

UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO

ÁREA DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



PROYECTO DE GRADO

**IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR UTILIZANDO
ESTIÉRCOL DE GANADO BOVINO PARA GENERAR UNA
FUENTE DE ENERGÍA EN LA HACIENDA SANTA LUCIA –
COMUNIDAD MEJILLONES**

Postulantes: Univ. Nicolás J. Chaiña Ali

Univ. Genry Rodrigo Ancasi Collo

Tutor: MSc. Marcos Abasto Antezana

Asesor: MBA. Vania Aguirre Dick

MSc. Vivian Terán Capobianco

Asesor Externo: PhD. Horacio Aguirre Villegas

Cobija – Pando

Bolivia

2017

CONTENIDO

CAPITULO I	1
1.1 Introducción	3
1.2 Justificación	4
1.3 Planteamiento Del Problema.....	4
1.3.1 Formulación del problema.....	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 Marco teórico.....	5
1.5.1 Tecnología de producción de biogás	5
1.5.2 Digestión anaeróbica.....	5
1.5.3 Los microorganismos que intervienen en el proceso de digestión	7
1.6 Biodigestor.....	7
1.7 Características del biodigestor	9
1.7.1 Temperatura.....	9
1.7.2 Método de carga	9
1.7.3 Tiempo de retención	10
1.7.4 pH	10
1.8 Condiciones para la biodigestión.....	10
1.9 Modelos de biodigestores.....	10
1.9.1 Discontinuo.....	10
1.9.2 Digestores de carga en batch o por lotes.....	11
1.9.3 Semi - continuos.....	11
1.9.4 Continuos.....	13
1.10 Ventajas y desventajas de los biodigestores.....	13
1.10.1 Ventajas.....	13
1.10.2 Desventajas.....	14
1.11 Estiércol. (Materia prima)	14
1.12 Contaminación por el estiércol.....	14
1.12.1 Ventajas de la aplicación del estiércol en tierras agrícolas.....	15

1.13	Composición del estiércol.	15
1.14	Biogás.....	16
1.15	Biomasa o sustrato.....	17
CAPITULO II.....		19
2	BIODIGESTOR PROTOTIPO.....	19
2.1	Aspectos técnicos de construcción del biodigestor anaeróbico.	19
2.2	Diseño del biodigestor.	21
2.2.1	Parámetros principales del proceso de digestión.	21
2.2.2	Calculo volumen del tanque del biodigestor.	21
2.3	Prototipo.....	23
2.4	Construcción del reactor.	24
2.4.1	Instalación de la línea de Biogás.	25
2.4.2	Trampa de agua.....	25
2.4.3	Almacenamiento de biogás.....	26
2.4.4	Filtro de viruta.	26
2.4.5	Tanque de descarga de efluentes.	27
2.4.6	Lay Out del prototipo.....	28
2.5	Datos obtenidos del biodigestor prototipo.	28
2.5.1	Datos de carga del biodigestor.....	28
2.5.2	Datos de Temperatura.....	29
2.5.3	Temperatura ambiente.	29
2.5.4	Datos de temperatura interna del biodigestor.	30
2.5.5	Datos del biogás.....	31
CAPITULO III.....		33
3	PUESTA EN MARCHA DEL BIODIGESTOR A ESCALA PILOTO	33
3.1	Localización.	33
3.1.1	Micro localización.	33
3.2	Situación actual de la hacienda santa lucia.	35
3.3	Hacienda Santa lucia.....	35
3.4	Materia prima en la hacienda Santa Lucia.	36
3.4.1	Materia prima disponible.....	36
3.4.2	Tamaño de muestra.....	36

3.5	Diseño del biodigestor.	38
3.5.1	Calculo del volumen del biodigestor.	38
3.5.2	Calculo del volumen del biogás.....	39
3.5.3	Volumen de carga.....	39
3.5.4	Dimensionamiento del tanque.	40
3.6	Construcción del biodigestor piloto.	41
3.6.1	Materiales y herramientas.....	41
3.7	Montaje del biodigestor a escala piloto.....	43
3.7.1	Reactor.....	43
3.7.2	Almacenador de efluentes.....	44
3.7.3	Almacenador de biogás.....	45
3.7.4	Trampa de agua.....	45
3.7.5	Filtro de biogás.	46
3.7.6	Primera carga.	46
3.8	Balance de masa.....	47
3.9	Operación y mantenimiento de un biodigestor.	47
3.9.1	Soporte Técnico.....	47
3.9.2	Mantenimiento.....	48
3.9.3	Tiempo.....	48
CAPITULO IV		49
4	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	49
4.1	Evaluación económica del biodigestor.	49
4.1.1	Inversión.....	49
4.1.2	Costo por mantenimiento.....	49
4.1.3	Viabilidad del proyecto.....	50
4.2	Reducción de costos.....	51
4.2.1	Costo por compra de Gas Licuado de Petróleo (GLP)	51
4.2.2	Costo por compra de leña.	51
4.2.3	Costo por limpieza de corral.....	52
4.3	Indicadores económicos.....	52
4.3.1	Valor actual neto (VAN).	52
4.3.2	Tasa interna de retorno (TIR)	54

4.3.3	Periodo de recuperación de la inversión (PRI).....	55
CAPITULO V.....		56
5	(EVALUACIÓN AMBIENTAL).....	56
5.1	Los efectos de estiércol de vaca en el medio ambiente.....	56
5.2	Reducción de gases de efecto invernadero.	56
5.2.1	Análisis sin proyecto.....	58
5.2.2	Análisis con proyecto.	59
5.3	Del aire y la atmosfera.	60
5.4	Ficha ambiental.	61
5.5	Matriz de evaluación de impactos ambientales.....	62
CAPITULO VI		64
6	RESULTADOS	64
	Tasa interna de retorno (TIR)	66
	Periodo de recuperación de la inversión (PRI).....	66
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
7.1	Conclusiones.....	68
7.2	Recomendaciones	69
8	BIBLIOGRAFIA.....	70
9	ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 cronología de evolución del biodigestor.....	8
Tabla 2 . Composición química del estiércol de vaca.....	16
Tabla 3 . Composición química del biogás expresado en %.....	17
Tabla 4. Tipos de residuos o biomasa.	18
Tabla 5. Materiales utilizados en el prototipo.....	23
Tabla 6. Equipos utilizados en el Proyecto.....	24
Tabla 7. Temperatura Interna del Reactor.....	30
Tabla 8. Micro localización.....	34
Tabla 9. Cuantificación del estiércol en prueba piloto.....	38
Tabla 10. Cantidad promedio de estiércol.....	38
Tabla 11. Materiales para la construcción del biodigestor piloto.	42
Tabla 12. Herramientas.....	43
Tabla 13. Inversión.....	49
Tabla 14. Costo por mantenimiento.....	49
Tabla 15. Incremento anual del 9% del costo de mantenimiento.	50
Tabla 16. Costos de operaciones.....	50
Tabla 17. Costo de operación.....	50
Tabla 18. (Proyección anual para la compra de GLP).....	51
Tabla 19. (Proyección anual para la compra de leña).....	52
Tabla 20. Costos de limpieza del corral.....	52
Tabla 21. Implementación y operación del biodigestor los primeros 5 años	53
Tabla 22. Resultado de emisión de gases con y sin proyecto	60
Tabla 23. Resultados de la matriz de evaluación de impactos Ambientales (EIA).	62
Tabla 24. Categorización de Impacto Ambiental.	63
Tabla 25. Caracterización con o sin proyecto.	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Biodigestor Tipo Batch	11
Figura 2. Biodigestor Tipo Chino.....	12
Figura 3. Biodigestor Tipo Hindú.....	12
Figura 4. Esquemas biodigestor continuo.....	13
Figura 5. Biodigestor Anaeróbico prototipo inicial.....	19
Figura 6. Localización del Reactor.....	20
Figura 7. Tanque polietileno para la instalación del reactor.....	21
Figura 8. Instalación del Biodigestor Prototipo.....	25
Figura 9. Trampa de agua.....	25
Figura 10. Almacenador de Biogás.....	26
Figura 11. Filtro de Viruta.....	27
Figura 12. Tanque Almacenador de Efluentes	27
Figura 13. Biodigestor Prototipo.....	28
Figura 14. Datos de carga de materia prima.....	29
Figura 15. Datos temperatura ambiente.....	29
Figura 16. Datos de Temperatura Interna del Reactor.....	30
Figura 17. Tiempo de quema de biogás.....	31
Figura 18. Porcentaje de Metano en el Biogás.....	32
Figura 19. Lay Out de la ubicación del biodigestor.....	35
Figura 20. Ubicación satelital de la Hacienda Santa Lucia.....	36
Figura 21. Tanque reactor de 5000 L.....	44
Figura 22. Tanque de descarga de efluentes.....	44
Figura 23. Almacenamiento de biogás.....	45
Figura 24. Trampa de Agua para la línea de gas.....	46
Figura 25. Filtro de Biogás.....	46
Figura 26. Balance Másico.....	47
Figura 27. Periodo de Recuperación de la Inversión.....	55
Figura 28. Ficha Ambiental.....	61

AGRADECIMIENTOS.

Al creador por habernos acompañado y guiado a lo largo de nuestra carrera, por ser nuestra fortaleza en momentos de debilidad y brindarnos una vida llena de aprendizaje, experiencias y sobre todo felicidad.

A Lic. Jaime Gary Zarco Bravo y su Sra. Esposa. Por creer en nosotros y habernos brindado la oportunidad de desarrollar nuestro proyecto de grado en la Hacienda Santa Lucia, y por todo el apoyo y facilidades que nos fueron otorgados, por darnos la oportunidad de crecer profesionalmente y aprender cosas nuevas.

La confianza, apoyo y dedicación a nuestros asesores: MSc. Vivian Teran Capobianco, MBa. Vannia Helen Aguirre Dick, PhD. Horacio Andrés Aguirre Villegas. Y al MSc. Marcos Abasto Antezana Tutor del Proyecto grado. Por haber compartido sus conocimientos y sobre todo su amistad.

A la Universidad Amazónica de Pando, al padre Rector y a cada uno de los docentes por el conocimiento transmitido y la formación incluida en todo este tiempo, por su ayuda y asesoría en nuestro de formación como Ingenieros.

El Ing. Franz Navia Miranda, Director del Área de Ciencias y Tecnología por la orientación, el seguimiento y la supervisión continua del proyecto, pero sobre todo por la motivación y el apoyo recibido.

GENRY RODRIGO ANCASI COLLO

A Dios por darme fuerzas para sacar mi carrera adelante, a mis padres; Gregoria Collo Nina y Genaro Ancasi López, por brindarme todo su apoyo incondicional, a mis hermanos Eddy, Natty y Cristian, por su afecto y su forma de mostrarme la vida de una manera diferente, gracias por ser parte fundamental en mi formación profesional. Gracias a mi compañero de tesis por sus enseñanzas.

A Nicolás por ser una parte muy importante de mi vida por el apoyo recibido desde el día que nos conocimos, por ser más que un amigo un hermano. Por todo el apoyo y

dedicación para este Proyecto de Grado, por todos los consejos recibidos en momentos difíciles de la vida.

Mis compañeros por todos los momentos que pasamos juntos. Por las tareas que juntos realizamos y por la confianza que en mí depositaron.

NICOLÁS JUAQUIN CHAIÑA ALI

El más grande y sincero agradecimiento al creador y dador de la vida, quien puso en mí un espíritu de fuerza y dedicación, que pese a los problemas y dificultades encontradas durante el camino, pude llegar a la meta, culminando una etapa más de mi vida.

A Genry por haber sido un excelente compañero de proyecto de grado y amigo, hermano que juntos desarrollamos este proyecto biodigestores a lo largo de la etapa Universitaria. Por motivarme a seguir adelante en los momentos difíciles sobre todo hacer de su familia, una familia para mí.

A Adela, por ser una parte muy importante de mi vida, por haberme apoyado en las buenas y en las malas, sobre todo por su paciencia y amor incondicional.

A mi familia Chaiña de todo corazón y a mis hijos que supieron brindarme el apoyo incondicional en cada momento, en las buenas y malas, hasta culminar la etapa universitaria.

CAPITULO I

1.1 Introducción

Actualmente en hogares de las áreas rurales del departamento de Pando, ubicado al norte del Estado Plurinacional de Bolivia, existen comunidades que no cuentan con un adecuado servicio de distribución de gas licuado de petróleo (GLP). Estos hogares se ven en la necesidad de cocinar con leña exponiéndose a emisiones nocivas para la salud, generadas por la mala combustión de leña en las cocinas tradicionales de estas poblaciones. En época de lluvia, las carreteras son intransitables debido a las precipitaciones, dificultando el acceso a GLP. Por ello, se propone la implementación de un digestor anaeróbico, para producir energía alternativa aprovechando el estiércol bovino como fuente de energía. La digestión anaeróbica es un proceso de fermentación biológica (en ausencia de oxígeno) por los microorganismos que degradan la materia orgánica para producir biogás.

Este gas renovable, está formado principalmente por metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), y otros gases en menor proporción ($<1\%$), y puede ser utilizado para cocinar, o para producir energía eléctrica si se utiliza un generador. Por otro lado, la materia orgánica que queda después del proceso de digestión anaeróbica, conocida como biol, se puede utilizar como fertilizante natural que estaría listo para emplear en cultivos de hortalizas, maíz, yuca y otros, sustituyendo a fertilizantes químicos.

Desde el punto de vista social, este proyecto tecnológico es un avance al desarrollo, dando una alternativa para mejorar de la calidad de vida en las comunidades de Pando y en específico en la comunidad Mejillones donde se implementó el proyecto. La comunidad Mejillones queda ubicada al noreste, a 12 Km. de distancia desde la ciudad de Cobija. La principal fuente de ingresos de esta comunidad es la actividad ganadera, como es el caso de la hacienda Santa Lucia, la cual cuenta con 40 hectáreas de superficie y 50 cabezas de ganado y donde se llevará a cabo el presente proyecto.

1.2 Justificación

En la región Amazónica del departamento de Pando, una parte de la población se dedica a la actividad ganadera, lo cual contribuye al desarrollo del Departamento y promueve la oferta alimenticia. La existencia de ganado también tiene riesgos para el medio ambiente por la emisión de gases de efecto invernadero y la posible contaminación de corrientes de agua subterránea con los nutrientes del estiércol. De igual manera, esta población se encuentra aislada de las redes de distribución de GLP, lo cual significa que la mayor parte de la población cocina con leña. El digestor anaeróbico contribuye a minimizar la excesiva acumulación de estiércol y malos olores, que permite un adecuado manejo y disposición final de los residuos orgánicos, generando energía renovable, y reduciendo los gases de la combustión incompleta de la leña.

En la comunidad de Mejillones, se instaló un digestor anaeróbico a través de un convenio entre la Universidad de Wisconsin-Madison y la Universidad Amazónica de Pando. El digestor actualmente está funcionando como un sistema de manejo adecuado de residuos orgánicos de ganado bovino, los cuales se utilizan como materia prima para la obtención de biogás.

1.3 Planteamiento Del Problema

La actividad ganadera es una de las principales fuentes de desechos orgánicos (estiércol) que pueden contaminar el aire y el agua con daños irreversibles si no se manejan de manera sostenible. Más aún, actualmente el estiércol no es aprovechado, es decir se desperdicia. Este recurso puede ser utilizado para producir energía alternativa en sustitución del GLP, y mantener su contenido de nutrientes para ser utilizado como fertilizante en producciones agrícolas.

1.3.1 Formulación del problema.

¿Cuál es la viabilidad de la implementación de un biodigestor anaeróbico aprovechando desechos orgánicos de bovino para producir biogás como fuente de energía alternativa para una hacienda ganadera, en el municipio de Cobija Pando?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la viabilidad de la implementación de un biodigestor anaeróbico para generar energía alternativa a partir del aprovechamiento de desechos orgánicos que genere gas para el uso doméstico en la Hacienda Santa Lucia – comunidad Mejillones.

1.4.2 Objetivos específicos

- Cuantificar la materia prima (estiércol bovino) en el corral de la hacienda Santa Lucia.
- Dimensionar y construir un biodigestor acorde a residuos de bovino y que responda con la funcionalidad a las características de la región.
- Evaluar los aspectos técnicos de funcionamiento del biodigestor anaeróbico. Entre ellos las variables de temperatura, producción de biogás, y el tiempo de quema del biogás.
- Evaluar la viabilidad económica del biodigestor y valorar el impacto ambiental con y sin proyecto.

1.5 Marco teórico.

1.5.1 Tecnología de producción de biogás

Esta tecnología permite producir biogás, fertilizante sólido y líquido, mediante el tratamiento de desechos orgánico, por el proceso de digestión anaeróbica.

1.5.2 Digestión anaeróbica.

Según Rivero J. N. (2013), la digestión anaeróbica es un proceso degradante el cual parte de la materia orgánica, sufre varias etapas biológicas hasta convertirse en biogás. En el interior de los recipientes, la digestión es intervenida por un grupo de macro organismos o bacterias que son las productoras de ácidos y metano. Para que el proceso de fermentación se realice en forma normal, es preciso contar con la acción conjunta y combinada de los dos tipos de bacterias (acetogénicas - metanogénicas). El exceso o falta de estos tipos de bacterias, así como la actividad menor o mayor de cualquiera de estas, darán como resultado el desequilibrio cinético lo que lleva a la anormalidad o incluso el fracaso del proceso de fermentación. Los microorganismos que no producen

metano se encargan de convertir productos orgánicos, como carbohidratos, proteínas y lípidos, en compuestos de moléculas más sencillas y más pequeñas, que sean asimilables para las bacterias de metano. Rivero J. N. (2013).

Actualmente se reconocen cuatro grupos de bacterias que poseen diferentes funciones catabólicas sobre el carbono, en el proceso de degradación de la materia hasta llegar al metano, estos grupos son: Rivero J. N. (2013)

- a) Hidrólisis.
- b) Etapa fermentativa o acidogénica.
- c) Etapa acetogénica.
- d) Etapa metanogénica.

1.5.2.1 Etapa de hidrólisis

La hidrólisis consiste en una transformación controlada por enzimas extracelulares en la que las moléculas orgánicas complejas y no disueltas se rompen en compuestos susceptibles de emplearse como fuente de materia y energía para las células de los microorganismos.

1.5.2.2 Etapa acidogénica.

La segunda etapa, controlada por bacterias, consiste en la transformación de los compuestos formados en la primera etapa en otros compuestos de peso molecular intermedio; como dióxido de carbono, hidrógeno, ácidos y alcoholes alifáticos, metilamina, amoníaco y ácido sulfhídrico. Esta etapa se denomina acidogénesis.

1.5.2.3 Etapa acetogénica.

En la etapa de acetogénesis, los ácidos y alcoholes que provienen de la acidogénesis se van transformando por la acción de bacterias en ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono.

1.5.2.4 Etapa metanogénica

La metanogénesis, última etapa, consiste en la transformación bacteriana del ácido acético y del ácido fórmico en dióxido de carbono y metano y la formación de metano a partir de dióxido de carbono e hidrógeno Giraldo-Gómez, E. (1991).

1.5.3 Los microorganismos que intervienen en el proceso de digestión

1.5.3.1 Digestión Psicofílica.

Es la digestión anaerobia que se realiza a temperaturas entre 10°C y 20 °C. A estas temperaturas la carga debe permanecer en el digester más de 100 días.

1.5.3.2 Digestión Mesofílica.

Es la digestión anaerobia que se realiza a temperaturas entre 30°C y 35°C. La carga debe permanecer en el digester 15 a 30 días. Este tipo de proceso tiende a ser más confiable y tolerante que el proceso termofílico, pero la producción de gas es menor y se requieren digestores de gran tamaño. UPME (2003)

1.5.3.3 Digestión Termofílica.

Es la digestión anaerobia que se realiza a temperaturas mayores de 55°C y el tiempo de residencia es debe ser de 12 a 14 días. Estos sistemas ofrecen una producción de metano más alta, caudales más rápidos, mejor eliminación de patógenos y virus. UPME (2003)

Estos sistemas requieren tecnología más costosa, consumen más energía y requieren mayor asistencia y monitoreo. UPME (2003)

1.6 Biodigestor.

Un biodigestor es un contenedor cerrado, hermético e impermeable, dentro del cual se coloca el material orgánico, en relaciones de estiércol-agua, y tiempos de retenciones para la degradación anaerobia, generando gas metano y fertilizantes, disminuyendo el potencial contaminante de los excrementos. Puede ser construido con diversos materiales como ladrillo, cemento, metal, plásticos, etc. Toala M. E.E. (2013).

Como resultado de esta transformación del material orgánico, el efluente mantiene su grado de concentración de nutrientes que puede ser empleado de forma inmediata, ya

que el tratamiento anaeróbico elimina los malos olores y la proliferación de vectores. Toala Moreyra E.E. (2013).

El biodigestor anaeróbico se empezó a conocer a finales del siglo XIX. En la Tabla 1 se muestra una breve cronología de la evolución del biodigestor. Jiménez, D. D. (2012)

Tabla 1 cronología de evolución del biodigestor.

Año	Investigador/ País	Aportación
1881	Mouras	Aplicó el biodigestor anaeróbico para el tratamiento de aguas residuales, lo denominó “Automatic Scavenger”
1895	Cameron	Construyó un tanque similar al de Mouras pero con mejor eficiencia de tratamiento. Una parte del biogás se utilizaba para calor e iluminación.
1895-1969	Varios	Se desarrolló la tecnología para la estabilización de los lodos de las aguas residuales domésticas, como calentadores y mezcladores. Diseño de biodigestores para utilizar estiércol.
1944-1945	Alemania del Oeste	Surge la idea de utilizar desechos agrícolas como materia prima, así como desarrollar diferentes tipos de biodigestores
1950's	Francia	Instala más de 1,000 biodigestores anaeróbicos, desde tanques cubiertos hasta sistemas complejos
1960's	Canadá, EUA y Europa del Oeste	La principal materia prima para el biodigestor es el estiércol de animales
1970's	Varios	Se aplica sistemas de biodigestión en tratamiento de aguas industriales, propiciado por el incremento del precio del petróleo

Fuente: Jiménez, (2012) “evaluación de los parámetros de un biodigestor anaerobio tipo continuo”

1.7 Características del biodigestor

El digestor optimiza naturalmente el crecimiento y proliferación de un grupo de bacterias anaeróbicas que descomponen y tratan los residuos dejando como subproducto gas combustible y un efluente rico en nutrientes.

Basados en limitaciones externas como inversión, eficiencia del tratamiento, rendimiento de la energía neta y rendimiento de las operaciones, el rango de las tecnologías disponibles varía desde los sistemas muy rudimentarios hasta los más sofisticados tanto a escala doméstica como a escala comercial. La elección de cual digestor utilizar, está condicionada inicialmente por la temperatura y las características del sistema de manejo de residuos existente el cual determina el método de carga del digestor. UPME (2003).

1.7.1 Temperatura

La temperatura es uno de los principales factores que afectan el crecimiento de las bacterias responsables de la producción de biogás. La producción de biogás puede ocurrir en cualquier sitio que se encuentre en el rango de temperatura de 4 °C a 68 °C. A medida que la temperatura aumenta, la tasa de producción de gas también se incrementa, y por ende disminuye el tiempo de retención de la materia orgánica dentro del digestor. En algunos casos donde las temperaturas son muy bajas, se hace necesario implementar un sistema de calor suplementario para mejorar el rendimiento del proceso. UPME (2003).

1.7.2 Método de carga

La mayoría de los digestores son diseñados para ser cargados diariamente. Con cargas continuas y descargas de material del sistema, las bacterias trabajan eficientemente y se procesan grandes cantidades de residuos. El no cargar un digestor por una semana puede conducir a una pérdida en la producción de biogás. Más importante aún es que el cargar el digestor en intervalos irregulares puede interrumpir el proceso biológico y causar que el sistema trabaje ineficientemente o hasta detenerlo completamente. Por lo tanto, muchos digestores son diseñados para ser cargados diariamente. Con cargas continuas y descargas de material del sistema, las bacterias trabajan eficientemente y se procesan grandes cantidades de residuos. UPME (2003).

1.7.3 Tiempo de retención

Esta variable depende del proceso de digestión anaeróbica en el cual las bacterias se reproducen y crecen para obtener la mayor cantidad de biogás posible, que a su vez depende de la temperatura. La temperatura del digester junto con la carga determinan las dimensiones del sistema. Es importante resaltar que no existe un criterio unificado para obtener el tiempo de retención, por tanto, es necesario realizar un ejercicio de simulación de la variación del tiempo de retención, con los datos de temperatura reportados por varias fuentes. UPME (2003).

1.7.4 pH

El pH de la materia prima indica si el proceso de digestión se lleva a cabo en condiciones adecuadas. Las bacterias responsables del mecanismo de producción de biogás son altamente sensibles a cambios en el pH, permiten un rango de variación entre 6 y 8 unidades de pH, teniendo como óptimo un pH de 7 a 7,2. UPME (2003).

1.8 Condiciones para la biodigestión.

Las condiciones para la obtención de metano en el digester son las siguientes:

- Temperatura, pues de ella depende que los microorganismos se encuentren activos y trabajando. Se deben simular las condiciones óptimas para minimizar los tiempos de retención del sustrato. La temperatura ideal para la biodigestión es de 30° a 35°C aproximadamente para un proceso mesofílico.
- pH neutro (7-8).
- Ausencia de oxígeno. El biodigestor debe estar herméticamente sellado, lo que facilita el trabajo de los microorganismos en un ambiente anaeróbico y óptimo.
- Un nivel de humedad alto.
- El sustrato se encuentre en una mezcla homogénea y no tenga grumos de estiércol que dificulten la degradación.

1.9 Modelos de biodigestores.

1.9.1 Discontinuo.

Este tipo de Biodigestor se carga una sola vez en forma total y la descarga se efectúa una vez que ha dejado de producir biogás, pero no se descarga completamente, se retira

solo cierta cantidad, esto con el fin de producir el biogás de las cargas subsecuentes en menos tiempo, debido a la presencia de la mezcla ya fermentada y por consecuencia se acelera la obtención del biogás, a esta mezcla fermentada se le llama inoculante o Bioabono. Rivero J. N. (2013)

1.9.2 Digestores de carga en batch o por lotes.

Este tipo de digestores son cargados una sola vez toda su capacidad deseada y se descarga cuando termina la producción de biogás. Es muy utilizado en plantas donde no hay mucho personal operacional o cuando la biomasa está disponible de vez en cuando. Yagual, (2015) Ver Figura 2.

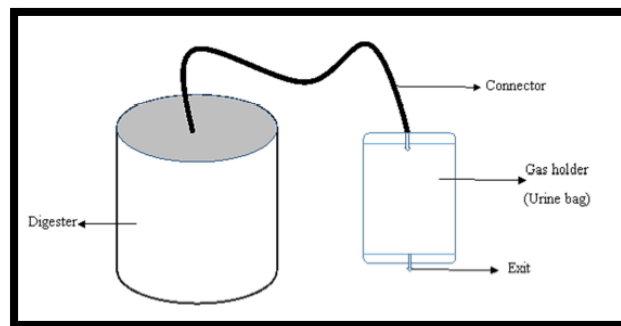


Figura 1. *Biodigestor Tipo Batch*

Fuente: Apolo Y. (2015). Diseño, construcción y puesta en marcha de un biodigestor anaerobico prototipo de bajo costo. *propuesta tecnologica*, 99

1.9.3 Semi - continuos.

Según Rivero J. N. (2013), estos biodigestores son alimentados diariamente con una carga relativamente pequeña en comparación con el contenido total (volumen del digester/días de retención). Esta se deposita en la cámara de carga, e igualmente se debe extraer de la cámara de descarga un volumen igual del efluente líquido para así mantener el volumen constante. Generalmente producen biogás casi permanentemente, gracias al suministro constante de nuevos nutrientes para las comunidades de bacterias.

Los digestores semi- continuos se clasifican en dos: modelo tipo Chino y modelo tipo Hindú, los cuales se describen a continuación:

1.9.3.1 Modelo chino.

Según Rivero J. N. (2013), se originó en China y consiste en una estructura cerrada con cámaras de carga y descarga construidos de concreto o ladrillos debido a la alta presión que pueden alcanzar en su interior y a la constante variación de la misma. Tiene una larga vida útil (mayor de 15 años) con un adecuado mantenimiento. Sin embargo, el costo es relativamente alto. (Figura 3.)

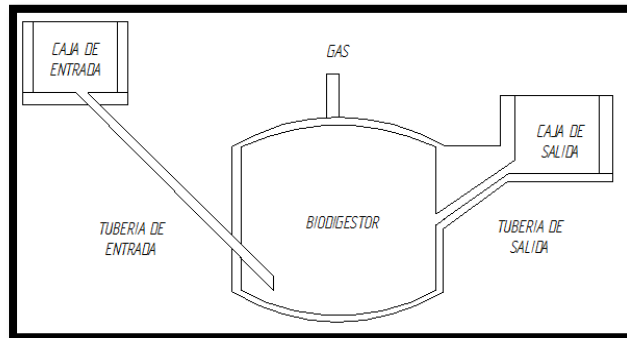


Figura 2. *Biodigestor Tipo Chino*

Fuente: Apolo Y. (2015) Diseño, construcción y puesta en marcha de un biodigestor anaerobico prototipo de bajo costo. *propuesta tecnologica*, 99

1.9.3.2 Modelo hindú

También llamado de domo flotante, en su parte superior presenta una campana o domo que mantiene flotando a causa del biogás que retiene en su interior. El domo puede ser de metal o preferiblemente de un material resistente a la corrosión. Rivero J. N. (2013).

Figura 3.

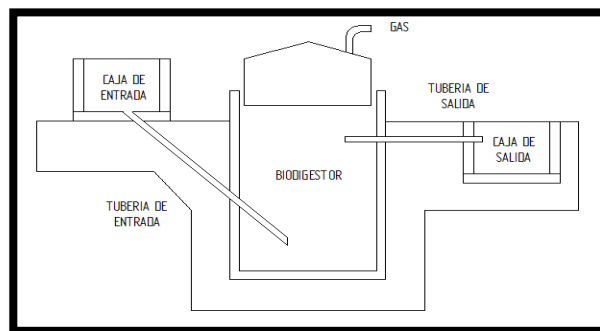


Figura 3. *Biodigestor Tipo Hindú.*

Fuente: Riveros J. (2013) diseño y construcción de un prototipo de biodigestor tipo mixto para la producción y almacenamiento de gas metano. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecatrónico,

1.9.4 Continuos.

Este tipo de digestores se desarrollan principalmente para tratamiento de aguas residuales, pero también en operaciones agrícolas de gran escala. En general son plantas muy grandes, de tipo industrial, donde se genera una gran cantidad de biogás. Rivero J. N. (2013). Figura 4.

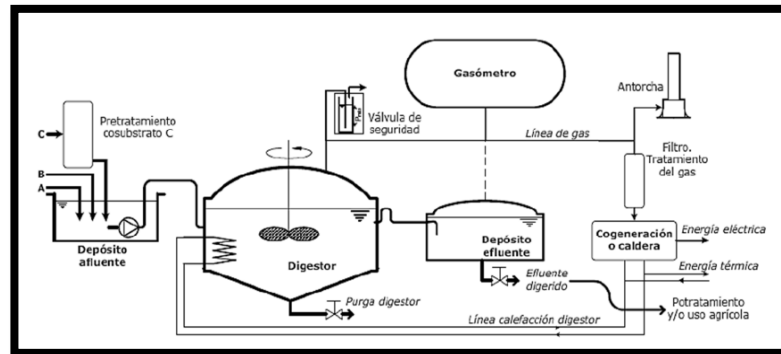


Figura 4. Esquemas biodigestor continuo.

Fuente: Apolo Y. (2015) Diseño, construcción y puesta en marcha de un biodigestor anaerobico prototipo de bajo costo. *propuesta tecnologica*, 99

1.10 Ventajas y desventajas de los biodigestores.

1.10.1 Ventajas.

- ✓ Ayuda a controlar la excesiva acumulación de estiércol en las zonas ganaderas y los impactos ambientales a cause de dicha acumulación.
- ✓ Ayuda a satisfacer la demanda de alumbrado, gas para cocinar, producción de energía eléctrica, etc.
- ✓ Proveen de un mecanismo central para la recolección de nutrientes que pueden ser utilizados para cultivos de los campesinos.
- ✓ Ayudan a controlar y minimizar la contaminación ambiental, y a reducir los gases de efecto invernadero.
- ✓ Disminuyen olores del estiércol en los ranchos.
- ✓ Controla la proliferación de patógenos que generan los excrementos y que causan enfermedades en el ganado y seres humanos.

1.10.2 Desventajas.

- ✓ Requieren un monitoreo constante.
- ✓ Debe evitarse cambios bruscos de temperatura, manteniéndola constante y cercana a los 35 ° C.
- ✓ Se puede generar ácido sulfhídrico, lo que resulta corrosivo para los componentes de metal y es un gas nocivo para la salud.
- ✓ Si no se tiene un monitoreo constante de la presión interior, puede explotar o generar fugas de gas.
- ✓ El tiempo de durabilidad depende del tipo de biodigestor a construir.

1.11 Estiércol. (Materia prima)

Es una mezcla de materia fecal y alimento rechazado, procedente del tracto digestivo de los animales, contienen residuos no digeridos de alimentos, y factores digestivos como enzimas, jugos gástricos, pancreáticos y células muertas de la mucosa intestinal, bacterias vivas y muertas del colon y productos del desecho del metabolismo. Durán (2004)

La aplicación del estiércol en el suelo permite el aporte de nutrientes, incrementa la retención de la humedad, y mejora la actividad biológica, con lo cual se incrementa la fertilidad del suelo y por ende su productividad.

1.12 Contaminación por el estiércol.

El sector agrícola genera gases de efecto invernadero, los cuales al ser medidos en su equivalente en dióxido de carbono (CO₂-eq.). La ganadería es uno de los principales contribuyentes de los gases de efecto invernadero provenientes de la agricultura. Toala M. E.E. (2013).

La ganadería no sólo amenaza al medio ambiente, sino que también es una de las principales causas de la degradación del suelo y de los recursos hídricos. Toala M. E.E. (2013).

El sector ganadero es responsable del nueve por ciento del CO₂ procedente de las actividades humanas, pero produce un porcentaje mucho más elevado de los gases de efecto invernadero más perjudiciales Toala M. E.E. (2013).

Genera el 65% del gas óxido nitroso proveniente de actividades humanas, que tiene 268 veces el Potencial de Calentamiento Global (GWP), por sus siglas en inglés) del CO₂. La mayor parte de este gas procede del estiércol, señalan los expertos. Toala M. E.E. (2013).

Desventajas de la aplicación del estiércol en tierras agrícolas.

- La principal desventaja es que existe gran acumulación del excremento por la intensiva actividad ganadera en las zonas rurales y su inadecuada disposición final, lo que produce impactos ambientales, como la proliferación de enfermedades que afectan al ganado y las personas dedicadas a estas actividades.
- El estiércol tiene un gran contenido de antibióticos, pesticidas, etc. La aplicación no controlada del estiércol en la tierra pone en riesgo que estos componentes alcancen corrientes de agua en la superficie y subterráneas.
- Si se desea utilizar el estiércol como abonos orgánicos, los ganaderos necesitan tener conocimientos, como también de maquinaria. Toala M. E.E. (2013).

1.12.1 Ventajas de la aplicación del estiércol en tierras agrícolas

- En la agricultura y ganadería, la buena utilización y disposición del estiércol como fertilizante, ayudaría a resolver ciertos problemas en ambas actividades agropecuarias, como la poca fertilidad de los suelos y la acumulación excesiva del excremento.
- Un adecuado proceso de fermentación o compostaje del estiércol, produciría un material asimilable para las plantas de cultivos y suelos fértiles. Lo que generaría buenas ventajas para el sector agropecuario.
- La utilización del estiércol como abonos orgánicos naturales, benefician grandemente a los agricultores, minimizando la aplicación de fertilizantes químicos. Toala M. E.E. (2013).

1.13 Composición del estiércol.

Según Toala M. E.E. (2013), el estiércol no es un abono de composición fija. Esta depende de la edad de los animales de que se procede, de la especie, de la alimentación

a que están sometidas, trabajo que realizan, aptitud, naturaleza etc. Un animal joven consume mayor cantidad de nitrógeno y fósforo que un animal viejo; las deyecciones que de aquel proceden contienen menor cantidad de esos elementos. Los animales viejos habiendo cesado de crecer, asimilan los alimentos únicamente las cantidades necesarias para cubrir las pérdidas y dan estiércoles más ricos en elementos fertilizantes.

**Tabla 2 .
Composición química del estiércol de vaca.**

Materia Orgánica %	Nitrógeno (N) %	Fósforo (P₂O)₅ %	Potasio (K₂O) %	Calcio (CaO) %	Magnesio (MgO) %	Humedad
36.1	1.51	1.20	1.51	3.21	0.53	25.5

Fuente: MOREIRA E. (2013). Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogas a partir del estiércol de ganado en el rancho verónica. *tesis de grado*, previo a la obtención del título de Ingeniero en Biotecnología Ambiental.

1.14 Biogás.

El biogás es una mezcla de gases cuyos principales componentes son el metano y el dióxido de carbono, el cual se produce como resultado de la fermentación de la materia orgánica en ausencia de aire por la acción de un grupo de microorganismos que interactúan con otros factores. Albarracín, (1995)

El biogás es mezcla de metano, dióxido de carbono, nitrógeno, y vapor de agua. El metano es un gas combustible lo que hace que el biogás sea muy útil como recurso energético en una granja.

El metano es un combustible inodoro, incoloro, cuya combustión produce una llama azul y productos no contaminantes, es el principal contribuyente del gas natural, ya que más del 90% de este combustible es metano. Esta puede variar de acuerdo con el tipo de material orgánico utilizado en la carga del biodigestor y con el tiempo que se utilice en el proceso de digestión.

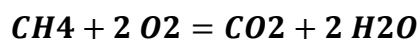
La proporción típica de los componentes del biogás a partir del estiércol es la siguiente:

**Tabla 3 .
Composición química del biogás expresado en %.**

COMPONENTES	FORMULA QUIMICA	PORCENTAJE %
Metano	CH ₄	60-70
Dióxido de carbono	CO ₂	30-40
Hidrogeno	H ₂	Hasta 1.0
Sulfuro de hidrogeno	-	Hasta 1.0
Nitrógeno	N ₂	0.5-3
Monóxido de carbono	CO	0.1
Oxigeno	O ₂	0.1
Acido sufridito	H ₂ S	0.1

Fuente: Laguna T. (2011) *Gran Enciclopedia Aragonesa*. Obtenido de La geografía de urbana de Albarracin.

Al momento de la combustión del biogás con la mezcla de oxígeno este va generando dióxido de carbono y vapor de agua como se puede observar en la siguiente formula:



1.15 Biomasa o sustrato

La biomasa es aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los residuos y desechos orgánicos, susceptible de ser aprovechada energéticamente. Las plantas transforman la energía radiante del sol en energía química a través de la fotosíntesis, y parte de esta energía queda almacenada en forma de materia orgánica García Garrido S. (2009-2012).

En general cualquier sustrato puede ser utilizado como biomasa en cuanto contengan carbohidratos, proteínas, grasas, celulosa y hemicelulosa como componentes principales. Toala M. E.E. (2013).

Para seleccionar la biomasa se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- El contenido de sustancias orgánicas debe ser el apropiado para el tipo de fermentación elegido, acetogénica: es la segunda etapa del proceso, controlada por bacterias, que consiste en la transformación de los compuestos formados en la primera etapa en otros compuestos de peso molecular intermedio; como dióxido de carbono, hidrógeno, ácidos y alcoholes alifáticos, metilamina, amoníaco y sulfhídrico. Toala M. E.E. (2013).

Tabla 4.
Tipos de residuos o biomasa.

RECURSOS DE BIOMASA	TIPO DE RESIDUO	CARACTERISTICAS FÍSICAS
Residuos Forestales	Restos de aserradero: corteza, aserrín, astillas. Restos de ebanistería: aserrín, trozos, astillas Restos de plantaciones: ramas, corteza, raíces. Cascaras y pulpa de frutas y vegetales.	Polvo, humedad relativa (HR)>50% Polvo solido (HR) 30-45% Sólido, (HR)> 55% Sólido, alto contenido humedad.
Residuos agropecuarios	Cascara y polvo de granos secos (arroz, café) Estiércol Residuos de cosecha: Tallos y hojas, cascaras, maleza, pastura.	Polvo, HR<25% Solidos alto contenido humedad. Solido HR >55%
Residuos urbanos	Aguas, Desechos domésticos orgánicos (cascaras de vegetales) Basura orgánica (madera).	Líquido Sólido, alto contenido humedad Sólido, alto contenido humedad.

Fuente: Velázquez E. (2009). Curso – biomasa – energías - renovables/biomasa – características – clasificación – estado – físico.

CAPITULO II

2 BIODIGESTOR PROTOTIPO

2.1 Aspectos técnicos de construcción del biodigestor anaeróbico.

Para poder definir el diseño y construcción del biodigestor anaeróbico, se tomó como punto de inicio la realización del boceto para definir el prototipo del reactor, y considerando las características climatológicas de la región para su funcionalidad.

La construcción del biodigestor consistía de dos reactores (turriles metálicos pre fabricados) de 200 litros, que funcionaban con estiércol de ganado bovino, porcino, y un almacenador de biogás como base contenedor de agua como aislante cerrado (un turril metálico adaptado de 200 L con un tacho de PVC de 100 litros a la inversa). La instalación del ducto de gas se utilizó mangueras PVC con cubiertas con tubo corrugado para evitar la posible deformación y obstrucción del biogás. Para evitar el retorno del biogás, se adaptó una válvula bypass entre reactores y el almacenador del biogás. (Figura 5).

Al logro del objetivo del experimento, posteriormente se firmó una carta de convenio entre la carrera de Ingeniería Industrial y la Universidad Wisconsin-Madison, para diseñar un biodigestor piloto que se adopte a las condiciones de la región amazónica y obtener datos con fines investigativos e intercambio de esta tecnología.



Figura 5. *Biodigestor Anaeróbico prototipo inicial*
Prototipo inicial (Elaboración propia).

El diseño iniciado con la universidad Wisconsin-Madison tomó en cuenta los siguientes aspectos:

- a) El biodigestor tomó como base el prototipo ya antes realizado. Conociendo el volumen determinado del reactor, como también los parámetros que influyen en el proceso de digestión anaerobia en la producción de biogás; se construye el prototipo en predios de la Planta piloto de Procesos Industriales de la Universidad Amazónica de Pando.
- b) la implementación del biodigestor anaeróbico tomó en cuenta los materiales a utilizar al igual que sus costos, selección del lugar, la ubicación e instalación del ducto para el transporte y su utilización del biogás en una cocina para determinar el tiempo de duración de la quema.



Figura 6. Localización del Reactor

Fuente: Google Earth. La localización del lugar en Planta Piloto de Procesos Industriales de la Universidad Amazónica de Pando. (Elaboración propia).

2.2 Diseño del biodigestor.

2.2.1 Parámetros principales del proceso de digestión.

Los parámetros principales que se tomaron en cuenta para el proceso de digestión anaeróbico según los investigadores de la Universidad de Wisconsin-Madison son: una temperatura interna mayor o igual a 25 °C, ausencia total de Oxígeno dentro del reactor.

2.2.2 Calculo volumen del tanque del biodigestor.

En este punto nos limitamos a la disponibilidad de recipientes o tanques disponibles para el reactor el cual se decidió por un tanque cilíndrico de polietileno FORTLEV con capacidad de 2500 L.



Figura 7. *Tanque polietileno para la instalación del reactor.*
(Elaboración propia).

Para el dimensionamiento del Tanque se utilizaron las siguientes fórmulas para el cálculo del volumen teórico que tendrá el biodigestor, tanto en contenido gaseoso como líquido.

2.2.2.1 *Volumen liquido:*

$$V \text{ liquido (L)} = 2/3 * V \text{ total (L)}$$

$$V \text{ liquido (L)} = 2/3 * 2500 \text{ L}$$

$$V \text{ liquido (L)} = 1667 \text{ L} = 1700 \text{ L}$$

2.2.2.2 *Volumen de almacenamiento del gas:*

$$V \text{ gaseoso (L)} = 1/3 * V \text{ total (L)}$$

$$V \text{ gaseoso (L)} = 1/3 * 2500 \text{ L}$$

$$V \text{ gaseoso (L)} = 833 \text{ L} = 800 \text{ L}$$

2.2.2.3 *Volumen total del biodigestor:*

$$V \text{ total (L)} = V \text{ gaseoso (L)} + V \text{ liquido (L)}$$

$$1700 \text{ L} + 800 \text{ L}$$

$$V \text{ total (L)} = 2500 \text{ L}$$

2.2.2.4 *Volumen de carga.*

Para la producción de biogás el tiempo de retención según las condiciones climáticas de la zona, y el resultado de la práctica del biodigestor prototipo son de 25 días a partir de este dato consideramos un tiempo de alimentación.

$$V \text{ carga} = \frac{V \text{ liquido}}{T \text{ Retencion}}$$

$$V \text{ carga} = \frac{1700 \text{ (L)}}{25 \text{ días}}$$

$$V \text{ carga} = 68 \frac{\text{L}}{\text{Dia}}$$

$$V \text{ carga} = 70 \text{ litros/día}$$

2.3 Prototipo.

Los siguientes materiales fueron utilizados para la construcción del biodigestor prototipo en los predios de la Universidad Amazónica de Pando atrás de la Planta Piloto de Procesos Industriales.

Tabla 5.
Materiales utilizados en el prototipo.

Nº	Descripción	Unidad	Cantidad
1	Tanque de polietileno de 2500 litros	C/U	1
2	Tanque de polietileno de 100 litros	C/U	1
3	Tapa metálica pre-fabricada	C/U	1
4	Cocina de un quemador	C/U	1
5	Llave de paso de ½ pulgada	C/U	4
6	Llave de paso de 2 ½ pulgadas	C/U	2
7	Manguera plástica (PVC) del diámetro interno de 12.5m m (la longitud depende de la distancia).	Mts.	2
8	Abrazaderas de ½ pulgada	C/U	5
9	Tubo de PVC ½ pulgada	C/U	8
10	Adaptador Flange ½ pulgada (sopapa)	C/U	4
11	Adaptador Flange 2 ½ pulgadas (sopapa)	C/U	3
12	Acople ½ pulgada	C/U	5
13	Codos ½ pulgada	C/U	15
14	Unión universal ½ pulgada	C/U	5
15	Codo de PVC de diámetro interno de 12.5mm	C/U	2
16	Cinta Teflón	C/U	5
17	Silicona	C/U	3

Con base a datos primarios del prototipo/diseño (Elaboración propia)

Para el control de los variables se utilizaron los siguientes equipos: **ver tabla 6.**

Tabla 6.
Equipos utilizados en el Proyecto.

N°	Descripción	Cantidad
1	Sensor: medidor de Temperatura Ambiente de bulbo (Thermaworks)	1
2	Sensor: medidor de temperatura de dos agujas (Thermadata Logger)	3
3	Gasómetro: Medidor de gas en pies ³ (marca ELSTER de origen Americano)	1
4	Sensor: medidor de metano (CH ₄) en % (GX-2012)	1
5	Medidor de PH (pH metro para el campo)	1
6	Sensor: medidor de temperatura Sumergible (LogTag)	2

Descripción de las características de los equipos (Elaboración Propia)

Nota: Para más detalle ver Anexo 1. Equipos utilizados en el biodigestor prototipo.

2.4 Construcción del reactor.

La construcción del reactor se realizaron en el tanque de polietileno FORTLEV como se menciona anteriormente en la **Figura 9 (Tanque reactor)** las dimensiones del tanque son, de altura 212 cm, diametro 180 cm, capacidad de 2500 litros.

En la parte superior del tanque se instaló un adaptador flange de 2 ½ pulgadas para el ingreso de materia prima y tres adaptadores acople flange de ½ pulgadas de los cuales dos es el ingreso de las agujas de los sensores de temperatura interna del biodigestor y el tercer acople es la salida del biogás. En la parte lateral del tanque se instaló tres acoples adaptadores flange de 2 ½ pulgadas para la salida del sustrato efluente. ver Figura 8.



Figura 8. *Instalación del Biodigestor Prototipo.*
Instalación del reactor (Elaboración Propia)

2.4.1 Instalación de la línea de Biogás.

La conducción del biogás hacia el sitio de consumo se realizó con tubos PVC de ½ pulgadas y uniones de PVC de la misma medida. La línea de biogás fue llevada por la superficie a una altura aproximada de 1 m de alto sujetado con postes de madera.

2.4.2 Trampa de agua.

La trampa de agua se encuentra ubicada en medio de la línea de biogás que une el reactor y el almacenamiento de biogás. Para la construcción se utilizaron tubos PVC de ½ pulgada con medidas de 50x50x50 cm, codos y una t de ½ pulgada. Un desagüe de tubo PVC con una longitud de 30 cm, con una llave de paso para drenar el agua y evitar el ingreso de oxígeno.



Figura 9. *Trampa de agua.*
Dispositivo para la acumulación de agua (Elaboración propia)

2.4.3 Almacenamiento de biogás.

Debido a la producción constante del biogás en el reactor, la quema del gas se realiza durante ciertas horas al día, se instaló un almacenador de gas en las proximidades del lugar de combustión de biogás. El sistema para almacenar biogás consiste en un turril metálico de 200 L, un tacho de polietileno de 100 L de capacidad, guidores metálicos, dos adaptadores flange de ½ pulgadas con tubos PVC de los cuales son ingreso y salida del biogás. (Figura 10).



Figura 10. Almacenador de Biogás.

Almacenador de biogás con las características. (Elaboración propia)

2.4.4 Filtro de viruta.

Este mecanismo sirve para capturar el ácido sulfhídrico y minimizar la potencial corrosión que pueda causar en dispositivos metálicos. Para la filtración del ácido sulfhídrico, se instala un niple PVC de 2 ½ pulgadas con dos uniones PVC de 2 ½ pulgadas de diámetro con reductores a ½ pulgadas para el ingreso, y se le adapta un tapón de PVC con el mismo diámetro, adaptando un niple de cobre para la salida del gas. Este tubo se llena con una esponjilla de brillo, la cual captura el ácido sulfhídrico (H₂S), eliminando su poder corrosivo. (Figura 11).



Figura 11. *Filtro de Viruta.*

Filtro anticorrosivo antes de la combustión de biogás. (Elaboración propia).

2.4.5 Tanque de descarga de efluentes.

La construcción del tanque almacenador de efluentes se instaló en un tanque de polietileno FORTLEV las dimensiones del tanque son:

Altura: 121 cm

Diámetro: 180 cm

Capacidad: 2500 L

Se instaló dos adaptadores flange de 2 ½ pulgadas con tubos de la misma medida, dos pasos de llave de 2 ½ pulgadas, de los cuales la salida superior se instaló para controlar el nivel de carga del reactor para que la descarga sea por rebalse y el de la parte inferior para descarga total de los efluentes en caso de mantenimiento.



Figura 12. *Tanque Almacenador de Efluentes*
Instalación de los tanques (Elaboración propia).

2.4.6 Lay Out del prototipo.

El prototipo tiene la siguiente distribución en la ubicación ya antes mencionada.

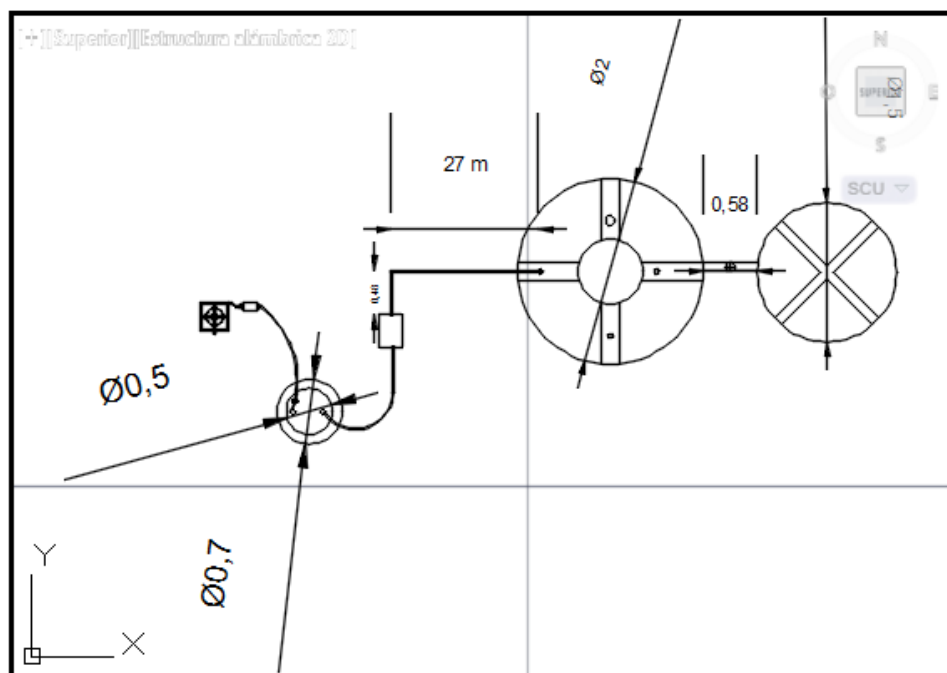


Figura 13. *Biodigestor Prototipo.*

Distribución del biodigestor prototipo.(Elaboracion propia AutoCad 2015)

2.5 Datos obtenidos del biodigestor prototipo.

Los equipos para la obtención de datos de la presente investigación fueron dotados por los Investigadores de la Universidad de Wisconsin.

A continuación se hace descripción del comportamiento de las siguientes variables. Temperatura interna del biodigestor ($^{\circ}\text{C}$), temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$), pH, producción de biogás (m^3), Contenido del metano en el Biogás (%) determinadas en el montaje real. El biodigestor es llenado con 70 kg de mezcla (agua – estiércol vacuno), se monitorea durante 90 días donde registran los siguientes datos.

2.5.1 Datos de carga del biodigestor.

El biodigestor cuenta con un volumen inicial de 1700 L de mezcla (agua – estiércol), después es alimentado con 70 kg de mezcla en forma diaria.

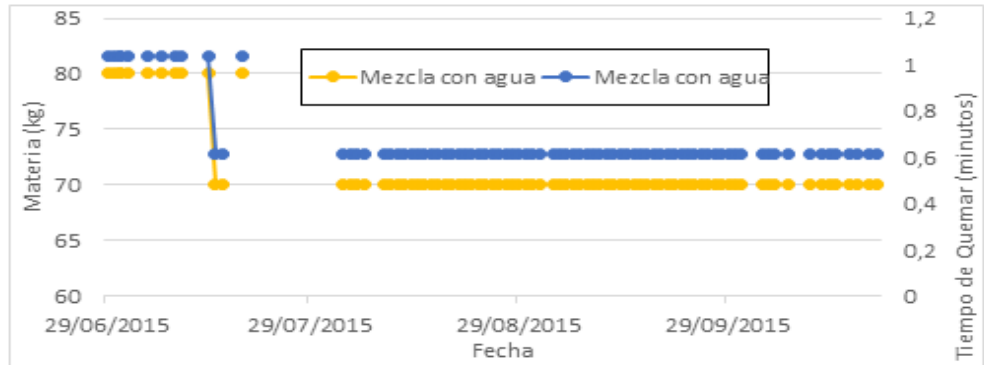


Figura 14. Datos de carga de materia prima.

Como se observa en la Figura 14 la discontinuidad de los puntos nos dice que no se alimentó al reactor en dicha fecha esto debido a problemas logísticos de transporte para la recolección de materia prima.

2.5.2 Datos de Temperatura.

Se realizó la toma de datos de temperatura en 90 días, con un intervalo de dos horas iniciando a las 06:00 am.

2.5.3 Temperatura ambiente.

Los datos de temperatura ambiente fueron obtenidos mediante un termómetro digital de bulbo (Thermaworks) ver Anexo 1. Como se puede observar en la Figura 15. La temperatura máxima registrada es de 35 °C, mínima de 21 °C y una media de 28 °C.

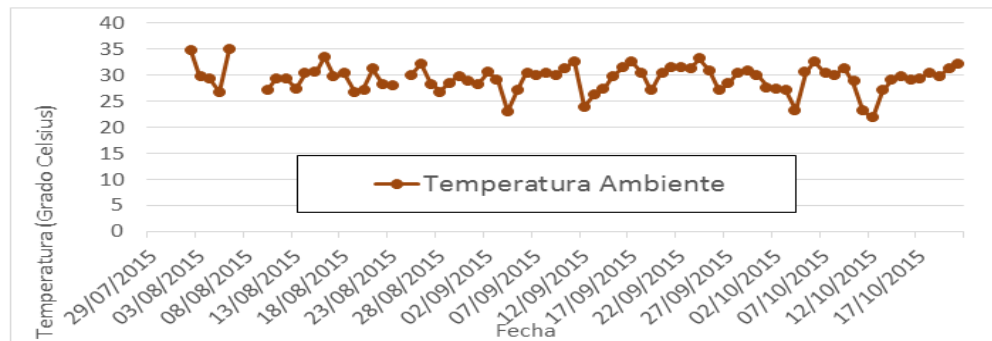


Figura 15. Datos temperatura ambiente.

2.5.4 Datos de temperatura interna del biodigestor.

A continuación se presentan los datos de la temperatura interna del biodigestor obtenidos por un sensor de temperatura Thermadata logger de dos agujas ver anexo 3.

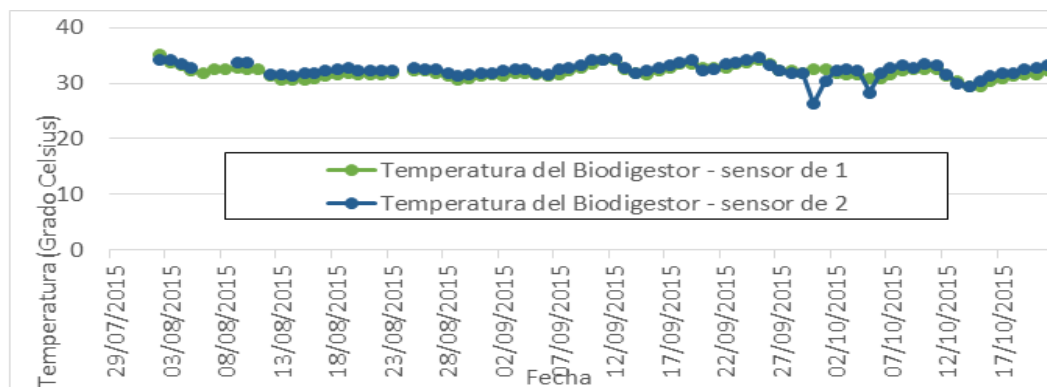


Figura 16. Datos de Temperatura Interna del Reactor.

Los datos de temperatura interna del reactor máxima, mínima y promedio se interpretan a continuación. Tabla 7

Tabla 7.
Temperatura Interna del Reactor.

	T Max (°C)	T Min (°C)	Promedio
Sensor 1	35.10	29.28	32.19 °C
Sensor 2	34.52	29.30	31.91 °C

Datos obtenidos en el campo (Elaboración Propia)

A pesar de los cambios de temperatura ambiente como se observa en la figura 15. Con un promedio de 28°C. La temperatura interna del biodigestor es casi constante con 32°C, el cual es ideal para la degradación de materia prima y producción de biogás.

2.5.5 Datos del biogás.

2.5.5.1 Producción de biogás.

Para la toma de datos se utilizó un gasómetro marca ELSTER cuya unidad de medida es ($\text{pie}^3 \times 100$), entre el reactor y el almacenamiento, se instaló 18 días después de la instalación del biodigestor, una vez comprobado la existencia de metano.

2.5.5.2 Tiempo de quema del biogás.

El biogás producido por el biodigestor se utilizó en una cocina de un quemador especialmente para uso de biogás modificado por los Investigadores de la universidad de Wisconsin. La toma de datos se realizó con el mismo intervalo de tiempo que se menciona en la temperatura.

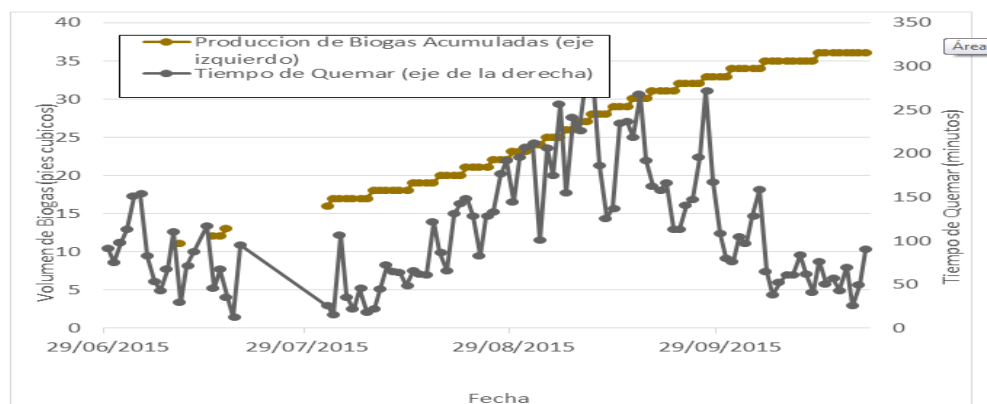


Figura 17. Tiempo de quema de biogás.

El tiempo de quema del biogás fue tomado en minutos, existe una ausencia o bajón de biogás en fecha 17/07/15 donde se tuvo una falla en el sistema debido a un taponamiento en la salida del biogás, ocasionando daños en el reactor con fugas e ingreso de oxígeno, el cual se tuvo inmediata solución realizando un mantenimiento correctivo sellando el reactor y limpiando la línea de biogás, retomando la producción de biogás en fecha 1/08/15.

2.5.5.3 Porcentaje % de metano (CH_4) en el biogás.

Los datos obtenidos del porcentaje de metano en el biogás producido por el reactor fueron medidos con un sensor de gases GX-2012 para más detalle ver anexo 1 (equipos utilizados en el biodigestor prototipo), y registrados en la planilla. Ver anexo 3

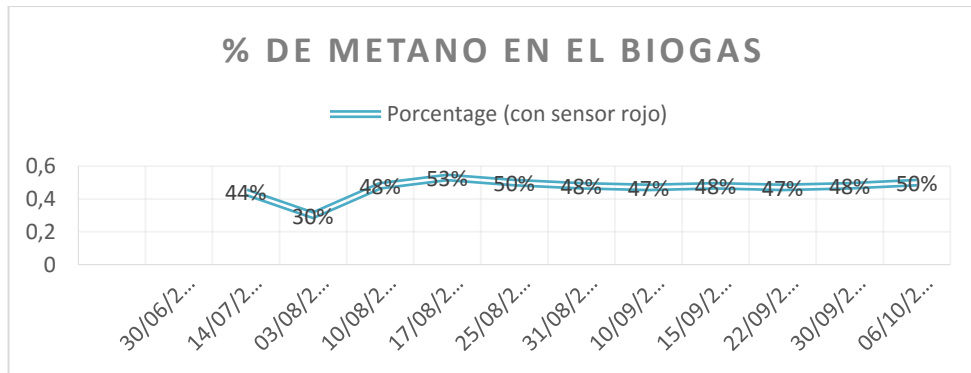


Figura 18. *Porcentaje de Metano en el Biogás.*

De los datos obtenidos en porcentaje de biogás dentro del reactor se tiene un promedio de 47% de metano CH₄, El bajo porcentaje de biogás que se ve en la figura 18 de 30% se debe a la falta de carga de materia prima en el reactor por problemas logísticos de transporten para la recolección de materia prima.

CAPITULO III

3 PUESTA EN MARCHA DEL BIODIGESTOR A ESCALA PILOTO

Con los datos obtenidos de la implementación del biodigestor prototipo en el capítulo II, se procedió a la puesta en marcha de un biodigestor piloto en una hacienda ganadera del municipio de cobija.

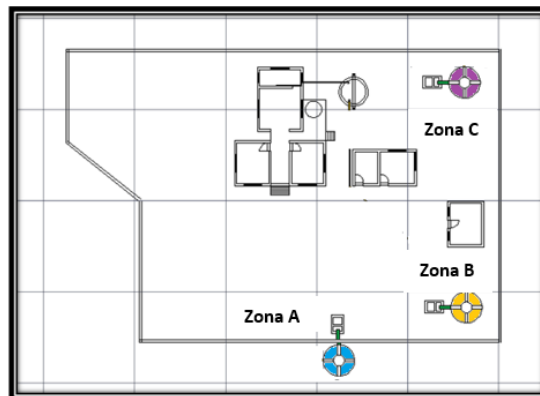
3.1 Localización.

3.1.1 Micro localización.

Para la elección se aplicó este método que se le asigna un valor a cada una de las características de la micro localización, evaluando estas particularidades de la Hacienda que se tomó en cuenta para la construcción biodigestor, la cual tenga mayor puntuación es el lugar elegido donde se instala el dicho reactor.

- Distancia entre la cocina y el almacenador.
- Distancia entre el corral y el biodigestor.
- Distancia al acceso del agua.
- La no obstrucción del paso de los ganados vacuno por el reactor.
- Accesibilidad y operación regular del operario.

Las decisiones atinentes del lugar son del orden estratégico, y por lo tanto compromete la determinación coherente que éstas son cruciales con costos y operación para su funcionamiento regular. Las alternativas son revisadas bajo las condiciones de servicios básicos, mano de obra, fuentes de materia prima, agua y acceso etc.



A continuación se presenta una tabla para la puntuación de los factores considerandos en la micro localización.

Tabla 8. Micro localización.

FACTOR	PESO	MICRO LOCALIZACION					
		ZONA A		ZONA B		ZONA C	
		Calif.	Pond.	Calif.	Pond.	Calif.	Pond.
Distancia entre la cocina y el almacenador.	0,15	8	1,2	8	1,2	8	1,2
Distancia entre corral y el biodigestor.	0,35	1	0,35	8	2,8	10	3,5
Distancia al acceso del agua.	0,2	5	1	5	1	1	0,2
La no obstrucción del paso de los ganados vacuno por el reactor.	0,15	7	1,05	8	1,2	1	0,15
Accesibilidad y operación regular del operario.	0,15	7	1,05	8	1,2	3	0,45
TOTALES	1		4,65		7,4		5,5

Micro localización (Elaboración propia).

La tabla 8 nos muestra los factores que influyen en la toma de decisiones del lugar apropiado en la Hacienda, teniendo como resultado la **Zona B** como mejor opción con una puntuación de **7.4**. Ver Figura 20.

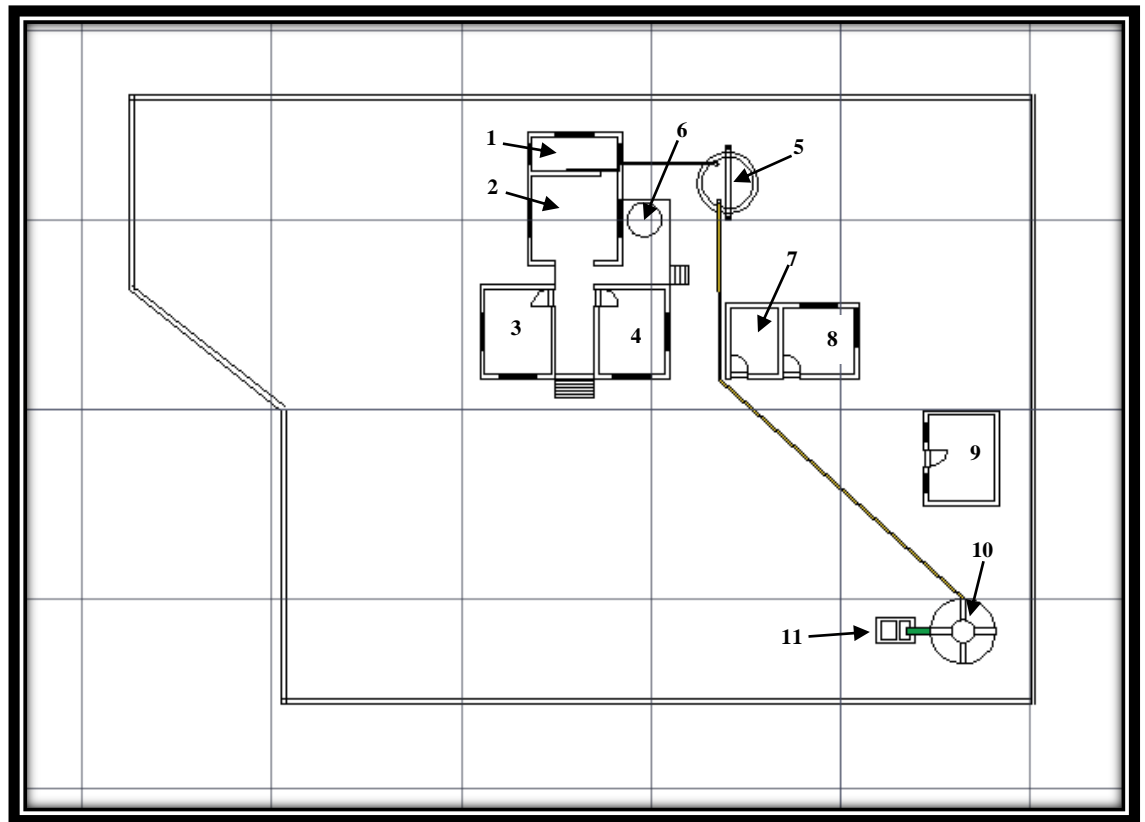


Figura 19. Lay Out de la ubicación del biodigestor. Zona B.

Nota: (1) cocina, (2) comedor, (3) dormitorio 1, (4) dormitorio 2, (5) tanque de almacenamiento de Biogás, (6) tanque de agua, (7) almacén de medicamentos, (8) almacén de alimento balanceado, (9) almacén de herramientas, (10) tanque reactor, (11) Tanque almacenador de efluentes.

3.2 Situación actual de la hacienda santa lucia.

3.3 Hacienda Santa lucia.

“Hacienda Santa Lucia” se encuentra a 12 km de la ciudad de cobija, sobre la carretera a Mukden, con una extensión total de 40 hectáreas, actualmente la propiedad pertenece al Lic. Jaime Gary Zarco Bravo, su principal actividad es la ganadería y cuenta con: 1 yegua y 47 cabezas de ganado, los cuales se distribuyen de la siguiente manera: 39 vacas lecheras, 2 vaquillas, 1 toro, 5 terneros.

Ubicación geográfica de la Hacienda Santa Lucia

Latitud	11°01'36" S
Longitud	68°46'09" O
Elevación	200 msnm



Figura 20. *Ubicación satelital de la Hacienda Santa Lucia.
Ubicación de la Hacienda Santa Lucia Google Earth (Elaboración propia)*

3.4 Materia prima en la hacienda Santa Lucia.

3.4.1 Materia prima disponible.

Para determinar la materia prima disponible se tomara en cuenta una población de 40 cabezas de ganado bovino.

3.4.2 Tamaño de muestra.

Para el análisis se utilizó la fórmula de tamaño de muestra de poblaciones finitas que nos dice:

$$n = \frac{N * Z^2 p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

N = Total de la población (40 cabezas de ganado bovino)

Z = 2.576 al cuadrado (la seguridad es del 99%)

P = proporción esperada (1% = 0.01)

q = 1 – p (en este caso 1 – 0.01 = 0.99)

d = precisión (5%)

Resolviendo la ecuación se tendrá:

$$n = \frac{40 * 2.576^2 * 0.01 * 0.99}{0.05^2 * (40 - 1) + 2.576^2 * 0.01 * 0.05}$$

$$n = \frac{2.628}{0.426}$$

$$n = 6.16$$

$$\mathbf{n = 6}$$

Con la ecuación obtenida una muestra representativa de una población de ganado bovino.

Modo de la extracción de la muestra es (6) de una población de (40) (cabezas de ganado bovino), se realizó mediante el método de muestreo aleatorio simple el cual se caracteriza por cada elemento de la población tiene la misma probabilidad de ser elegido, si se tiene una lista de los elementos de la población.

La Hacienda Santa Lucia cuenta con un registro de la población de ganado bovino a ser estudiada, y tiene identificada cada elemento, por el cual se adopta el método de muestreo aleatorio, de los 40 bolillos de los cuales se tomaron 6 bolillos aleatoriamente.

Se realizó una prueba piloto con la misma cantidad de muestra para ver posibles errores que puedan acontecer, a la hora de la toma de datos. Cabe resaltar que la muestra usada en la prueba piloto queda descartada.

3.4.2.1 Cuantificación del estiércol en la hacienda santa lucia

- Prueba piloto.

La prueba piloto se realizó para identificar y eliminar problemas que se presenten al momento de la toma de datos. Como ser el método y herramienta para la recolección del estiércol, una muestra limpia y sin impurezas.

Tabla 9.
Cuantificación del estiércol en prueba piloto.

Muestra	Peso Kg	Cantidad promedio
1	4,8	
2	5,475	
3	3,5	
4	3,89	3,49
5	2,1	
6	1,2	

- Datos de materia prima disponible.

Tabla 10.
Cantidad promedio de estiércol.

Muestra	Peso Kg	Cantidad promedio
1	3,745	
2	1,86	
3	2,525	
4	2,855	3,00
5	3,785	
6	3,2	

En el corral de la hacienda santa lucia se genera un promedio de 3 kg por cabeza de ganado, multiplicando por las 40 cabezas de ganado que hay en la hacienda tendremos un total de 120 kg/día.

3.5 Diseño del biodigestor.

3.5.1 Calculo del volumen del biodigestor.

Se utilizarán las siguientes fórmulas para el cálculo del volumen teórico del biodigestor en contenido líquido y gaseoso.

3.5.1.1 Volumen liquido:

$$V \text{ liquido (m}^3\text{)} = 0.75 * V \text{ total (m}^3\text{)}$$

$$V \text{ liquido (m}^3\text{)} = 0.75 * 5000 \text{ m}^3$$

$$V \text{ liquido (m}^3\text{)} = 3750 \text{ m}^3$$

3.5.1.2 Volumen del gas:

$$V \text{ gaseoso (m}^3\text{)} = 0.25 * V \text{ total (m}^3\text{)}$$

$$V \text{ gaseoso (m}^3\text{)} = 0.25 * 5000 \text{ m}^3$$

$$V \text{ gaseoso (m}^3\text{)} = 1250 \text{ m}^3$$

3.5.1.3 Volumen total del biodigestor:

$$V \text{ total (m}^3\text{)} = V \text{ gaseoso (m}^3\text{)} + V \text{ liquido (m}^3\text{)}$$

$$V \text{ total (m}^3\text{)} = 3750 \text{ (m}^3\text{)} + 1250 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V \text{ total (m}^3\text{)} = 5000 \text{ m}^3$$

3.5.2 Calculo del volumen del biogás.

Según los datos obtenidos en el Capítulo III (aspectos técnicos para la construcción del biodigestor). La producción de biogás es de 0.71 m³ por cada 1 kg de estiércol fresco de ganado.

3.5.3 Volumen de carga.

Para la producción de biogás el tiempo de retención según las condiciones climáticas de la zona, y el resultado de la práctica del biodigestor prototipo son de 25 días a partir de este dato consideramos un tiempo de alimentación de 25 días.

$$V_{c25 \text{ dias}} = 125 \frac{L}{\text{dia}} * N^{\circ} \text{ de dias}$$

$$V_{c25 \text{ dias}} = 125 \frac{L}{\text{dia}} * 25 \text{ dias}$$

$$V_{c25 \text{ dias}} = 3125 \text{ litros}$$

Adicionalmente incluimos al volumen de carga las siguientes consideraciones:

Factor de seguridad **Fs = 5%**

Volumen de la parte gaseosa que corresponde a **Vg = 25%**

De esta manera tenemos el volumen total del biodigestor con una carga del sustrato de 25 días.

$$V_{td} = V_{\text{cada 25 días}} * 1 + (Fs + Vg)$$

Dónde:

V_{td} = volumen total del digestor

V_{c25 días} = volumen de carga a los 25 días

Fs = factor de seguridad

Vg = volumen de la parte gaseosa.

Resolviendo la ecuación tenemos:

$$V_{td} = V_{\text{cada 25 días}} * 1 + (Fs + Vg)$$

$$V_{td} = 3125 \text{ L} * 1 + (0.05 + 0.25)$$

$$V_{td} = 3125 \text{ L} * 1.30$$

$$V_{td} = 4063 \text{ L} = 4.063 \text{ m}^3$$

3.5.4 Dimensionamiento del tanque.

Para diseñar el tanque biodigestor partimos del volumen total obtenido igual a **4.063 m³**. Considerando un diámetro de 1.75 m para el tanque cilíndrico, y utilizaremos la siguiente fórmula.

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

Dónde:

V_{td} = volumen del tanque biodigestor.

π = valor de pi

r = radio

h = altura

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

$$4.063 \text{ m}^3 = \pi * 0.875^2 * h$$

Despejando:

$$h = \frac{4.063 \text{ m}^3}{\pi * (0.875 \text{ m})^2}$$

$$h = 1.68 \text{ Mts.}$$

En los requerimientos del reactor se tiene calculados los datos mínimos de su dimensión total con que debería contar el tanque. Estos pueden ser de mayor tamaño, pero no menor.

3.6 Construcción del biodigestor piloto.

Para la construcción del biodigestor a escala piloto se garantiza:

- Producción de biogás, en la hacienda Santa Lucia, de acuerdo a las características más óptimas obtenidas en el micro localización.

Se considera parámetros necesarios del diseño general del biodigestor, como:

- a) tiempo retención necesaria para la degradación de la materia orgánica dentro de la cámara de digestión,
- b) se toma en cuenta cada una de las partes que lo componen y las condiciones de la zona.

3.6.1 Materiales y herramientas.

Los materiales usados para la construcción del biodigestor a escala piloto se describen a detalle en la **Tabla 11**.

Tabla 11.
Materiales para la construcción del biodigestor piloto.

N°	DESCRIPCION	Unidad	Cantidad
1	Tanque de polietileno de 5000 litros	C/U	1
2	Tanque de polietileno de 500 litros	C/U	1
3	Tapa metálica pre-fabricada	C/U	1
4	Cocina de dos quemadores	C/U	1
5	Llave de paso de ½ pulgada	C/U	4
6	Llave de paso de 2 ½ pulgadas	C/U	2
7	Manguera plástica (PVC) del diámetro interno de 12.5m m (la longitud depende de la distancia).	Mts.	2
8	Abrazaderas de ½ pulgada	C/U	5
9	Tubo de PVC ½ pulgada	C/U	8
10	Adaptador Flange ½ pulgada	C/U	4
11	Adaptador Flange 2 ½ pulgadas	C/U	3
12	Acople ½ pulgada	C/U	5
13	Codos ½ pulgada	C/U	15
14	Unión universal ½ pulgada	C/U	5
15	Botella plástica transparente.	C/U	1
16	Codo del PVC de diámetro interno de 12.5m m.	C/U	2
17	Cinta Teflón	C/U	5
18	Silicona	C/U	3
19	Ladrillo de 6 huecos	C/U	500
20	Cemento.	C/U	4

En la Tabla 12. (Herramientas) se muestra un resumen de las herramientas utilizaran en la primera etapa de construcción del biodigestor.

Tabla 12.
Herramientas.

Nº	DESCRIPCION	Unidad	Cantidad
1	Taladro	C/U	1
2	Perforador circular de ½ pulgada	C/U	1
3	Perforador circular de 2 ½ pulgada	C/U	1
4	Cierra mecánica	C/U	1
5	Llave Stilson	C/U	1
6	Tarraja de ½ pulgada	C/U	1
7	Tarraja de 2 ½ pulgada	C/U	1
8	Flexo metro	C/U	1
9	Llave crecen	C/U	1
10	Desarmador estrella	C/U	1

Materiales utilizados en la construcción de biodigstor piloto. (Elaboración propia)

3.7 Montaje del biodigester a escala piloto.

Para el montaje de biodigester hay que tomar en cuenta los tubos PVC que estén bien sellados con cinta teflón o silicona líquida, para evitar fugas cuando produzca el biogás.

3.7.1 Reactor.

Basados en los resultados de dimensionamiento en altura y volumen, se puede encontrar en el mercado tanques de polietileno de 5000 L “FORTLEV” que se ajustan a las dimensiones.

Para el reactor se tomó en cuenta un tiempo de retención de 25 días calendario, con una carga programada de forma diaria de 80 L de sustrato.

El tanque consta de: tres adaptadores de 2 ½ pulgadas tipo flange (sopapa) para el ingreso y salida del sustrato, un adaptador tipo flange (sopapa) de ½ pulgadas para la tubería de conducción del biogás, una tubería de 2 pulgadas para el ingreso del sustrato, dos tuberías de 2 pulgadas para el desagüe del biol, y una tubería de ½ pulgadas para

la conducción del biogás con un paso de llave de $\frac{1}{2}$ y 2 pulgadas para los posteriores mantenimientos.

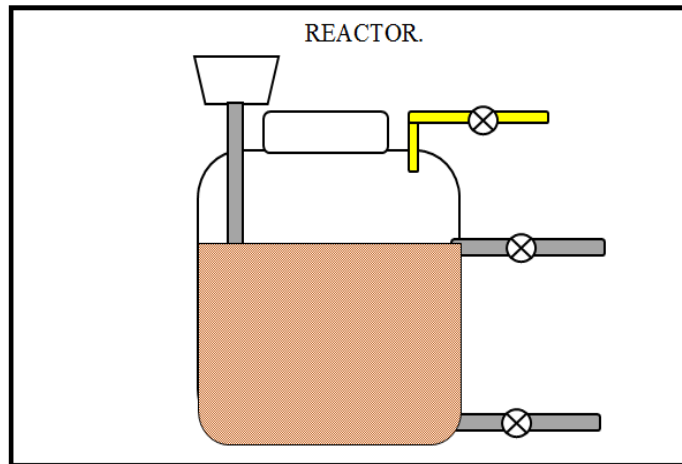
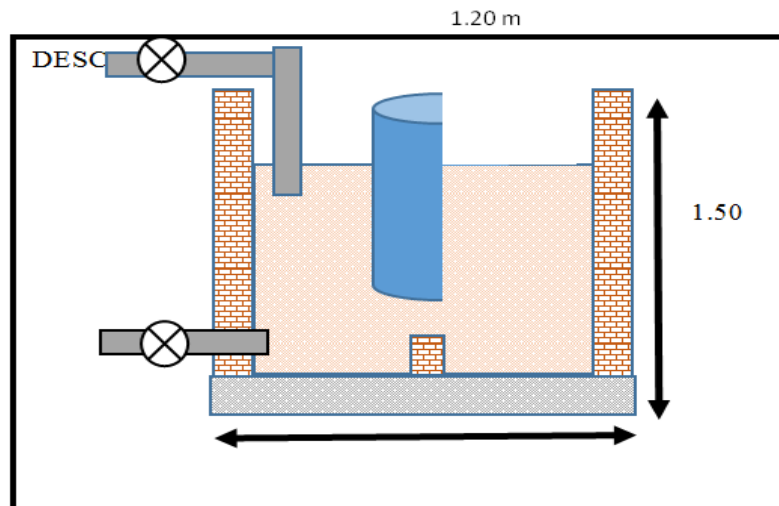


Figura 21. *Tanque reactor de 5000 L.*

3.7.2 Almacenador de efluentes.

Para la construcción del almacenador de efluentes, los materiales que se utilizaron son: ladrillo de 6 huecos, cemento, arena y un turril metálico de 200 L, para la separación de sólidos entre líquido.



47

Figura 22. *Tanque de descarga de efluentes.*

3.7.3 Almacenador de biogás.

Los materiales que se utilizaran para la construcción del almacenador son: ladrillo de 6 huecos, cemento, madera de 2m de largo y 4x4 de ancho, tanque de polietileno con capacidad de 500 L, dos adaptadores tipo flange (sopapa) de ½ pulgadas, tubo PVC de ½ pulgadas para conducir el biogás.

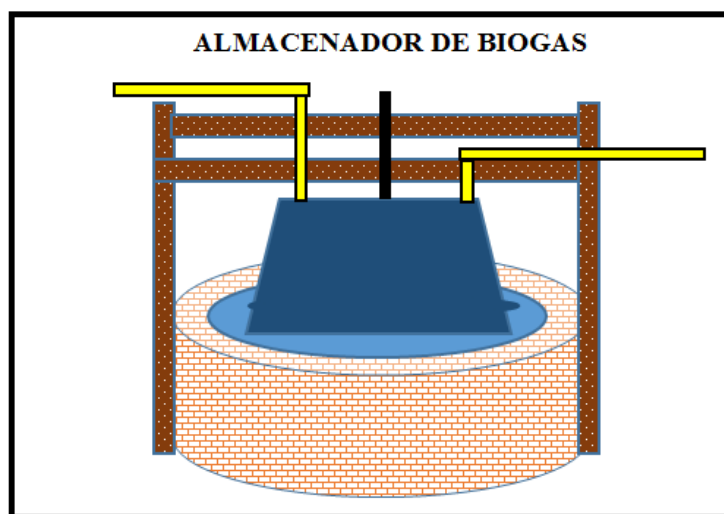


Figura 23. Almacenamiento de biogás.

Los materiales usados para la línea de biogás son: tubos PVC de ½ pulgadas de diámetro, llave de pasos de ½ pulgadas instaladas a la salida del reactor e ingreso del almacenamiento para facilitar el mantenimiento.

3.7.4 Trampa de agua.

Dado que la temperatura es un factor muy importante a la hora de producción de biogás, es muy común que este venga acompañado por vapor generado dentro del reactor.

Por ello será instalada una trampa de agua para evitar taponamiento por inundaciones del conducto. Para ello se utilizará una botella pet de 2 litros, tubo PVC de ½ pulgadas. Una unión universal y una T de ½ pulgadas que estará ubicado entre el reactor y almacenador.

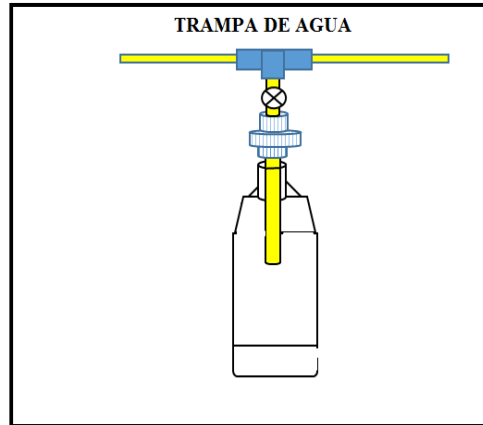


Figura 24. Trampa de Agua para la línea de gas.

3.7.5 Filtro de biogás.

El biogás producido en el biodigestor no es 100% metano (CH_4) este contiene otros gases como ser CO_2 en un 20% y ácido sulfhídrico H_2S en un 1% por el cual este necesita limpiarse a diferentes grados según sea su uso.

El gas es altamente corrosivo y puede reducir el tiempo de vida de la cocina. Por esta razón se plantea el uso de un filtro de viruta para eliminar el H_2S (ácido sulfhídrico) el cual es responsable de la corrosión.

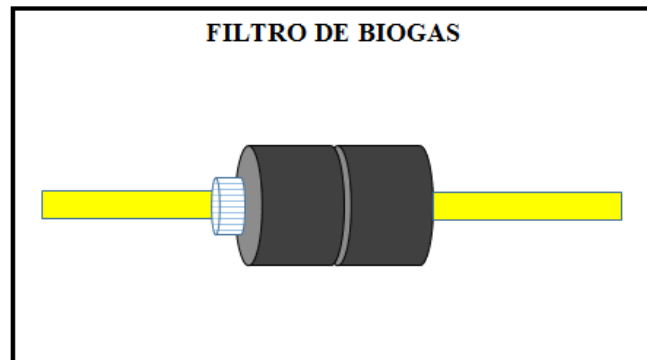


Figura 25. Filtro de Biogás.

3.7.6 Primera carga.

La primera carga debe realizarse llenando $\frac{2}{3}$ del reactor que es un total de 3750 L, para ello se utilizó 1875 kg de estiércol y 1875 L de agua. Debe encontrarse cerrada todas las salidas o cualquier orificio por donde pueda ingresar al reactor.

3.8 Balance de masa.

El balance de masa, puede definirse como una contabilidad de entradas y salidas de un sistema o un proceso. El metano es principal componente del biogás, como también en proporción el dióxido de carbono gas que le confiere las características combustibles, que puede ser utilizado, lo mismo que el biol.

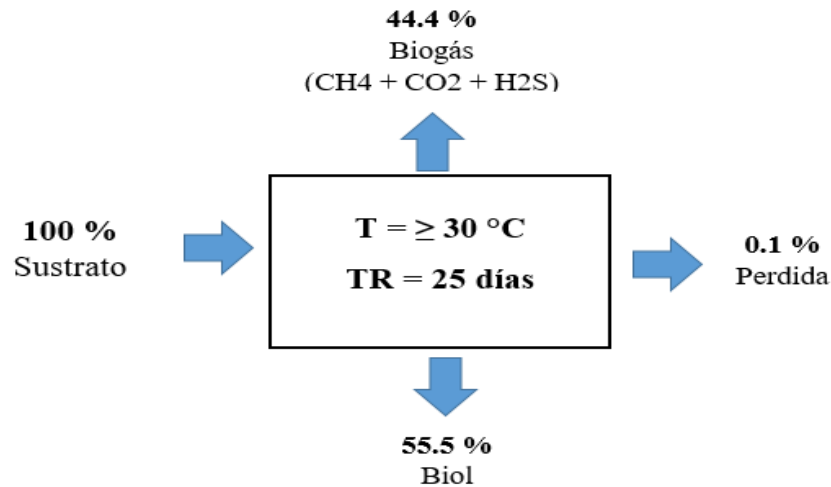


Figura 26. Balance Másico.

Fuente: Datos obtenidos de planillas de campo (Elaboración propia)

Nota: *Sustrato*: mezcla de estiércol y agua relación 1:1. *T*= temperatura interna del biodigestor, *TR*= tiempo de retención del sustrato en el biodigestor.

3.9 Operación y mantenimiento de un biodigestor.

El manejo es clave para el éxito de este sistema, muchos sistemas presentaron fallas por que los operarios no cuentan con soporte técnico, tiempo, el conocimiento necesario o el interés para mantener este sistema en funcionamiento. El propietario debe entender que un biodigestor requiere una carga diaria, regular atención y algo de tiempo. Un correcto funcionamiento requiere lo siguiente:

3.9.1 Soporte Técnico.

Existen componentes claves en el biodigestor, con los cuales el operador debe familiarizarse. Los encargados del proyecto deben enseñar al operador el correcto funcionamiento y como hacer un mantenimiento preventivo a todo el sistema con los

conocimientos completos sobre la seguridad industrial, para que estén preparados para reconocer problemas y como solucionarlos. Es importante recomendar que haya casos en los que es indispensable la asistencia de un técnico o experto en este tipo de sistemas.

3.9.2 Mantenimiento.

Los conocimientos generales incluyen la revisión, reparación y control del sistema, avería en las tuberías de línea de gas en lugares que sean accesibles, taponamientos. Estos servicios son realizados por los encargados del proyecto. Esto debe tomarse muy en cuenta a la hora de instalar el sistema.

3.9.3 Tiempo.

El biodigestor requiere un tiempo de dedicación entre 25 a 40 min diario, adicionalmente requiere un tiempo extra para un mantenimiento preventivo o reparación de alguna avería.

CAPITULO IV

4 ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1 Evaluación económica del biodigestor.

Ya establecidos todos los procesos, parámetros e indicadores en los que funciona el digestor, se realiza una evaluación económica del proyecto la cual nos permitirá analizar la inversión financiera que se utilizó para la implementación y el tiempo de recuperación de la inversión.

4.1.1 Inversión.

La inversión comprende los gastos incurridos en la implementación física del biodigestor, con un costo de Bs. 4082 y un costo de Bs. 9000 de mano de obra especializada para la construcción, y con un total de inversión de Bs. 13082

Tabla 13. Inversión.

N°	DESCRIPCIÓN	TOTAL
1	MATERIALES	4082
2	Mano de obra	9000
	TOTAL	13082

4.1.2 Costo por mantenimiento.

El mantenimiento del biodigestor debe realizar semestralmente en los meses: junio y diciembre. El costo total de mantenimiento es de 170 bs anual aproximadamente, teniendo un incremento del 2% anual que se tomara en cuenta en el flujo.

Tabla 14. Costo por mantenimiento.

COSTO DE MATENIMIENTO SEMESTRAL		
MESES	JUNIO	DICIEMBRE
Preventivo	1	2
Limpieza	30	30
Cambio de piezas	20	20
Refacción de tanque	35	35
Total anual		170

Tabla 15. Incremento anual del 9% del costo de mantenimiento.

Costos de Mantenimiento	170	170	170	170	170
Incremento del CM (2%) anual	170	173	177	180	184

Tabla 16. Costos de operaciones.

SALARIO MANO DE OBRA				
costos de operación	bs	días	horas	
salario mínimo + bono frontera	2400	26	8	
salario por día	92	1		
salario por hora	12		1	
salario mensual x 1 hora de trabajo día	300	26	26	
mas 50 bs para cualquier eventualidad	350			

El salario mensual del personal responsable del biodigestor es de 350 bs/mes.

Con los datos realizados se considera los costos para la implementación del biodigestor con un monto de 4200 bs. Al año aproximadamente, y con el incremento salarial de 5% anual para el operador.

Tabla 17. Costo de operación.

Costos de operación	4200	4200	4200	4200	4200
Incremento de CO (9%) anual	4200	4578	4990	5439	5929

4.1.3 Viabilidad del proyecto.

Una vez determinado los costos del proyecto, se realizó la comparación con los costos de implementación del biodigestor y se calculó el tiempo de retorno de la inversión (ROI), y se piden los costos reducidos en la hacienda de la implementación.

4.2 Reducción de costos.

Entre los principales costos reducidos dentro de la hacienda se encuentran la adquisición de GLP y leña para la cocción de sus alimentos.

4.2.1 Costo por compra de Gas Licuado de Petróleo (GLP)

La hacienda santa lucia actualmente tiene un consumo de 2 garrafas de GLP por mes, para la compra del GLP se tiene un costo de 22.5 bs, el encargado de la hacienda tiene que trasladarse en un taxi desde la hacienda hasta la ciudad de cobija con un costo de transporte de 50 bs y otros 50 bs para volver a la hacienda haciendo un total de 122.5, llevando estos datos a una vista anual se tiene: (ver **Tabla 16**)

Tabla 18. (Proyección anual para la compra de GLP)

N°	DESCRIPCIÓN	Cantidad de GLP x mes	P/U	meses de uso	total en Bs
1	costo del GLP	2	22.5	12	540
2	costo de transporte por dos garrafas al mes	200		12	2400
				TOTAL	2940

4.2.2 Costo por compra de leña.

La hacienda santa lucia eventual mente tiene como alternativa el uso de la leña por su fácil adquisición y por la escasas y dificultades que se tiene al momento de adquirir el GLP. La leña es obtenida por el encargado de la hacienda por contactos de la comunidad Nueva Esperanza, los costos que este tiene son de 60 bs por 1 m3 de leña, la cantidad que requiere la hacienda para un mes son de 5 m3, el costo único de transporte por 5 m3 de leña es de 80 bs. Proyectando estos datos a una vista anual se tiene: (ver **Tabla 19**)

Tabla 19. (Proyección anual para la compra de leña)

N°	BENEFICIOS POR LEÑA	Costo/m3	cantidad M3*mes	total	por año
1	Costo de la Leña	60	5	300	3600
2	costo de transporte	80	1	80	960
				Total	4500

Con los datos obtenidos se puede observar que la Hacienda Santa Lucia tuvo un gasto aproximado de 2940 bs/año en la compra de GLP o en otro caso 4500 bs/año en la compra de leña como combustible alternativo al GLP.

4.2.3 Costo por limpieza de corral.

La hacienda santa lucia invierte mensualmente 100 bs en la limpieza de su corral para evitar el acumulamiento y malos olores por el estiércol que se genera a diario. Ver Tabla 20.

Tabla 20. Costos de limpieza del corral.

COSTOS DE LIMPIEZA DE CANCHON												
MESES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic
Costo en Bs	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
TOTAL ANUAL												1200

4.3 Indicadores económicos.

4.3.1 Valor actual neto (VAN).

Valor actual neto (VAN), es la herramienta financiera más utilizada para determinar la viabilidad de un proyecto en comparación a otro, para ello es necesario colocar todos los gastos a realizar al igual que todos los beneficios obtenidos.

Tabla 21. Implementación y operación del biodigestor los primeros 5 años

AÑO	FLUJO DE CAJA					
	0	1	2	3	4	5
Costos de operación		4200	4578	4990	5439	5929
Depreciación		1.308	1.308	1.308	1.308	1.308
Costos de mantenimiento		170	173	177	180	184
COSTOS TOTALES		5678	6060	6475	6928	7421
BENEFICIOS						
Costo por compra de GLP		2940	2940	2940	2940	2940
costo por compra de Leña		4560	4560	4560	4560	4560
costo por limpieza de canchón		1200	1200	1200	1200	1200
total Beneficios		8700	8700	8700	8700	8700
UTILIDAD NETA		3022	2640	2225	1772	1279
Depreciación		1.308	1.308	1.308	1.308	1.308
valor residual en libros						6.541
Recuperación del capital de trabajo						4200
Inversión	-					
capital de trabajo	13.082					
	-4200					
FLUJO NETO	-17282	4330	3949	3533	3080	13328

En las Tabla 21. Se pueden observar los flujos para la implementación del biodigestor. Para hacer uso de la herramienta VAN es necesario determinar una tasa mínima de atractivita (TMA) de la siguiente manera:

$$\text{TMA} = \text{Tasa de inflación} + \text{premio al riesgo}$$

$$\text{TMA} = 3.5\% + 8.5\%$$

$$\text{TMA} = 12\%$$

Con la tasa de interés determinada. Se evaluara el VAN de los flujos del proyecto con una tasa de interés del 12%.

$$VAN = I_0 + \frac{F1}{(1+i)^1} + \frac{F2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{F5}{(1+i)^5}$$

Donde:

I_0 = inversión total en año 0

F1 = Flujo en año 1

i = tasa de interés del 12%

Remplazando en la ecuación tenemos:

$$VAN = -17282 + \frac{4330}{(1+0.12)^1} + \frac{3949}{(1+0.12)^2} + \dots + \frac{13328}{(1+0.12)^5}$$

$$VAN = 1767 > 0$$

Al ser el VAN mayor a cero podemos demostrar que el proyecto es factible a una tasa de interés del 12%.

4.3.2 Tasa interna de retorno (TIR)

La última herramienta financiera a utilizar es la tasa interna de retorno o TIR que permitirá comprender un aproximado de la tasa de intereses de rendimiento por este proyecto.

$$0 = I_0 + \frac{F1}{(1+TIR)^1} + \frac{F2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F5}{(1+TIR)^5}$$

Donde:

I_0 = inversión total en año 0

F1 = Flujo en año 1

TIR = Tasa Interna de Retorno

Remplazando en la ecuación tenemos:

$$0 = -17282 + \frac{4330}{(1+TIR)^1} + \frac{3949}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F5}{(1+TIR)^5}$$

$$TIR = 15.37\%$$

La Tasa Interna de Retorno (TIR) con base a la Tabla 6.1. Es 15.37%.

Esto nos quiere decir que si el proyecto llegara a ser financiado la tasa mínima que tendríamos que proponer sería de 15.37% con el cual el proyecto no genera riquezas ni tampoco presenta pérdida.

4.3.3 Periodo de recuperación de la inversión (PRI).

El PRI es un instrumento que nos permite medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo o inversión inicial.

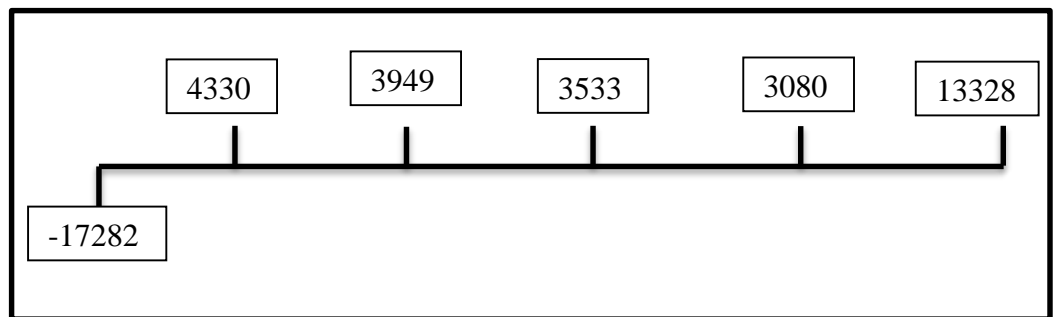


Figura 27. *Periodo de Recuperación de la Inversión.*

Como se puede observar el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) es en el Año 5

CAPITULO V

5 (EVALUACIÓN AMBIENTAL)

5.1 Los efectos de estiércol de vaca en el medio ambiente

Estiércol de vaca proporciona beneficios y riesgos ambientales. Se ha utilizado como fertilizante para los cultivos y jardines el estiércol añade material orgánico beneficioso para los suelos. Sin embargo, a pesar de estas ventajas, la agrícola sigue siendo la principal causa de contaminación del agua y aire, no obstante en la ley 1333 Ley del medioambiente en Bolivia no considera estos parámetros sobre emisiones de gases efecto invernadero. En lo cual se considera el protocolo de Kioto con las siguientes características (**PROTOCOLO DE KIOTO DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO**).

Que sus emisiones antropogénicas agregadas, expresadas en dióxido de carbono equivalente, de los gases de efecto invernadero enumerados que no excedan de las cantidades atribuidas a ellas, calculadas en función de los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones a reducir el total de sus emisiones de esos gases a un nivel inferior en no menos de 5% .

La limitación o reducción de las emisiones de metano mediante su recuperación y utilización en la gestión de los desechos así como en la producción, el transporte y la distribución de energía. Protocolo de kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático (1998).

5.2 Reducción de gases de efecto invernadero.

El proyecto tiene un potencial para reducir los gases de efecto invernadero, que son la principal causa del cambio climático. Según Aguirre-Villegas et al., (2014), la implementación de un biodigestor puede reducir los gases de efecto invernadero en un 50% al reducirse principalmente la emisión de metano proveniente del manejo del estiércol. El proceso que gobierna esta reducción es el siguiente: las condiciones de temperatura y ausencia de oxígeno dentro del biodigestor aceleran la producción de metano, el cual se captura y se combustiona en la hornilla convirtiéndolo en dióxido de carbono. De no capturarse este metano, se emitiría al medio ambiente, pero en un

periodo de tiempo más largo. El metano es un gas que tiene 28 veces el potencial de calentamiento global que el dióxido de carbono. Myhre et al., (2013). Es así, que cualquier reducción en la producción o descarga de metano al medio ambiente, reduce significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero, las cuales se expresan en unidades de dióxido de carbón equivalente (kg CO₂-eq).

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2006), las emisiones de metano de estiércol de ganado depositado en pastizales son determinadas con la siguiente ecuación:

$$E = SV \frac{Kg}{kg} * B_o \frac{m^3}{kg} * FC \frac{kg}{m^3} * MCF$$

$E = ST * SV * B_o * FC * MCF$

Dónde:

E = Emisiones de metano en Kg generado a partir de 1 Kg de estiércol

ST= Solidos Totales

SV = sólidos volátiles del estiércol son el 80% de los sólidos totales

B_o = potencial de generación de metano = 0.24 m³ CH₄/kg de solidos volátiles

FC = 0.67 factor de conversión de m³ de metano a kg de metano (kg/m³)

MCF = factor de conversión de metano por región climática = 0.02 para temperaturas mayores a 20°C)

5.2.1 Análisis sin proyecto.

Según el análisis de sólidos totales, el estiércol en Pando depositado en pastizales tiene un 17.6% de sólidos totales. De éstos sólidos totales, la literatura muestra que 80% son volátiles, de esta manera, un sistema SIN digester emitiría por kilogramo de estiércol, reemplazando en la ecuación tenemos:

$$E = 0.176 * 0.80 * 0.24 * 0.67 * 0.02$$

$$= \mathbf{0.000453 \text{ Kg CH}_4/\text{kg estiércol}}$$

Dado que la recolección de estiércol es 80 kg por día, se tendría que:

$$E = 0.000453 * 80 \text{ kg}$$

$$= \mathbf{0.0362 \text{ Kg CH}_4/\text{Día}}$$

Trasladando este dato a una proyección anual tendremos:

$$E = 0.0362 \frac{\text{kg ch}_4}{\text{día}} * 365 \text{ días}$$

$$E = \mathbf{13.213 \frac{\text{kg ch}_4}{\text{año}}}$$

Dado que el metano tiene un potencial de calentamiento global equivalente a 28 con respecto al dióxido de carbono (Myhre et al., 2013), esto equivale a:

$$\text{Emisión de CO}_2\text{-eq} = 0.0362 \text{ Kg CH}_4 * 28$$

$$\text{Emisión de CO}_2\text{-eq} = \mathbf{1.0136 \text{ kg/Día}}$$

$$\text{Emisión de CO}_2\text{-eq} = 13.213 \text{ kg/Año} * 28$$

$$\text{Emisión de CO}_2\text{-eq} = \mathbf{369.964 \text{ kg/Año}}$$

Para darle contexto a esta cifra, esto equivale a las emisiones resultantes de combustionar 155 litros de gasolina, o 1460 kilómetros recorridos en auto USEPA, (2018)

5.2.2 Análisis con proyecto.

Para calcular la reducción en la producción de metano, tomamos como referencia la producción promedio de biogás del biodigestor = 1600 litros/día = 1.6 m³ biogás/día

La concentración aproximada de metano en el biogás producido en el biodigestor fue de 50% de acuerdo a la medición con el sensor de metano. Dadas las densidades de metano de 0.68 kg/m³ y la densidad de dióxido de carbono de 1.98 kg/m³ se tiene que cada día se destruyen 1.06 kg de biogás. Asumiendo que toda la producción de este gas viene de sólidos volátiles, los sólidos volátiles del biol después de la digestión anaeróbica se calculan de acuerdo a esta reducción:

$$SVdg = SVad - P \text{ biogas}$$

Donde:

$SVdg$ = sólidos volátiles después de la digestión.

$SVad$ = sólidos volátiles antes de la digestión.

$P \text{ biogás}$ = producción de biogás.

Resolviendo la ecuación tendremos:

$$SVdg = SVad - P \text{ biogas}$$

$$SVdg = 11.26 - 2.12$$

$$SVdg = 9.14$$

Esto equivale a una destrucción de sólidos volátiles en el digestor de 20% aproximadamente (9.14 kg sólidos volátiles / 11.26 kg sólidos volátiles) lo cual es considerablemente bajo con respecto a otros digestores que están por los 50% de destrucción de sólidos volátiles. Esto se debe a distintos factores que disminuyeron la eficiencia del digestor: no se cargó el digestor con materia prima todos los días, existieron fugas e ingreso de oxígeno al digestor.

Con esta nueva concentración de sólidos volátiles, y la misma ecuación para calcular emisiones de metano tenemos:

$$E = 9.14 * 0.24 * 0.67 * 0.02$$

$$E = 0.029 \text{ kgCH}_4/\text{Día}$$

$$E = 10.585 \text{ kgCH}_4/\text{Año}$$

Tabla 22. Resultado de emisión de gases con y sin proyecto

	Sin Proyecto		Con Proyecto	
	Día	Año	Día	Año
CH4 (Kg)	0.0362	13.213	0.029	10.585
CO2 (Kg)	1.014	369.96	0.812	296.38

Se puede observar en la tabla que con la implantación del proyecto se disminuye la emisión de los gases en un 20% aproximadamente.

Dado que el proyecto es de pequeña escala, las reducciones son pequeñas, y equivalen

Considerando los datos estimados por Aguirre-Villegas et al., (2014) el proyecto tiene el potencial de reducir los gases de efecto invernadero en 50%.

5.3 Del aire y la atmosfera.

ARTICULO 40°.- Es deber del Estado y la sociedad mantener la atmósfera en condiciones tales que permita la vida y su desarrollo en forma óptima y saludable.

No obstante se realizó una Evaluación de Impacto ambiental (EIA) del proyecto con base a la ley N° 1333 ley del Medio Ambiente D.S. NO. 24176 – del 8 de diciembre de 1995.

- Ficha ambiental.
- Matriz de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Tabla parametrizada para la categorización de impacto ambiental.

5.4 Ficha ambiental.

La elaboración de la ficha ambiental de acuerdo al Anexo I (Ficha ambiental procedimientos computarizados para la evaluación de impactos ambientales PCEIA), punto 2 (aspectos generales) de la Ley N° 1333 nos dice.

El PCEIA es un paquete computacional desarrollado en el manejador de base de datos 138 – reglamento para la prevención y control ambiental. Clipper su uso es virtualmente intuitivo, sin embargo el llenado de la información propiamente dicha debe ser realizada por profesionales que conozcan la información solicitada.

Por ello se contrató los servicios de un técnico ambiental para el llenado de la ficha y la categorización de impactos ambientales. Ver ANEXO 5.

MINISTERIO DE DESARROLLO RURAL, AGROPECUARIO Y MEDIO AMBIENTE
VICEMINISTERIO DE BIODIVERSIDAD, RECURSOS FORESTALES Y MEDIO AMBIENTE
DIRECCION GENERAL DE MEDIO AMBIENTE

FORMULARIO: FICHA AMBIENTAL

1. INFORMACION GENERAL	
Fecha de llenado:	29 DE NOVIEMBRE DE 2017
Lugar:	COBIJA -PANDO
Promotor:	Sr. NICOLAS JUAQUIN CHAINA ALI & GENRY RODRIGO ANCASI COLLO
RESPONSABLE DEL LLENADO DE LA FICHA	
Nombre y Apellidos:	CECILIA SANJINEZ
Profesión:	INGENIERO AMBIENTAL
Cargo:	TECNICA AMBIENTAL
No Reg. Consultor:	N.A.
Departamento:	PANDO
Ciudad:	COBIJA
Domicilio:	AV. 16 DE JULIO
Tel. Dom:	CEL.76217418
casilla post.	--

Figura 28. *Ficha Ambiental.*

Fuente: Cecilia Sanjinés – Tec. Ambiental

5.5 Matriz de evaluación de impactos ambientales.

Una vez registraos los datos solicitados en la ficha ambiental, se procede a registrar la ponderación de los impactos negativos y/o positivos a los diferentes atributos ambientales para cada uno de las etapas del proyecto. A continuación se presenta un resumen de los resultados de la matriz de EIA para mayor detalle ver ANEXO 7.

A continuación presentaremos un breve resumen de los impactos negativos identificados en el proyecto:

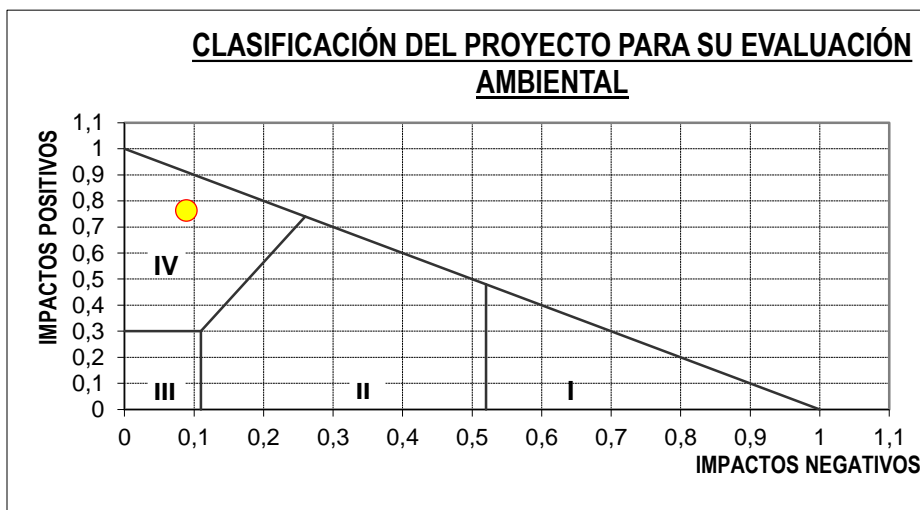
- En la etapa de ejecución. Las actividades presentes son: limpieza del lugar, instalación del reactor y la construcción de la fosa de desechos.
Donde se pudieron identificar impactos físicos, en el aire y suelos.
Al momento de la construcción del biodigestor se altera la forma original de los suelos, excavando para la instalación del almacenamiento del biogás y el tanque de descarga de los sustratos, afectando directamente al aire produciendo así partículas suspendidas (polvareda).
- En la etapa de operación. Las actividades presentes en esta etapa son: mezclado y fermentación del estiércol y almacenado del biogás.
Donde se identificó impacto de tipo físico en el aire (olor) por la mezcla y recolección del estiércol a la intemperie.

Tabla 23. Resultados de la matriz de evaluación de impactos Ambientales (EIA).

		Promedio positivo	Promedio negativo
3	Etapa: EJECUCIÓN	0.28	0.14
4	Etapa: OPERACIÓN	1.25	0.04
	Promedio total	0.763	0.089

La categorización ambiental se realiza con base en la ponderación de los impactos y algoritmos de categorización representada en la gráfica de clasificación de los proyectos para su evaluación ambiental.

Tabla 24. Categorización de Impacto Ambiental.



Fuente: Cecilia Sanjinés – Ingeniera Ambiental.

El proyecto biodigestor obtuvo como resultado categoría IV por el cual no requiere un EEIA pero tiene que cumplir con lo establecido en la ley y tramitar el certificado de dispensación para el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, emitido por la Sub Secretaria del Medio ambiente del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente (MDSMA), en un plazo de 5 días hábiles.

CAPITULO VI

6 RESULTADOS

RESULTADO 1.

En la cuantificación de estiércol en la Hacienda Santa Lucia se realizó la recolección de estiércol fresco en el corral en un periodo de 13 horas, de 18:00 a 07:00 de una muestra de 6 cabezas de ganado. Teniendo como promedio 3 kg de estiércol por cabeza de ganado. Y un total de 120 Kg/día de estiércol, y con una cantidad utilizable para el reactor de 80Kg/día de estiércol fresco.

RESULTADO 2.

Biodigestor Anaeróbico prototipo instalado en la planta piloto de procesos industriales (ver Figura 1), se realizó adaptando un tanque de polietileno de 2500 L con tubos de 2 ½ pulgadas para ingreso y salida del sustrato, cañería de ½ pulgadas para la línea de biogas, tiene una separación de 27 metro entre el reactor y el almacenamiento de biogás.

Nº	Descripción	Unidades	Resultados
1	Altura	Cm	121
2	Diámetro	cm	180
3	Capacidad del biodigestor	L	2500
4	Volumen del sustrato	L	1875
5	Relación estiércol agua	-	1:1
6	Cantidad de Estiércol	Kg	35
7	Cantidad de agua	L	35
8	Tiempo de retención	días	25
9	Producción de Biogás/día	m3	0.8
10	Almacenamiento de biogás	L	100

El biodigestor anaeróbico piloto se instaló en la Hacienda Santa Lucia, utilizando los siguientes materiales: un tanque de polietileno de 5000 L para el reactor, cañerías de PVC de ½ y 2 ½ pulgadas, para el ingreso y salida del sustrato, biogás y para el colocado de los sensores. Sin embargo con relación del cierre hermético de la tapa, acoples del reactor, utilizaron goma, pegamentos, silicona, cinta teflón, para evitar fugas de gas y el ingreso de oxígeno al reactor.

Nº	Descripción	Unidades	Resultados
1	Altura	Cm	255
2	Diámetro	cm	173
3	Capacidad del biodigestor	L	5000
4	Volumen del sustrato	L	3750
5	Relación estiércol agua	-	1:1
6	Cantidad de Estiércol	Kg	80
7	Cantidad de agua	L	80
8	Tiempo de retención	días	25
9	Producción de Biogás	m3	1.6
10	Almacenamiento de biogás	L	500

RESULTADO 3.

Los datos obtenidos en la investigación de las variables y el comportamiento del reactor.

DATOS OBTENIDOS EN EL BIODIGESTOR PROTOTIPO			
Nº	Variable		Promedio
1	Temperatura (T)	T interna del biodigestor 1	31.3 °C
		T interna del biodigestor 2	31.1 °C
		T Ambiente	29.2 °C
2	pH	MP Estiércol fresco	6.4
		Sustrato	6.8
3	% CH4	Biogás	47%

La producción de biogás el tiempo de duración del proyecto fue de 37 pies cúbicos medidos mediante un gasómetro, y el tiempo de quema del biogás.

RESULTADO 4.

Aspecto económico.- Se identificó con el uso de la herramienta VAN una tasa de interés de 12% para el proyecto de biodigestor.

$$VAN = 1767 > 0$$

En definitiva, el impacto económico fue el VAN mayor a cero otorgando el proyecto factible al usuario con una tasa de interés de 12%

Tasa interna de retorno (TIR)

La última herramienta financiera es utilizada en la tasa interna de retorno o TIR que permitió comprender un aproximado de la tasa de intereses de rendimiento por esta tecnología.

$$TIR = 15.37\%$$

Periodo de recuperación de la inversión (PRI).

La recuperación total de la inversión será en el año 5

Aspectos medioambientales.

En relación a lo ambiental, esta tecnología tiene el poder de reducir considerablemente la emisión de gases de efecto invernadero. Con un manejo adecuado del estiércol, disminuye los malos olores y presencia de moscas. Por otro lado la no utilización de leña para cocinar en la Hacienda santa Lucia.

Tabla 25. Caracterización con o sin proyecto.

	Sin Proyecto		Con Proyecto	
	Día	Año	Día	Año
CH4 (Kg)	0.0362	13.213	0.024	8.76
CO2 (Kg)	1.014	369.96	0.672	245.28

Emisiones de CH4, CO2 (Elaboración propia)

Se puede observar en la tabla que con la implantación del proyecto se disminuye la emisión de los gases en un 20% aproximadamente.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones.

- Se cuantifico la materia prima en la hacienda Santa Lucia determinada estadísticamente en función a una muestra representativa la cual se determinó un promedio de 80 kg/ día la cual se consideró el estiércol de ganado bovino adulto, no así de ganado ternero y vaquillas, en el corral.
- En función la materia prima definida se ha realizado el dimensionamiento el tamaño del biodigstor de 5000 L de capacidad y considerando material anti corrosivo según a las características de la región.
- De acuerdo a las especificaciones técnicas se realiza la implementación de la planta piloto estableciendo la medida, el tiempo de retención de 25 días y una temperatura promedio 31°C, con la producción de biogás de 1.6 m por día, el cual cubre la demanda de una familia de 5 integrantes. De acuerdo a los datos obtenidos en el campo se proporciona la carga 1-1 para la producción de biogás, y sin embargo llegando a la conclusión de que, 6 días sin cargar materia prima a biodigestor reduciría la producción de biogás.
- Los análisis de laboratorio ACBN determina el siguiente dato en cuanto se refiere al estiércol de ganado bovino: 82.4% es líquido y 17.6 % de Solidos Totales en Pando.
- En la evaluación económica del proyecto con una TMA (tasa mínima de atractividad) de 12%. Concluimos que el proyecto es factible por tener un VAN mayor a cero, y es apto para financiamiento al tener una TIR de 15.37 mayor a nuestra TMA y la recuperación del 100% de nuestra inversión en el quinto año como nos demuestra el PRI (periodo de recuperación de la inversión)

- El proyecto tiene la capacidad de disminuir la emisión de los gases de efecto invernadero en un 34% aproximadamente. Dado que el proyecto es de pequeña escala, y las reducciones son pequeños.

7.2 Recomendaciones

- El sistema de biodigestores debe ubicarse a un costado del corral, sobre una superficie plana, de modo que facilite el transporte y llenado del material orgánico hacia el biodigestor.
- Efectuar una recolección del estiércol que produce en el corral, de modo que se pueda disminuir significativamente el impacto ambiental.
- Se recomienda al propietario de la Hacienda la aplicación de este proyecto, de manera que se incentive a la población ganadera del municipio de Cobija, incorporar la tecnología de los biodigestores para el manejo y disposición final del estiércol.
- Se debe aplicar a nivel rural, en todo el departamento Pando.

8 BIBLIOGRAFIA.

- Aguirre-Villegas, H.A., Larson, R.A., Reinemann, D.J., 2014. From waste-to-worth: energy, emissions, and nutrient implications of manure processing pathways. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 8, 770-793.
- Apolo Yagual, A. D. (1 de julio de 2015). Diseño, construcción y puesta en marcha de un biodigestor anaeróbico prototipo de bajo costo. *propuesta tecnológica*, 1-99. Ecuador, Quito, Ecuador: publicaciones Quito.
- D., A. (2010). Diseño y construcción de un biodigestor anaeróbico de flujo pistón que trate los residuos generados en una ganadería de la localidad de Loja. *Ecuador, empleando tecnologías apropiadas.*, p. 1-9-10).
- Hermosilla, K. (2013). ¿Que animal libera más metano a la atmósfera? *ecología y entorno veo verde*, P. 1.
- Hernández, H. A. (2014). Diseño de un biodigestor instrumentado electrónicamente para la generación de biogás en casa habitación. *tesis para optar para el grado de: maestro en ingeniería*, 93.
- Herreo, J. M. (2008). biodigestores familiares guía de diseño y manual de instalación. *cooperación Bolivia Alemana*, p. 85.
- Jiménez, D. D. (2012). “Evaluación de los parámetros de un biodigestor anaeróbico tipo continuo”. *Universidad Veracruzana*, P.66.
- Laguia, T. (7 de Julio de 2011). *Gran Enciclopedia Aragonesa*. Obtenido de La geografía de urbana de Albarracín.: www.eciclopedia-aragonesa.com/voz.asp?voz_id=465
- Medel, J. A. (2010). Estudio y diseño de un biodigestor para aplicación en pequeños ganaderos y lecheros. *Universidad de Chile*, 83.

- Moreira, E. E. (2013). diseño de un biodigestor polietileno para la obtencion de biogas a partir del estiercol de ganado en el rancho veronica. *tesis de grado*, p. 1-3-4-17-18.
- Riveros, J. N. (2013). Diseño y construccion de un prototipo de biodigestor tipo mixto para la produccion y almacenamiento de gas metano. *Trabajo de grado para optar al titulo de Ingeniro Mecatronico*, 17-20.
- UPME. (2003). Guia para la implementacion de sistema de produccion de biogas. *union temporal icontec aene*, p. 17-18.
- Vazques, G. D. (Enero de 2007). Produccion biologica de hidrogeno por via fermentativa: fundamentos y perspectivas. *Bio Tecnologia*, 27.
- Yagual, A. D. (2015). Diseno, construccion y puesta en marcha de un biodigestor anaerobico prototipo de bajo costo. *propuesta tecnologica*, 99.

ANEXOS.

ANEXO 1.

Equipos utilizados en biodigestor prototipo.



Sensor de dos agujas
(Thermadata Logger)

El sensor Thermadata Logger de dos agujas se coloca al biodgestor por dos orificios diseñados específicamente para el sensor y toma de datos de temperatura.

Este sensor es configurado mediante un software de uso exclusivo del mismo que puede ser descargado por internet.

www.thermaworks.com

La configuración y capacitación fue puesta por la universidad de Wisconsin de Madison.

Toma de datos por un intervalo de 6 min con un tiempo de duración de 8.3 días.

Los datos son descargados en una carpeta con nombres de los sensores (1, 2, 3, 4, 5) respectivamente.

Fuente: Los autores.



Sensor de bulbo

(Thermaworks)

(medidor de Temperatura Ambiente)

El sensor de bulbo es muy sensible al cambio de temperaturas por esa característica muy peculiar es que se usa para medir la temperatura del ambiente. Este control se realiza diariamente, los datos obtenidos son registrados en una planilla diaria con la respectiva fecha y hora correspondiente.

Estos datos nos servirán para estimar la producción de gas en el biodigestor.

Fuente: Los autores.



Medidor de gas

(marca ELSTER de origen Americano)

El medido de gas fue instalado desde el primer dia de funcionamiento del biodigestor.

Este equipo mide el gas en pies cúbicos iniciando desde cero,

Fuente: Los autores.



Sensor de CH₄ (metano)
(GX-2012)

El sensor de CH₄ es usado semanalmente para controlar el porcentaje de concentración de metano que existe en el biodigestor.

Este sensor es digital tiene la función de calcular (Gas Metano, Acido Sulphídrico y oxígeno) sus medidas son en porcentaje.

El equipo debe ser calibrado cada que este así lo requiera.

Los datos obtenidos con este sensor son registrados en una planilla semanal con su respectiva fecha y responsable de la toma de datos.

Fuente: Los autores.



Medidor de PH

Este medidor de Ph es digital.

Este equipo es usado una vez a la semana para determinar el PH de la materia prima que se recolecta para la respectiva carga del biodigestor, también es necesario saber el PH en el tanque de descarga donde se encuentra el biol o abono organico (en fase liquida).

Los datos recolectados son registrados de forma manual en una planilla con fecha, ora y responsable de la medición.



Sensor Sumergible (LogTag)

El sensor LogTag sumergible se coloca en el tanque de descarga dentro del biol o abono organico (descarga del biodigestor) con las siguientes configuraciones.

Toma de datos con un intervalo de 6 min con tiempo de funcionamiento de 8 dias.

Para la extracción de datos es necesario descargar un software de uso exclusivo del mismo por internet.

www.thermaworks.com

los datos son descargados en una carpeta con los nombres respectivos de cada sensor (1, 2) respectivamente

Fuente: Los autores.

Fuente: Los autores.

ANEXO 2

Planilla 1 de datos diarios obtenidos en el biodigestor prototipo (fecha, hora, volumen de carga de sustrato, temperatura interna del biodigestor, temperatura ambiente, lectura del gasómetro y tiempo de quema)

FECHA	CARGA del Digestor				TEMPERATURA (°C)			PRODUCCION DE GAS				
	Materia prima (antes de mezclar con agua)	Volumen 1 (l)	Materia prima (antes de mezclar con agua)	Masa 1 (kg)	Volumen 2 (l)	Masa 2 (kg)	biodigestor	ambiente	Pies cubicos (cubic feet)	Pies cubicos (cubic feet)	Tiempo quemado de biogas en la hornilla	
	Materia prima (antes de mezclar con agua)	Volumen 1 (l)	Materia prima (antes de mezclar con agua)	Masa 1 (kg)	Volumen 2 (l)	Masa 2 (kg)	biodigestor	ambiente	Pies cubicos (cubic feet)	Pies cubicos (cubic feet)	Tiempo quemado de biogas en la hornilla	
	Mezcla con agua		Mezcla con agua						Antes de quemar biogas	Despues de quemar biogas	Hora de inicio	Hora final
29/06/2015	40	41,6	80	81,6							7:15:00	7:36:00
29/06/2015											8:25:00	8:39:00
											15:13:00	15:33:00
											16:44:00	16:59:00
											0:06:00	0:27:00

30/06/2015	40	41,6	80	81,6						8:00:00	8:18:00
										9:26:00	9:45:00
										12:34:00	12:55:00
										16:39:00	16:56:00
01/07/2015	40	41,6	80	81,6						8:00:00	8:20:00
										9:01:00	9:20:00
										15:45:00	16:07:00
										18:40:00	18:58:00
										23:01:00	23:20:00
02/07/2015	40	41,6	80	81,6						5:46:00	6:03:00
										8:26:00	8:43:00
										10:35:00	10:55:00
										11:17:00	11:37:00
										16:05:00	16:25:00
										20:50:00	21:09:00
03/07/2015										0:00:47	0:25:18
										4:56:29	5:15:41
										8:40:00	8:53:24
										9:03:00	9:16:00
										9:21:00	9:36:00
										12:32:29	12:53:06

											14:13:46	14:37:43
											21:27:00	21:48:00
04/06/2015											4:36:42	4:54:48
											10:27:00	10:45:00
											10:51:00	11:10:00
											11:15:00	11:35:00
											11:45:00	11:59:00
											13:12:52	13:32:06
											13:52:58	14:21:00
											21:40:32	21:58:04
01/07/2015	40	41,6	80	81,6							8:00:00	8:20:00
											9:01:00	9:20:00
											15:45:00	16:07:00
											18:40:00	18:58:00
											23:01:00	23:20:00
05/07/2015	40	41,6	80	81,6							10:09:46	10:23:41
											10:30:00	10:44:00
											10:48:00	11:04:00
											11:10:00	11:25:00
											15:55:00	16:07:00
											16:41:00	16:52:00
06/07/2015											8:26:23	8:37:21
											8:41:21	8:53:06
											17:41:18	18:12:15
07/07/2015	40	41,6	80	81,6							9:08:23	9:22:00
											9:48:23	10:03:14

										15:16:00	15:30:00
08/07/2015										9:20:00	0:00:00
										9:38:00	9:55:00
										9:57:00	10:13:00
										10:15:00	10:31:00
										15:30:00	15:48:00
09/07/2015	40	41,6	80	81,6						8:41:00	9:00:00
										9:03:00	9:17:00
										9:20:00	9:38:00
										9:42:00	9:59:00
										10:30:00	10:44:00
										23:14:00	23:28:00
										23:31:00	23:45:00
10/07/2015	40	41,6	80	81,6				11	11	11:51:00	12:06:00
										12:08:00	12:22:00
11/07/2015										11:20:00	11:35:00
										11:40:00	11:53:00
										11:56:00	12:12:00
										12:14:00	12:25:00
										1:28:00	1:44:00
12/07/2015										9:58:32	10:14:00
										10:17:00	10:32:00
										10:37:00	10:51:00
										15:43:00	15:57:00
										16:05:00	16:20:00
										16:22:00	16:36:00

19/07/2015	40	41,6	80	81,6						12:33:00	12:52:00
										15:04:00	15:17:00
										15:25:00	15:40:00
										15:43:00	15:57:00
										15:59:00	14:18:00
										14:20:00	14:35:00
										14:47:00	15:06:00
14/07/2015	40	41,6	80	81,6						7:16:00	7:30:00
										7:31:00	7:47:00
										7:49:00	8:05:00
										8:08:00	8:23:00
										8:26:00	8:46:00
										12:36:00	12:52:00
										12:58:00	13:18:00
15/07/2015	35	37,8	70	72,8				12	12	8:32:00	8:47:00
										8:50:00	9:04:00
										9:37:00	9:54:00
16/07/2015	35	37,8	70	72,8				12	12	8:45:00	8:58:00
										9:01:00	9:14:00
										9:16:00	9:28:00
										10:10:00	10:25:00
										10:18:00	10:32:00
17/07/2015								13	13	8:02:00	8:15:00
										8:18:00	8:27:00
										9:26:00	9:40:00
18/07/2015										12:34:00	12:46:00

01/08/2015								16	16	16:18:00	16:28:00
								16	16	22:56:00	23:11:00
02/08/2015					35,1	34,2	34,6	17	17	15:20:00	15:35:00
03/08/2015	35	37,8	70	72,8			29,5	17	17	8:45:00	9:05:00
					34,1	33,8	30	17	17	10:11:00	11:23:00
					33,6	34	30	17	17	16:42:00	16:57:00
04/08/2015	35	37,8	70	72,8	33,4	34,4	26,9	17	17	8:29:00	8:48:00
					32,6	32,4	31,7	17	17	17:47:00	18:04:00
05/08/2015	35	37,8	70	72,8	32,2	32,8	26,8	17	17	8:24:00	8:45:00
06/08/2015	35	37,8	70	72,8	31,8		35	17	17	16:27:00	16:42:00
					31,7			17	17	16:58:00	17:13:00
					31,7			17	17	22:29:00	22:44:00
07/08/2015					32,3			17	17	16:44:00	17:02:00
08/08/2015					32,5			18	18	16:58:00	17:15:00
					32,5			18	18	20:51:00	20:55:00
09/08/2015					32,8	33,7		18	18	10:36:00	10:51:00
	35	37,8	70	72,8	32,7	33,5		18	18	11:33:00	11:50:00
					32,6	33,5		18	18	16:25:00	16:37:00
10/08/2015	35	37,8	70	72,8	32,7	33,2	29,1	18	18	8:16:00	8:32:00
					32,6	32,9		18	18	9:07:00	9:31:00
					32,5	34,9		18	18	14:23:00	14:37:00
					32,2		25	18	18	21:47:00	22:05:00
11/08/2015					32,2		32	18	18	10:35:00	10:56:00
	35	37,8	70	72,8	34		32	18	18	12:16:00	12:42:00
					31		24,2	18	18	20:34:00	20:51:00
12/08/2015	35	37,8	70	72,8	31,2	31,09	27,4	18	18	8:30:00	8:32:00

					31,4	31,9	27,2	18	18	9:35:00	9:59:00
					30,9	31,5	33,4	18	18	15:38:00	15:52:00
					31,1	31,5	29,1	18	18	21:36:10	21:59:22
13/08/2015					30,1	31,6	27,5	18	18	9:00:00	9:17:02
	35	37,8	70	72,8	30,8	31,5	26,6	18	18	9:42:00	9:51:50
					30,8	31,1	28	19	19	23:23:01	23:44:21
14/08/2015	35	37,8	70	72,8	30,6	31,1	26,8	19	19	9:19:05	9:51:10
					30,6	31,2	32,6	19	19	15:45:40	16:11:12
					30,5	31,2	31,5	19	19	18:06:11	18:14:17
15/08/2015					30,5	31	30	19	19	9:26:00	9:42:00
	35	37,8	70	72,8	30,5	32,1	34,4	19	19	11:10:00	11:35:00
					30,5	32,1	27	19	19	20:22:04	20:43:14
16/08/2015	35	37,8	70	72,8	30,9	31,9	32	19	19	10:27:11	11:04:10
					30,9	31,8	35	19	19	15:28:00	15:52:13
17/08/2015					30,8	32,6	27	19	19	0:51:48	1:13:29
					31,1	31,9	21,6	19	19	6:26:17	6:46:18
					31	31,6	30,1	19	19	9:55:20	10:13:00
					31	31,8	35,3	20	20	12:46:00	13:01:00
					31,01	32,1	34,3	20	20	15:24:00	15:44:00
	35	37,8	70	72,8	31,06	32,1	34,1	20	20	15:57:00	16:05:00
					31,2	32,2	25	20	20	22:47:02	23:06:10
18/08/2015	35	37,8	70	72,8	31,2	32,8	21	20	20	6:36:20	6:51:05
					31,4	32,8	21	20	20	7:19:06	7:34:10
					31,5	31,9	32,4	20	20	10:03:10	10:20:50
					31,5	32	36	20	20	13:00:00	13:11:10
					31,4	32	35	20	20	14:50:00	3:00:00

					31,5	32,5	33	20	20	18:24:01	18:39:00
					31,6	32,7	33,2	20	20	21:45:30	21:58:30
19/08/2015	35	37,8	70	72,8	31,8	33,2	21,1	20	20	9:16:50	9:38:00
					31,6	32,8	33,3	20	20	14:43:10	15:06:20
					31,8	32,8	29	20	20	20:20:00	20:41:00
					32,4	32,4	24	20	20	23:49:00	0:06:11
20/08/2015					31,8	32,6	21,7	20	20	4:35:22	4:55:21
	35	37,8	70	72,8	31,6	32	29	20	20	9:01:00	9:41:00
					31,8	31,9	33	20	20	12:00:00	12:28:40
					31,5	31,7		20	20	19:30:00	19:50:00
					31,2	32	24,7	20	20	21:24:08	21:46:09
21/08/2015					31,4	31,9	24	20	20	7:23:46	7:52:50
					31,4	32,6	31,4	20	20	9:30:10	9:54:08
	35	37,8	70	72,8	31,4	32,3	33,5	21	21	11:49:18	12:56:10
					31,1	32	34,7	21	21	15:29:00	15:39:00
					31,4	32,2	32	21	21	21:26:20	21:38:20
22/08/2015					31,33	31,8		21	21	0:05:00	0:15:00
					31,7	31,9	21	21	21	6:36:01	7:00:10
	35	37,8	70	72,8	31,8	32,1	20	21	21	7:21:00	7:33:00
	35	37,8	70	72,8	31,3	31,9	22,3	21	21	8:30:00	8:43:00
					30,9	31,9	35	21	21	10:45:10	11:11:21
					31,7	31,3	35,3	21	21	14:28:25	14:55:08
					31,4	32,5	35	21	21	17:32:00	17:46:00
					31,5	32,8	29	21	21	22:48:00	23:10:00
23/08/2015					31,7	32,3	23,7	21	21	0:33:21	0:45:51
					32,1	32,1	22,3	21	21	6:48:12	7:08:15

	35	37,8	70	72,8	31,8	32,1	30,2	21	21	9:26:14	9:58:36
					31,6	31,8	34,1	21	21	14:40:10	15:03:10
					31,2	31,6	36,2	21	21	15:38:50	15:55:50
					Termino		23,4	21	21	20:08:00	20:20:00
					error	32	24,7	21	21	22:48:01	22:59:10
24/08/2015	35	37,8	70	72,8	error	32,3	27,6	21	21	7:20:00	7:41:00
					error	32,3	35	21	21	12:23:30	12:49:46
					error	32,4	35	21	21	14:44:20	15:07:05
					error	33,4		21	21	20:10:00	20:23:00
25/08/2015					error	32,6		21	21	4:59:16	5:20:41
					32	32,7	29	22	22	9:09:40	9:34:00
	35	37,8	70	72,8	32	32,7	30,2	22	22	10:04:23	10:25:31
					32,8	33	35,5	22	22	14:54:00	15:14:00
					31,7	32,6	30,4	22	22	18:47:29	19:07:49
					31,7	32,6	25,3	22	22	22:44:26	23:05:33
26/08/2015					31,8	32,6	27	22	22	6:14:04	6:31:54
	35	37,8	70	72,8	32,4	32,8	29,8	22	22	8:20:00	8:32:00
					31,8	32,1	31,7	22	22	10:18:18	10:29:06
					31,7	32,2	35,7	22	22	12:07:21	12:37:10
					31,8	31,8	36	22	22	14:21:00	14:41:00
					31,6	32,1	36,1	22	22	16:04:20	16:18:07
					33	32,9	34,8	22	22	18:00:00	18:09:00
					31,9	32,6	26	22	22	21:35:22	21:55:51
27/08/2015					31,8	33	29	22	22	0:02:00	0:16:00
					31,7	32,8	25	22	22	6:07:00	6:29:00
	35	37,8	70	72,8	32	32,8	30,01	22	22	8:31:05	9:15:01

					31,9	32,7	32,7	22	22	10:15:19	10:36:00
					32	32,1	34,2	22	22	12:15:00	12:36:00
					31,7	32,5	35	22	22	14:07:00	14:22:00
					31,7	32,3	21,9	22	22	18:25:15	18:38:40
					32	32,5	22,3	22	22	20:26:50	20:39:49
					31,9	32,3	23	22	22	22:13:00	22:26:00
28/08/2015					31,8	32,7	23,3	22	22	0:03:06	0:20:10
					31,7	32,2	21	22	22	5:45:07	6:09:01
					31,6	31,9	23	22	22	8:00:10	8:15:45
					31,1	31,7		22	22	12:06:00	12:30:00
	35	37,8	70	72,8	31,1	31,6	34	23	23	13:52:52	14:20:34
					30,1	31,7	35,8	23	23	16:13:10	16:34:06
					31,1	31,6	30,3	23	23	18:10:14	18:27:09
					31,5	31,8	27,7	23	23	19:40:00	19:53:00
					31,01	31,5	23,7	23	23	22:23:51	22:43:03
					30,9	31,5	23,2	23	23	23:45:12	23:59:06
29/08/2015					30,8	31,7	21,5	23	23	6:04:50	6:24:27
	35	37,8	70	72,8	30,6	31,5	27,3	23	23	8:31:21	9:05:00
					30,5	31,3	33	23	23	12:23:10	12:48:25
					30,3	31,2	33,7	23	23	14:08:12	14:22:24
					30,5	31	34	23	23	16:21:00	16:40:00
					30,3	31,1	28,7	23	23	18:20:00	18:20:00
					30,5	31,2	27	23	23	20:10:25	20:30:30
					30,7	31,3	23,6	23	23	22:08:38	22:21:04
30/08/2015					30,8	31,4	22,7	23	23	0:07:00	0:22:00
					30,8	31,4	22	23	23	6:10:00	6:31:00

					31,9	31,6	27,7	23	23	8:03:00	8:19:00
	35	37,8	70	72,8	31	31,4	28,2	23	23	9:04:45	9:31:10
					30,7	31,5	33,8	23	23	12:47:11	13:18:25
					30,7	31,3	34	23	23	14:16:00	14:29:00
					30,6	31,2	35	23	23	16:40:40	17:03:50
					30,6	30,9	33,6	23	23	17:53:09	18:05:30
					30,8	31,3	27,7	23	23	20:11:08	20:31:52
					30,9	31,9	32	23	23	22:00:00	22:16:00
31/08/2015					30,8	31,5	27	23	24	0:15:00	0:34:00
					31,1	31,7	24	24	24	6:30:00	6:50:00
	35	37,8	70	72,8	31	31,8	29	24	24	7:55:08	8:30:31
					31	31,9	30,7	24	24	10:20:48	10:39:48
					30,9	31,8	32,5	24	24	12:24:00	12:46:00
					31,4	31,9	33	24	24	13:58:00	14:12:00
					31,5	31,6	31,7	24	24	16:23:14	16:47:28
					31,2	31,8	27	24	24	18:31:40	18:50:37
					31,1	31,6	28,2	24	24	20:20:10	20:37:50
					31,1	31,7	23,9	24	24	22:12:00	22:29:00
01/09/2015					31,4	32,1	24,4	24	24	0:11:45	0:29:27
					31,3	31,7	22,5	24	24	6:03:58	6:30:08
	35	37,8	70	72,8	31,5	32	25,4	24	24	8:36:50	9:06:56
					31,2	31,7	26,2	24	24	9:14:02	9:20:12
					31,2	32	29	24	24	9:57:50	10:09:41
					31,3	32	32,5	24	24	12:07:00	12:27:00
					31,4	31,4	33	24	24	13:58:00	14:21:25
					31,4	31,8	33,5	24	24	16:18:01	16:42:50

					31,3	31,7	31,4	24	24	18:12:55	18:28:33
					31,6	32,1	27,1	24	24	20:41:00	21:01:00
					31,8	32,5	27	24	24	22:11:58	22:28:16
02/09/2015					31,5	32,5	26	24	24	0:29:40	0:52:58
					31,3	32,3	23,2	24	24		
					30,9	31,9	29,4	24	24		
					31,2	31,7	35	24	24	12:18:00	12:37:00
					31,0	32,0	36	25	25	15:20:00	15:39:00
					Termino		31,7	25	25	18:14:43	18:36:30
					Termino		32,1	25	25	20:19:15	20:36:25
03/09/2015							22	25	25	0:21:00	0:41:00
							23,1	25	25		
					31,9	32,7	28,3	25	25	7:10:51	7:23:55
	35	37,8	70	72,8	31,8	32,5	30,9	25	25	8:05:00	8:23:00
					31,6	32,4	33,4	25	25	10:07:25	10:31:42
					31,8	32,2	35	25	25	12:22:47	12:47:50
					31,9	32,5	36,1	25	25	14:40:50	15:06:01
					31,8	32,6	35,5	25	25	16:20:00	16:35:00
					31,8	32,9	29,3	25	25	17:44:10	18:01:03
					31,9	32,8	23,1	25	25	20:36:59	21:02:32
					32	32,5	24	25	25	22:50:00	23:13:00
04/09/2015					31,8	32,3	23	25	25	0:07:00	0:20:00
					32,1	32,9	23,6	25	25	6:22:00	6:45:00
					31,7	32,5	24,7	25	25	8:02:03	8:18:47
	35	37,8	70	72,8	31,6	32,2	30	25	25	9:47:01	10:22:27
					31,6	32	35	25	25	13:55:00	14:15:00

					31,6	32	35	25	25	14:16:00	14:24:00
							24,5	25	25	16:04:10	16:24:50
					31,2	31,8	24,2	25	25	20:24:00	20:45:00
					31,8	32,4	23,8	25	25	22:14:58	22:32:08
05/09/2015					32,1	31,5	23,6	25	26	0:01:43	0:19:52
					31,3	31,9	22	26	26	6:09:15	6:30:16
					31,3	31,9	22	26	26	6:32:37	6:51:44
	35	37,8	70	72,8	31,6	31,8	26	26	26	10:25:00	11:21:00
					31,1	32,5	30	26	26	12:03:00	12:14:00
					31,3	31,2	33	26	26	14:05:10	14:37:39
					nn		31,8	26	26	16:32:00	16:58:00
					31,6	31,3	31,5	26	26	18:06:30	18:21:59
					31,1	31,5	28,4	26	26	20:01:00	20:16:00
					30,9	31,5	25,3	26	26	22:24:10	22:48:10
					31,5	32	24,7	26	26	23:21:00	23:39:26
06/09/2015					31,1	31,3	30	26	26	8:05:00	8:30:00
	35	37,8	70	72,8	nn		30	26	26	8:44:00	8:58:00
					31,1	31,4	30,4	26	26	10:42:58	11:01:03
					31,1	31	34,1	26	26	14:53:25	15:15:12
					31,1	31	32,2	26	26	15:17:02	15:33:16
					31,4	31,4	28,9	26	26	18:34:50	18:54:38
					31,4	31,4	28,9	26	26	19:00:12	19:14:12
					31,5	32,9	28	26	26	22:03:40	22:29:10
07/09/2015					31,5	31,8	23	26	26	0:20:00	0:39:00
					31,3	32	24,1	26	26	6:23:00	6:55:00
	35	37,8	70	72,8	31,2	31,9	28,5	27	27	8:27:28	9:03:30

					31,8	32	34,5	27	27	10:50:47	11:22:00
					31	31,9	36	27	27	12:27:50	12:47:23
					31,5	31,9	36,7	27	27	13:50:00	14:10:00
					31,4	31,8	36	27	27	16:31:01	16:53:30
					31,6	33,1	26,6	27	27	18:14:10	18:41:30
					32,9	33,4	29	27	27	0	0
					31,8	33,1	27,8	27	27	21:15:00	21:18:00
					32,1	32,8	26,3	27	27	11:58:50	12:29:48
08/09/2015					32,3	33	25,6	27	27	1:27:30	1:47:30
					32,2	32,7	24,1	27	27	6:09:01	6:39:50
	35	37,8	70	72,8	32,1	32,6	28,6	27	27	8:24:41	8:51:10
					32,1	32,7	32,1	27	27	10:00:00	10:08:00
					32,2	32,6	33	27	27	12:20:10	12:50:00
					32	32,4	35,7	27	27	13:58:01	14:19:40
					32,2	32,4	33,9	27	27	16:03:00	16:25:00
					32,4	32,8	32	27	27	18:17:00	18:36:00
					32,2	32,7	30,6	27	27	20:08:00	20:26:00
					32,5	33,1	27,6	27	27	22:16:56	22:46:50
09/09/2015					32,6	32,8	26,4	27	27	0:07:49	0:35:57
					32,7	32,8	25,8	27	27	0:39:19	0:48:41
					32,7	32,8	26	27	27	6:35:00	7:06:00
	35	37,8	70	72,8	32,7	33	27,5	27	27	7:54:00	8:26:00
					32,3	32,7	35,7	27	27	12:01:25	12:45:39
					32,6	33,2	37	27	27	14:10:00	14:39:00
					33,9	32,5	33	28	28	15:51:00	16:20:00
					33,3	32,7	31	28	28	18:13:30	18:47:50

					32,5	33,9	29	28	28	20:19:35	20:48:19
					33,7	34	28	28	28	22:07:19	22:31:50
10/09/2015					32,7	34,1	28	28	28	0:01:50	0:29:00
					33,1	33,6	25,7	28	28	2:40:48	2:49:42
					33,4	33,8	28,6	28	28	6:25:00	6:43:00
	35	37,8	70	72,8	33,2	34	31,5	28	28	8:10:11	8:37:58
					33,3	33,7	33,7	28	28	10:00:22	10:27:09
					33,1	33,5	34,7	28	28	11:52:00	12:26:00
					33,1	33,3	36	28	28	14:00:00	14:24:00
					33,4	33,6	36,5	28	28	15:56:30	16:27:20
					34,00	34,00	33,6	28	28	18:11:06	18:49:00
					33,8	35	27,7	28	28	20:53:10	21:25:36
					34,1	34,5	27,2	28	28	21:54:00	22:01:00
11/09/2015					33,8	34,8	25,7	28	28	0:02:10	0:36:36
					33,9	34,3	24,7	28	28	6:15:58	6:52:10
	35	37,8	70	72,8	33,9	34,1	31,6	28	28	8:57:19	9:19:08
					33,8	33,8	34	28	28	10:17:34	10:25:33
					33,8	33,9	37	28	28	12:35:00	12:49:00
					33,6	33,6	39,7	28	28	13:53:10	14:10:06
							39,4	28	28	16:23:10	16:23:10
					34,4	33,8	31,7	28	28	18:40:15	18:58:01
					34,6	34,4	31,4	28	28	20:12:00	20:28:00
					34,2	34,7	30	28	28	22:32:02	22:53:34
12/09/2015					33,8	35,7	26	28	28	0:26:04	0:43:32
					34,4	34,9	23,6	28	28	6:02:24	6:27:44
					34,2	34,7	26	28	28	8:39:01	8:39:01

					34,1	34,4	25,5	28	28	10:52:00	11:16:00
	35	37,8	70	72,8	33,8	34,4	28	28	28	14:15:00	14:36:00
					33,6	34	24	29	29	18:20:00	18:37:00
					33,6	33,8	19,4	29	29	21:51:06	22:12:19
					33,7	33,7	18,8	29	29	23:51:24	0:05:52
13/09/2015	35	37,8	70	72,8	32,5	33,2	20,5	29	29	8:20:00	8:35:00
					32,8	33,2	25	29	29	10:10:09	10:25:30
					32,5	32,5	27,5	29	29	12:01:50	12:24:24
					32,9	32,6	30	29	29	14:02:10	14:24:40
					32,7	32,4	31	29	29	16:45:00	17:03:00
					32,4	32,4	28,2	29	29	18:34:00	18:52:01
					32,3	32,3	25,6	29	29	19:55:58	20:07:01
					32,3	32,4	22,6	29	29	22:00:32	22:14:39
14/09/2015					32,2	32,4	22,2	29	29	0:01:00	0:15:00
					31,6	32,1	19,1	29	29	4:10:00	4:38:52
					31,9	32,2	19,2	29	29	6:25:00	6:39:00
	35	37,8	70	72,8	31,7	32,1	21,5	29	29	8:10:01	8:56:23
					31,9	31,9	27	29	29	10:01:07	10:11:07
					31,8	31,9	31,5	29	29	12:20:17	12:56:11
					31,7	31,7	36	29	29	14:09:00	14:26:00
					31,6	31,4	34	29	29	16:17:05	16:36:14
					31,5	31,6	33	29	29	17:50:57	18:05:10
					31,6	32	27	29	29	20:02:31	20:21:51
					31,5	31,9	29,7	29	29	22:10:00	22:26:00
15/09/2015					31,6	32,6	24	29	29	0:37:01	0:56:58
					31,7	32,4	20	29	29	6:11:51	6:40:56

	35	37,8	70	72,8	31,5	31,9	28,7	29	29	8:38:16	9:23:06
					31,1	31,7	31,6	29	29	10:17:25	10:34:26
					31,7	32	36,5	29	29	11:48:00	12:10:00
					31,5	31,8	36,7	29	29	14:13:50	14:42:03
					31,4	31,5	35,4	29	29	15:26:08	15:37:58
					31,8	32,2	32	29	29	18:18:32	18:43:58
					31,4	32,2	26,7	29	29	19:47:00	20:00:00
					31,9	32,6	28,5	29	29	22:15:03	22:40:01
					31,8	32,6	26,5	29	30	23:50:02	0:07:08
16/09/2015					32,1	32,8	22,2	30	30	5:59:41	6:25:20
	35	37,8	70	72,8	32,1	32,8	26,5	30	30	8:17:00	9:00:00
					32,2	32,5	32	30	30	10:25:01	10:43:10
					32,2	32,6	34,7	30	30	12:04:06	12:27:01
					32,2	32,4	37,5	30	30	14:16:56	14:36:54
					31,8	32,4	36,2	30	30	15:59:00	16:20:00
					32,4	32,2	34,5	30	30	18:16:07	18:42:50
					32,3	32,5	32,2	30	30	19:50:02	20:06:20
					32,2	34,3	25,9	30	30	22:22:59	22:48:08
17/09/2015					32,60	33	29	30	30	0:33:00	0:54:00
					32,40	33,2	26,6	30	30	6:20:00	6:47:00
	35	37,8	70	72,8	32,50	33,2	28	30	30	8:31:01	9:11:01
					32,80	32,8	34,7	30	30	9:53:58	10:06:01
					32,80	33	36	30	30	12:09:58	12:43:20
					32,80	33	37	30	30	13:52:00	14:11:00
					32,70	32,7	38	30	30	16:08:20	16:38:01
					32,70	33,1	35,7	30	30	17:49:58	18:50:10

					32,70	34,1	27,3	30	30	22:02:12	22:27:18
18/09/2015					33,7	33,8	25,6	30	30	2:40:01	3:12:58
					33,3	33,9	24	30	30	6:27:02	6:55:07
					33,3	34,1	28	30	30	8:40:01	9:05:09
					33,4	33,9	36	30	30	11:53:00	12:23:00
	35	37,8	70	72,8	33,3	33,4	37	30	30	13:44:56	14:20:01
					33,3	33,8	30,9	30	30	17:33:02	17:03:58
					33,2	33,6	28,4	31	31	19:57:26	20:16:10
					33,7	33,8	31,1	31	31	22:46:02	23:08:01
19/09/2015					33,5	34,1	26,2	31	31	2:55:10	3:20:01
					33,7	34,3	25,7	31	31	6:23:01	6:38:03
	35	37,8	70	72,8	33,5	34,3	28,4	31	31	8:47:11	9:23:44
					33,6	34,1	33,5	31	31	10:45:00	10:54:00
					33,7	34,1	33,2	31	31	12:24:01	12:40:56
					33,3	34,1	26,6	31	31	14:20:00	14:34:00
					33,6	33,9	25,7	31	31	16:33:45	16:53:19
					33,5	33,7	24,5	31	31	18:13:00	18:27:00
					33,7	33,7	22,8	31	31	19:50:58	20:03:04
					33,2	33,5	22,7	31	31	no hay	gas para quemar
20/09/2015					33,4	33,2	22,6	31	31	0:14:00	0:29:00
	35	37,8	70	72,8			24,6	31	31	8:09:00	8:48:00
					32,5	30,7	28,8	31	31	10:20:01	10:36:09
					33	32,5	34	31	31	12:18:03	12:31:55
					32,7	32,3	34,6	31	31	14:13:00	14:32:00
					32,5	32,2	35,4	31	31	16:22:00	16:44:00
							34,2	31	31	no se	quemo

					32,5	32	31,4	31	31	20:58:09	21:20:32
					32,8	32,1	29,3	31	31	22:27:00	22:37:00
					32,5	32,2	28,5	31	31	23:48:00	0:02:00
21/09/2015					32,4	32,6	23,2	31	31	8:05:01	8:28:05
					32,5	32,4	26,6	31	31	8:05:01	8:28:05
	35	37,8	70	72,8	32,6	32,6	29,731	31	31	8:44:11	9:02:59
					32,5	32,4	32,9	31	31	10:21:23	10:36:25
					32,4	32,2	35	31	31	12:14:00	12:28:00
					32,4	32,1	36,1	31	31	14:04:00	14:25:00
					32,4	32,1	35,7	31	31	16:15:09	16:31:01
					32,4	32,3	34	31	31	18:17:02	18:26:06
					34,4	33,4	32	31	31	20:22:00	20:37:00
					32,5	32,7	29,2	31	31	21:57:00	22:08:00
22/09/2015					32,4	33,3	25	31	31	0:24:01	0:45:08
					32,8	33,3	31	31	31	6:15:59	6:40:10
	35	37,8	70	72,8	32,9	33,2	27,6	31	31	8:07:30	8:16:03
					32,8	33,3	33,8	31	31	10:32:00	10:36:00
					32,5	33,2	35	31	31	12:19:00	12:26:00
					32,9	33,1	32	32	32	14:20:01	14:30:00
					32,9	33,1	35,8	32	32	16:01:16	16:14:10
					32,8	34,4	34,4	32	32	18:17:00	18:22:00
					32,6	33,3	32,4	32	32	20:19:00	20:27:40
					33	32,9	27,8	32	32	22:01:40	22:13:03
23/09/2015					32,9	33,1	26	32	32	0:15:00	0:32:00
					33,1	33,7	32,7	32	32	6:20:00	6:42:51
	35	37,8	70	72,8	33,5	33,7	29,1	32	32	8:53:00	9:27:00

					33,3	33,3	33,1	32	32	10:00:00	10:05:06
					33,6	33,8	36,6	32	32	12:02:37	12:12:02
					33	33,8	36,5	32	32	14:32:00	14:38:00
					33,5	33,5	33,1	32	32	16:46:00	16:53:00
					33,4	33,4	32,4	32	32	18:01:03	18:04:10
					33,2	33,5	28	32	32	21:14:05	21:14:51
					33,5	33,8	28	32	32	22:14:00	22:22:00
					33,7	33,9	26,5	32	32	23:58:00	0:12:00
24/09/2015					33,6	34,3	24	32	32	6:25:00	6:53:00
					33,6	34,4	29,5	32	32	8:28:01	8:40:10
	35	37,8	70	72,8	34,1	34,2	30,9	32	32	9:26:08	9:44:01
					33,8	34,2	34,2	32	32	10:27:20	10:10:37
					33,7	33,8	36,5	32	32	12:31:45	12:52:01
					33,7	33,8	38	32	32	14:43:00	14:51:00
					33,8	33,6	38,8	32	32	16:30:01	16:40:05
					33,8	33,7	34,6	32	32	18:02:52	18:16:39
					33,7	33,7	33	32	32	20:19:00	20:42:00
					34	33,8	31	32	32	21:29:00	21:37:00
25/09/2015					33,8	34,5	30	32	32	0:55:01	1:25:05
					34	34,9	26,6	32	32	6:18:07	6:46:01
	35	37,8	70	72,8	34	34,7	33,6	32	32	11:01:36	11:27:04
					34	34,6	38,2	32	32	12:40:00	12:47:00
					33,9	34,6	35	32	32	13:43:01	13:55:01
					34	34,3	26,6	32	32	16:36:22	17:01:55
					33,8	34,1	25,2	32	32	21:55:00	22:14:00

26/09/2015					34	32,7	24,3	32	32	1:41:37	2:03:48
					33,9	34	23,7	32	32	4:28:49	4:54:23
					33,6	34	23,4	32	32	6:55:40	7:17:10
	35	37,8	70	72,8	33,1	33,6	24	32	32	9:16:00	9:38:00
					33,4	33,4	26,7	32	32	10:45:00	10:51:00
					33,2	33,5	28,5	32	32	11:40:00	11:47:00
					33,2	33,4	29,4	32	32	13:11:01	13:37:08
					33,3	33,2	30,6	32	32	14:21:27	14:30:15
					33,3	33	32,6	33	33	16:17:00	16:34:00
					33	32,6	28,8	33	33	19:06:00	19:23:00
					33	32,7	26,9	33	33	20:15:01	20:23:01
					33	32,5	25	33	33	22:17:45	22:32:05
27/09/2015					33,1	32,4	23,7	33	33	0:28:00	0:42:00
					32,9	32,2	23,2	33	33	6:08:00	8:29:00
	35	37,8	70	72,8	28	32,3	26,6	33	33	7:30:00	7:42:00
					32,7	32,2	29,8	33	33	10:20:01	10:43:01
					32,6	32	32,8	33	33	12:27:10	12:44:01
					32,6	32	34,1	33	33	14:34:00	14:56:00
					32,5	32,1	32	33	33	16:07:00	16:16:25
					32,4	32	29,9	33	33	18:06:01	18:23:28
					32,2	31,9	27,7	33	33	20:15:15	20:31:00
					32,3	31,9	25,7	33	33	23:10:00	22:23:00
28/09/2015					32,6	31,4	24,8	33	33	0:27:25	0:42:30
					32,1	32	24	33	33	6:15:00	6:37:10
	35	37,8	70	72,8	32,1	31,9	29,4	33	33	8:50:50	9:18:17
					32,1	32	32	33	33	10:22:16	10:39:11

					32,1	31,9	34	33	33	12:02:00	12:19:00
					31,9	31,9	35,1	33	33	13:50:00	14:07:00
					31,9	31,8	33	33	33	16:12:30	16:29:58
					31,8	31,7	32	33	33	17:36:10	17:49:13
					31,9	31,7	28,5	33	33	22:37:00	22:59:00
29/09/2015					32	32,2	24,8	33	33	0:19:58	0:30:38
					31,9	32	23	33	33	6:20:01	6:41:50
	35	37,8	70	72,8	31,9	32	28	33	33	8:39:37	8:55:11
					31,8	32	35	33	33	11:12:00	11:33:00
					31,7	31,8	35,6	33	33	12:06:00	12:10:00
					31,8	31,8	34,8	33	33	14:08:01	14:23:05
					32,2	31,7	34	33	33	16:06:15	16:09:28
					32,1	31,6	34	33	33	18:23:42	18:26:13
					32,2	31,5	29,6	33	33	22:14:01	22:28:01
30/09/2015					32,2		25,6	33	33	1:38:50	1:54:11
					32,4		23,8	33	33	5:56:11	6:16:24
	35	37,8	70	72,8	32,5		28,1	33	33	8:40:00	8:56:00
					32,5		32,4	33	33	10:17:01	10:22:59
					32,6	32	34	33	33	12:01:38	12:06:11
	35	37,8	70	72,8	32,1	32,4	34,9	33	33	0:00:00	0:00:00
					32,4	31,9	36,1	33	33	16:21:00	16:22:38
					32,4		30,6	33	33	17:59:01	17:59:01
					32,4	20,4	28,5	33	33	22:52:32	23:05:39
					32,5	14,6	25,1	33	33	23:38:00	23:40:36
01/10/2015					32,8	32,6	24,6	34	34	6:37:00	6:59:00
	35	37,8	70	72,8	32,8	20,3	27,6	34	34	8:37:20	8:45:35

					32,6		30,7	34	34	10:31:41	10:43:51
					32,7		29	34	34	11:58:00	0:00:00
					32,1	32,1	28,4	34	34	14:21:00	14:27:15
					32	32,2	28,1	34	34	16:21:15	16:23:40
					32,1	32,1	27,8	34	34	18:31:25	18:37:41
					32,1	32,1	25,4	34	34	22:20:00	22:39:11
02/10/2015					32,1	32,1	23	34	34	0:38:37	0:51:55
					31,9	31,7	23,4	34	34	6:32:49	6:58:17
					31,9	32,6	26,9	34	34	8:44:15	8:58:20
					31,9	32,2	31,4	34	34	12:11:00	12:28:11
					31,7	32	33,7	34	34	16:38:20	16:43:09
					31,7	32,1	28,8	34	34	20:56:00	21:17:00
					31,7	32,6	25,3	34	34	22:19:50	22:28:17
03/10/2015					31,6	32,5	24,7	34	34	0:52:00	1:11:10
					31,6	32,6	24	34	34	6:33:07	6:54:41
					31,6	32,6	27,4	34	34	8:36:43	8:51:36
					31,4	32,1	30,8	34	34	15:31:06	15:45:18
					31,4	32,2	28	34	34	18:43:00	18:55:46
					31,4	32,2	27	34	34	21:55:22	22:09:34
04/10/2015					31,3	32,3	26	34	34	0:16:14	0:27:36
					31,6	32,5	23,6	34	34	6:33:50	6:51:13
	35	37,8	70	72,8	31,4	32,5	24	34	34	8:13:25	8:26:45
					31,5	32,1	27	34	34	2:00:01	12:20:28
					31,4	32,1	0,28	34	34	15:02:42	15:24:10
					31,4	31,9	29,2	34	34	0:00:00	0:00:00
					31,5	31,8	27,3	34	34	18:09:50	18:30:09

					31,4	31,7	25,7	34	34	20:21:06	20:39:10
					31,4	31,3	24,7	34	34	22:17:40	22:30:06
					31,5	31,6	24	34	34	23:43:10	23:56:40
05/10/2015					31,3	31,5	23,2	34	34	6:58:00	7:19:26
	35	37,8	70	72,8	31,1	31,5	27,6	34	34	9:10:57	9:27:15
					30,8	31,5	32,1	34	34	10:17:04	11:02:32
					30,8	31,5	33,8	34	34	12:00:35	12:14:53
					31	31,5	35,4	34	34	14:07:00	14:23:50
					30,9	3,5	35,2	35	35	16:22:47	16:31:40
					31	31,5	30,9	35	35	18:25:16	18:38:41
					30,9	31,4	28,6	35	35	20:21:33	20:32:52
					30,9	31,3	27,8	35	35	22:01:00	22:11:50
06/10/2015					30,8	31,4	27	35	35	1:02:30	1:19:20
					30	31,6	24	35	35	6:23:51	6:43:55
	35	37,8	70	72,8	31,1	32	32,6	35	35	8:29:23	8:42:49
					31,1	32	33,7	35	35	10:07:44	10:11:30
					31,1	31,9	34,9	35	35	12:15:10	12:20:45
					31,2	31,9	36,2	35	35	14:04:07	14:06:10
					31,3	31,9	38,9	35	35	16:28:00	0:00:00
					31,1	32	35,6	35	35	18:00:00	0:00:00
					31,2	31,9	31,1	35	35	19:14:00	19:17:00
07/10/2015					31,1	32,2	25,7	35	35	0:24:34	0:39:20
					31,4	32,8	24,3	35	35	6:34:21	6:46:15
					31,6	32,8	28,8	35	35	7:55:00	7:59:00
					31,4	32,7	32,4	35	35	10:11:08	10:14:17
					31,7	33	36	35	35	12:07:23	12:09:19

					31,4	32,9	36	35	35	14:11:00	0:00:00
					31,5	32,9	36	35	35	16:30:00	0:00:00
					31,5	32,9	26,8	35	35	18:11:17	18:12:00
					31,5	33	27,7	35	35	21:58:26	22:00:00
08/10/2015					31,7	33	25,6	35	35	0:39:10	0:43:30
					32,2	33,2	24,7	35	35	6:51:26	7:06:17
	35	37,8	70	72,8	32	33,2	28,9	35	35	8:04:56	8:06:30
					32,2	33,3	32,7	35	35	10:22:11	10:34:46
					32,2	33,1	33,6	35	35	2:13:15	12:16:01
					32,2	33,2	35,8	35	35	13:43:10	13:45:30
					32,2	32,9	32,3	35	35	16:04:21	0:00:00
					32,2	33,2	31,6	35	35	18:03:00	0:00:00
					32,1	33,4	28,7	35	35	22:32:10	22:47:50
					32,2	33,4	25,1	35	35	23:41:22	23:23:00
09/10/2015					32,2	33,2	30,4	35	35	8:30:16	8:53:33
					32,4	33,3	35,6	35	35	12:39:00	12:42:44
					32,3	32	31,3	35	35	18:18:31	18:35:21
							27,8	35	35	21:19:56	21:37:03
10/10/2015							23,8	35	35	4:03:04	4:21:40
							25	35	35	6:51:11	7:01:29
							31	35	35	12:28:06	12:34:08
					32,2	33,6	36,4	35	35	14:03:07	0:00:00
					32,6	33,6	30,7	35	35	15:05:00	0:00:00
					32,3	33,4	25,4	35	35	22:23:18	22:48:51
11/10/2015					32,4	33,7	22,6	35	35	4:14:15	4:30:40
					33,6	32,7	21,4	35	35	6:42:13	6:47:34

	35	37,8	70	72,8	32,6	33,5	23,6	35	35	8:45:00	8:50:25
					32,8	32,4	24,2	35	35	12:27:16	12:40:28
					32,1	33,3	23,9	35	35	14:04:33	14:10:03
					32,2	33,2	26,1	35	35	16:42:17	16:51:29
					32,2	33	22,1	35	35	20:20:13	20:33:50
					32,4	32,9	22	35	35	22:14:16	22:21:53
					32	32,4	23,4	35	35	23:38:12	23:45:38
12/10/2015					31,5	32,1	21,1	35	35	6:40:10	6:57:10
	35	37,8	70	72,8	31,7	32	22	35	35	8:28:27	8:36:06
					31,6	31,6	24,1	35	35	12:36:15	12:51:36
					31,5	31,5	20	35	35	13:55:30	13:57:20
					30,9	31,4	24	35	35	16:21:20	16:27:04
					30,8	31,1	21	35	35	19:59:00	20:06:30
					31	31	20,2	35	35	22:30:40	22:37:30
13/10/2015					30,6	30,6	19,9	35	35	4:10:21	4:22:01
					30,5	30,5	19	35	35	5:49:30	5:54:55
	35	37,8	70	72,8	30,5	30,3	24,2	36	36	8:11:10	14:02:00
					30,5	30,2	28	36	36	9:09:01	9:11:43
					30,3	29,5	33,6	36	36	14:30:01	14:36:15
					30,2	29,5	32,4	36	36	16:13:01	0:00:00
					30,1	29,6	31,1	36	36	18:14:20	18:18:22
					29,9	29,4	28,6	36	36	20:38:10	20:49:14
					29,7	29,1	26,4	36	36	23:06:08	11:13:28
14/10/2015					29,6	29,2	24,1	36	36	0:14:18	0:19:36
					29,2	29,2	22	36	36	5:53:27	6:09:10
	35	37,8	70	72,8	29,3	29,3	29,8	36	36	9:14:30	9:22:50

					29	29,4	30,7	36	36	10:29:05	10:36:10
					29,2	29,2	33,2	36	36	12:33:15	12:39:41
					29,9	29,9	33,6	36	36	14:18:58	14:23:06
					29,1	29,2	32,4	36	36	16:43:10	16:52:50
					29	29	26,4	36	36	21:38:15	21:58:16
15/10/2015					29	29,3	25,8	36	36	0:03:10	0:15:10
					29,9	30	25	36	36	6:53:15	7:09:50
	35	37,8	70	72,8	29,3	30,6	30,7	36	36	10:26:14	10:47:23
					29,3	30,6	35	36	36	14:24:30	14:25:27
					29,3	30,4	32,5	36	36	16:53:00	16:53:00
					29,4	30,4	29,5	36	36	20:34:00	0:00:00
					29,3	30,1	29	36	36	22:17:00	0:00:00
16/10/2015					30	29,5	25	36	36	0:42:15	0:44:53
					29,7	30,9	24	36	36	4:44:10	4:52:23
					29,8	31,3	23,6	36	36	5:48:26	5:58:24
					30,2	31,1	30,1	36	36	9:36:15	9:42:41
					30,1	31,3	32,3	36	36	11:44:00	11:54:12
					30,4	31,1	36,7	36	36	14:24:53	0:00:00
					30,3	31,1	36	36	36	16:40:58	0:00:00
					30,5	31,7	30,4	36	36	21:40:40	21:50:45
					30,4	31,6	24,7	36	36	0:00:08	0:09:31
17/10/2015					30,7	31,8	23,9	36	36	5:05:18	5:20:00
	35	37,8	70	72,8	31,2	31,6	29,6	36	36	9:21:45	9:30:17
					31,1	31,8	32,7	36	36	10:12	0
					31	31,9	35,7	36	36	12:40:00	0
					30,9	31,8	36,1	36	36	14:21:36	14:24:18

					30,9	31,7	36	36	36	16:15:07	16:16:41
					30,9	31,4	26,4	36	36	18:53:40	18:58:33
					30,9	31,6	26	36	36	19:45:45	19:50:07
					30,9	31,5	24,5	36	36	22:07:22	22:14:01
					30,9	31,5	24,4	36	36	23:00:00	0
18/10/2015					30,9	31,8	23,8	36	36	4:36:31	4:56:06
	35	37,8	70	72,8	31,1	31,8	28,8	36	36	9:40:25	10:05:24
					31,1	31,7	33,6	36	36	12:55:16	12:58:02
					31,2	31,8	34,4	36	36	15:05:28	15:10:30
					31,1	31,8	35	36	36	16:25:22	16:33:20
					31,1	31,5	29,8	36	36	20:14:00	0
							27	36	36	22:40:13	22:50:03
19/10/2015							26,8	36	36	0:25:10	0:31:25
							24,6	36	36	6:53:00	7:09:20
							30,9	36	36	9:52:00	0:54:16
					31,4	32,30	32,9	36	36	11:32:41	0
					31,4	32,2	35	36	36	12:16:10	0
					31,4	32	31	36	36	16:20:00	0
					31,4	32,7	26,9	36	36	22:48:20	22:50:40
20/10/2015					31,7	32,7	28,6	36	36	6:30:21	0
					31,5	32,7	30,3	36	36	9:18:30	9:26:20
					31,6	32,7	33,6	36	36	11:34:20	11:43:37
	35	37,8	70	72,8	31,7	33	36,7	36	36	12:50:12	0
					31,6	32,7	35	36	36	18:36:10	18:53:22
					31,5	32,8	27,1	36	36	21:40:26	21:55:40
					31,7	33	27	36	36	23:52:00	0:04:10

21/10/2015					31,7	33,1	28,6	36	36	6:02:41	6:19:42
	35	37,8	70	72,8	31,9	33,4	31,6	36	36	8:15:20	8:32:21
					32	33,5	34,4	37	37	10:26:58	10:45:59
					32,3	33	37,1	37	37	14:37:29	0
					32,3	32,9	32,2	37	37	18:07:03	18:25:27
					32,1	33,3	27,4	37	37	22:20:18	22:39:10

Fuente: Los autores_ Excel 2013.

ANEXO 3.

Planilla 2 de datos semanales obtenidos en el biodigestor prototipo.

(Fecha, hora, pH, % gas metano CH₄)

FECHA	Hora	pH		METANO	SOLIDOS TOTALES	Descargaron datos de Temperatura sensores a la computadora? (Si/No)	OBSERVACIONES
FECHA	Hora	Antes de carga	Despues de carga (tanque descarga)	Porcentage (con sensor rojo)	g/kg		
30/06/2015	10:15		6,71			si	
14/07/2015	12:50		6,99	44%		si	
03/08/2015	10:41	5,51	6,67	30%		si	bajo porcentaje de metano
10/08/2015	9:25	6,18	6,79	48%		si	subio el porcentaje de CH4 a 48% (se llevo muestra de solidos totales)
17/08/2015	15:13	6,81	7,07	53%		si	se recolecto y se llevo al laboratorio de ACBN para pruebas de solidos totales
25/08/2015	9:16	6,63	6,37	50%		si	se llevo muestra de solidos totales 25/08/15 se intercambio el sensor 4 por el sensor 3 por un mal funcionamiento y mala lectura de datos
31/08/2015	8:54	6,53	7,15	48%		si	se llevo muestra de solidos totales 31/08/15
10/09/2015	9:30	6,3	6,92	47%		si	no tenia agua en la valvula de escape
15/09/2015	10:40	6,89	6,87	48%		si	no tenia agua en la valvula de escape ni gota

22/09/2015	10:29	6,28	6,87	47%		si	la produccion de gas bajo
30/09/2015	15:23	6,05	6,53	48%		si	se intercambio sensor 1 por sensor 2 (motivo mala toma de datos)
06/10/2015	9:20	6,88	6,44	50%		si	
13/10/2015	9:09						

Fuente: Los autores_ Excel 2013.

ANEXO 4.

Flujo de caja.

Implementación de un biodigestor piloto en la comunidad mejillones.

CONCEPTO	MONTO \$US	VIDA UTIL	DEPRECIACION	VAROR	VALOR RES
			AÑO 1 -5	RES LIBRO	MEERCADO
Biodigestor	13.082	10	1.308	6.541	
TOTAL				6.541	
			Diferencia	6.541	

COSTOS						
AÑO	0	1	2	3	4	5
Costos de operación						
Incremento de CO (9%) anual	4200	4200	4578	4990	5439	5929
Depresiacion		1.308	1.308	1.308	1.308	1.308
Costos de Mantenimiento						
Incremento del CM (2%) anual	170	170	173	177	180	184
COSTOS TOTALES		5678	6060	6475	6928	7421
BENEFICIOS						
Costo por compra de GLP		2940	2940	2940	2940	2940
costo por compra de Leña		4560	4560	4560	4560	4560
costo por limpieza de canchon		1200	1200	1200	1200	1200
total Beneficios		8700	8700	8700	8700	8700

UTILIDAD NETA		3022	2640	2225	1772	1279
Depresiacion		1.308	1.308	1.308	1.308	1.308
valor residual en libros						6.541
Recuperacion del capital de trabajo						4200
Inversion	-					
capital de trabajo	13.082					
	-4200					
FLUJO NETO	-17282	4330	3949	3533	3080	13328

VAN=	1.767
TIR=	15,37%
RBC=	1,10
BAA=	19049,23

Tasa de actualizacion	12%
------------------------------	------------

Fuente: Los autores_ Excel 2013.

ANEXO 5.

Ficha ambiental del proyecto EIA.

MINISTERIO DE DESARROLLO RURAL, AGROPECUARIO Y MEDIO AMBIENTE
VICEMINISTERIO DE BIODIVERSIDAD, RECURSOS FORESTALES Y MEDIO AMBIENTE
DIRECCIÓN GENERAL DE MEDIO AMBIENTE

FORMULARIO: FICHA AMBIENTAL

1. INFORMACION GENERAL	
Fecha de llenado:	29 DE NOVIEMBRE DE 2017
Lugar:	COBIJA -PANDO
Promotor:	Sr. NICOLAS JUAQUIN CHAINA ALI & GENRY RODRIGO ANCASI COLLO
RESPONSABLE DEL LLENADO DE LA FICHA	
Nombre y Apellidos:	<i>8.1.1.1.1.1.1</i> CECILIA SANJINEZ
Profesión:	INGENIERO AMBIENTAL
Cargo:	TECNICA AMBIENTAL
No Reg. Consultor:	N.A.
Departamento:	PANDO
Ciudad:	COBIJA

Domicilio:	AV. 16 DE JULIO
Tel. Dom:	CEL.76217418
casilla post.	--

2. DATOS DE LA UNIDAD PRODUCTIVA

EMPRESA O INSTITUCIÓN:	HACIENDA SANTA LUCIA
PERSONERO (S) LEGAL (ES) :	Sr GARY ZARCO
ACTIVIDAD PRINCIPAL:	GANADERIA Y VENTA DE LECHE
CÁMARA O ASOCIACIÓN A LA QUE PERTENECE:	GANADEROS DE PANDO
Nº. DE REGISTRO:	--
FECHA/INGRESO:	--
Nº. NIT.:	--
DOMICILIO PRINCIPAL	
Ciudad y/o Localidad:	COBIJA
Cantón:	SANTA CRUZ
Provincia:	NICOLAS SUAREZ
Depto.:	PANDO
Calle:	AV/ 6 DE AGOSTO S/N
Nro.	S/N
Zona:	B/11 DE OCTUBRE
Teléfono:	--
Fax:	--
Casilla:	--
Domicilio legal a objeto de notificación y/o citación:	AV/ 9 DE FEBRERO B/11DE OCTUBRE

Nota: En caso de personas colectivas acompañar Testimonio de Constitución

3. IDENTIFICACION Y UBICACION DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO:	HACIENDA SANTA LUCIA
UBICACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO	
Ciudad y/o Localidad:	COBIJA
Municipio:	COBIJA - MEJILLONES
Provincia:	NICOLAS SUARES
Departamento:	PANDO
Latitud:	11°02'859"
Longitud:	OESTE 068°46'6.79"
Altitud:	PROMEDIO 164 m.s.n.m.
Código Catastral del Predio:	N.A.
N° Reg. Catastral:	-.-
Registro en Derechos Reales:	-.-
Partida:	-.-
Fojas:	-.-
Libro:	-.-
Año:	-.-
COLINDANTES DEL PREDIO Y ACTIVIDADES QUE DESARROLLAN	
Norte:	PROPIEDAD PRIVADA
Sur:	PROPIEDAD PRIVADA
Este:	PROPIEDAD PRIVADA
Oeste:	PROPIEDAD PRIVADA
USO DE SUELO	
Uso Actual:	GANADERIA
Uso potencial:	FORESTAL
Certificado de Uso de suelo:	-.-

Nº. Expedido por:	--
En fecha:	8.1.1.1.1.2 --

Nota: Anexar plano de ubicación del predio, certificado de uso de suelo, derecho propietario de inmueble y fotografías panorámicas del lugar

4. DESCRIPCION DEL SITIO DE EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO

SUPERFICIE A OCUPAR	
Total del predio:	390000 m ²
Ocupada por el proyecto:	320 m ²
DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	
Topografía y pendientes:	PLANA 3%GRADIENTE QUE CAE A UNA SANJA CON DRENAJE
Profundidad napa freática:	APROXIMADAMENTE 5 METROS
Calidad del agua:	EL AGUA SE OBTIENE MEDIANTE BOMBEO DE UNA LAGUNA CERCANA A LA HACIENDA, A UNA DISTANCIA DE 300 METROS APROXIMADAMENTE, DICHA LAGUNA SE ENCUENTRA DENTRO DE LOS LIMITES DEL PREDIO. LA CALIDAD DEL AGUA DE LA LAGUNA ES OPTIMA PARA CONSUMO HUMANO DESPUES DE UNA DESINFECCION BACTEREOLÓGICA, ES DECIR ES DE TIPO B.
Vegetación predominante:	FORMACIONES BOSCOSAS ALREDEDOR, DE LA HACIENDA, BARBECHO EN SU MAYORIA. PRESENTA UNIDADES DE ESPECIES NATIVAS Y EXTRANJERAS COMO: ARBOLES FRUTALES, MADERABLES, OLEAGINOSAS, ETC.
Red de drenaje natural:	NO EXISTE ALGUNA VERTIENTE O RIO QUE PASE POR LA HACIENDA, SI EXISTE UNA LAGUNA DENTRO DEL PREDIO COMO FUENTE PRINCIPAL DE AGUA PARA LAS PERSONAS QUE TRABAJAN Y VIVEN DENTRO DE ELLA.
Medio humano:	EL PREDIO SE ENCUENTRA A 14.8 Km DE LA CIUDAD DE COBIJA, DENTRO DE ELLA VIVE UNA FAMILIA (CUIDANTE) DE 5 PERSONAS, A PARTE DE ELLOS LOS DUEÑOS VISITAN LA HACIENDA DIARIAMENTE (1 A 2 PERSONAS), EL PERSONAL DEL PROYECTO SON 2, PERO DE MANERA EVENTUAL HASTA QUE LA GENTE DEL LUGAR SE HAYA APROPIADO DEL PROYECTO Y SU FUNCIONAMIENTO.

5. DESCRIPCION DEL PROYECTO

ACTIVIDAD	
Sector:	SERVICIOS
Subsector:	ENERGIA
Actividad Específica:	PRODUCCION DE BIOCOMBUSTIBLE
CIU:	NA
NATURALEZA DEL PROYECTO:	
Nuevo (<input checked="" type="checkbox"/>) Ampliatorio (<input type="checkbox"/>) Otros (<input type="checkbox"/>) Especificar otros:	
ETAPA DEL PROYECTO.	
Exploración (<input type="checkbox"/>)	Ejecución (<input checked="" type="checkbox"/>) Operación (<input checked="" type="checkbox"/>)
Mantenimiento (<input type="checkbox"/>)	Futuro inducido (<input type="checkbox"/>) Abandono (<input type="checkbox"/>)
ÁMBITO DE ACCIÓN DEL PROYECTO:	
Urbano (<input type="checkbox"/>)	Rural (<input checked="" type="checkbox"/>)
OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO:	CONSTRUCCION DE BIODIGESTOR EN BASE A ESTIERCOL DE GANADO VACUNO
OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO:	• PRODUCCION DE BIOCOMBUSTIBLE "BIOGAS"
RELACIÓN CON OTROS PROYECTOS:	
Forma parte de: Un Plan (<input type="checkbox"/>) Programa (<input type="checkbox"/>) Proyecto aislado (<input checked="" type="checkbox"/>)	
Descripción del plan o programa:	PROYECTO INTRAINSTITUCIONAL ENTRE LA UNIVERSIDAD AMAZONICA DE PANDO Y LA UNIVERSIDAD DE WISCONSIN
VIDA ÚTIL ESTIMADA DEL PROYECTO:	
TIEMPO:	10 AÑOS

() Sólo para uso del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

6. ALTERNATIVAS Y TECNOLOGIAS

¿Se consideró o están consideradas alternativas de localización?

Si () No ()

Si la respuesta es afirmativa, indique cuales y porqué fueron desestimadas las otras alternativas:

EXISTIERON OTROS DOS LUGARES CONSIDERADOS PARA EL PRESENTE PROYECTO; HACIENDA TRES HERMANOS Y HACIENDA PARAISO, PERO AMBOS LUGARES FUERON DESESTIMADOS DEBIDO A LA FACILIDAD DE VIAS DE ACCESO Y DISPONIBILIDAD DE AGUA.

Describir las tecnologías (maquinaria, equipo, etc.) y los procesos que se aplicarán:

TECNOLOGÍA

EN LA FASE DE IMPLEMENTACION LAS TECNOLOGIAS QUE SE UTILIZARAN SON ESCASAS, LIMITANDOSE AL USO DE DOS TANQUES DE POLIETILENO, MANGUERAS Y CONECCIONES PARA LA INSTALACION DEL BIOREACTOR.

EN LA FASE DE EJECUCION LA TECNOLOGIA ES LA MISMA, DANDO LE CONTINUIDAD DE USO A LOS MISMOS MATERIALES.

EN LA FASE DE CIERRE SI ES QUE LO HUBIERA, LA TECNOLOGIA UTILIZADA EN LAS DOS FASES ANTERIORES SE DISPONDRAN DE MANERA ADECUADA REPECTO A LA LEGISLACION VIGENTE, LOS TANQUES SERAN REUTILIZADOS PARA ALMACENAR AGUA Y LAS CONEXIONES TAMBIEN SE PODRAN REUTILIZAR PARA CUALQUIER OTRO FIN.

Nota: Si se requiere mayor espacio en alguno de los puntos, anexar hoja de acuerdo a formato.

7. INVERSION TOTAL

FASE DEL PROYECTO:

Pre factibilidad () Factibilidad (X) Diseño Final ()	
INVERSIÓN DEL PROYECTO:	
Costo total	4980 Bs

8. ACTIVIDADES

En este sector se debe señalar las actividades previstas en cada etapa del Proyecto.

ETAPA		DESCRIPCION
ACTIVIDAD	DESCRIPCION	
IMPLEMENTACION	<p>1. LIMPIEZA DEL LUGAR DONDE SE INSTALARA EL BIORECTOR Y SE DISPONDRAN LOS SACOS CON ESTIERCOL, ADEMAS DE UN AREA ESPECIAL (FOSA) PARA ALMACENAR</p> <p>MOMENTANEAMENTE LOS DESECHOS SOLIDOS Y LIQUIDOS. DE DONDE LOS LIQUIDOS SON REUTILIZADOS Y VUELTOS AL SISTEMA</p>	VISITA AL LUGAR DONDE SE INSTALARAN LOS TANQUES Y EL BIOREACTOR
	<p>2. ADQUISICION DE LOS MATERIALES</p>	COMPRA DE TANQUES, CANERIAS, ACOPLES, CEMENTO, ARENA, LADRILLO.

ETAPA		DESCRIPCION
ACTIVIDAD	DESCRIPCION	
	3. INSTALACION DEL BIOREACTOR	MEDICION DEL LUGAR DE EMPLAZAMIENTO, COLOCADO DE LOS TANQUES EN EL LUGAR DEFINITIVO, UNION DE CAÑERIAS.
	4. CONSTRUCCION DE LA FOSA DE DESECHOS	CAVADO DEL TERRENO EN LAS DIMENCIONES DE 2 X 1.5 METROS CON UNA PROFUNDIDAS DE 1.8 METROS.
EJECUCION	5. MEDICION DEL ESTIERCOL DE INGRESO AL BIOREACTOR Y ANALISIS DE LABORATORIO	PESADO DE ESTIERCOL Y CALCULO DEL AGUA A MEZCLAR
	6. PUESTA EN MARCHA DEL BIOREACTOR.	MEZCLADO Y FERMENTADO. RECOLECCION DEL BIOGAS CON PREVIA FILTRACION DE GASES TOXICOS.
	7. MEDICION DE BIOGAS PRODUCIDO Y DESECHOS GENERADOS	SE RECOLECTA EL GAS PRODUCIDO EN UN TANQUE ESPECIAL DE ALMACENAMIENTO, LOS DESECHOS GENERADOS SE DIVIDEN EN DOS: SOLIDOS QUE SON SECADOS AL SOL PARA USO EN ABONO Y LIQUIDOS QUE

ETAPA		DESCRIPCION
ACTIVIDAD	DESCRIPCION	
		REINGRESAS AL BIOREACTOR.

9. RECURSOS HUMANOS (Mano de obra)

	Permanente	No permanente
Calificada	1	2
	PERSONAS	PERSONAS

10. RECURSOS NATURALES DEL AREA QUE SERAN APROVECHADOS

Nro.	Descripción	Volumen o cantidad
1	ESTIERCOL DE GANADO VACUNO	60 Kg POR DIA
2	AGUA PARA USO DOMESTICO E HIGIENE	200 LITROS DIARIOS

11. MATERIA PRIMA, INSUMOS Y PRODUCCION DEL PROYECTO

ETAPA DE IMPLEMENTACION	CANTIDAD	UNID.	ORIGEN
-------------------------	----------	-------	--------

TANQUE DE POLIETILENO DE 5000 L	1	PZAS	LOCAL
TANQUE DE POLIETILENO DE 500 L	1	PZAS	LOCAL
TAPA METALICA PREFABRICADA	1	PZAS	LOCAL
COCINA DE DOS QUEMADORES	1	PZAS	BRASIL LAPAZ
TUBO DE PVC DE ½ PULGADA	1	PZAS	BRSIL
LADRILLO DE 6 HUECOS	300	PZAS	BRASIL
CEMENTO	15	BOLSAS DE 5 KILOS	BRASIL
ARENA	2 CUBOS	M ³	LOCAL
ETAPA DE OPERACION			
ESTIERCOL	60	KG	MISMO LUGAR
AGUA	200	LITROS	LAGUNA CERCANA

PRODUCCIÓN ESTIMADA DEL PRODUCTO FINAL POR DIA	1250 LITROS DE BIOGAS 120 LITROS DE BIOL
--	---

12. PRODUCCION DE DESECHOS

ETAPA	TIPO	DESCRIPCION	DISPOSICIÓN FINAL	FUENTE	CANTIDAD
IMPLEMENTACION	SOLIDOS	SUELO DEL HORIZONTE A Y B	AREA CERCANA DENTRO DEL PREDIO PARA NIVELACION DEL TERRENO	CONSTRUCCION DE FOSA PARA DESECHOS	MINIMO
		LADRILLOS ROTOS	USO COMO CASCOTE PARA VACIADO DE CEMENTO	CONSTRUCCION DE FOSA PARA DESECHOS	MINIMO
OPERACIÓN	SOLIDOS	ESTIERCOL DEGRADADO	AREA DE SECADO PARA LUEGO ELABORAR ABONO	BIOREACTOR	55 Kg

13. PRODUCCION DE RUIDO (Indicar fuente y niveles)

Fuente	CONSTRUCCION E INSTALACION DEL BIOREACTOR	
	40 DB	
Nivel Min.:	40 DB	Nivel Max. : 65 DB

14. INDICAR COMO Y DONDE SE ALMACENA LOS INSUMOS

EJECUCION:		
	AGUA PARA BIOREACTOR	TURRIL DE 200 LITROS QUE SE ENCUENTRA CERCA AL BIODIGESTOR
	ESTIERCOL	EL ESTIERCOL NO SE ALMACENA ES UTILIZADO A DIARIO SEGÚN SE OBTIENE DEL ESTABLO DONDE DUERMEN EL GANADO VACUNO.

15. INDICAR LOS PROCESOS DE TRANSPORTE Y MANIPULACION DE

IMPLEMENTACION:

TODOS LOS MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION E INSTALACION DEL BIOREACTOR FUERON TRASLADADOS EN MOVILIDAD DE CUATRO RUEDAS DESDE LA CIUDAD DE COBIJA, A UNA DISTANCIA DE 12 Km, TENIENDO EN CUENTA QUE NO SE DERRAME Y NO SE PRODUSCA DAÑO ALGUNO AL MEDIO AMBIENTE Y A LOS OPERARIOS.

OPERACIÓN:

EL ESTIERCOL ES TRASLADADO EN CUBETAS DE 20 LITROS AL LUGAR DONDE SE ENCUENTRA EL BIOREACTOR, MEDIANTE EL USO DE PALAS E IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD, RECORRIENDO UNA DISTANCIA DE 5 A 8 METROS DE MANERA MANUAL.

EL AGUA ES TRASLADADO AL BIOREACTOR EN CUBETAS DE 20 LITROS DESDE UN TURRIL DE ALMACENAMIENTO. EL CUAL ES PREVIAMENTE LLENADO CON AGUA BOMBEADA DE LA LAGUNA CERCANA.

16. POSIBLES ACCIDENTES Y/O CONTINGENCIAS

IMPLEMENTACION

Golpes en el trabajo

Caídas

Fracturas

Descargas eléctricas

Heridas cortantes

OPERACIÓN :

Golpes por caída

Intoxicación por inhalación de acido sulfhídrico en caso de rotura de tubería

Otras emergencias

Fracturas

Picaduras de víboras e insectos venenosos por encontrarse en un área de barbecho o bosque bajo.

Deficiencia de agua

Nota: Si se requiere mayor espacio en alguno de los puntos anexar hoja de acuerdo a formato.

17. CONSIDERACIONES AMBIENTALES

ETAPA	IMPACTO	CLASIFICACION PRIMARIA	CLASIFICACION SECUNDARIA	PONDERACION
implementación	❖ Socio económico: generación de empleos	positivo	Directo temporal y localizado	alto
	❖ Ruidos: manipulación o traslado materiales, excavaciones	negativo	Directo temporal localizado mitigado	bajo
	❖ Aire: polvo y materiales en suspensión por el manipuleo de tierra, monóxidos por combustión de combustible en vehículos de transporte.	negativo	Directo temporal localizado	bajo
	❖ Residuos sólidos: escombros y defferentes procesos de la construcción que	negativo	Directo temporal	bajo

	<p>generara restos y residuos sólidos.</p> <p>❖ Agua: utilizada en los procesos de construcción , higiene de los trabajadores descargado a drenajes pluviales naturales</p>		localizado y mitigado	
Operación	<p>Socio económico : generación de empleo permanente</p> <p>Aire: minimización de emisiones de gases de efecto invernadero por descomposición y secado del estiércol</p> <p>Aqua utilizada para el aseo del área</p>	<p>positivo</p> <p>positivo</p> <p>negativo</p>	<p>Directo permanente localizado</p> <p>Directo permanente localizado</p> <p>Directo localizado temporal mitigable</p>	<p>alto</p> <p>alto</p> <p>bajo</p>

ETAPA	FACTOR	MEDIDA DE MITIGACION
implementación	Ruido	Control de los vehículos de transporte de materiales, deberían estar en condiciones de funcionamiento en relación a ruidos en el escape deben tener escapes nuevos sin roturas y los movimientos de maquinas al mínimo con choferes experimentados
		El personal de obreros y operadores deberán contar con cascos, orejeras y guantes protectores.
		Debe suprimirse el trabajo nocturno con equipo pesado y moto sierra, reducir al mínimo ruidos.
		Deben ejecutarse riegos de las aéreas antes de los trabajos, para evitar y levantar demasiado polvo.
	Aire: Polvo En Suspensión Y Movimiento De Tierra	Los obreros y operadores cercanos a las aéreas de movimiento de tierra deben utilizar equipo de protección personal
	Suelo: Los productos de la excavación restos de ladrillo, resto de material, cascajo, utilizado en la etapa de construcción del galpón.	Otros restos pueden utilizarse en el relleno del área que circundan en la construcción.
OPERACION	AGUA: Utilización de agua para aseo del lugar	Minimizar el consumo de agua mediante esparcidores especiales acoplados a las mangueras.

18. DECLARACION JURADA

Los suscritos NICOLAS JUAQUIN CHAINA ALI con C.I. 3490994 LP & GENRY RODRIGO ANCASI COLLO C.I. 9225467 LP, en calidad de promotor y mi persona como técnica Ambiental responsables técnicos de la elaboración de la ficha ambiental doy fe de la veracidad de la información detallada en el presente documento y asumo la responsabilidad de que la ficha ambiental es de uso practico

NICOLAS J. CHAINA A.

GENRY R. ANCASI C.

CECILIA SANJINEZ L

PROMOTORES

**RESPONSABLE DEL LLENADO DE LA
FICHA AMBIENTAL**

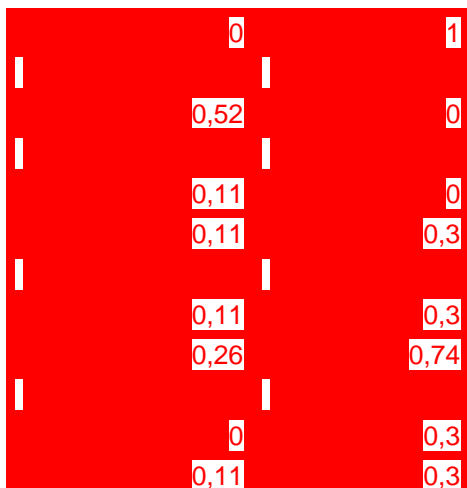
Fuente: Los autores_ Ley N° 1333 Ley del medio ambiente_ Edición actualizada 2014

ANEXO 6.

Matriz de evaluación de impactos ambientales.

ANEXO 7.

Grafica de clasificación de los proyectos.

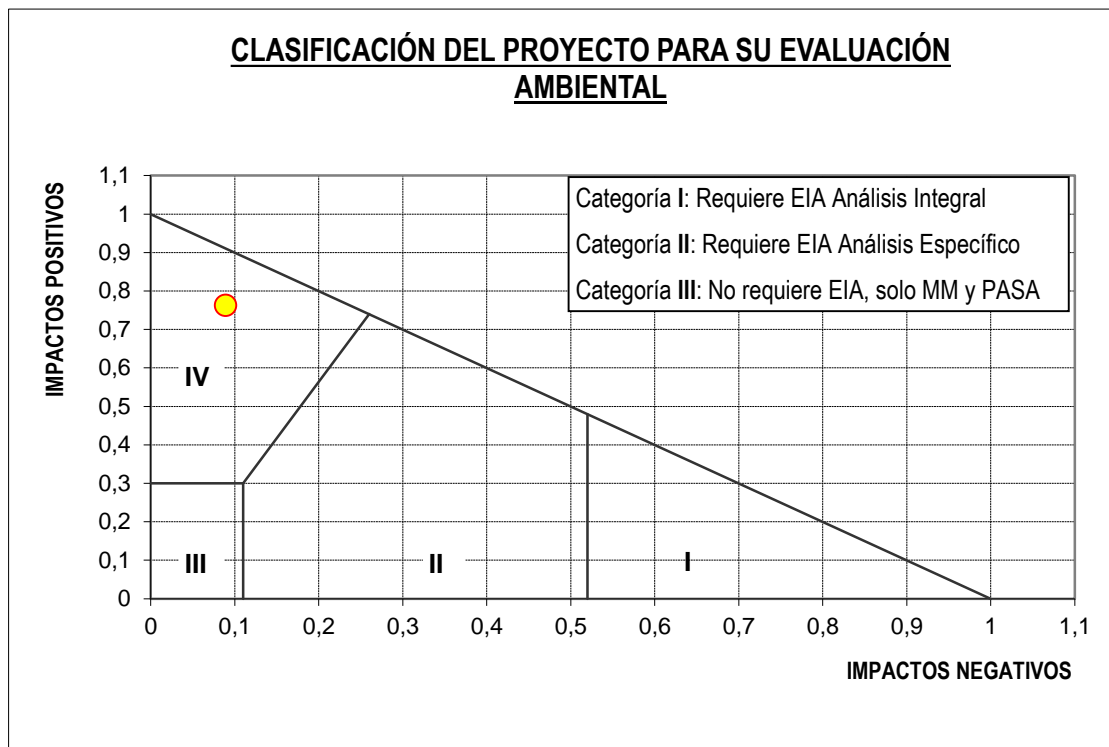


POSITIVOS

0,763
0,000
0,277
1,250
0,000
0,000

NEGATIVOS

0,089
0,000
0,136
0,042
0,000
0,000



Notas: EIA. Estudio de Impacto Ambiental
MM. Medidas de Mitigación
PASA. Plan de Adecuación y Seguimiento Ambiental

ANEXO 8.

Procedimiento de operación del Biodigestor.

BIODIGESTOR ANAERÓBICO.

PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO



Cobija - 2017

9 CONTENIDO

1	PRECAUCIÓN.....	2
2	INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD.	2
3	COMPONENTES DEL BIODIGESTOR PILOTO	3
3.1	Tanque reactor.	4
3.2	Almacenador de efluentes.	5
3.3	Almacenador de Biogás.	5
3.4	Trampa de agua.	6
3.5	Filtro de viruta.	6
4	OPERACIÓN DEL BIODIGESTOR PILOTO.....	6
4.1	Recolección de Materia prima.....	6
4.2	Pesado de la materia prima y agua.	7
4.3	Mezclado.	7
4.4	Carga.	7
4.5	Descarga de efluentes.....	7
4.6	Biogás.....	8
5	¿PROBLEMAS?.....	8
5.1	No hay suficiente producción de biogás	8
5.2	Deformación del tanque reactor.	8

5.3 Al momento de la quema del biogás desprende un olor desagradable y la llama tiene un color amarillento.....8

6 Recomendaciones.9

10 PRECAUCIÓN.

Este manual contiene información importante para evitar daños y un mal funcionamiento del biodigestor piloto, una mala manipulación puede ocasionar daños irreversibles en sus componentes y en lo que lo rodea.

Cuando el prototipo esté en funcionamiento, alejar objetos que puedan generar llama (encendedores, fogatas, etc.).



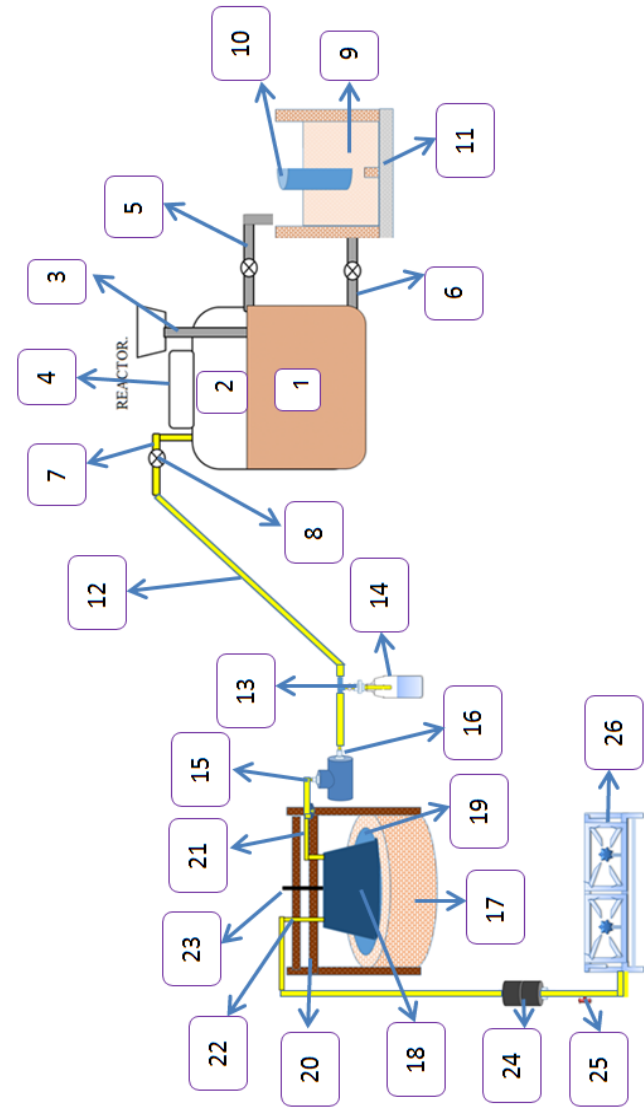
11 INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD.

Señor usuario antes de poner en marcha el biodigestor piloto, tome en cuenta las siguientes medidas de seguridad.

- Verifique que el biodigestor este ensamblado con todos sus componentes.

- La tapa debe estar correctamente sellada, así también los tubos de salida de efluentes.
- Antes de realizar la primera carga verifique que todos los acoples, tubos y uniones estén bien sellados, sin existir fugas.
- El tanque reactor debe tener todas las válvulas cerradas.
- El tanque reactor debe estar situado en lugar ventilado, nivelado y un mínimo de 4 metros de distancia de la llama e interruptores eléctricos.
- Debe tener fácil acceso al tanque reactor.

12 COMPONENTES DEL BIODIGESTOR PILOTO.



1. Sustrato o materia prima
2. Espacio para almacenar biogás
3. Ingreso de materia prima
4. Tapa del reactor
5. Salida superior de efluentes
6. Salida inferior de efluentes
7. Salida del biogás
8. Válvula de gas
9. Efluente almacenado
10. Turril partido en dos para separar líquidos y sólidos
11. Estructura de cemento
12. Ducto de biogás
13. Unión universal
14. Botella
15. Válvula Bypass
16. Ingreso de biogás al almacenador
17. Estructura del almacenador de agua
18. Tanque almacenador
19. Agua como aislante para el biogás
20. Soporte de copula
21. Ingreso de gas a tanque copula
22. Salida de gas de tanque copula
23. Guiador del tanque copula
24. Filtro de viruta
25. Llave de paso para cocina

26. Cocina

12.1 Tanque reactor.

Uno de los factores más importantes es mantener el reactor herméticamente cerrado (que no entre nada de oxígeno). Inspecciones rutinarias deben realizarse en las conexiones (tapa, ingreso y salida de materia prima, salida de biogás) ya que existe mayor riesgo que existan fugas por ellas.



Es sumamente importante cargar el reactor diariamente con una mezcla de proporción 1:1 es decir que por cada 1kg estiércol fresco se usara 1 L de agua.

12.2 Almacenador de efluentes.

Este es un receptor de materia orgánica ya procesada en reactor (BIOL). El turril separado sirve para separar los sólidos de los líquidos en el biol naturalmente por gravedad. Los líquidos se pueden utilizar como fertilizante en lugares cercanos de la hacienda. Los sólidos se pueden secar y transportarlos más fácilmente a lugares más lejanos para ser utilizados como fertilizante. Una capa se formará en la superficie del almacenador del biol, la cual se puede retirar con ayuda de una pala para ser tratada como fertilizante sólido.



12.3 Almacenador de Biogás.

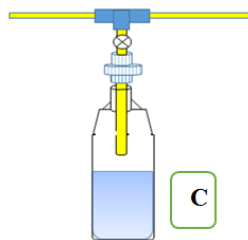
Este sistema tiene la función de almacenar el biogás producido para su uso posterior. Es importante mencionar que el almacenador domo flotante (componente 18) trabaja sin que alguien lo controle, facilitando el uso del sistema. Un guiador deslizante le permite acumular suficiente biogás para la utilización en la hacienda, con una presión constante, lo que permite un flujo estabilizado de gas para los quemadores de la cocina.



El almacenador de biogás debe estar instalado en las cercanías del punto de uso (por ejemplo la cocina). Es importante comprobar que no falte agua en el tanque.

12.4 Trampa de agua.

Este dispositivo cumple la función de recolectar el agua arrastrada de la condensación en el ducto por donde sale el biogás, evitando el taponamiento e inundación de la línea de biogás. Se debe revisar por lo menos una vez al mes.



12.5 Filtro de viruta.

El filtro de viruta tiene la función de remover el ácido sulfhídrico que es altamente corrosivo y puede reducir el tiempo de vida de la cocina.



Se debe incorporar en el ducto de gas antes de la cocina y se debe cambiar la viruta una vez al mes.

13 OPERACIÓN DEL BIODIGESTOR PILOTO.

13.1 Recolección de Materia prima.

La materia prima (estiércol fresco) debe ser recolectada del corral de preferencia en horas de la mañana. Con ayuda de una pala y un recipiente.



13.2 Pesado de la materia prima y agua.

Se pesan 40 kg de estiércol fresco y 40 kg de agua, No es necesario que el agua sea potable. Se puede reutilizar agua de río o de otras actividades de la hacienda. Poner todo esto en recipiente.



13.3 Mezclado.

Mezclar el estiércol y agua con ayuda de una pala, hasta verificar que exista la menor cantidad de grumos o cuerpos sólidos.



13.4 Carga.

Una vez mezclado el agua y el estiércol fresco se procede a cargar por el componente 3 del reactor.

13.5 Descarga de efluentes.

Una vez cargado el biodigestor se procede a abrir la válvula de descarga superior (componente 5) para que por rebalse salga la misma cantidad de sustrato que ingreso al reactor.



13.6 Biogás.

El biogás producido por el reactor es encapsulado en el tanque de almacenamiento. Para su uso se debe abrir la válvula de la línea de biogás el cual conecta con la cocina.



14 ¿PROBLEMAS?

14.1 No hay suficiente producción de biogás

- Asegúrese que el reactor sea cargado diariamente.
- Verificar que el reactor no tenga fugas cerrando la válvula principal de biogás, echando agua jabonosa en los acoples y uniones.

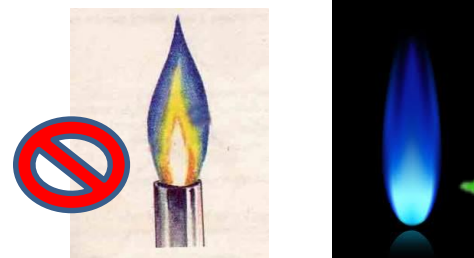


14.2 Deformación del tanque reactor.

- Verificar la trampa de agua.
- Revisar la línea de biogás que no exista obstrucción.
- Comprobar que la válvula bypass (componente 15) esté funcionando correctamente.

14.3 Al momento de la quema del biogás desprende un olor desagradable y la llama tiene un color amarillento.

- Cerrar la válvula de almacenamiento de biogás a la cocina, revisar el filtro de biogás (componente 24) y remplazar la viruta.



15 Recomendaciones.

- Para la manipulación del estiércol y del biol es necesario el uso de equipo de protección personal (EPP), como ser botas, guantes, barbijo y lentes, para evitar el contacto directo.
- Realizar un perímetro de seguridad alrededor del tanque reactor y el almacenamiento de efluentes. Esta para minimizar que el sistema sufra daños externos.
- Cambiar la viruta del filtro de biogás por lo menos una vez al mes para prolongar el tiempo de vida de la cocina.
- En épocas de frío, ver la posibilidad de implementar fuentes auxiliares de calor para acelerar el proceso de fermentación y maximizar la producción de biogás.