2" (Figura 12 y 13).

La cantidad de fierro para eliminar el H_2S se determina a partir del volumen estimado de biogas que corresponde al 35% de la mezcla estiércol-agua, siguiendo la secuencia de cálculo establecida por Barrena *et al.* (2013):

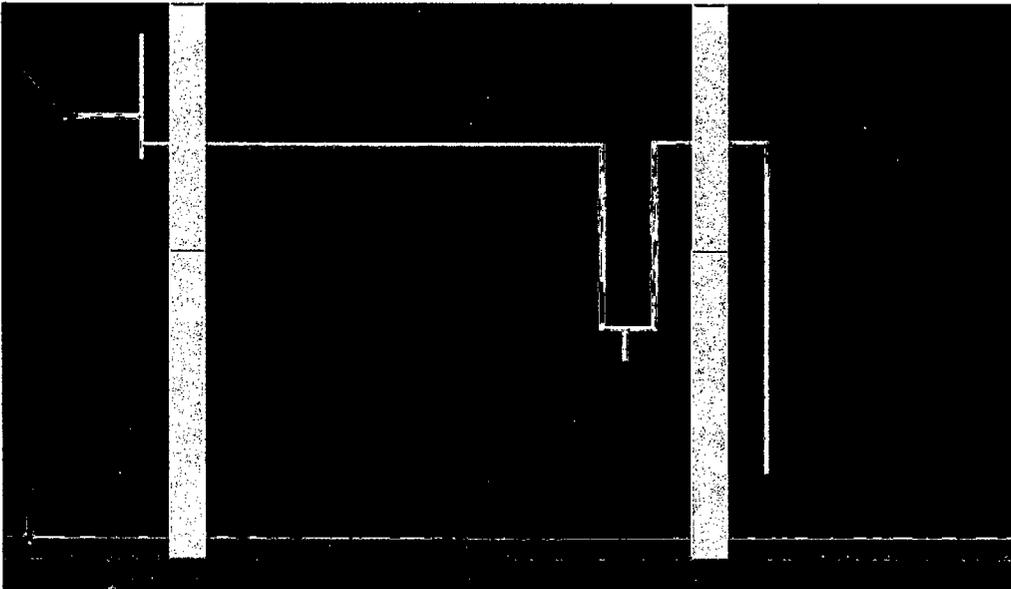


Figura 12. Cartuchos rellenos con fierro para eliminar H_2S

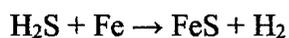
- Producción diaria estimada de biogas: 35% de la mezcla estiércol – agua:
 $0,35 \times 17,25 \text{ m}^3 = 6,04 \text{ m}^3$ de biogas.
- H_2S producido = 0,1%(v/v)
- $H_2S = \left(\frac{0,1 \text{ m}^3 H_2S}{100 \text{ m}^3 \text{ biogas}} \right) \times 6,04 \text{ m}^3 \text{ biogas/día}$
- = $6,04 \times 10^{-3} \text{ m}^3 H_2S = 6,04 \text{ L de } H_2S/\text{día}$
- Para dos años de operación = 730 días
- $6,04 \text{ L } H_2S/\text{día} \times 730 \text{ días} = 4409,2 \text{ litros de } H_2S$

$V = 4409,2$ litros H_2S en dos años

$PV = n.R.T$, entonces: $n = PV/(RT)$

$R = 0,082$ L.atm/mol.K, $P = 1$ atm; $T = 20,27^\circ C$; por tanto, $T^\circ = 20,27^\circ C + 273$ K = $293,27$ K

$n = 183,35$ mol de H_2S



$183,35$ mol de $H_2S \times (1 \text{ mol Fe})(56 \text{ g Fe/mol Fe})/(1 \text{ mol } H_2S) =$

$= 10267,6$ g de Fe

Equivale a $10,3$ kg de clavos de hierro de 2". Según Barrena *et al.* (2013), para un cartucho hecho de 50 cm de tubo de PVC de 2" se requiere $2,5$ kg de clavos de hierro de 2"; por tanto, serán necesarios dos cartuchos de tubo de PVC de 2" x 1 m de largo, en cada uno de ellos se colocará $5,2$ kg de clavos de 2".

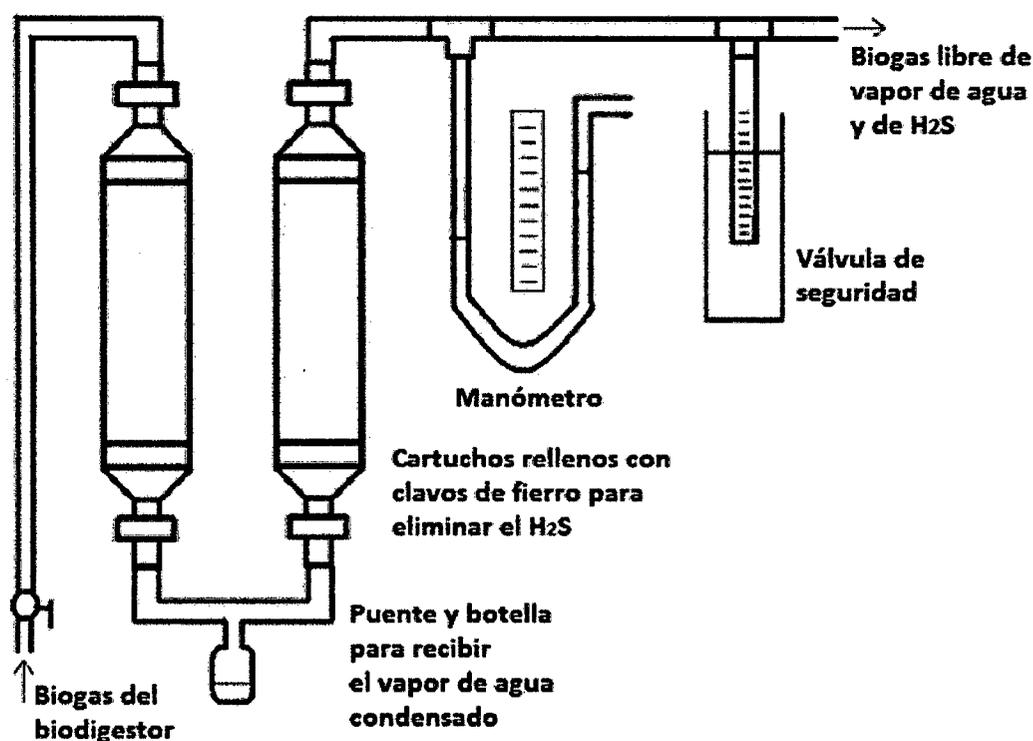


Figura 13. Esquema del sistema de purificación y control de biogas.

Fuente: Barrena *et al.*, 2013.

Cada cartucho se hace de 1 m de tubo de PVC pesado para agua de 2", en uno de sus extremos se coloca una esponja de fierro para lavar ollas, y enseguida se cierra con una reducción de PVC de 2" a 1/2", con pegamento para PVC. Se colocan al azar los 5,2 kg de clavos de fierro de 2", en el tope se coloca otra esponja del mismo tipo y se cierra con otra reducción de 2" a 1/2". Ambos cartuchos se colocarán en un tablero en posición vertical, unidos en su base por una conexión en Y, en cuya rama vertical se coloca una llave de paso para drenar el agua producto de la condensación del vapor de agua que sale del biodigestor.

5.18. Válvula de seguridad

Permitirá prefijar la presión máxima a la que se operará el sistema de producción de biogas, como una medida de seguridad. Un biodigestor de geomembrana de PVC se debe operar a una presión máxima de 10 cm de agua para evitar que se deforme debido a las tensiones provocadas por una presión mayor (Barrena *et al.*, 2013). La válvula de seguridad se hace con una botella de plástico descartable de gaseosa de 1,5 L, a la que se hace cuatro agujeros de 1 cm de diámetro a la altura de su hombro, se le pone agua hasta dos tercios de su volumen. Una rama de 30 cm de largo de la tubería que conduce el biogas del sistema de purificación al gasómetro, se introduce 10 cm bajo el nivel del agua en la botella. Cuando la presión del sistema supere los 10 cm, el biogas burbujeará en el agua y saldrá al medio ambiente.

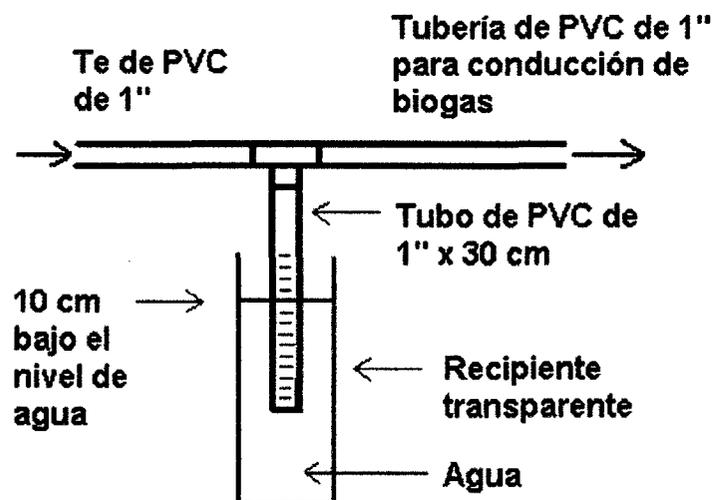


Figura 14. Esquema de la válvula de seguridad.

5.19. Gasómetro

Es la parte del sistema donde se almacenará el biogas producido durante la fermentación, para tener mayor cantidad de biogas disponible para las diversas aplicaciones. El gasómetro estará hecho de geomembrana de PVC de 1 mm de espesor, con forma de cilindro horizontal, solamente en el centro de una de sus tapas debe tener un niple de PVC de ½” firmemente sujeto con tuercas y contratueras para permitir la entrada/salida de biogas a este recipiente. Su volumen debe ser suficiente para almacenar la producción diaria de biogas que será de 6,04 m³; por lo que sus dimensiones serán de 6,00 m de largo x 1,27 m de diámetro, haciendo un volumen total de 7,6 m³.

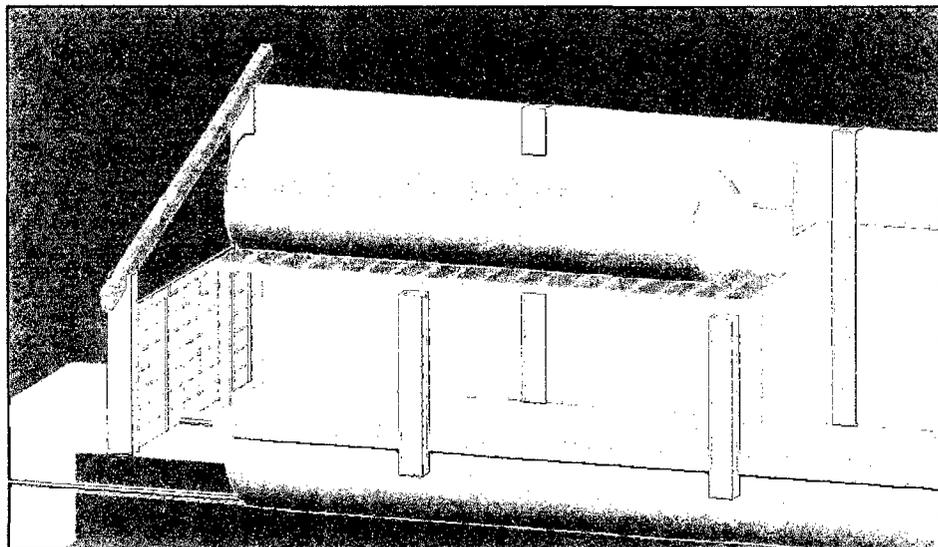


Figura 15. Gasómetro de geomembrana de PVC.

5.20. Salida de efluente (poza de descarga)

Servirá para facilitar la descarga de los 690 L del efluente líquido del biodigestor, compuesto por la parte soluble de la materia orgánica descompuesta durante la fermentación. A este efluente se le llama biol y es un excelente fertilizante orgánico de aplicación directa o diluído con agua a los cultivos. Se construirá una poza de ladrillo cuyo borde estará a nivel del suelo, de 50 cm x 50 cm x 50 cm, tarrajada con cemento. A ras del fondo, en la cara de esta poza que da a la poza donde se instalará el biodigestor, se colocará un tubo de desagüe de PVC de 4”, que conectará la poza de descarga con el biodigestor (Figura 16 y 17).

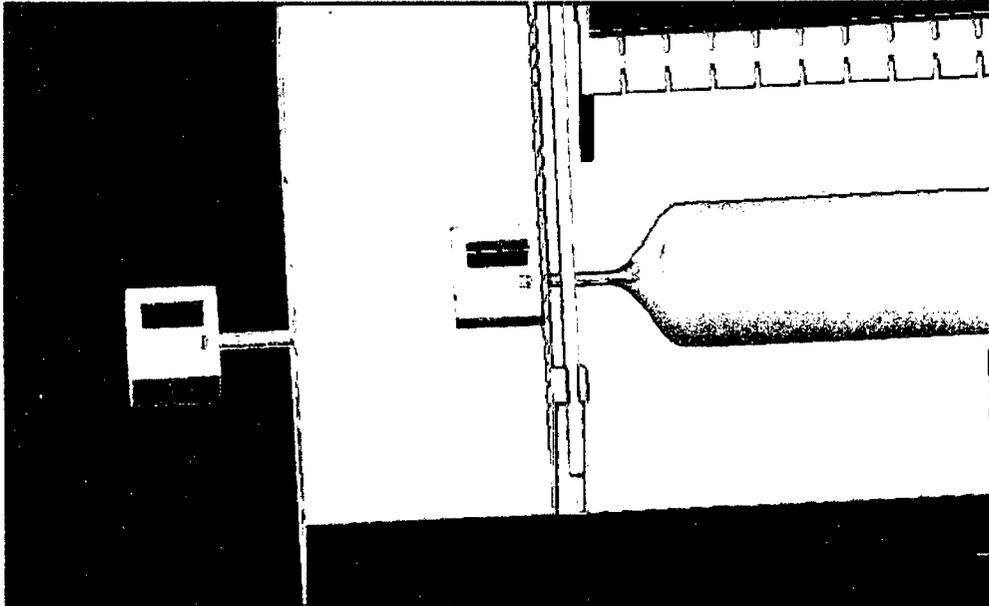


Figura 16. Poza de salida del biol

5.21. Purga del sistema (salida de biosol)

Para mantener operativo el biodigestor, se debe realizar cada seis meses una purga de lodos de fondo a los que se les llama biosol (Barrena *et al.*, 2013), el cual también es un excelente fertilizante orgánico de aplicación directa o diluído con agua a los cultivos. El biodigestor tendrá instalado, a nivel del fondo de la misma tapa que tiene instalada la salida de biol, una tubería de PVC de 4", en cuyo extremo de salida tendrá una llave de paso para facilitar el drenaje del biosol.

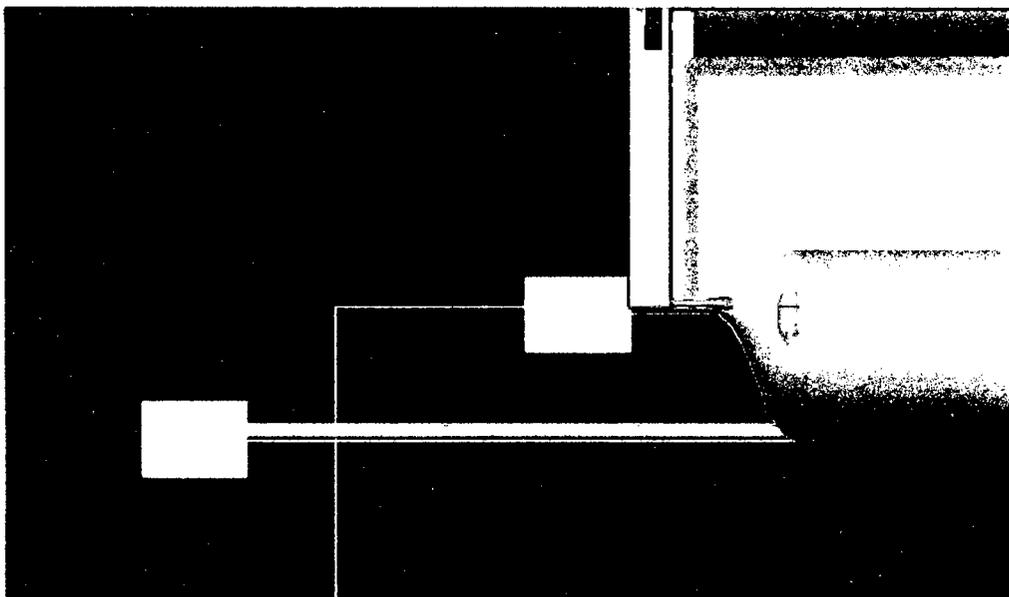


Figura 17. Descarga del biosol.

5.22. Presupuesto

Tabla 14. Presupuesto para la para la instalación del Biodigestor.

ítem	descripción	unidad	cantidad	precio	parcial	presupuesto
1.0.0	SISTEMA DE BIODIGESTION				6004.35	
1.1.0	Biodigestores de PVC				3700.00	
1.1.1	Biodigestor de 1.27m de diámetro x 18m de largo	und	1.00	2200.00	2200.00	
1.1.2	Gasómetro de 1.27m de diámetro x 6m de largo	und	1.00	1500.00	1500.00	
1.2.0	Accesorios de gasfitería				264.35	
1.2.1	Tubos de PVC de ½" C:10	und	4.00	10.00	40.00	
1.2.2	Tubos de PVC de 4"	und	2.00	20.00	40.00	
1.2.3	Tubo de PVC de 2" C:10	und	1.00	30.00	30.00	
1.2.4	Codo PVC 1/2" presión	und	15.00	1.00	15.00	
1.2.5	Válvula de PVC ½"	und	7.00	5.00	35.00	
1.2.6	Tee PVC ½" presión	und	4.00	1.00	4.00	
1.2.7	Reducción de 2 a ½" PVC	und	4.00	3.00	12.00	
1.2.8	Pegamento para PVC x 1/8	und	1.00	10.00	10.00	
1.2.9	Cinta teflón	rollo	2.00	1.00	2.00	
1.2.10	Unión universal de PVC de ½"	und	10.00	3.00	30.00	
1.2.11	Clavo para madera 2"	kg	10.30	4.50	46.35	
1.3.0	Otros gastos				2040.00	
1.3.1	Cilindros metálicos	und	4.00	50.00	200.00	
1.3.2	Palana	und	1.00	30.00	30.00	
1.3.3	Baldes de 18l	und	2.00	5.00	10.00	
1.3.4	Mano de Obra	glb	1.00	1500.00	1500.00	
1.3.5	Cocina a biogas	und	1.00	100.00	100.00	
1.3.6	Transporte de materiales	viaje	2.00	100.00	200.00	
2.0.0	CASETA PARA PROTECCIÓN				9509.00	
2.1.0	Ladrillo 9x10.5x23	und	2500.00	1.00	2500.00	
2.2.0	Cemento	bolsa	50.00	24.00	1200.00	
2.3.0	Fierro corrugado de 3/8"	varilla	24.00	15.00	360.00	
2.4.0	Fierro corrugado de 1/4"	varilla	12.00	7.00	84.00	
2.5.0	Alambre N° 8	kg	15.00	5.00	75.00	
2.6.0	Alambre N° 16	kg	20.00	5.00	100.00	
2.7.0	Hormigón	m3	10.00	40.00	400.00	
2.8.0	Arena de Cerro	m3	2.00	50.00	100.00	
2.9.0	Viga de madera 3,5 m x 4"	und	10.00	100.00	1000.00	
2.10.0	Cinta de madera 3m x 2" x 1"	und	20.00	15.00	300.00	
2.11.0	Calamina 1.80m x 0.80m x 0.20	plancha	85.00	12.00	1140.00	
2.12.0	Calamina transparente grande	plancha	10.00	20.00	200.00	
2.13.0	Puerta de madera	und	1.00	50.00	50.00	
2.14.0	Mano de Obra para construcción	glb	1.00	2000.00	2000.00	

15,513.35

Fuente: Elaboración propia.

VI. DISCUSIÓN

En el presente trabajo de tesis se ha logrado diseñar un sistema para la producción de biogas, como una importante fuente de energía renovable, para mitigar la contaminación que causan los desechos del camal municipal de Jazán, provincia de Bongará, Región Amazonas, arrojados a las aguas del río Utcubamba; e incentivar de esta manera a las autoridades del distrito a optar por el uso de energías renovables; de modo, que su gestión ambiental haga uso de la política ambiental nacional y la calidad de vida de sus trabajadores mejore considerablemente. La presente propuesta también les permitirá ahorrar costos en energía, además de darle valor agregado a la sangre para incrementar los ingresos del camal.

La venta de los abonos orgánicos biol y biosol, también permitirán contribuir al incremento de los ingresos del camal. Estos abonos también permitirán contribuir al cuidado y manejo de los suelos de los parques y jardines del distrito, gracias a que es rico en nutrientes y en lugar de emplear abonos químicos, se estaría haciendo uso de un abono barato, orgánico, no dañino, y que no deterioran la calidad ni las características del suelo, y que por lo contrario, lo mantienen y aumentan su productividad.

La propuesta del diseño tiene por finalidad inculcar en las autoridades no solo del distrito de Jazán, sino de todos los demás distritos a optar por el uso de energías limpias, que están a la mano de todos, y que son compatibles con los requerimientos del medioambiente para hacer frente a los grandes cambios por los que el planeta está pasando; pues, si se hace realidad este proyecto planteado se estaría luchando contra uno de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), el metano, que está deteriorando a pasos agigantados el planeta.

El metano, como se indicó anteriormente es el gas más potente de los Gases de Efecto Invernadero y la actividad que produce el 50% de este gas es la ganadería (Varnero, 2011). Al ejecutar este proyecto se estará atacando a la principal causa: el estiércol de ganado vacuno y porcino. Pues, cada molécula de metano (CH_4) es tan potente como 25 moléculas de dióxido de carbono (CO_2), y el biogas está constituido principalmente por metano en un 40 – 70% (Barrena *et al.*, 2013) que al ser usado como combustible genera llama azul que implica oxigenación/oxidación, desintegrándose en moléculas menos contaminantes de CO_2 más agua.

Además, la generación de biogas no requiere de un trabajo forzoso, ni de precios elevados, al contrario, es una energía muy barata, cuya materia prima es un residuo cuyo costo es prácticamente nulo y en la que el único trabajo que se realiza es la construcción de la infraestructura para instalar el biodigestor y el gasómetro y los demás componentes del sistema de producción de biogas. Asimismo, el principal trabajo de transformación de la materia prima en biogas está en manos de las bacterias presentes en el estiércol. Sin embargo, estos no son los únicos beneficios, sino que también, la generación de energía a partir del biogas evita el vertido de sustancias tóxicas al aire (CH_4), al agua (estiércol y sangre) y al suelo (gérmenes dañinos).

Citando a Siles (2012), la generación de energía eléctrica a partir del biogas además de los beneficios energéticos que se obtiene, debido a que contribuye a satisfacer el crecimiento de la demanda energética del sistema eléctrico actual, ofrece ventajas medioambientales al valorizar los residuos sólidos y el evitar el aumento en el uso de combustibles fósiles para generadores; a su vez que ofrece ventajas económicas ya que este combustible no requiere ser adquirido como el carbón o el diesel.

Con la ejecución de este proyecto, se invita a tomar conciencia a hacer menos uso de los combustibles fósiles, así por ejemplo en Nicaragua, se hace un breve cálculo: el consumo *per capita* de leña en este país es de 1,8 kg/persona/día. Tiene 350 mil familias, con un promedio de 6 personas por familia, el uso de biodigestores contribuirían a un ahorro de 3,9 tn leña/familia/año. Asimismo con solo el 10% de la población rural usando biogas, se ahorraría 136 500 ton leña/año (Beteta y Gonzales, 2005).

El biogas contiene entre 40 y 70% de metano y tiene un poder calorífico de 6 kW/m³, suficiente para cocinar los alimentos con normalidad (Silva, 2003). En consecuencia, el biogas que se producirá con la ejecución del presente proyecto se podrá emplear para sancochar la sangre del ganado sacrificado, cuya comercialización incrementará los ingresos del camal. El biogas remanente se podrá emplear para el pelado de los cerdos, para una lámpara de camiseta o para la limpieza de vísceras del ganado por precocción; demostrando así que el biogas es una de las grandes alternativas por las que se debe apostar para contrarrestar el cambio climático y para ir dejando de lado el uso de combustibles fósiles.

Con la cantidad de estiércol producido en el camal municipal de Jazán, 115 kg/día, y su dilución con 5 partes de agua, hacen una mezcla total de 690 L, para lo cual se necesitaría

un biodigestor de un volumen total de 23 m³, en los cuales el 75% estará ocupado por la mezcla y el 25% sobrante por la campana de gas. La longitud total del biodigestor será de 18 m con un diámetro mínimo que el proveedor presenta de 1,27 m.

Se determinó que la producción de biogas será de 6,04 m³/día, ya que la producción de biogas equivale al 35% del volumen de la mezcla estiércol-agua. Asimismo, cabe recalcar que desde la carga total del biodigestor hasta la producción de biogas en el camal municipal de Jazán, se tendrá que esperar alrededor de 25 días (tiempo de retención hidráulico), ya que la temperatura promedio, calculada según datos de la Estación de Suyubamba es de 20,21°C.

En base a lo mostrado en la presente investigación, se puede afirmar que la producción de biogas en el camal municipal de Jazán es un proyecto viable, ya que permitirá darle valor agregado de la sangre por cocción; emplearlo para escaldar la piel de los cerdos para quitarles el pelaje y algunas otras actividades que los trabajadores requieran. El biol y biosol se podrán comercializar para fertilizar cultivos diversos.

Los 25 kg de sangre producidos diariamente en el camal municipal de Jazán serían tratados con el biogas generado sin incurrir en gastos extras. Con esta actividad se estaría solucionando, mitigando y dando fin al impacto negativo que la sangre produce en las aguas del río Utcubamba, puesto que los vertidos de sangre poseen elevada carga orgánica y nitrogenada. La sangre tiene una Demanda Química de Oxígeno (DQO) total de 375,00 mg/L y una elevada cantidad de nitrógeno, con una relación carbono/nitrógeno del orden de 3:4. Se estima que entre un 15% – 20% de la sangre va a parar a los vertidos finales representando una carga de 1 a 2 kg de Demanda Bioquímica de Oxígeno al quinto día (DBO₅) por cada 1,00 kg de peso vivo de cada ganado sacrificado y este valor aumentaría hasta 5,8 kg de DBO₅, si el vertido de la sangre es total (Escuela Organización Industrial, 2008).

VII. CONCLUSIONES

1. Se determinó que la cantidad de estiércol producido en el camal municipal de Jazán fue de 115 kg/día, que al ser diluido con agua en la proporción de 1:5, servirá para alimentar el biodigestor con 690 L/día.
2. El tamaño necesario del biodigestor para procesar todo el estiércol producido por día en el camal de Jazán debe ser de 23 m³ (18 m de largo y 1,27 m de diámetro).
3. La cantidad de sangre producida es de 25 L/día, tomando en cuenta sólo la del ganado vacuno, porque la sangre de cerdo es llevada a la casa de sus dueños para recibir otros usos. Esta sangre será cocida para luego ser usada para alimento de animales.
4. Con un tiempo de retención hidráulico de 25 días, el sistema de producción de biogas propuesto para el camal de Jazán producirá 6,04 m³ de biogas/día. Teniendo en cuenta que en su cúpula contendrá 5,75 m³ de biogas, en total estarán disponibles 11,79 m³ de biogas. Para sancochar los 25 L de sangre se requerirá 3 m³; el resto del biogas se podrá emplear para el pelado de los cerdos por escaldado con soplete a biogas.
5. Para eliminar el H₂S que da mal olor al biogas se empleará 10,3 kg de clavos de fierro de 2", de manera que el biogas se pueda usar como combustible sin afectar químicamente los equipos y no perjudicar la salud de las personas que lo usan.
6. El costo de instalación del sistema de producción de biogas en el camal de Jazán será de S/.15,513.35.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Se debe incentivar el uso de energías renovables para así poder mitigar los grandes daños e impactos que se está causando al medio ambiente, de manera que la población tenga conciencia ambiental y valore más sus recursos.
2. Las autoridades, en especial los alcaldes, deben poner en práctica las políticas ambientales de conservación de los recursos, promoviendo el uso de energías limpias y amigables con el medio ambiente, de manera que, se contamine menos y no se deteriore los recursos.
3. Las municipalidades deben de hacer un estudio de impactos ambientales para poder construir mataderos o camales, de manera que sus residuos no se viertan directamente a las fuentes de agua o al ambiente en general sin ningún tratamiento, porque sus desechos son grandes contaminantes por poseer elevada carga de materia orgánica (estiércol y sangre).
4. Se debe cambiar hábitos de vida que perjudican al medio ambiente y en lo posible dar tratamiento y otro valor a los diferentes desechos, para que en lugar de ser factores contaminantes, se conviertan en una alternativa de mejora de vida de las personas.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrena, M, Taramona, L., Gamarra, O. y Choy M. 2013. Biodigestores Tubulares para la Producción de Biogas. Perú.
- Beltiz, H.D. y Grosch, W. 2007. Química de los alimentos. 2da edición. Ed. Acribia. España
- Beltrán, C y Perdomo, W.F. 2007. Aprovechamiento de la sangre de bovino para la obtención de Harina de Sangre y plasma sanguíneo en el matadero Santa Cruz de Malambo Atlántica. Colombia
- Beteta, T. y Gonzáles, S. 2005. Construcción y uso de biodigestores tubulares plásticos. Serie Técnica N° 7. Nicaragua.
- Bonilla, M. 2007. Guía para el manejo de Residuos en rastros y mataderos Municipales, comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Consultado 20 de diciembre del 2014. Disponible en: <http://www.cofepris.gob.mx/work/Sites/cfp/resources/.../GUIA4.PDF>
- Chauca Rituay, N. 2010. Propuesta para el Manejo Sustentable de la Ganadería en Santo Tomás – Región Amazonas. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Facultad de Ingeniería. Perú.
- Chávez, L.M. 2012. Uso de los desechos de camal (Contenido ruminal, sangre y estiércol) en la elaboración de Compost con la utilización de diferentes sustratos. Escuela politécnica del ejército departamental de ciencias de la vida. Ecuador.
- Díaz Piñón, M. 2010. Como Evaluar los Digestores de Biogás. Energía y Tú, pág. 29.
- Escuela Organización Industrial, Sevilla, 2008
- Estudio de Performance Ambiental. 2011. Beneficios del Uso de Biodigestores. Accesado el 19-03-2015. Disponible en: Sitio Argentino de Producción Animal (www.produccion-animal.com.ar). Argentina.

- García, I.M. 2012. Factibilidad técnica y económica de una planta de aprovechamiento de subproductos del beneficio de bovinos en el municipio de Ubaté. Bogotá – Colombia. Accesado el 22-10-2014. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/6259/1/Ingrittsmarcelagarc%C3%ADani%C3%Bl o.2012.pdf>
- Gras, J., y Villa, J. 2002. Aprovechamiento Agroindustrial de la Sangre Proveniente de las Plantas de Beneficio Animal. Colombia.
- Groppelli, E., y Gianpaoli, O. 2005. El Camino a la Biodigestión: Ambiente y Tecnología Socialmente Apropiada. Ed. UNL. Argentina. Pgs. 190.
- Herrán, F, Sañudo, R.R., Rojo, G.E., Martínez, R., y Olalde, V. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. México. Accesado el 22-03-2015. Disponible en: <http://www.ejournal.unam.mx/rxm/vol04-01/RXM004000104.pdf>
- Herrero, J.M. 2008. Biodigestores familiares: guía de diseño y manual de instalación. Bolivia. Pg. 85.
- Hidalgo, J; Maravilla, V; Ramírez, W. 2010. Aprovechamiento energético del biogas en el Salvador. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”. El Salvador.
- INEI. 2009. Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población por Sexo, según Departamento, Provincia y Distrito, 2000-2015.
- Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES), 2015. Chachapoyas, Amazonas-Perú.
- Lara, E.S. e Hidalgo, M.B. 2011. Diseño de un biorreactor y conducción de biogas generado por las excretas de ganado vacuno, estación Tunshi – Espoch. Ecuador. Accesado el 24-10-2014. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1652/1/236T0056.pdf>
- Marti, J. 2008. Guía de Diseño y Manual de Instalación de Biodigestores Familiares. GTZ PROAGRO. Bolivia.

- Ministerio Federal de Alimentación, Agricultura y Protección al Consumidor (BMELV). 2013. Guía sobre el Biogas: desde su producción hasta su uso. Accesado el 15 - 02 - 2015. Disponible en: <http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/l/e/leitfadenbiogas-es-2013.pdf>
- Pulgarín, J.A. 2004. Estudio de Prefactibilidad Técnica para la Obtención de Harina de Sangre Bovina y su Efecto en Sustitución Proteica para alimentación de Porcinos en el Municipio de Aranzazu. El editor. Colombia.
- Quiroga, G. y Pabon, M. 2008. Manejo y aprovechamiento de subproductos y residuos en plantas de beneficio animal. Corporación autónoma regional de Cundinamarca – CAR. Colombia.
- Siles, F.A. 2012. Generación de energía eléctrica a partir de la producción de biogas. El Autor. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. México.
- Silva, J.P. 2003. Tecnología del Biogas. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Colombia.
- Vargas, P.R. 2015. Técnico encargado de supervisar los diferentes procesos de faenado en el camal municipal de Jazán. Fuente oral.
- Varnero, M.T. 2011. Manual de Biogas. Chile. Accesado el 20-02-2015. Disponible en: www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf

X. ANEXOS

ANEXO 1. Cálculo de la producción promedio de estiércol de ganado vacuno

Tabla 15. Promedio de estiércol y sangre del ganado vacuno mensual.

MES	Nº Vacu.	Peso Total (kg en carne)	Promedio peso (kg en carne)	Estiércol al mes kg.	Sangre al mes kg.	Estiércol x día kg.	Sangre x día kg.
Setiembre -2014	100.00	14,025.00	140.25	3,248.19	810.65	108.27	27.02
Octubre -2014	100.00	13,627.00	136.27	3,156.01	787.64	105.20	26.25
Noviembre -2014	94.00	12,357.00	131.46	2,861.88	714.23	95.40	23.81
Diciembre – 2014	96.00	13,363.00	139.20	3,094.87	772.38	103.16	25.75
Febrero - 2015	92.00	13,418.00	145.85	3,107.61	775.56	103.59	25.85
Marzo - 2015	95.00	13,310.00	140.11	3,082.60	769.32	102.75	25.64
Abril - 2015	75.00	10,860.00	144.80	2,515.18	627.71	83.84	20.92
PROMEDIO						100.32	25.04

Fuente: Elaboración propia.

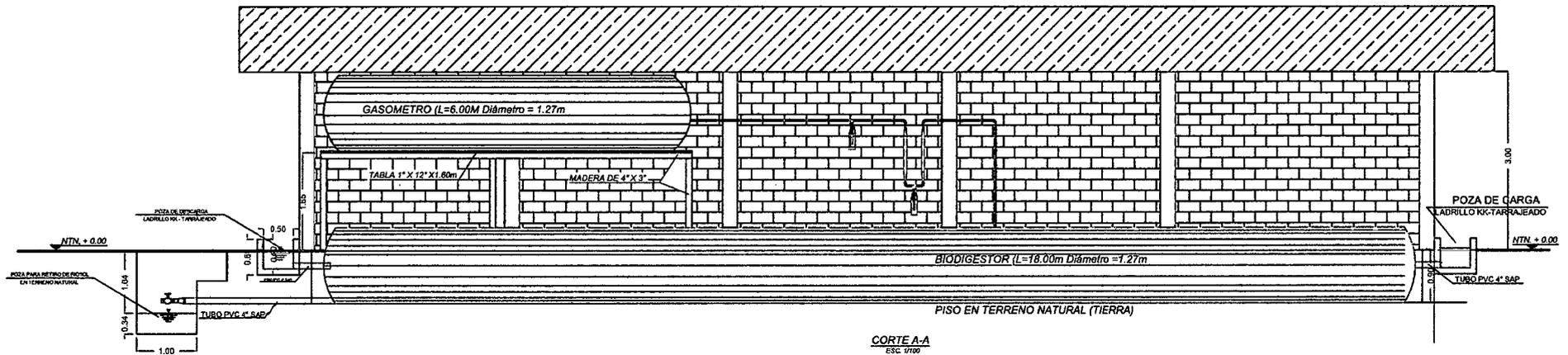
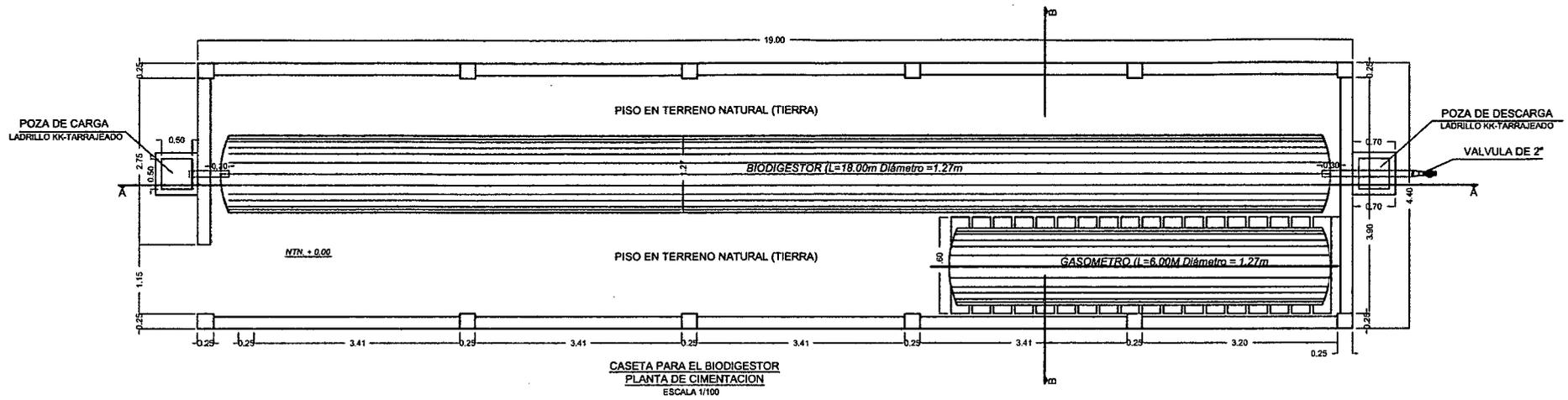
ANEXO 2. Cálculo de la producción promedio de estiércol de porcinos

Tabla 16. Promedio de estiércol y sangre de los porcinos mensual.

MES	N° Vacu.	Peso Total (kg en carne)	Promedio peso (kg en carne)	Estiércol al mes kg.	Sangre al mes kg.	Estiércol x día kg.	Sangre x día kg.
Setiembre -2014	52.00	3,973.00	76.40	294.00	-	9.80	-
Octubre -2014	44.00	2,839.00	64.52	210.09	-	7.00	-
Noviembre -2014	55.00	4,137.00	75.22	306.14	-	10.20	-
Diciembre - 2014	71.00	4,787.00	67.42	354.24	-	11.81	-
Febrero - 2015	54.00	4,886.00	90.48	361.56	-	12.05	-
Marzo - 2015	41.00	3,181.00	77.59	235.39	-	7.85	-
Abril - 2015	47.00	3,326.00	70.77	246.12	-	8.20	-
PROMEDIO						9.56	

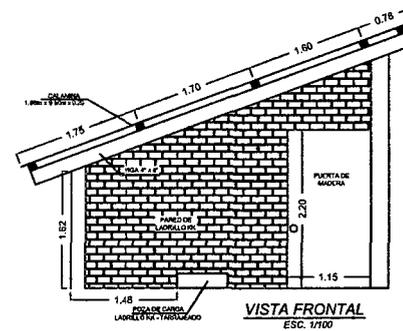
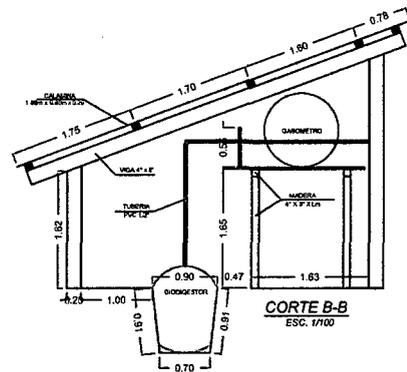
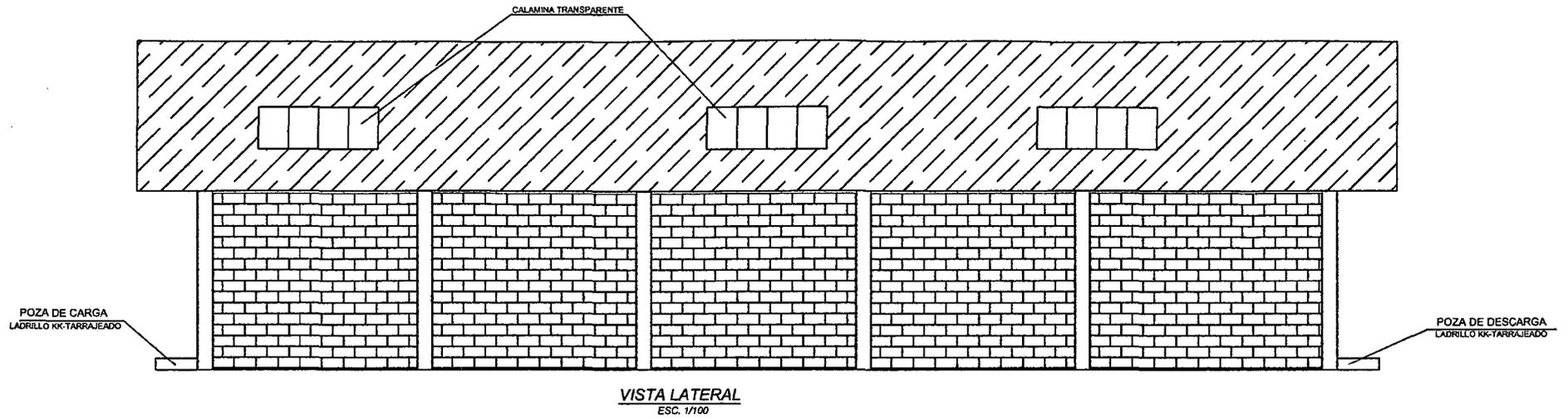
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3. Detalle para la instalación de Biodigestor



"PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE ESTIÉRCOL Y SANGRE DEL CAMAL MUNICIPAL DEL DISTRITO JAZÁN, PROVINCIA BONGARÁ, DEPARTAMENTO AMAZONAS, PERÚ."		
BIODIGESTOR		UBICACIÓN
PLANO:	ARQUITECTURA	REGIÓN : AMAZONAS PROVINCIA : BONGARÁ DISTRITO : JAZÁN
DESUO:	FECHA:	LÁMINA:
INBC	JUNIO 2015	A-01
ESCALA	MATERIA PRIMA:	
INDICADA	RESIDUOS DEL CAMAL	

Anexo 4. Detalle caseta para Biodigestor



"PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE ESTIÉRCOL Y SANGRE DEL CAMAL MUNICIPAL DEL DISTRITO JAZÁN, PROVINCIA BONGARÁ, DEPARTAMENTO AMAZONAS, PERÚ."			
CASETA PARA BIODIGESTOR		UBICACIÓN	
REGION : AMAZONAS		PROVINCIA : BONGARÁ	
DISTRITO : JAZÁN		PLANO: ARQUITECTURA	
DIBUJO: NUBO	FECHA: JUNIO 2015	LAMINA: A-02	
ESCALA: INDICADA	MATERIA PRIMA: RESIDUOS DEL CAMAL		

ANEXO 5. Proceso para la recolección de la sangre y estiércol.

- Paso 01. Una vez que los animales son trasladados desde su lugar de origen al camal, dejar los animales en ayuno y reposo, por un tiempo no menor de seis horas, en el cual no deben ingerir alimento alguno.
- Paso 02. Todo Animal destinado a la matanza debe ser sometido a una inspección, la cual tiene por objeto el seleccionar solo aquellos animales debidamente descansados y que no presenten síntomas algunos que hagan sospechar la presencia de enfermedades.
- Paso 03. Lavado (bañar) a los animales antes del proceso de matanza, con el uso de una ducha a presión, para evitar cualquier tipo de contaminación, lo cual favorece un mejor rendimiento de la sangría y tranquiliza al animal.
- Paso 04. El animal debe ser conducido desde el lugar de baño hasta el lugar de matanza, donde se efectúa el sacrificio mediante la insensibilización por el método de pistola de pernocautivo, pistola neumática que dispara un perno y perfora la piel y hueso frontal, tratando de no lesionar la masa cerebral. Con éste método el animal no sufre y permite una excelente sangría. También se hace insertando una puntilla (cuchillo) que succiona la médula espinal evitándose las lesiones a la masa cerebral.
- Paso 05. Una vez aturdido el animal, se procede a realizar un desangrado lo más completo posible, en un lapso de 3 a 5 minutos. Colgando el animal de las patas, se realiza el degüello, introduciendo una cánula, a través del cual se drena la sangre, recogéndola en un balde de 18 litros, manipulándola lo menos posible, y de la manera más higiénica.

La sangre recogida en el balde debe de ser llevado para ser colocado en la olla para su posterior sancochado en la cocina a biogas.

Una vez sancochado la sangre se debe de poner a secar con un espesor no mayor a 5cm.

Paso 06. Luego de desangrar al animal se corta la cabeza y se procede a descuerar con la precaución de no desgarrar músculos ni ocasionar cortes profundos en el cuerpo.

Paso 07. Después del descuerado se procede a abrir el pecho y el resto de la cavidad abdominal para proceder a la extracción de las vísceras y demás órganos.

Paso 08. Una vez realizada la extracción de las vísceras y órganos se procede a la clasificación e inspección por el personal competente.

Paso 09. Lavado de las vísceras y recolección del estiércol en un balde.

Paso 10. Colocar el estiércol en el cilindro y realizar la mezcla estiércol agua para alimentar al Biodigestor.

Todas las operaciones que se desarrollan en el camal deben de ser realizados por personas con la capacidad y los conocimientos necesarios, para garantizar un proceso adecuado y disminuir la contaminación de la carne.