



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Agropecuaria

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE BIODIGESTOR PARA
PEQUEÑAS FINCAS PRODUCTORAS DE GANADO PORCINO EN
EL RECINTO EL SUSPIRO, PARROQUIA COLONCHE,
PROVINCIA DE SANTA ELENA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO/A AGROPECUARIO

Autor: Erika Daniela Cruz Estrella.

La Libertad, 2021



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Agropecuaria

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE BIODIGESTOR PARA
PEQUEÑAS FINCAS PRODUCTORAS DE GANADO PORCINO EN
EL RECINTO EL SUSPIRO, PARROQUIA COLONCHE,
PROVINCIA DE SANTA ELENA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del Título de:

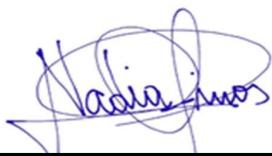
INGENIERO/A AGROPECUARIO

Autor/a: Erika Daniela Cruz Estrella.

Tutor/a: Ing. Andrés Drouet Candell, MSc.

La Libertad, 2021

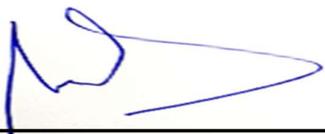
TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Nadia Quevedo Pinos, PhD.
**DIRECTORA DE LA CARRERA
DE AGROPECUARIA Y
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Ing. Mercedes Solanda Santistevan, PhD.
**PROFESORA ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Andrés Enrique Drouet C, MSc.
**PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Juan Valladolid Ontaneda, MSc.
**DELEGADO DEL PROFESOR
GUÍA DE LA UIC
SECRETARIO**

AGRADECIMIENTO

A nuestro Padre Celestial por caminar a mi lado, guiar mis pasos y bendecirme con una hermosa familia demostrándome que con fe y dedicación todo es posible.

A mis padres Rita Estrella y Javier Cruz por todo el apoyo incondicional que me brindan día a día pese a toda circunstancia difícil que se haya suscitado, con sus consejos, reprensiones, valores llevados en mi ser, han logrado formar mi carácter. Saber que poseo el ingenio de ti papa y lo analítica de ti mama, me llena de satisfacción porque ha sido fundamental durante mi proceso de estudios, es un honor tenerlos como padres y agradezco infinitamente que me hayan otorgado la más grande herencia que pueden ofrecernos los padres, la educación.

A cada miembro de mi familia y amigos por el inmenso cariño y comprensión, en especial a July Estrella quien con su presencia en los momentos más complicados, me ha ayudado a levantarme y motivarme a seguir hacia delante sin mirar atrás.

A todos mis maestros de la Universidad Estatal Península de Santa Elena por sus enseñanzas, instrucción y formación hacia los estudiantes, mi respeto y cariño hacia ellos. Mi noble gratitud al Ing. Andrés Drouet Candell por todo el apoyo brindado en la carrera de Agropecuaria, por confiar en mi permitiéndome formar parte de este proyecto, el cual es muy importante para mí.

Le doy gracias a la vida que me concede seguir creciendo de forma personal, adquirir conocimientos para desarrollarme profesionalmente y luchar conmigo misma para alcanzar mis metas las cuales aún no terminan.

Erika Daniela Cruz Estrella

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación está dedicado con profundo e infinito amor a todas las personas que me han acompañado en este proceso, especialmente se la dedico a mi Mamita Carmen Romero quien ha sido mi madre, padre, abuelita, amiga y compañera. Con su ejemplo admirable de salir adelante, sus consejos sabios, valores y principios, por su puesto su paciencia, ternura y amor, forjó en mí esa lucha de constancia y superación. Me siento afortunada de tenerla conmigo y decirle que por usted he logrado dar un paso más y subir ese escaloncito que siempre me menciona. Sus oraciones y bendiciones han sido fundamentales, están presente en todo momento de mi vida y son las que me mantienen a seguir cumpliendo mis sueños.

A mi hermano Erik Tumbaco Estrella, eres mi adoración y motor de constancia a cumplir lo que me propongo, te dedico el esfuerzo, responsabilidad, empeño que conlleva la educación y el deseo de superarse, que este trabajo quede para ti como un ejemplo y referente de motivación para continúes con éxito en tu vida, y ahí estaré contigo ayudándote a tener un futuro mejor.

Erika Daniela Cruz Estrella

RESUMEN

La necesidad de incursionar en la agroecología conlleva a la búsqueda de alternativas viables, económicas y sustentables para poder ser puestas en práctica, especialmente en las zonas rurales de nuestra provincia, por lo que, la Facultad de Ciencias Agrarias de la Carrera de Agropecuaria de la UPSE, está ayudando a promover la implementación de biodigestores pequeños, en los cuales se puede producir biogás de uso doméstico y biofertilizantes brindando un aumento de fertilidad de los suelos con un óptimo desarrollo de cultivos, evitando el uso de agroquímicos que dañan la tierra agrícola y contaminan el ambiente. Por consiguiente es de enfatizar, que los biodigestores son sistemas cerrados, que no requiere el uso de alta tecnología para su implementación, el manejo y mantenimiento, son de fácil aplicación, los repuestos son de precios accesibles y se encuentran en el mercado local, el mantenimiento preventivo y correctivo se debe ejecutar siguiendo las recomendaciones del fabricante y así alargar su periodo de vida; para ello, se debe contar con un sitio adecuado, para evitar daños en los equipos. Indispensablemente disponer de materia prima adecuada, en este caso se utilizó estiércol de cerdo, cuya capacidad de requerimiento de materia prima disponible para el proyecto es de es 9.25 Kg/día., la cual produjo 0.46 m³ de biogás diario y de Bio/abono de 25.76 L/días. Este tipo de trabajo, es innovador en la producción de gas y abono orgánico, los cuales son de gran importancia en la vida de las personas, mejorando su estándar de vida y protegiendo la naturaleza.

Palabras Claves: Biodigestor; Biogás; Biofertilizantes; Abono Orgánico; Ganado Porcino; Impacto ambiental.

ABSTRACT

The need to enter into Agroecology leads to the search for viable, economic, and sustainable alternatives are sought to be put into practice, especially in rural areas of our province, therefore, the Faculty of Agrarian Sciences of the Agricultural Engineering Career of The UPSE, is helping to promote the implementation of small biodigesters, in which biogas for domestic use and biofertilizers can be produced, providing increase in soil fertility with optimal development of crops, avoiding the use of agrochemicals that damage agricultural lands and pollute the environment. Accordingly, it should be emphasized that biodigesters are closed systems that do not require the use of high technology for their implementation, handling and maintenance are easy to apply, and spare parts are cheap and can be obtained in the local market. Preventive and corrective maintenance should be carried out following the manufacturer's recommendations and thus extend their life span; for this, a suitable site should be available, where activities are carried out without any setbacks and the equipment is cared for and protected to avoid damage. Indispensably having adequate raw material, in this case pig manure was used, whose capacity of raw material requirement available for the project is 9.25 kg/day, which produced 0.46 m³ of biogas per day and bio / fertilizer of 25.76 L/days. This type of work is innovative in the production of gas, organic fertilizer, which are of great importance in people's lives, improving their standard of living and protecting nature.

Keywords: Biodigester; Biogas; Biofertilizer; Organic fertilizer; Swine cattle; Environmental impact

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".



Daniela Cruz Estrella

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
1.1 Biodigestor	5
1.1.1 Antecedentes históricos	5
1.1.2 Tipos de biodigestores	6
1.1.3 Modelos de biodigestor	7
1.1.4 Productividad del biodigestor	9
1.2 Factibilidad de la instalación de un biodigestor	10
1.2.1 Formación del metano	11
1.2.2 Digestión anaeróbicos	11
1.2.3 Tipos de reactores anaeróbicos	12
1.2.4 Ventajas y desventajas de biodigestores anaeróbicos	13
1.2.5 Mantenimiento de biodigestor	14
1.3 Origen y componentes del biogás	14
1.3.1 Proceso de producción del biogás	14
1.3.2 Acondicionamientos del sustrato previo a la producción de gas	15
1.3.3 Utilización del biogás en Ecuador	16
1.3.4 Filtrado de biogás	17
1.3.5 Usos del biogás	17
1.3.6 Diferentes aplicaciones del Biogás	18
1.3.7 Beneficios del uso de biogás	19
1.4 La biomasa	19
1.4.1 Fuentes para la obtención de la biomasa	20
1.4.2 Proceso de biodegradación	20

1.4.3 Origen y componentes de la materia orgánica	21
1.4.4 Proceso de producción de la materia orgánica.....	21
1.4.5 Biofertilizantes	21
1.4.6 Beneficios del uso de biofertilizantes	22
1.5 Ganado porcino en el Ecuador	23
1.5.1 Producción de excretas porcinas	23
1.6 Contaminación ambiental	25
1.7 Importancia en la reducción del grado de impacto ambiental generado por la producción de excretas porcinas	26
1.8 Aspectos legales en relación a la normativa ambiental	26
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
2.1 Ubicación y descripción del sitio experimental	29
2.2 Infraestructura	30
2.3 Materiales.....	32
2.3.1 Material biológico	32
2.3.2 Materiales y equipos	32
2.4 Manual de procedimientos.	33
2.4.1 Implementación de biodigestor	33
2.4.2 Instalación del biodigestor	34
2.5 Metodología	36
2.5.1 Selección de productor de ganado porcino	37
2.5.2 Cálculos de materiales requeridos.....	37
2.5.3 Instalación de biodigestor	38
2.5.4 Variables de estudio.	38
2.5.5 Impacto ambiental.....	42
2.6 Costos de Producción.....	44

2.7 Fuente de financiamiento	44
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
3.1 Esquema de manejo del biodigestor	45
3.2 Variables de estudio	46
3.2.1 Producción diaria de purín	46
3.2.2 Cálculo de determinación de materia prima disponible.....	47
3.2.3 Cálculo del volumen de la carga de entrada diaria	47
3.2.4 Tiempo de retención	47
3.2.5 Producción diaria de biogás	48
3.2.6 Producción de bio/abono por día	48
3.3 Impacto ambiental	49
3.4 Costos de producción	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
Conclusiones	52
Recomendaciones	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Diferentes aplicaciones del Biogás	19
Tabla 2. Producción diaria de excretas según el tipo de cerdo	24
Tabla 3. Excreción anual de nutrimentos	25
Tabla 4: Localización Geográfica del proyecto.....	30
Tabla 5: Materia Prima disponible en el proyecto.....	39
Tabla 6: Principales datos de diseño para la obtención de biogás.....	41
Tabla 7. Valoración de impactos ambientales	43
Tabla 8. Costo y gasto de la propuesta	44
Tabla 9: Aportaciones	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de Biodigestores dependiendo régimen de carga.....	6
Figura 2. Tipos de biodigestores por su estructura y forma	6
Figura 3. Modelos de Biodigestores	7
Figura 4. Factores químicos, físicos y biológicos del biodigestor	10
Figura 5. Tipos de reactores	13
Figura 6. Representación esquemática de la descomposición anaeróbica	15
Figura 7. Esquema del ciclo de la digestión anaeróbica de purines animales.....	16
Figura 8. Usos del biogás	18
Figura 9. Ubicación geográfica del lugar del proyecto	29
Figura 10. Diseño de construcción del piso de galpón.....	31
Figura 11. Diseño de la construcción del galpón	31
Figura 12. Diseño de la estructura del biodigestor	35
Figura 13. Diseño de la estructura del sistema de salida de gas.....	36
Figura 14. Esquema de manejo de biodigestor.....	45

ÍNDICE DE ANEXOS

Figura 1A. Facturas de compra de materiales de construcción

Figura 2A. Instalaciones de la zona de estudio

Figura 3A. Limpieza de terreno donde se realizará el proyecto

Figura 4A. Construcción de Galpón de cerdos

Figura 5A. Instalación de biodigestor

Figura 6A. Sistema de desagüe de biodigestor

Figura 7A. Sistema de salida de abonos líquido y sólido

Figura 8A. Sistema de salida de abonos líquido y sólido

Figura 9A. Abastecimiento de agua para el sistema de bebederos

Figura 10A. Instalación de biodigestor terminada

Figura 11A. Porcinos colocados en el galpón

Figura 12A. Inspección del trabajo culminado por parte del tutor

Figura 13A. Esquema estructural del proyecto investigativo

INTRODUCCIÓN

La situación actual que se vive en el mundo entero debido a la crisis sanitaria, la expansión demográfica, la sobreexplotación de los recursos naturales y la crisis económica son factores que inciden en la vida de los seres humanos, lo que ha provocado un mayor consumo de los recursos en desmedro de la situación económica que vive cada familia, empresa e institución pública y privada, en la actualidad, ahondando más en la pobreza a las familias de escasos recursos económicos (CEPAL, 2020).

Esta situación ha generado que se busquen alternativas de sostenibilidad para la generación de energía natural, a través del aprovechamiento de los residuos orgánicos que se producen en el sector agropecuario, así como el ganadero, avícola, porcino, agrícola, y doméstico, se puede aprovechar el gas metano, lo que se podría transformar en biogás y posteriormente en energía; pero mucho más allá de obtener un recurso energético, se estaría aprovechando materiales de desechos que al no ser manejados correctamente estarían contaminando el medio ambiente (Correa et al., 2016).

Las excretas que se producen mediante la crianza de cerdos originan un impacto ambiental negativo por la emanación de gases como amoníaco, metano y otros componentes que liberados a la atmósfera pueden provocar efecto invernadero, ocasionando riesgos tanto para la salud humana como al medio ambiente (FAO, 2016), pero, la degradación del suelo, agua y aire se la puede minimizar a través de procesos donde considere la protección de las áreas afectadas, pero que a la vez permitan generar recursos en el desarrollo de esta actividad y así establecer un balance en la utilización de las excretas porcinas, la protección del medio ambiente y la salud del ser humano (Moreno, 2018).

El diario El Comercio (2020), indica que en nuestro país se vive una situación caótica, ahondada por la caída de los precios del barril de petróleo, la crisis sanitaria y una serie de problemas que afectan a todos, por ello, se hace necesario e imprescindibles realizar un estudio para la implementación de un modelo de biodigestor que permita a los pequeños agricultores tener energía a bajo costo, aprovechando los residuos orgánicos

que se produce, fomentando la producción y preservando el medio ambiente, además del ahorro en el consumo de energía (gas) que gasta mensualmente el usuario y promoviendo tener fertilizantes orgánicos para las plantas, esto hará o producirá un gran ahorro para los agricultores.

Las granjas de producción porcina siendo una actividad pecuaria de gran impacto, así como las diferentes producciones animales, también generan residuos tales como el estiércol y la orina que si no son tratados de forma adecuada van a causar contaminación en el medio ambiente y en la salud de las personas, lo que conlleva a pensar en buscar alternativas para aprovechar estos residuos y transformarlos en energía que puede ser usada en las viviendas y en abono orgánico para los cultivos, mejorando la calidad del suelo agrícola, por lo que hay que establecer que acciones o procesos se deben de llevar a cabo para aprovechar todos los recursos que se generan en la cría de animales (Kvolec, 2019).

De acuerdo con Avila (2011) a nivel general, se establece que los sistemas de energía a través de un modelo biodigestor de biogás, son los más seguro en cuanto a su uso y aplicación obteniendo energía a muy bajo costo. Es de establecer que la parroquia Colonche y zonas aledañas son sitios agrícolas y ganaderos por lo que se tiene materia prima a disposición para la explotación de esta fuente de energía, a la que se le puede llamar energía alternativa; por lo que la Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la UPSE, a través de este proyecto de investigación busca fomentar el buen manejo de la materia prima existente en la zona y la ejecución de acciones en cuanto a la implementación de este sistema de almacenamiento para el tratamiento de desechos, permitiendo a docentes y estudiantes la optimización de recursos, obtención de conocimientos y generación de diferentes aportes tecnológicos que garanticen el progreso, calidad y alta categorización de la Universidad.

Según estudios técnicos realizados en otros trabajos, se establece que cinco vacas o en su defecto 10 cerdos producen desechos orgánicos y cuya cantidad bien podría generar el biogás para la obtención de 3 kilovatios por hora (kW/h) de electricidad. La producción de esta energía derivada de los desechos que producen los animales, son el producto de

la nueva tecnología que se encuentra en el mercado y cuyo uso eficiente dentro del sector productivo, puede provocar el ahorro de una ingente cantidad de dinero, y además de proporcionar empleo directo e indirecto a personas dentro del sector, por el uso de la mano de obra en la recolección de la materia prima, ya sea del ganado vacuno o porcino. (Rivas, 2019).

Andino & Martínez (2015), manifiestan que al implementar este tipo de tecnologías no solo se reduce el impacto ambiental por la liberación de desechos sólidos a los afluentes, sino también la emisión de olores desagradables, obteniendo como beneficio también la generación de gas natural y la producción de fertilizantes orgánicos. Es por ello la importancia de crear modelos demostrativos de aplicación de biodigestores, para la difusión de esta tecnología y sus beneficios a productores pequeños y medianos, para que aprendan a usar medidas alternativas de uso doméstico y así fomentar la protección del medio ambiente. Con estos antecedentes planteados se establece el siguiente **problema científico**:

¿La aplicación de un modelo biodigestor para pequeñas fincas, permitirá disminuir las emisiones de desechos contaminantes al medio ambiente?

La problemática planteada ayuda a formular los siguientes objetivos, los cuales se mencionan:

Objetivo General.

Implementar un modelo de biodigestor para pequeñas fincas productoras de ganado porcino en el Recinto El Suspiro, parroquia Colonche, provincia de Santa Elena.

Objetivos Específicos.

1. Evaluar la factibilidad técnica de la instalación de un biodigestor, como mecanismos de disminución de consumo de energía no renovable.

2. Esquematizar el manejo del biodigestor identificando flujos de entrada de purines y salida de productos.
3. Cuantificar los beneficios de la implementación de biodigestores en granjas porcinas.
4. Establecer el impacto ambiental mediante el manejo adecuado de los desechos orgánicos de las granjas porcinas.

Al realizar un análisis de lo planteado, da la pauta para presentar la siguiente **hipótesis**:

- La implementación de un modelo biodigestor para pequeñas fincas, permitirá disminuir las emisiones de desechos contaminantes al medio ambiente.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Biodigestor

Para establecer un concepto de lo que es un biodigestor se menciona la siguiente definición:

Se denomina biodigestor a un depósito, contenedor, o sistema en cual se requiere mantener un ambiente biológicamente activo, determinando que dentro de él se efectúa una serie de procesos químicos en cual se involucran diversos organismos y sustancias bioquímicamente activas que proceden de estos organismos mencionados; este proceso puede ocurrir de forma aerobio o anaerobio (Lara, 2011).

Bajo este contexto se establece que el biodigestor puede ser de plástico o de concreto, hermético donde ingresa una mezcla de agua y estiércol, produciéndose una descomposición de los organismos y cuyo resultado es el biogás y biofertilizantes.

1.1.1 Antecedentes históricos

Remontarnos a la historia y establecer donde se originó la creación del primer biodigestor nos lleva al año 1900 y es en la India y luego en Inglaterra en 1901, donde se aprovecha los residuos que provenían de las cloacas de la ciudad para la obtención del gas y obtener el alumbrado público de las lámparas que estaban colocados en sitios estratégicos de las calles (Rodriguez, 2013).

A raíz de la Segunda Guerra Mundial, la destrucción de las ciudades y el clima reinante en aquella época dio origen a la difusión de los biodigestores en las áreas rurales por su fácil instalación, sería India y China los países que se toma como referencia, y es a partir de 1950 a través de la crisis energética, que se da inicio a un proceso investigativo sobre los biodigestores que alcanza a algunos países latinoamericanos (Rodriguez, 2013).

En la actualidad, los progresos en el uso de esta nueva tecnología para aprovechar los residuos orgánicos que producen contaminación ambiental y deterioran la salud del ser

humano ha ido incrementándose, a tal punto que en ciertas áreas rurales del Ecuador es común su uso, porque abarata los costos del uso continuo del gas de uso doméstico, se aprovecha además como abono orgánico, mejorando los cultivos e incrementando la producción y rendimiento de las plantas cultivadas.

1.1.2 Tipos de biodigestores

Se hace necesario clasificar a los biodigestores por los sustratos a digerir y por los microorganismos que abarca el biodigestor, estos son:

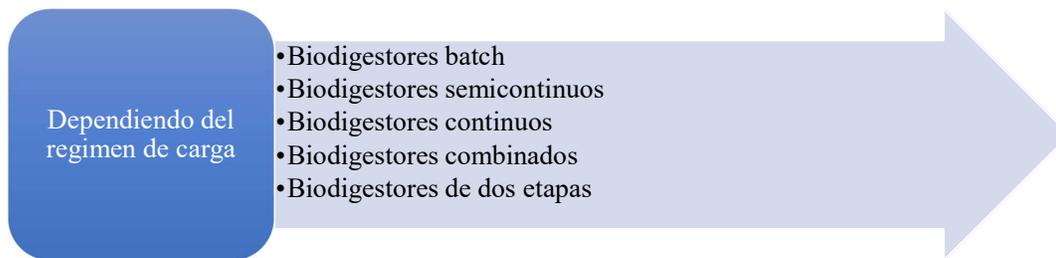


Figura 1. Tipos de Biodigestores dependiendo régimen de carga

Fuente: (Lara, 2011)

Elaborado por: Erika Cruz Estrella.

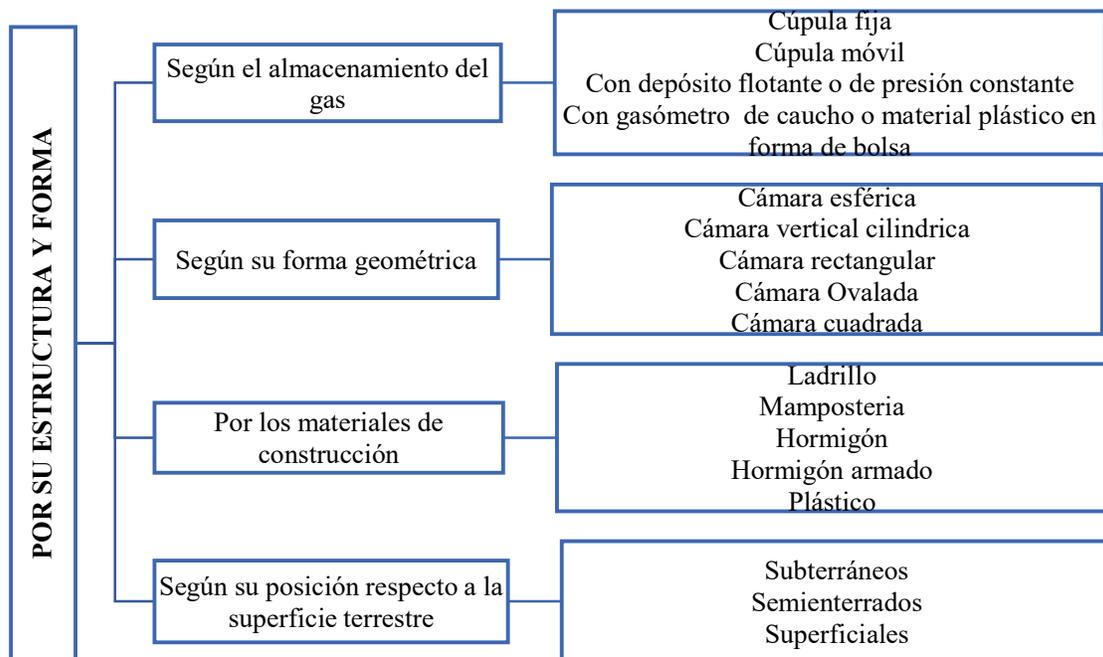


Figura 2. Tipos de biodigestores por su estructura y forma

Fuente: (Lara, 2011)

Elaborado por: Erika Cruz Estrella.

1.1.3 Modelos de biodigestor

En la actualidad existen 4 modelos que son usados con mayor frecuencia y que se los conoce como: Modelo Chino; Modelo Hindú; Modelo Taiwán o Tubular y Modelo Media Bolsa (Estrada, 2019).

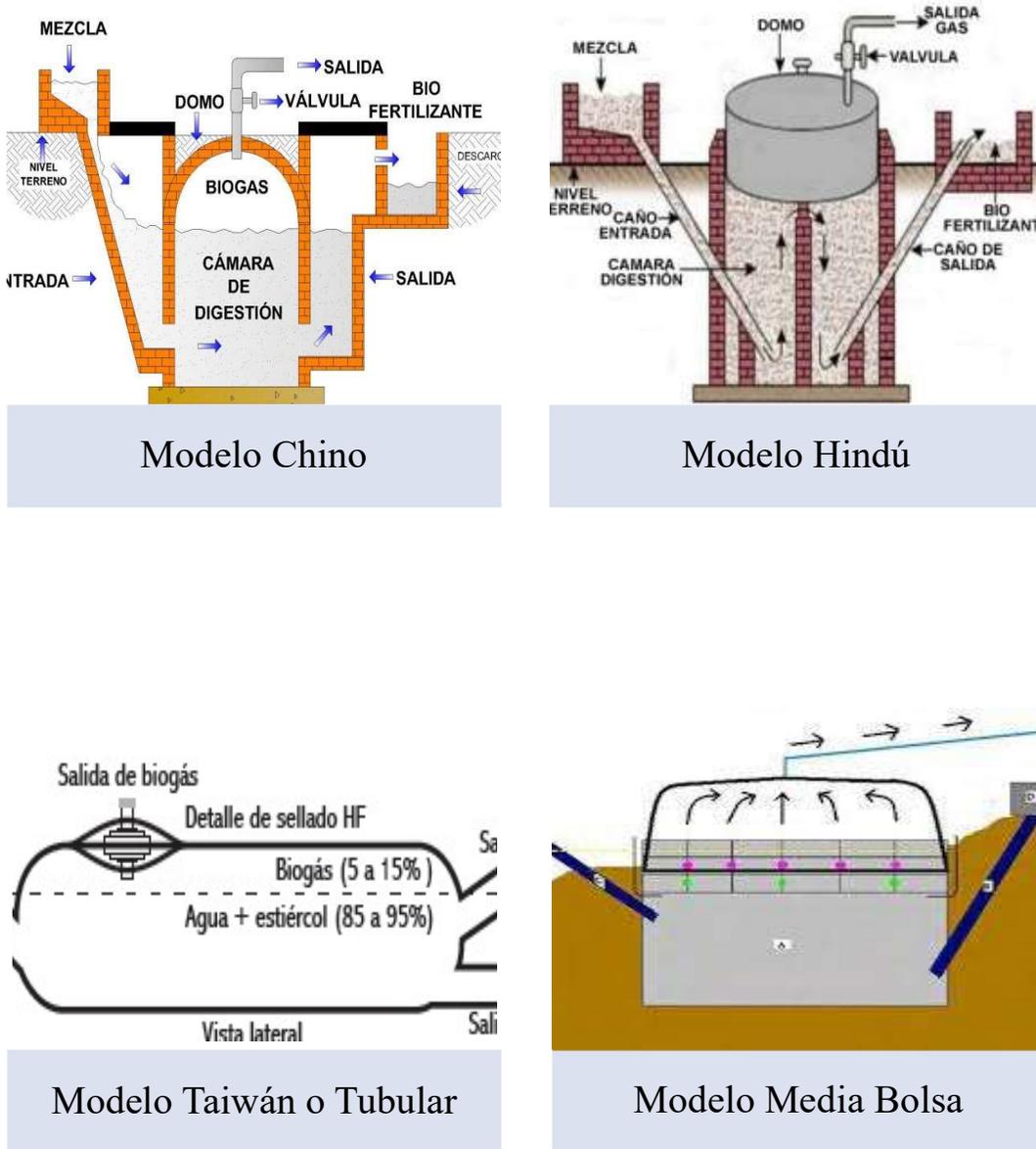


Figura 3. Modelos de Biodigestores

Fuente: (Lara, 2011)

Elaborado por: Erika Cruz Estrella.

a) Modelo Chino

Según Delgado (2017), este diseño está construido de ladrillos, hormigón o piedra, es una estructura sólida, tipo cámara de gas; una de sus características es que la cima es circular con fondo recto, pero unidas por lados rectos, una vez realizada las paredes se lo rellena con capas delgada de mortero, esto le dará consistencia. Consta de una tubería de entrada la cual es de forma recta cuyos extremos se encuentran a nivel. En la cúspide a la inspección del biodigestor modelo Chino se localiza un tapón, el objetivo es facilitar la limpieza del biodigestor al momento de realizarla. En el domo se preserva el gas que se produjo mediante el proceso de digestión con presiones que van de 1 y 1.5 m de agua, por otra parte la cámara efluente altera ciertos volúmenes del biodigestor moviéndolos del lugar.

b) Modelo Hindú

Herrero (2008) menciona que el biodigestor de modelo Hindú radica en la instalación de un tambor, en sus inicios estaba elaborado con acero, tiempo después se reemplazó por material de fibra de vidrio el cual estaba reforzado con plástico para poder sobrellevar los inconvenientes que acontecían debido a la corrosión. La parte del fondo y las paredes del reactor habitualmente están construidas con ladrillo, en ciertas ocasiones se utiliza hormigón para tener un mayor refuerzo. Debajo de una tapadera flotante que permanece subiendo y cayendo en una guía céntrica se entrapa o capta el gas. La disponibilidad de presión del gas está sujeta a la influencia de peso del contenedor de gas por el área de la unidad.

c) Modelo Taiwán o Tubular

De acuerdo con la FAO (2014), la construcción de un biodigestor con una estructura permanente implica destinar altas cantidades de dinero, puesto a esta exigencia para los pequeños agricultores les resultaba complicado realizar este tipo de obras puesto que estaban sujetos a bajos ingresos económicos. En los años sesenta, en la Provincia de Taiwán, gracias a este suceso los ingenieros del lugar se vieron motivados a desarrollar

biodigestores con materiales que sean flexibles de acuerdo a la economía de los agricultores. Al principio los materiales que utilizaron fueron nylon además de neopreno y en el transcurso de sus análisis el uso de estos materiales resultó con precios relativamente altos.

A medida que pasaba el tiempo, a partir de los años setenta se logró un gran desarrollo el cual era la combinación de materiales de PVC con sobrantes de las refinerías de aluminio, a este producto se lo llamó barro rojo PVC. Tiempo después se reemplazó el barro rojo PVC por el polietileno, siendo una gran ventaja ya que era de menos valor monetario, y que en la actualidad es el material más utilizado y con mayor frecuencia en muchos países de América Latina, Asia y África. El Centro de investigaciones CIPAV (2011) sugiere desde el año 1986 poner en práctica el uso de biodigestores de plástico o polietileno que suelen ser económicos y esta es la tecnología más adecuada para darle un mejor uso a las excretas de la producción pecuaria, por lo que ayuda a disminuir el deterioro de otros recursos naturales y la contaminación ambiental.

d) Modelo Media Bolsa

La innovación de emplear polietileno de forma tubular se puede evidenciar cuando el biodigestor conlleva a situarse en alguna superficie de agua logrando flotar, teniendo en cuenta que la mitad se encuentra sumergida en el agua, la boca de entrada de materia prima está ubicada sobre un alto nivel de agua, un recipiente de plástico o a su vez un coco seco se requiere acoplar mientras se realiza la toma de corriente. Un total de más del 5% de biodigestores flotantes, en Vietnam están asentados en reservorios, estanques o lagunas las cuales favorecen su instalación, cuyo espacio se ve delimitado lo que usualmente sucede en las granjas (Bongkam,2013).

1.1.4 Productividad del biodigestor

La conformación de las comunidades microbianas están evidenciadas esencialmente a los rendimientos productivos de un biodigestor, según Rivas (2009), el sistema de diseño de un biodigestor está fundamentado en la optimización de la obtención de biogás mediante el proceso de fermentación de desechos orgánicos, confiriendo así adquirir una energía

renovable la cual será limpia y con de baja inversión. De igual forma es de gran importancia conocer los métodos o factores que existen para acelerar la descomposición de la materia prima durante la producción de gas.

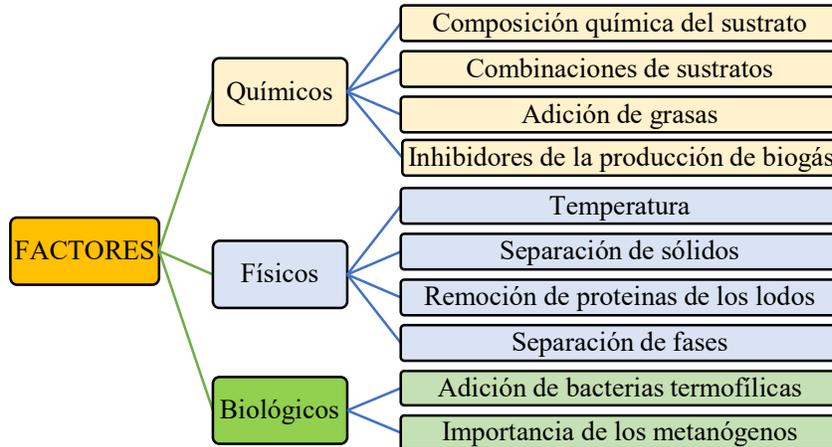


Figura 4. Factores químicos, físicos y biológicos del biodigestor

Fuente: (Rivas Solano, 2009)
Elaborado por: Erika Cruz Estrella.

1.2 Factibilidad de la instalación de un biodigestor

Conocer la clase de biodigestor que existen en el mercado, es insustituible, como el tamaño, el modelo, la capacidad que puede contener, características de ensamblaje, así como también la importancia en la producción de gas natural y de fertilizantes orgánicos a fin de contrastarlos con los factores ambientales existentes en la zona y de esa manera poder establecer la elección del más apropiado para la adquisición de energía sustentable a base de las excretas de las producciones pecuarias. Al entrar en contacto la materia orgánica con el aire empieza la descomposición y a través de este proceso se forma dióxido de carbono y agua. Al no tener acceso el material orgánico con el oxígeno se produce gas metano, entre otros gases (Rodríguez , 2017).

En cuanto a la magnitud y uso de los biodigestores, se debe identificar la presencia de microorganismos como las bacterias y hongos, los cuales se clasifican en microorganismos aerobios, estos son conservantes de residuos debido al suministro de oxígeno y consumo de energía neta, es decir se nutren de materia orgánica y necesitan aire para alcanzar un desarrollo, por ende este proceso se determina como una ventaja por

su sencillo funcionamiento. Así mismo Brito (2011) expresa que se denomina microorganismos anaerobios cuando se produce de forma natural la fermentación, no necesitan de oxígeno para su subsistencia, una total ausencia de aire, recalando que un medio rico en materia orgánica ausente de aire facilitará la proliferación de estas bacterias para la descomposición de aquellos residuos de los que se producirá elementos como fuente de energía.

1.2.1 Formación del metano

La molécula del metano está constituida por un átomo de carbono, y cuatro átomos de hidrógeno siendo uno de los hidrocarburos más simples que se encuentra en la faz de la tierra. El metano tiene propiedades combustibles que en el aire pueden formarse mezclas explosivas, aunque las actividades humanas forman CH_4 , en pocas ocasiones son capturas para el uso combustible y se requiere una producción controlada por medio de tecnología (Jiménez, 2015).

Este hidrocarburo ha sido utilizado como materia prima, en la elaboración de productos sintéticos con gran éxito en la industria química; además es una fuente alternativa en pequeña escala, a partir de residuos orgánicos agrícolas. La composición de esta fuente energética consta de un 55% a un 70% de metano, de 30% a un 45% de dióxido de carbono, y del 1% al 3% de otros gases, así como también Melendi (2017) menciona que 5500 Kcal/m^3 fluctúa su poder calorífico.

1.2.2 Digestión anaeróbicos

FAO (2013) manifiesta que en lo que tiene que ver con los reactores anaeróbicos éstos en su gran mayoría son constituidos por tanques que en su interior se encuentran bacterias que degradan el material orgánico, dióxido de carbono y metano. Este tipo de tanque ocupa de forma eficiente residuos orgánicos con concentraciones entre $2000 - 20\,000 \text{ mg/l}^{-1}$ de demanda química de oxígeno a altas cargas hidráulicas.

Una de las dificultades que están presentes en la digestión anaerobia se relacionan con las características de la sedimentación que realiza la biomasa, radicada en la

solubilidad baja del dióxido de carbono originándose un aumento de pH, a su vez el nivel óptimo de pH de los microorganismos anaerobios es neutro oscilando entre 6 y 8.3, por lo que en concentraciones más elevadas provoca cambios negativos, de acuerdo con Jiménez (2015) citando a Lay, et al. (1997), aquellas bacterias metanogénicas en las que se presenta la sobrecargas de materia orgánica que realizan la producción de CH₄, hace que las burbujas de estas, se adhieran a los floculas de bacterias evitando su sedimentación, generando un desequilibrio por lo tanto existe pérdidas en la producción.

1.2.3 Tipos de reactores anaeróbicos

Un sin número de reactores avanzados de una alta tasa que actualmente afirman la eficiencia en la retención de la biomasa, dando presencia a alternativas innovadoras de tratamiento (Figura 6). De acuerdo con Guevara (2017), cabe mencionar los que se encuentran dentro de estas afirmaciones son:

- Reactores de Contacto Anaeróbico
- Filtros Anaeróbicos
- Reactores de Película Fija de Flujo Ascendente
- Reactores de Lecho Fluidizado
- Reactores de Manto de Lodo de Flujo Ascendente

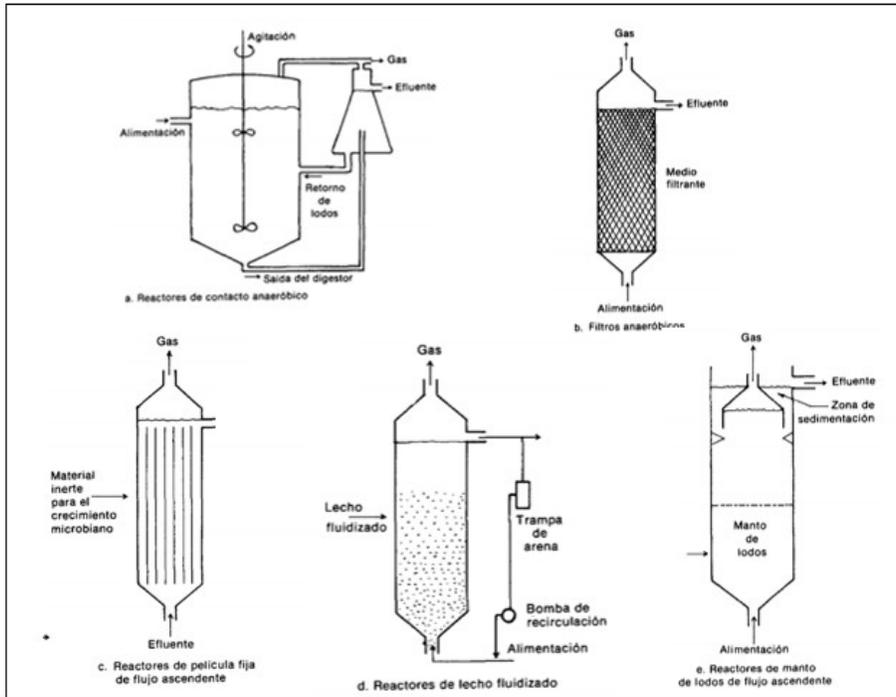


Figura 5. Tipos de reactores
Fuente: (Guevara, 2017)

1.2.4 Ventajas y desventajas de biodigestores anaeróbicos

Según Castro (2010) Entre las principales ventajas del uso de los biodigestores anaeróbicos están las siguientes:

- Se las usan en la estabilización de lodos orgánicos de las plantas que sirven para el tratamiento de las aguas residuales de tipo domésticas.
- En el tratamiento de la materia orgánica de residuos industriales
- Un completo y total tratamiento.
- En los procesos de recuperación de subproductos y su reutilización en otras áreas.

Por otro lado Castro (2010) indica que así como existen ventajas, así también se presentan desventajas, que poco a poco se las van corrigiendo a fin de que los digestores anaeróbicos cumplan con su cometido:

- Estos equipos en determinado momento conllevan largos tiempos de arranque.

- Son muy sensibles a compuestos tóxicos.
- No brindan en determinados casos tratamientos completos.
- Carencia de conocimientos técnicos y operativos.

1.2.5 Mantenimiento de biodigestor

Una vez construido el biodigestor, se debe establecer ciertas normativas para su buen funcionamiento y ejecución más que nada para su conservación, el cual alargará su vida útil, lo que preservará los diversos equipos, los cuales deben ser sometidos a mantenimientos, preventivos y correctivos, Vaca (2006) menciona los siguientes:

- Los biodigestores deben estar cercados para evitar complicaciones en el sistema.
- Es conveniente colocar un techo para prevenir el daño al plástico por la radiación ultravioleta. Cualquier tipo de material tradicional usado en la granja es aceptable para cubrirlo.
- Al cocinar, para ampliar la presión de gas, se sujeta un objeto pesado como ladrillo o piedra, al fondo del depósito o se aprieta un cordón alrededor del medio.
- No debe entrar agua cuando llueve en el digestor, ya que puede provocar dilución excesiva.
- Verificar semanalmente el nivel de agua en la válvula de seguridad.
- Se debe tapar el biodigestor diariamente y cerciorarse que el tubo de la salida no tenga algún tipo de bloqueo.

1.3 Origen y componentes del biogás

1.3.1 Proceso de producción del biogás

El biogás se obtiene a través de un proceso biológico, en donde la materia orgánica se descompone por la falta de oxígeno dentro de ambientes cerrados. Este proceso se lo puede encontrar en la naturaleza, en sitios como lodazales de lodo líquido, o en ambientes

donde pequeños microorganismos descomponen la materia dando origen al biogás, y que este a su vez puede generar energía (Peña, 2012).

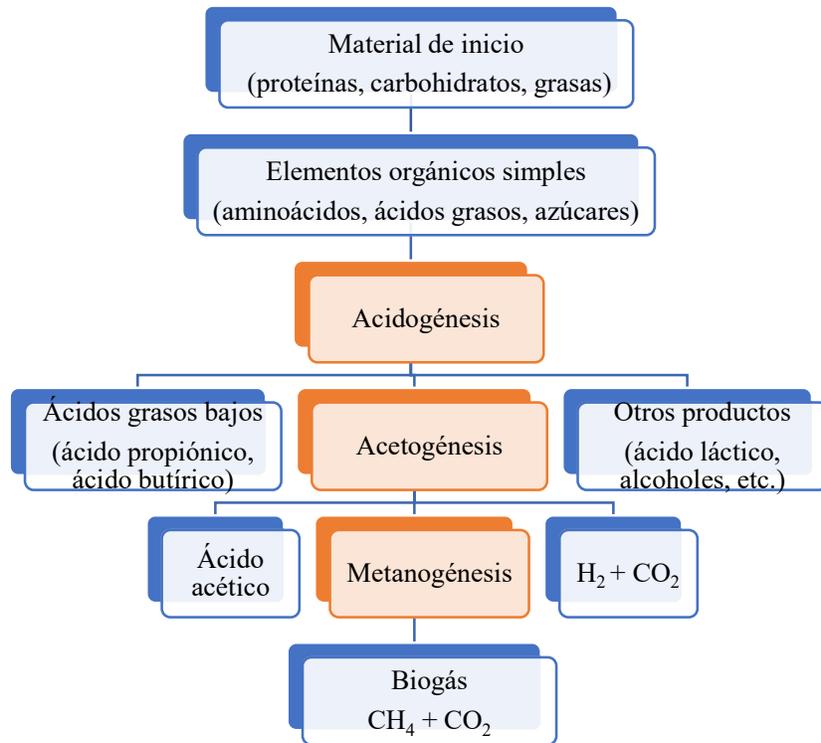


Figura 6. Representación esquemática de la descomposición anaeróbica
Fuente: Fundamentos de la digestión anaeróbica (Paterson, 2010)
Elaboración: Erika Cruz Estrella

1.3.2 Acondicionamientos del sustrato previo a la producción de gas

López (2005) señala que antes de iniciar algún proceso de producción de gas y de introducir los residuos orgánicos en el reactor, se debe de realizar una serie de procedimientos, donde se acondicione la materia prima, dependiendo del tipo de reactor, porque cada uno es diferente, lo cual se debe de tomar muy en cuenta las condiciones fisicoquímicas de cada reactor para evitar dañar el digester.

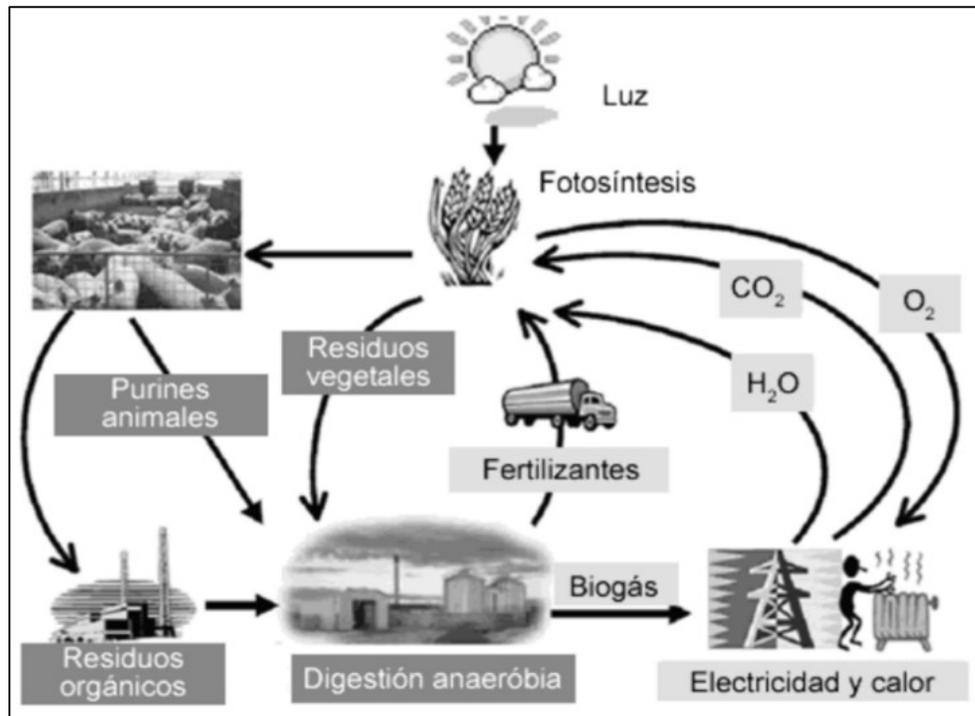


Figura 7. Esquema del ciclo de la digestión anaeróbica de purines animales
Fuente: (Pavlostathis, 1991)

1.3.3 Utilización del biogás en Ecuador

En Ecuador, el uso de los biodigestores es una modalidad nueva y su implementación es igual o idéntica que en otros países de América Latina en lo que tiene que ver al desarrollo e implementación de la tecnología para generar más biodigestores que respondan al uso continuo y desarrollo de una nueva fuente de energía sostenible (Flores, 2005).

Según Arboleda (2011), uno de los factores que impide el desarrollo de esta nueva tecnología es el subsidio al gas, además de contar con plantas termoeléctricas que producen energía a escala nacional, lo que evidencia que la energía que se podría producir a través de los biodigestores, principalmente tubulares de plástico, entre pequeños grupos de productores agropecuarios.

FAO (2013) menciona que en Ecuador los proveedores de esta tecnología en cuanto a biodigestores tubulares modelo Taiwán, elaborados con material de geomembrana, son

muy escasos, existiendo tan solo tres proveedores aproximadamente y algunos de ellos realizan instalaciones poco profesionales, de tipo empírico pero con biodigestores tubulares elaborados a base de plástico.

1.3.4 Filtrado de biogás

En Ecuador se puede encontrar diferentes fuentes de biogás las cuales provienen de los rellenos sanitarios o a su vez de biodigestores anaeróbicos, por lo que Flores (2005) reitera que promover la implementación de esta fuente de energía de la que se puede mejorar su eficiencia convirtiéndose en combustible, debe ser una acción indispensable. No obstante, se considera que el biogás tiene que estar purificado previamente al uso de inyección a las redes de gas natural, o a su vez en la colocación de generadores eléctricos, ya que por lo general contiene ciertas impurezas y elementos traza que podrían llegar a causar inconvenientes tanto en los equipos, la salud y el ambiente.

La extracción de biometano que contenga un concentrado superior al 95% de gas metano, tomando en consideración que su poder calorífico aumenta, proviene de la remoción de CO₂, H₂S, N, O de biogás y vapor de agua. Noyola (2018) indica que el H₂S es un elemento presente en el biogás siendo este el mas perjudicial al momento de ser empleado para generar electricidad o gas doméstico para cocinar, porque tiene un poder prominente de corrosión y por ende el H₂S puede provocar daños de los motores, desperfectos en los conversores y distintas maquinarias, además obstrucciones en las tuberías de conexión de salida de biogás e intersecciones de abastimimiento de energía eléctrica, por lo tanto se suscitara la disminución de la vida útil del biodigestor.

1.3.5 Usos del biogás

Los usos que se le da al biogás que se produce del biodigestor principalmente son para la cocción de alimentos, con lo cual se logra un ahorro sustancial en la compra de los cilindros GLP de uso doméstico, y porque con la producción de biogás se puede producir energía eléctrica, pero con otros aditamentos y por ultimo como abono para las plantas.

En principio el biogás puede ser utilizado en cualquier equipo comercial diseñado para uso con gas natural, a continuación se resume las posibles aplicaciones del uso: del Biogás de acuerdo con Valdivia (2000).

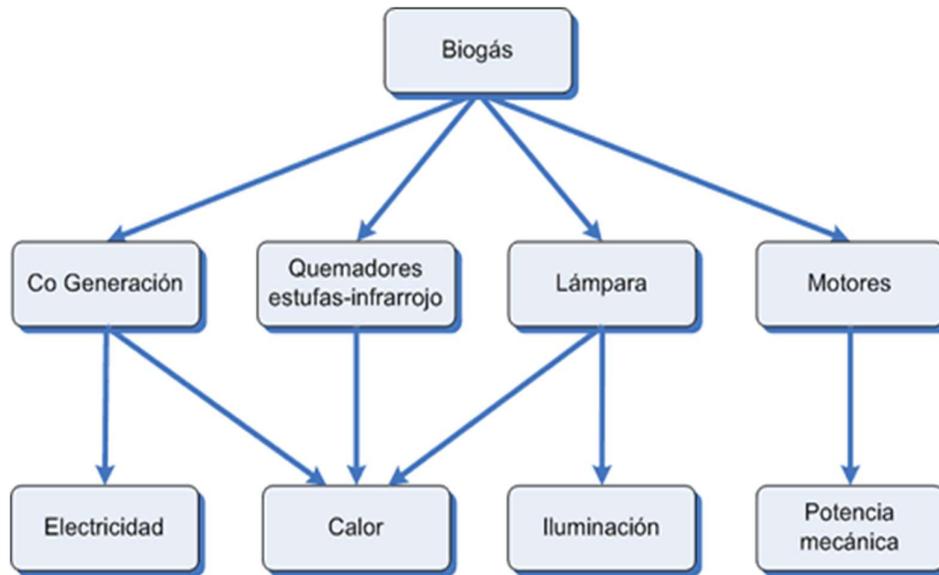


Figura 8. Usos del biogás
Fuente: (Valdivia, 2000)

1.3.6 Diferentes aplicaciones del Biogás

En la siguiente Tabla se mencionan los principales artefactos que pueden utilizar biogás, el consumo promedio de cada uno de ellos y su eficiencia o rendimiento que puede producir. Es importante mencionar que las cocinas y calentadores son los principales equipos que se pueden modificar de forma fácil para el uso del biogás. Valdivia (2000) expresa que la amplia disponibilidad de este tipo de equipos hace promisoría e interesante su utilización a menor y gran escala.

Tabla 1: Diferentes aplicaciones del Biogás

ARTEFACTO	CONSUMO	RENDIMIENTO (%)
Quemador de cocina	300 - 600 L/h	50 – 60
Lámpara a mantilla (60W)	120 - 170 L/h	30 – 50
Heladera de 100 L	-30 - 75 L/h	20 – 30
Motor a gas	0,5 m ³ kWh o Hph	25 – 30
Quemador de 10 kW	2 m ³ kWh	80 – 90
Infrarrojo de 200 W	30 L/h	95 – 99
Co generador	1 kW eléctrica 0,5 m/kWh 2kW térmica	Hasta 90

Fuente: (Valdivia, 2000)

1.3.7 Beneficios del uso de biogás

En la actualidad, la producción del biogás tiene una serie de beneficios en la industria, en el sector agrícola y para la vida de las personas, por lo que cada día se presentan nuevas formas de obtener energía limpia, por lo que se detallan los principales beneficios, según Delgado (2017).

- Producción de electricidad, biogás
- Convierte a la materia orgánica en fertilizantes o abono orgánico para las plantas
- Favorece la protección del suelo, el medio ambiente, el agua y el aire.
- Reduce los costos de energía, mediante la obtención de gas de uso doméstico.

1.4 La biomasa

Es toda materia orgánica la cual es utilizada para la obtención de energía, puede originarse de residuos animales o vegetales y la forma de obtención puede ser natural o mediante un proceso de transformaciones (Duque, 2012).

De acuerdo a la DNPSEE (2004), la biomasa se encuentra caracterizada por su baja disponibilidad en contenido de carbono, oxígeno en cantidades elevadas, además de compuestos que son volátiles, en consideración a su aprovechamiento. Las concentraciones en gran magnitud de poder calorífico de la biomasa se debe al tipo de la

biomasa, material orgánico que se utilice, humedad y a los compuestos volátiles que se conforman a través la presencia de CO₂, CO e H₂ y de cadenas largas tipo C_nH_m.

Van Loo & Koppejan (2008) indica que en relación con los aspectos ambientales el desarrollo de la combustión de biomasa es alta puesto que agentes de contaminación atmosférica se desprenden, se requiere considerar que las aplicaciones de combustión de biomasa no generaren gases de efecto invernadero. Debido a que estas aplicaciones la emiten CO₂, SO₂, HCl, metales pesados, etc., en la atmosfera, es de gran utilidad aplicar tecnologías de control de contaminación atmosférica para regular las emisiones de gases.

1.4.1 Fuentes para la obtención de la biomasa

Según Duque, (2012) para la obtención de la biomasa, se tiene una diversidad de fuentes, tales como:

- Madera de Bosques Naturales.
- Plantaciones Forestales.
- Residuos Forestales.
- Residuos Agrícolas como paja, sobrantes de madera, residuos de caña, deposiciones de animales y desperdicios agrícolas verdes.

1.4.2 Proceso de biodegradación

Pérez P, (2004), indica que el proceso de la degradación de la biomasa se la realiza a través de la fermentación, que es lo que se realiza con mayor frecuencia en la naturaleza y que siguen un proceso de descomposición de sus componentes energéticos de manera espontánea a través de los microorganismos.

La degradación de la biomasa una vez realizada necesita una valoración y para ello existen cuatro procesos básicos, estos logran transformar los desechos orgánicos en calor y electricidad: combustión, pirolisis, gasificación y digestión anaerobia (Pérez P, 2004).

1.4.3 Origen y componentes de la materia orgánica

El origen y componentes de la materia orgánica y su dinamismo tienen una variedad única de acuerdo a los ecosistemas de donde provengan, se puede establecer o hablar de ecosistemas con vegetación permanente o naturales, o ecosistemas agrícolas; donde el elemento básico son desechos orgánicos de origen vegetal, animal o una combinación de las dos es decir mixtos (Márquez, 2011).

Según Liriano (2016) citando a MAGAP (2012), mediante la mineralización de materia orgánica y la degradación de la misma se producen abonos orgánicos con alta cantidad de nutrientes, minerales microorganismos y energía, los cuales son productos naturales empleados de forma correcta en suelo agrícola con el fin de que se mejore su estructura y sus propiedades, además que la actividad microbiana aumente. Por consiguiente se puede aportar de abono orgánico a los distintos tipos de cultivo por lo cual beneficia tanto al desarrollo de cultivos con una alta calidad libre de tóxicos y en los costos de producción, pues son de baja inversión en comparación con los agroquímicos.

1.4.4 Proceso de producción de la materia orgánica

La materia orgánica se compone de residuos de animales y de plantas, De acuerdo con Osorio, (2009) la materia orgánica se descompone a través de un proceso, en el cual da forma a los carbohidratos, ligninas y proteínas; estos microorganismos descomponen los residuos orgánicos sean estos animales o vegetales en dióxido de carbono y los residuos más resistentes en humus.

Otra de las acepciones como se conoce a la materia orgánica es “química del carbono”, debido a que se descompone químicamente en relación al carbono y porque además se vincula con la vida, con la sustancias y materiales de desecho (Raffino, 2020).

1.4.5 Biofertilizantes

Según Varnero (2011), los fertilizantes orgánicos aportan elementos minerales principalmente nitrógeno. Una vez que se ha generado biogás, se logra obtener materia

orgánica con un alto contenido de nutrientes minerales. Los biofertilizantes en función de la carga que se utilice y el proceso que se maneje, se pueden presentar de forma sólida y líquida.

1.4.5.1 Biofertilizantes sólidos

Los biofertilizantes sólidos presentan un buen proceso de fertilización, estos biofertilizantes después de realizar el proceso de secado están listos para ser utilizados o a su vez comercializarlos sin inconveniente alguno (Varnero, 2011).

1.4.5.2 Biofertilizantes líquidos

Varnero (2011), establece que los biofertilizantes líquidos presentan un alto porcentaje de carga y un contenido de residuos sólidos bajos, inferiores al 12%, los cuales consta de minerales y mucha energía, debido a su forma líquida el suelo los absorbe con una mayor capacidad.

1.4.6 Beneficios del uso de biofertilizantes

Osorio (2009) manifiesta que es innegable que los principales beneficios del uso de biofertilizantes es la conservación del medio ambiente, además de otras acciones que se mencionan a continuación:

- Se minimiza la materia orgánica que se deposita en las vertientes o vertederos.
- Es innegable el beneficio que produce al ser utilizado como fertilizante o abono orgánico.
- Se realiza un ahorro sostenido del consumo de agua para las plantaciones porque se retiene el agua, mediante el compost que se aplica en las plantas.
- Otro de las aportaciones beneficiosas es la serie de nutrientes que reciben las plantas, porque su desarrollo es más prolongado, sin la aportación de químicos ni fertilizantes.

1.5 Ganado porcino en el Ecuador

Hace algunos años, la cría de cerdos en el Ecuador no era tecnificada y de muy baja inversión, pues ésta en su mayoría se lo hacía en los patios de las casas y eran alimentados con los residuos de las comidas que se recogía a diario; lo que conllevaba a que la cría y producción de estos animales era inusual y sin ningún tipo de técnica, porque se corría el riesgo de contraer enfermedades como la gripe porcina, la triquinosis, entre otras (FAO, 2014).

Según datos del INEC, en el Ecuador la producción de ganado porcino en los patios de las casas de la población, especialmente del sector rural, fue de aproximadamente 31 000 Tm/anuales. Se demostró que en el 2017 la producción de cerdos en el Ecuador fue 1 115 473, en la actualidad supera el millón y medio anual (INEC, 2019).

Este sector crece a un ritmo acelerado, estableciéndose que existen 1737 granjas porcinas con veinte o más animales, con un mínimo de cinco madres en cada granja, que con una buena alimentación llegan a tener dos partos al año y una producción determinada de lechones por cada parto, lo que ayudado por la genética llegan a aumentar la producción de cerdos en cada granja, lo que no ocurre en la producción de traspatio o en granjas familiares. Merchán (2017) citando a Martel & Concepción (2005) señalan que bajo criterios económicos, la producción de cerdos es una inversión con un gran impacto en la obtención de ganancias, optar por esta actividad como fuente de trabajo promueve un beneficio eficaz de ingresos económicos, siempre y cuando se proporcionen las buenas prácticas pecuarias.

1.5.1 Producción de excretas porcinas

Pérez (1992), menciona que de acuerdo a varios análisis para realizar un cálculo estimativo de la cantidad de excretas (agua + heces + orina) que produce un cerdo desde el destete de la madre hasta el momento de su sacrificio, se determina que por cada 70 kg de peso vivo en granja, se producen entre 4 y 5 kg de excreta diaria.

Anualmente el volumen de producción de estiércol de una cerda incluida sus crías es de aproximadamente 13 toneladas de excretas, así como también se incluyen un promedio de 10% de excretas secas, además de 5179.35 galones de orina anuales, por lo tanto se establece que si es posible utilizar esta materia prima para la producción de energía para uso doméstico (Penz, 2000).

Acorde al párrafo anterior se presenta la siguiente Tabla 2

Tabla 2. Producción diaria de excretas según el tipo de cerdo

Etapa	Estiércol Kg/día	Est. + orina Kg/día	Volumen L/día	Volumen m³/anim./mes
25/100 Kg	2.3	4.9	7.0	0.25
Hembra	3.6	11.0	16.0	0.48
H. lactación	6.4	18.0	27.0	0.81
Semental	3	6.0	9.0	0.28
Lechón	0.35	0.95	1.4	0.05
Promedio	2.35	5.8	8.6	0.27

Fuente: (Pérez , et al., 2000)

La cantidad de producción anual de excretas por unidad de cerda, refiriéndose a una hembra más los lechones que ha producido en un año, de tal manera que la cantidad que representa es de 13 toneladas de excretas por año y contiene 10% de materia seca. Por otro lado, se debe enfatizar que la cantidad de producida de excretas cambia principalmente por factores, tales como las instalaciones ligadas con el equipo que se utilice, y al animal ligado con la alimentación que se le proporcione (Sweeten, 1979).

Estos factores afectan de manera directa e indirecta a las excretas y orina que se produce en la cría de cerdos, como por ejemplo cuando no están bien construidas las instalaciones el agua de las excretas y de la orina se mezcle con otros residuos orgánicos e inorgánicos ocurriendo que ciertos componentes de estos pierdan su contenido químico, además de la alimentación que reciben los animales, pues esto también influyen en la composición química de las excretas y orina, que si es para producir energía se necesitaría más “materia prima” para producir una determinada cantidad y se incrementaría en tiempo, volumen y espacio.

De acuerdo a la Tabla 3, se establece que el poder contaminante de los excrementos de los cerdos depende de la alimentación, de la capacidad productiva dentro de una granja y de su aprovechamiento para hacerla energía renovable.

Tabla 3. Excreción anual de nutrientes

Animal	N kg/año	P kg/año	K kg/año
Lechón	2.6	0.9	1.7
Crecimiento	5	1.6	3.2
Engorde	11.3	3.7	7.3
Finalización	15.0	5.0	10.0
H. Gestante	10.4	3.5	6.8
H. Lactante	38.1	12.7	24.9
Semental	12.7	4.3	8.6

Fuente: (Dourmand, 1991).

1.6 Contaminación ambiental

Es de indicar que los malos olores que se generan en una granja afectan no solo a quienes conviven allí, sino también a las personas que viven en los alrededores; según estudios se establece que: dentro de una granja porcina, los principales contaminantes son las heces y la orina, además del agua con excretas, los desperdicios de alimentos y en ocasiones los materiales que se usan como cama de los cerdos, que al combinarse producen gases como amoníaco, metano y dióxido de carbono, considerados perjudiciales para la salud humana (Domínguez, 2014).

Según estudios, las excretas de los cerdos producen de 60 – 80% de fósforo y nitrógeno, que en bajas concentraciones son de gran rentabilidad para fertilizar los suelos y así poder mejorar la producción de los campos agrícolas, permitiendo un mayor crecimiento y desarrollo de los cultivos; pero a su vez, una alta concentración de N y P es contraproducente ya que disminuye la fertilidad del terreno y causa grandes pérdidas económicas para el agricultor y la agricultura en general (Szogi, et al., 2015).

Es necesario que las instalaciones de las granjas dedicadas a la cría y producción de cerdos debe estar construida con materiales de óptima calidad para poder recopilar las excretas de los cerdos a fin de poderlas aprovechar en la obtención de energía sustentable como gas natural y la producción de fertilizantes orgánicos que sirven para el sector agrícola de

la zona de estudio a través de la aplicación de un biodigestor casero, el mismo que ayudará al ahorro de dinero a los pequeños y medianos productores.

1.7 Importancia en la reducción del grado de impacto ambiental generado por la producción de excretas porcinas

Es de suma importancia mitigar y reducir la contaminación ambiental que se produce por las excretas de los porcinos, por medio de la aplicación de estrategias que permitan minimizar los olores desagradables que surgen a través de prácticas de eliminación de heces, poniendo en práctica procesos que ayuden a utilizar estos residuos en la producción de cultivos y de biogás, lo cual permite aprovechar como materia prima estos elementos, contribuyendo en la disminución de gastos, mejorando la productividad del suelo de manera sostenible y sustentable en la producción agrícola.

En la actualidad con fundamentos de FAO (2012) existen mecanismos y procesos que ayudan a disminuir la carga contaminante que se producen en determinadas áreas de una granja porcina mediante acciones físicas, biológicas y químicas, lo que contribuye a mejorar la acción contaminante de ciertas actividades productivas, generando un bajo riesgo a la biodiversidad y a la salud humana.

1.8 Aspectos legales en relación a la normativa ambiental

Las actividades que están relacionadas con el medio ambiente deben ser respaldadas bajo un fundamento legal, generando respeto hacia la naturaleza y el cumplimiento de toda la normativa legal que rige en nuestro país, estos cuerpos legales son: Constitución de la República del Ecuador, Texto Unificado De La Legislación Ambiental Secundaria, Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados; Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: Recurso agua; los cuales se mencionan textualmente a continuación.

Constitución de la República del Ecuador

Art.3. Deberes primordiales del Estado, numeral 7.-“Proteger el patrimonio natural y cultural del país” (Constitución de la República delEcuador, 2008).

Art.14. “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay” (Constitución de la República delEcuador, 2008).

Art.74. “Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir”. (Constitución de la República delEcuador, 2008)

Texto Unificado De La Legislación Ambiental Secundaria

Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados (Norma de Calidad Ambiental, 2003).

- Prevención de la contaminación del recurso suelo

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

- De la disposición de desechos pecuarios

Los desechos pecuarios provenientes de granjas productoras, con atención especial a las granjas porcinas, avícolas y aquellas instalaciones adicionales que la entidad ambiental de control considere, deberán recibir tratamiento técnico adecuado, a fin de evitar la disposición directa sobre el suelo y evitar de esta forma de esta forma la contaminación por microorganismos y cambio en sus características naturales.

Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: Recurso agua (Norma de Calidad Ambiental, 2003)

- Polución o contaminación del agua

Es la presencia en el agua de contaminante en concentraciones y permanencias superiores o inferiores a las establecidas en la legislación vigente capaz de deteriorar la calidad del agua.

Se realiza una identificación de al residual en las instalaciones porcinas, los fundamentos se consideraran básicamente como un sustento para la Identificación y Evaluación de Impactos hacia el recurso agua.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación y descripción del sitio experimental

El cantón Santa Elena posee seis parroquias rurales, una de ellas es Colonche, posee una extensión territorial de 1137.2 km². De acuerdo con el Censo 2010 constituida de una población de 31 322 habitantes.

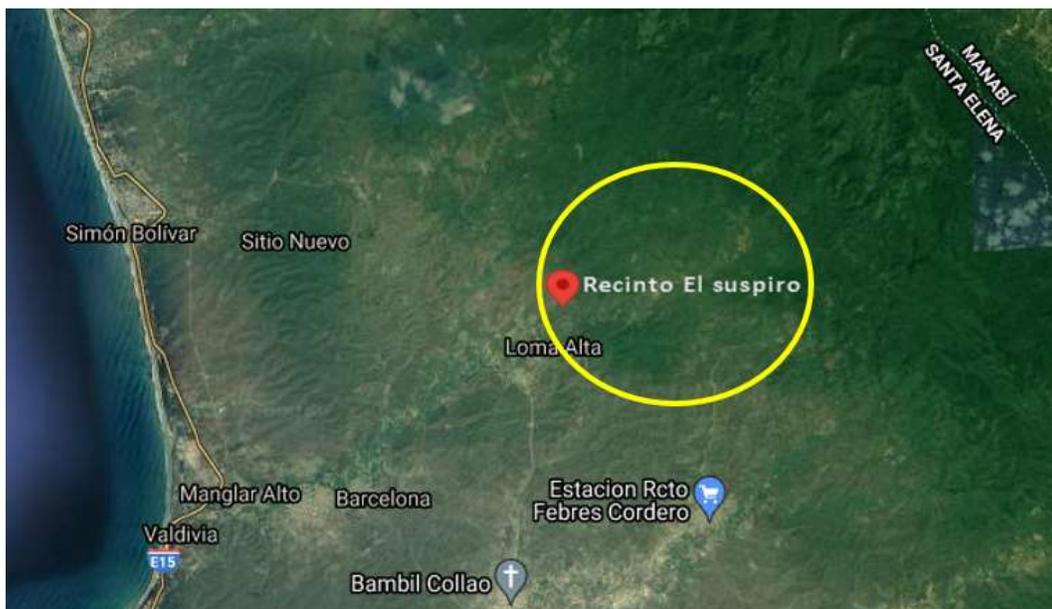


Figura 9. Ubicación geográfica del lugar del proyecto
Fuente: Google mapas, coordenadas GPS, imagen satelital.

La Constitución de 2008 les otorga a cada parroquia una forma de Gobierno Autónomo Descentralizado y mejora significativamente sus presupuestos, realizando mejoras para cada una de sus habitantes que viven en las diversas comunas. Es de mencionar que Colonche posee 18 comunas y 28 recintos: Aguadita, Ayangue, Monteverde, Bajadita de Colonche, Bambil Collao, Bambil Desecho, Rio Seco, Calicanto, Manantial de Guangala, Cerezal Bellavista, Salanguillo, Febres Cordero; Las Balsas, Loma Alta, Jambelí, Manantial de Colonche, San Marcos, Palmar.

En la Tabla 4, se establecen la ubicación geográfica del recinto El Suspiro de la parroquia Colonche y de otros datos que son importantes para la realización del proyecto.

Tabla 4: Localización Geográfica del proyecto

País	Ecuador
Región	Costa
Provincia	Santa Elena
Cantón	Santa Elena
Parroquia	Colonche
Recinto/comunidad	El Suspiro
Extensión	El área de Loma Alta comprende un total de 6842 Ha, dentro de la Comuna se encuentra el Recinto el Suspiro, en el habitan aproximadamente 90 familias, las cuales se dedican a las actividades agropecuarias.
Ubicación	Se halla ubicada a una altitud promedio de 100 a 180 m.s.n.m, en las faldas de la cordillera Chongón –Colonche, al norte de la provincia de Santa Elena.
Temperatura	Oscilan entre 16 - 24 °C y 24 - 32 °C.
Latitud y longitud	1° 54' 0" Sur y 80° 38' 48" Oeste

Elaboración: Erika Cruz Estrella

Fuente: (GAD-Santa Elena, 2019)

2.2 Infraestructura

El presente proyecto se llevó a cabo con las observaciones pertinentes en el lugar de estudio, en el cual las condiciones del corral de los cerdos existente eran elaboradas de manera artesanal con caña, por lo cual se elaboró una infraestructura de bloque, en el que se construyó un galpón de (6.29 m de largo x 2.50 m de ancho x 1.20 m de alto), con una división en la mitad del galpón para obtener dos cuarteles, las paredes debidamente enlucidas y la parte superior cubierta con techo de zinc sostenido por cañas de 3 m de alto.

El terreno se midió con las dimensiones establecidas para proceder a nivelarlo, tomando en consideración una pendiente de 10 cm para el desagüe, para el cual se realizaron agujeros de 10.16 cm, para colocar las tuberías; se fundió el piso, para luego colocar mallas electro-soldadas como base del galpón.

Para adecuar el galpón se construyeron dos puertas de madera de (0.80 m de largo x 1.20 m de alto), dos comederos de bloque y enlucido de (1.75 m de largo x 0.30 m de ancho x 0.10 m de alto). Para el sistema de bebedero se colocaron tuberías y dos bebederos tipo chupón a 0.25 m de altura con 1 m de distancia, en cada cuartel. Para el sistema de agua

se colocó un tanque de 200 L, a una altura de 3.5 m con las respectivas tuberías dirigidas hacia el sistema de bebederos.

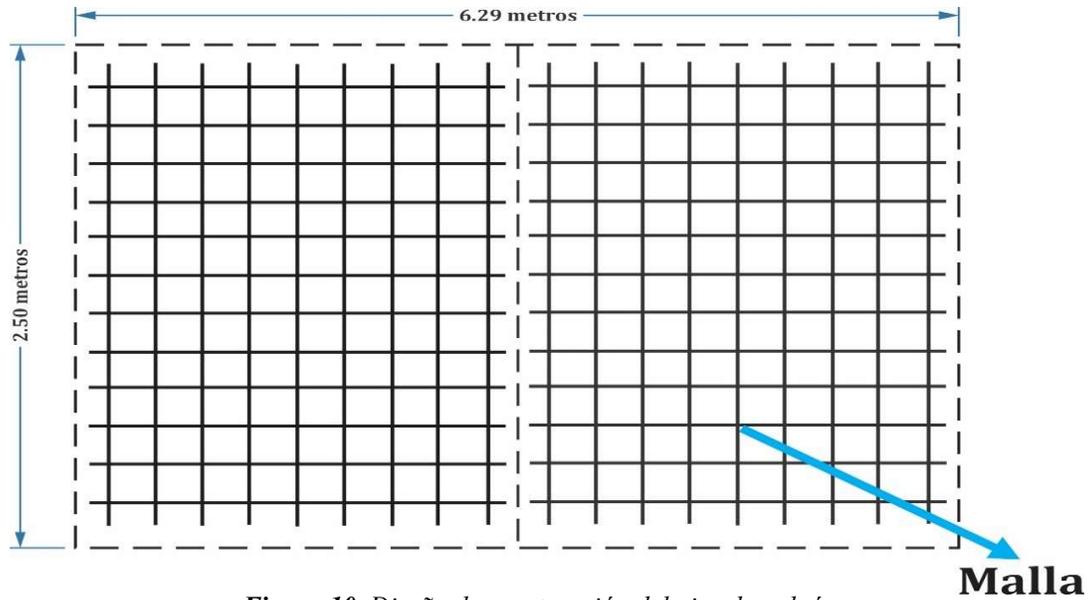


Figura 10. Diseño de construcción del piso de galpón
Fuente: Datos de la investigación
Elaboración: Erika Cruz Estrella

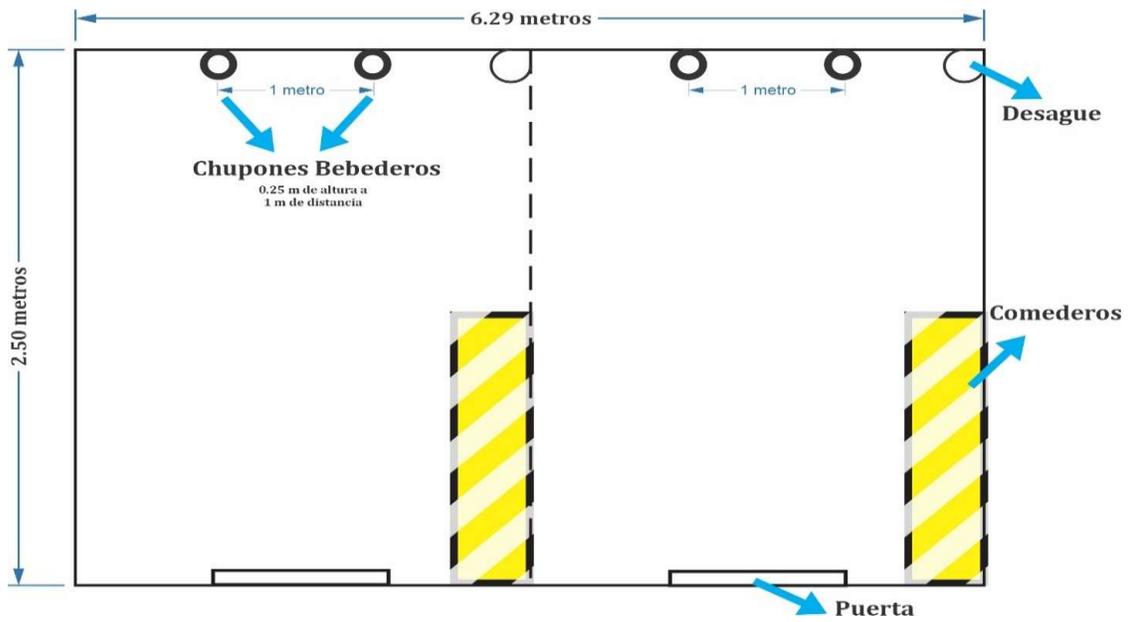


Figura 11. Diseño de la construcción del galpón
Fuente: Datos de la investigación
Elaboración: Erika Cruz Estrella

2.3 Materiales

2.3.1 *Material biológico*

El material biológico utilizado son los porcinos de raza Landrace y Pietrain que se encontraban en el lugar de estudio, para el presente estudio se considera el estiércol o purines que cada uno de ellos produce, a fin de ser utilizado en el biodigestor para la producción de biogás (Murgueitio, 2013).

2.3.2 *Materiales y equipos*

Material de construcción

- Bloque
- Cemento
- Arena fina y gruesa
- Piedra
- Varillas
- Caña
- Madera
- Techo de zinc
- Malla electro soldada

Materiales de tuberías

- Tubos de 1.2 cm
- Bebederos tipo chupón
- Conector de salida de tanque
- Tanque de 200 L
- Llave de PVC de 1.2 cm
- Reductor de 1.2 cm con salida de 1.9 cm
- Kalipega

- Botella plástica
- Tubo de 1.9 cm
- Conectores tipo codos
- Conectores tipo T
- Tubos de 10.16 cm x 3 m de largo
- Tapón de 10.16 cm y 1.2 cm

Equipos

- Biobolsa de geomembrana
- Sistema de salida de gas.
- Sistema de salida de biofertilizantes líquidos.
- Sistema de salida de biofertilizantes sólidos.
- Control de presión.
- Válvula de seguridad.
- Válvula de salida de agua.
- Filtro de gases.

2.4 Manual de procedimientos.

Con las variables estudiadas se procederá a escribir un manual que tendrá como función principal describir cada una de las actividades que deben realizarse para el uso correcto de los biodigestores para que no solo estos produzcan de forma eficiente, si no para que también se alargue la vida útil de este tipo de tecnología.

2.4.1 Implementación de biodigestor

Una vez establecido el sitio donde se iba a implementar el biodigestor se realiza la compra de este equipo Modelo Pequeño (B-MI-E-002), apropiado para pequeñas fincas, cuyas principales características son las siguientes, de acuerdo con Vaca (2006).

- Material: lámina de geomembrana PVC con protección UV de 750 o 1000 micras
- 1.27 m diámetro

- 6 m largo
- 3864 litros de capacidad de carga líquida
- 10 años de vida útil (depende protección y cuidados)

2.4.2 Instalación del biodigestor

A continuación se hace una breve descripción de cada uno de los pasos que se realizaron para la construcción del biodigestor.

- Limpieza de terreno y nivelación para la colocación del biodigestor.
- Excavación de terreno 7 m de largo; 1.5 m de ancho; 1 m de profundidad.
- Colocación de un plástico en la superficie de la excavación para evitar daños en la biobolsa.
- Distribución de la biobolsa en la excavación (Biodigestor tubular, tipo Taiwán de geomembrana)
- Se corta la tubería de desagüe, utilizando 1 tubo de 10.16 cm de 3 m de largo cortado por la mitad, obteniendo 1.5 m de tubo para el desagüe y 1.5 m para el área de salida de líquidos, y otro tubo de 10.16 cm de 3 m de largo para para el desfogue de salidas de sólidos.
- Sellado de mangas y escapes de salida de aire para inflar la biobolsa con un compresor.
- Se abre la manga de entrada de materia prima y se conecta el tubo de desagüe a la manga con liga de caucho, se amarra y aprieta.
- Conexión de la tubería del sistema de gas con la salida de gas del biodigestor.
- Inserción de los tubos de 10.16 cm en las mangas y amarrar bien.
- Para verificar si está bien amarrado y que no exista fugas de aire, se coloca agua jabonosa en los amarres y se observa que no salgan burbujas.
- En el tubo de salida de desechos sólidos (abono), se coloca un tapón,
- Se desinflar un poco la biobolsa y se coloca agua hasta llegar a los tubos que se encuentran dentro de las mangas, provocando un sellado hidráulico, permitiendo que no se desinfe el biodigestor.
- Distribución de 200 litros de estiércol + agua (una parte de estiércol + tres partes de agua), en el biodigestor.

- Una vez lleno el biodigestor, se realizan las conexiones de la salida de gas, la cual tiene una válvula de seguridad, en el que se emplea una botella de plástico con agua, con una abertura en la parte de arriba, permitiendo que cuando haya exceso de presión en el biodigestor, tenga un escape de presión y no se reviente la biobolsa.
- La válvula de salida de agua tendrá un tapón y cada 3 días se debe vaciar.
- El filtro de ácido sulfhídrico evita las corrosiones en las tuberías o sarro, ya que puede dañar y corroer los quemadores de calderas en las salidas de gas. Es por eso que se coloca lustre de acero en el filtro.
- Luego de colocar el filtro de H_2S , se sitúa una llave de 1.2 cm.
- Construcción de cercas alrededor del biodigestor.
- Colocación de los cerdos en el galpón.

Luego de cumplir cada uno de los pasos detallados en este ítems, se procede a elaborar un boceto de cómo va quedando los trabajos en esta parte de la construcción. (Ver figura 12 – 13).

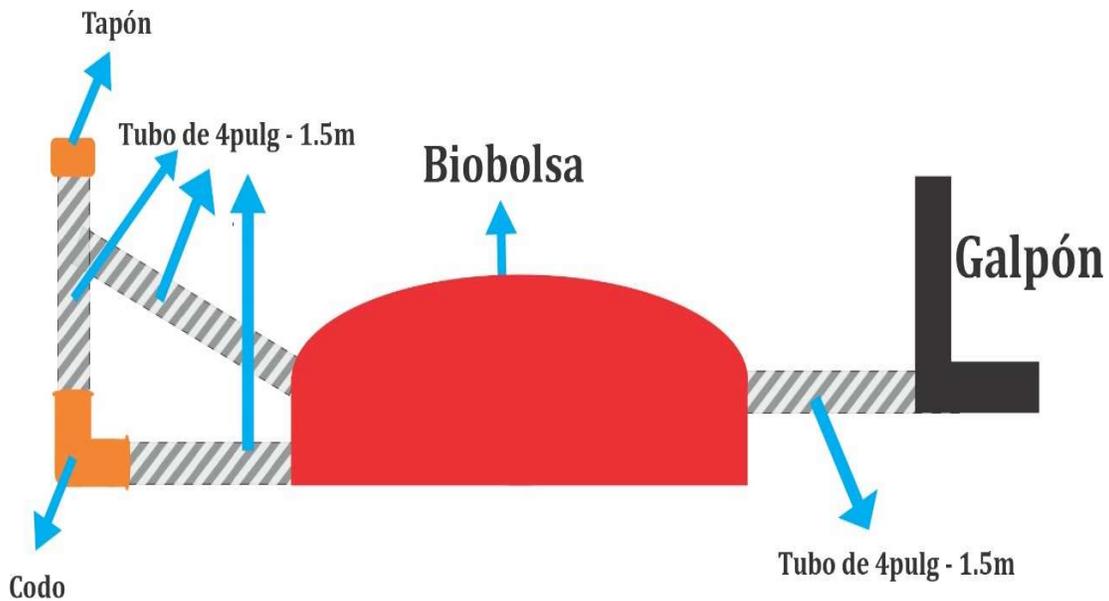


Figura 12. Diseño de la estructura del biodigestor
 Fuente: Datos de la investigación
 Elaboración: Erika Cruz Estrella

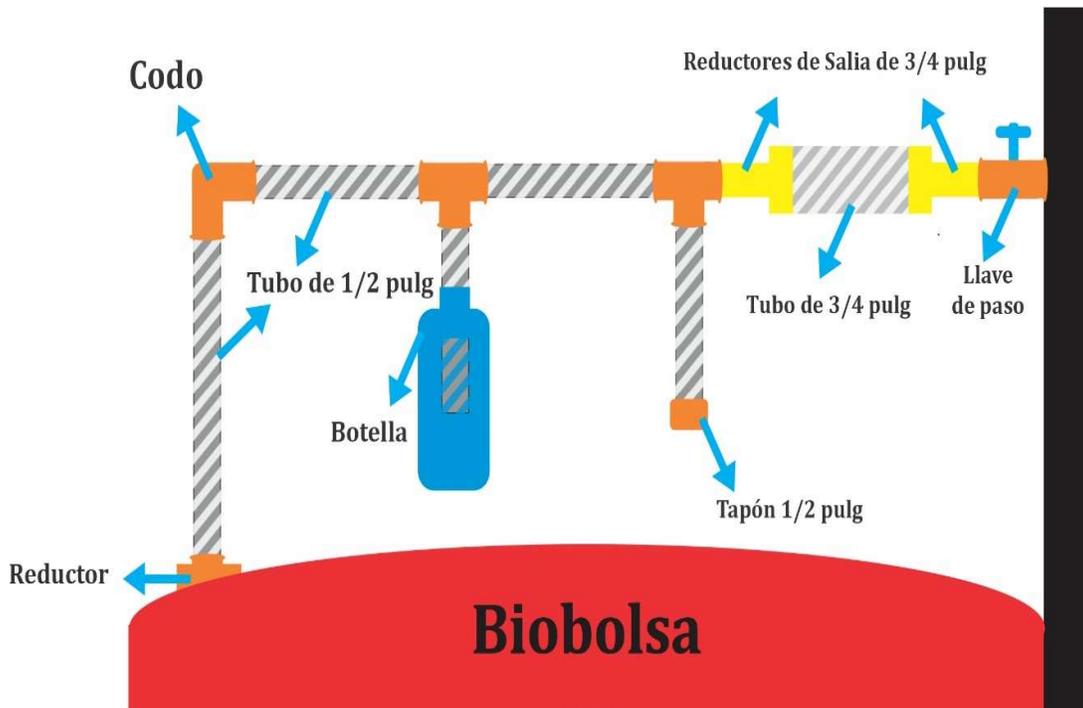


Figura 13. Diseño de la estructura del sistema de salida de gas

Fuente: Datos de la investigación
Elaboración: Erika Cruz Estrella

2.5 Metodología

Este trabajo será estructurado en base a la metodología que establece lo siguiente:

La presente investigación es de corte descriptiva, porque analiza la problemática existente en la parroquia Colonche, recinto El Suspiro. En el cual se demuestra características específicas dentro de un enfoque cualitativo, de acuerdo con Hernández, et al. (2014), entre ellos están las acciones de los factores sociales, los propósitos, los diferentes procesos en desarrollo, así como también los logros que se cumplan y la forma en que se percibe el objeto en estudio.

Se realizó un análisis de la problemática existente con el medio ambiente, el desarrollo de la producción de la cría del ganado porcino, sus repercusiones a nivel social, ambiental y económico, además la sostenibilidad de la energía renovable que se desarrollan a nivel local, nacional, regional y mundial con los biodigestores. Además se estableció una

revisión bibliográfica referente a la temática que se investiga, la observación a las distintas granjas de la zona, el interés de la investigadora que junto al asesoramiento del tutor, se evidencia generar conocimientos teóricos basados en la experiencias en otras regiones y así demostrar que este tipo de trabajo se lo puede aplicar en nuestra provincia, especialmente en la zona de la parroquia Colonche, recinto El Suspiro.

En función a estos antecedentes, se establece una “prueba piloto” radicada en procesos de revisión, análisis, interpretaciones y síntesis de información, por intermedio de un compendio sistemático de datos, los cuales serán demostrados con investigaciones similares. Se busca incrementar los conocimientos adquiridos en las clases y llevarlos a la práctica con la implementación de biodigestores, teniendo como fuente de apoyo trabajos previos, lecturas y documentos publicados por diversos medios tales como impresos, audiovisuales o electrónicos.

2.5.1 Selección de productor de ganado porcino

De los productores de ganado porcino de la parroquia Colonche, un ganadero que posea un número representativo de cerdos que no supera el número de animales que recomienda el fabricante de los biodigestores, este debe poseer varios años en la actividad y debe cumplir con las normas específicas para este tipo de actividad, entre las cuales se menciona: adecuado espacio y disponibilidad para la instalación de esta tecnología.

2.5.2 Cálculos de materiales requeridos

Una vez descrito el sistema de producción a intervenir se realizarán los cálculos respectivos para que la instalación del biodigestor permita su llenado de forma sencilla al igual que el drenaje de fluidos, la captura del gas natural, el mantenimiento y vaciado del mismo, además de la producción de biogás que se obtendrá de forma diaria y así mismo el abono orgánico para las plantas.

2.5.3 Instalación de biodigestor

Una vez analizado la topografía del terreno, el lugar apropiado y la distancia de la nave porcina al biodigestor, se procederá a su instalación, que llevará una superficie techada que aisle al biorreactor de la radiación solar así como también del agua de lluvia y otros factores que incidan sobre la durabilidad de estos, además de darles el mantenimiento preventivo y correctivo de acuerdo al caso o de las alternativas posibles más prácticas.

2.5.4 Variables de estudio.

Una vez instalado el biodigestor se procederá a realizar las primeras descargas al sistema que conduce a él, para identificar las siguientes variables de estudio:

2.5.4.1 Producción diaria de purín

Para esto se realizará la captura del total de fluidos recolectados en un día promedio, para proceder a la cuantificación en kilogramos, a si determinar la producción diaria, mensual y anual de purines a descargar en el biodigestor.

a) Cálculo de la cantidad de energía consumida al mes

Antes de realizar los cálculos de la producción de biogás y de abono orgánico, se debe de tener en consideración cuanto es el consumo en la hacienda, motivo de estudio para determinar la cantidad de energía o gas consumido para la cocción de los alimentos de la familia y trabajadores que habitan en ella.

Es de anotar y tener presente que las personas que viven en esta finca, a más del GLP utilizan la leña y el fogón para la cocción de ciertos alimentos cuando están en el campo, por lo que no siempre usan la cocina con GLP.

Para la cocción de los alimentos de las personas = 5 kg de GLP/mes

El requerimiento mensual de energía es de 5 kg GLP/mes

Cálculo de la cantidad de GLP a m³ de biogás

$$\frac{5 \text{ kg GLP}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ m}^3 \text{ biogás}}{0.45 \text{ kg GLP}} = \frac{11 \text{ m}^3 \text{ biogás}}{\text{mes}}$$

$$\frac{11 \text{ m}^3}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} = \frac{0.37 \text{ m}^3 \text{ biogás}}{\text{día}}$$

Esto nos da como resultado que para satisfacer la demanda diaria de biogás en el proyecto, será necesario producir 0.37 m³ de biogás

2.5.4.2 Cálculo de determinación de materia prima disponible

Para establecer con que cantidad de materia prima se iba a trabajar en este proyecto, conociendo que en la hacienda existen 12 cerdos, por lo que se hizo un seguimiento durante 8 días, a continuación en la Tabla 5, se resumen los datos obtenidos.

Tabla 5: Materia Prima disponible en el proyecto

TOTAL DE CERDOS: 12				
Fecha	Peso estiércol Kg	Total estiércol 12 horas (Kg/semanal)	Total estiércol 24 horas (Kg/semanal)	Peso promedio del estiércol (Kg/día)
19/02/2021	4.07			
20/02/2021	3.93			
21/02/2021	4.59			
22/02/2021	4.53			
23/02/2021	4.79	36.99	73.98	9.25
24/02/2021	4.77			
25/02/2021	4.72			
26/02/2021	5.59			

Fuente: Datos de la investigación

Elaboración: Erika Cruz Estrella

La materia prima disponible para el proyecto es de es 9.25 kg/día.

2.5.4.3 Cálculo del volumen de la carga de entrada diaria

La relación de estiércol porcino es: 1 parte de estiércol fresco + 3 partes de agua.

$$V_{CD} = CE + 3 \text{ de } H_2O$$
$$V_{CD} = \frac{9.25 \text{ kgEF}}{\text{día}} + (3) \frac{9.25}{\text{kg}} = \frac{37 \text{ L de mezcla}}{\text{día}}$$
$$V_{CD} = \frac{37 \text{ L de mezcla}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ m}^3 \text{ de mezcla}}{1000 \text{ L de mezcla}} = \frac{0.037 \text{ m}^3 \text{ de mezcla}}{\text{día}}$$

2.5.4.4 Tiempo de retención

El Recinto El Suspiro tiene un promedio de temperatura ambiente de 30.2 °C, determinando al constar de una temperatura ambiente de esta magnitud, de acuerdo con Madrazo (2017), el tiempo de retención será de 15 días desde que la materia prima ingrese al biodigestor, considerando que a partir de aquello se puede proveer de biogás, para que sea utilizado en la finca donde se ejecutó el proyecto.

Volumen del biodigestor

$$V_b = V_{CD} + T.R$$

Donde:

V_b= Volumen del biodigestor

V_{CD}= Volumen de carga diaria

T.R= Tiempo de Retención

$$V_b = \frac{0.037 \text{ m}^3}{\text{día}} \times 15 \text{ días}$$

$$V_b = 0.55 \text{ m}^3$$

Hay que tener en cuenta que el volumen total será la suma de Volumen líquido y volumen gaseoso, según Herrero (2008), el volumen total comprende a la fase líquida con el 75% y en la fase gaseosa un restante del 25%.

Volumen Líquido (V_L)

$$V_L = V_b \times 75\%$$
$$V_L = 0.55 \text{ m}^3 \times 0.75$$
$$V_L = 0.41 \text{ m}^3$$

Volumen gaseoso (V_g)

$$V_g = V_b \times 25\%$$
$$V_g = 0.55 \text{ m}^3 \times 0.25$$
$$V_g = 0.14 \text{ m}^3$$

2.5.4.5 Producción diaria de biogás

Para establecer la producción diaria de biogás, se debe tomar en cuenta los resultado de análisis sólidos totales 0.3026 kg ST/kg E.F y mediante la Tabla 6, establecemos los datos de producción de biogás a partir de 30.2 °C temperatura ambiente del recinto El Suspiro de la parroquia Colonche.

Tabla 6: Principales datos de diseño para la obtención de biogás

Materia prima	Producción diaria/mensual
1 kg de estiércol fresco (EF)	0.20 kg de sólidos totales (ST)
1 kg de sólidos totales (ST)	0.8 kg de sólidos volátiles (SV)
1 kg de sólidos totales (ST)	0.3 m ³ de biogás (35 °C y P.R. Atm.)
1 kg de sólidos totales (ST)	0.25 m ³ de biogás (30 °C y P.R. Atm.)
1 kg de sólidos totales (ST)	0.2 m ³ de biogás (25 °C y P.R. Atm.)

Fuente: (Larry, 1979)

Al partir de la cantidad de estiércol fresco (EF), se lleva a cabo los cálculos respectivos para determinar la cantidad de biogás.

$$9.25 \frac{\text{kg E.F.}}{\text{dia}} \times \frac{0.20 \text{ kg ST}}{1 \text{ KG E.F.}} \times \frac{0.25 \text{ biogás}}{1 \text{ kg ST (30.2 °c)}} = 0.46 \frac{\text{m}^3 \text{ biogas}}{\text{dia}}$$

La producción diaria de biogás es suficiente (0.46 m³ de biogás al día), para satisfacer la demanda de energía que consumen para la alimentación de las personas que habitan en la finca, porque se necesitan el 0.37 m³ biogás en el consumo de este proyecto.

2.5.4.6 Producción de bio/abono por día

$$\text{Bio / abono} = \text{Carga diaria } (V_{CD}) - \left(\text{Carga diaria } (V_{CD}) \times \frac{ST}{100} \right)$$

$$\text{Bioabono} = \frac{37}{\text{día}} - \left(\frac{37}{\text{día}} \times \frac{30.26}{100} \right)$$

$$\text{Bio / abono} = \left(\frac{25.76 L}{\text{días}} \right)$$

2.5.5 Impacto ambiental

Luego de haber definido las instalaciones porcinas a intervenir, se procederá al cálculo de las descargas de purín que sin la implementación de un biodigestor los purines serían liberados a la atmósfera y a los afluentes cercanos. Los impactos ambientales generados en el proceso de la producción de ganado porcino y de la implementación de un biodigestor se miden mediante la elaboración de una matriz bajo criterios que permitan cuantificar los impactos que se originan, según Espinoza (2007).

- La matriz utilizada permitirá cuantificar los impactos ambientales ocasionados antes, durante y después de la implementación, por la cual debe evaluarse bajo el criterio de Carácter, en el que se identificarán los efectos positivos o negativos a causa de los impactos ambientales presentes en el proyecto.

En la Tabla 7, se detalla la valoración de los impactos ambientales que se generan en la aplicación del proyecto:

Tabla 7. Valoración de impactos ambientales

EVALUACIÓN IMPACTO AMBIENTAL												IMPACTOS																	
IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE BIODIGESTOR PARA PEQUEÑAS FINCAS DE GANADO PORCINO EN EL RECINTO EL SUSPIRO - PARROQUIA COLONCHE																													
MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN																													
E T P A R P O Y S E C D T E O L	IMPLEMENTACIÓN DEL BIODIGESTOR	12	DESCARGA DE EFLUENTES DIGESTADOS																			IMPACTOS NEGATIVOS	IMPACTOS POSITIVOS						
		11	GENERACIÓN DE ENERGÍA																										
		10	GENERACIÓN DE OLORES																										
		9	UTILIZACIÓN DE ESTIERCOL																										
	CRIANZA DE CERDOS	8	FOSA SÉPTICA																										
		7	GENERACIÓN DE EXCRETAS																										
		6	FOCO DE VECTORES DE ENFERMEDADES																										
		5	LAVADO DE CORRALES																										
		4	VENTA DE CERDOS																										
		3	ÁREA DE CRIANZA																										
		2	ALIMENTACIÓN DE CERDOS																										
		1	PRODUCCIÓN DE CERDOS																										
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12														
MEDIO FÍSICO	SUELO	Erosión	-	-																	2	0							
		Alteración de la calidad del suelo	-	-																		4	2						
	AGUA	Alteración de un cuerpo de agua dulce	-																			4	2						
		Calidad físico-química y bacteriológica	-																			5	2						
	AIRE	Emanación de olores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+								8	3						
MEDIO BIÓTICO	FAUNA FLORA	Perdida de la biodiversidad	-	-																	4	2							
		Incremento de fauna nociva	-																			4	2						
	USOS DEL TERRITORIO	Afectación a zonas aledañas																				2	3						
ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO	Modificación de paisajes	-	-																		2	2							
	Alteración de la naturaleza	-	-																		5	4							
MEDIO SOCIO ECONÓMICO	NIVEL CULTURAL Y SOCIOECONÓMICO	Cambios en estilos de vida	+																		1	6							
		Afectación a la seguridad laboral y salud	-																			3	4						
		Mejoramiento de la calidad de vida del beneficiario	+																			0	6						
	POBLACIÓN	Incremento de ingresos económicos	+	+	+	+																0	8						
		Aparición de enfermedades																				3	1						
		Aparición de enfermedades respiratorias																			3	1							
				SUBTOTAL NEGATIVOS												10	1	6	1	3	8	11	10	0	0	0	0		
				SUBTOTAL POSITIVOS												3	1	1	3	0	0	0	0	13	8	5	14		
														50	48														
														98															

IDENTIFICACIÓN: - = Impacto negativo ; + = Impacto positivo

Fuente: (Espinoza, 2007)

Elaboración: Erika Cruz Estrella

2.6 Costos de Producción

En la Tabla 8, se presentan los datos, valores y el detalle en general de los costos y gastos que genera la aplicación del proyecto de la construcción del biodigestor para la obtención del biogás y de abono orgánico.

Tabla 8. Costo y gasto de la propuesta

N°	Detalle	Costo total
1	Compra de biodigestor	\$ 5345.00
2	Costo de mano de obra	\$ 1600.00
3	Compra de materiales	\$ 2589.00
4	Traslado de materiales y movilizaciones	\$ 250.00
5	Imprevistos (10%)	\$ 978.40
TOTAL		\$ 10762.40

Fuente: Datos de la investigación

Elaboración: Erika Cruz Estrella

2.7 Fuente de financiamiento

Es de indicar que el costo de la implementación del proyecto estuvo a cargo de la Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Agropecuaria de la Universidad Península de Santa Elena, Mano de obra de los beneficiarios del proyecto y de la aportación de recursos propios, esto se detalla en la Tabla 9, que a continuación se presentan:

Tabla 9: Aportaciones

Descripción	Valor aportado	Cantidad %
UPSE (Compra de biodigestor, accesorios, materiales)	\$ 8662.00	73.72%
Aporte de beneficiarios (Mano de obra)	\$ 1600.00	14.87%
Recursos humanos propios	\$ 500.40	11.41%

Fuente: Datos de la investigación

Elaboración: Erika Cruz Estrella

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Esquema de manejo del biodigestor

El establecimiento del biodigestor de acuerdo con las observaciones previas del lugar de estudio, en el que se analizó la información obtenida y fue instalado con la aplicación de todos los componentes que garanticen el buen funcionamiento del mismo. Una vez instalado el biodigestor de 6 m de largo con una capacidad de carga de 3864 L., se procedió a realizar las primeras descargas al sistema que conduce a él, en el que se identificó la producción diaria de purines siendo 9.25 Kg/día como materia prima de 12 cerdos, se obtuvo un volumen de flujo de entrada de carga de purines de 0.037 m³ de mezcla diaria, dando como resultado una producción de 0.46 m³ de biogás diario y una producción de 25.76 L/día de biofertilizantes como flujo de salida de productos, que se refleja en el siguiente esquema.

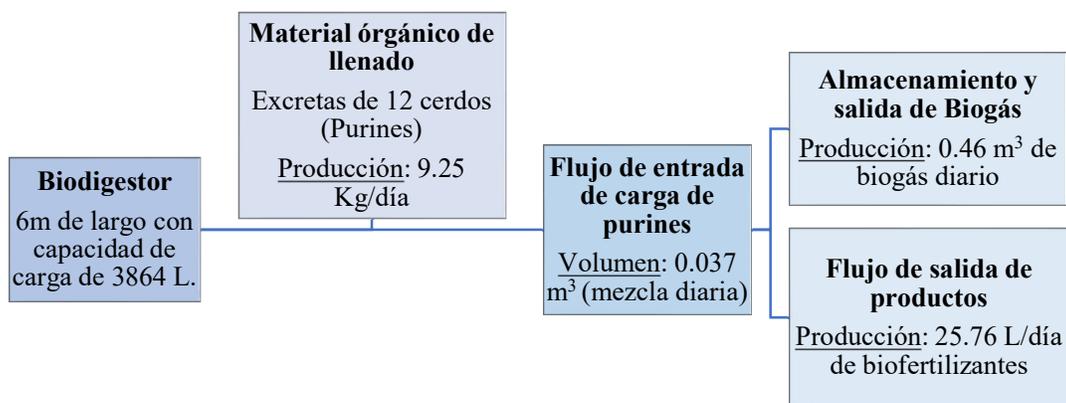


Figura 14. Esquema de manejo de biodigestor

Fuente: Datos de la investigación

Elaboración: Erika Cruz Estrella

3.2 Variables de estudio

3.2.1 Producción diaria de purín

La producción de cerdos que existe en el lugar de estudio permitió realizar la recolección de excretas y el agua de lavado del cuartel en cuartel, en el que se determinó la producción diaria de purín en un día promedio cuantificado en Kilogramos, el cual fue parte fundamental para el llenado de material orgánico dentro del biodigestor. Para la obtención diaria de purín, en la Tabla 5: Materia prima disponible en el proyecto, se muestra los resultados, donde se alcanzó una producción diaria de purín de 9.25 Kg/día, de 12 cerdos, con un seguimiento de 8 días para establecer valores que sirvieron para la implementación del biodigestor.

La producción diaria de purín obtenida de este trabajo, concuerda con el de Bautista (2016), quien obtuvo un promedio de 42.9 Kg/día, pero con 75 cerdos. Sobre este contexto García (2018) en un trabajo realizado expone: La producción diaria de estiércol de cerdo varía en función de las características físicas del animal: raza, talla del animal, así como su alimentación, y factores ambientales, acciones que hay que tomar en consideración para la obtención de purines.

Tabla 10: Materia Prima disponible en el proyecto

TOTAL DE CERDOS: 12				
Fecha	Peso estiércol Kg	Total estiércol 12 horas (Kg/semanal)	Total estiércol 24 horas (Kg/semanal)	Peso promedio del estiércol (Kg/día)
19/02/2021	4.07			
20/02/2021	3.93			
21/02/2021	4.59			
22/02/2021	4.53			
23/02/2021	4.79	36.99	73.98	9.25
24/02/2021	4.77			
25/02/2021	4.72			
26/02/2021	5.59			

Fuente: Datos de la investigación

Elaboración: Erika Cruz Estrella

3.2.2 Cálculo de determinación de materia prima disponible

En la Tabla 5: Materia prima disponible en el proyecto, se detalló la cantidad de materia prima que produce la granja con 12 cerdos en un rango de 12 horas, y en el que se encuentra disponible, se obtuvo 73.98 kg/semanal con una producción de 24 horas. Valores que están dentro de los parámetros del trabajo presentado por Blanco (2016) que expresa 13.68 kg/semana como mínimo y 169 kg/semana. Así mismo, la autora expresa: Las granjas están cercadas y cuyas condiciones de luz, temperatura y humedad están controladas con el fin de aumentar la producción.

3.2.3 Cálculo del volumen de la carga de entrada diaria

Para la operación y funcionamiento del biodigestor que se implementó en este trabajo se necesita 0.037 m^3 de mezcla al día, considerando que la relación del estiércol porcino es de: 1 parte de estiércol fresco + 3 partes de agua. Esto contrasta con los resultados expuesto según Flores (2013), en su trabajo producción y utilización de biogás a partir de purines, como una alternativa de energía renovable en el C.P. donde necesito $VCE=0.24/\text{m}^3 \text{ digester /día}$.

3.2.4 Tiempo de retención

En cuanto al tiempo de retención de ingreso de la materia prima ingresa al biodigestor hasta convertirse en biogás, mediante la digestión y degradación de la materia orgánica en relación a la producción diaria de purines de 12 cerdos, se consideró la temperatura ambiente promedio del Recinto El Suspiro, la cual fue de $30.2 \text{ }^\circ\text{C}$, lo que se estableció que fueron 15 días.

Así mismo, se menciona el trabajo de Bautista (2016), quien expresa que para determinar el tiempo de retención según varían notablemente de acuerdo al contenido del sustrato, factores de diseño, geometría del biodigestor, mezcla, etc., por su parte Carrasco (2019), consideró que el tiempo mínimo de retención para estiércol líquido de cerdo es de 15 a 20 días, dependiendo de la temperatura.

3.2.5 Producción diaria de biogás

Al establecer la producción diaria de biogás, se analizó la Tabla 6: Principales datos de diseño para la obtención de biogás, donde se mencionan los principales datos de diseño, en el que se consideró la cantidad de animales que fueron 12 cerdos y la cantidad de estiércol fresco diario disponible en el lugar de estudio, se estableció un tiempo estimado de 15 días y que luego de realizar los cálculos cuantificados en metros cúbicos, se conoció que este trabajo investigativo dará una producción diaria de 0.46 m³ de biogás diario.

El referente teórico, Salazar (2017) expresa: La producción diaria de biogás alcanza su máxima efectividad con la alimentación diaria del biodigestor, lo que implica determinar el número de animales y la cantidad de estiércol que estos generen diariamente, para potencializar su productividad energética.

Tabla 11: Principales datos de diseño para la obtención de biogás

Materia prima	Producción diaria/mensual
1 kg de estiércol fresco (EF)	0.20 kg de sólidos totales (ST)
1 kg de sólidos totales (ST)	0.8 kg de sólidos volátiles (SV)
1 kg de sólidos totales (ST)	0.3 m ³ de biogás (35 °C y P.R. Atm.)
1 kg de sólidos totales (ST)	0.25 m ³ de biogás (30 °C y P.R. Atm.)
1 kg de sólidos totales (ST)	0.2 m ³ de biogás (25 °C y P.R. Atm.)

Fuente: (Larry, 1979)

3.2.6 Producción de bio/abono por día

La producción de biofertilizantes por día se efectúa con el volumen de carga diaria de efluentes de biodigestor por medio de la digestión anaerobia y la temperatura promedio del Recinto El Suspiro, en relación a la cantidad de animales que fueron 12 cerdos. Se establece que la producción de bio/abono por día fue de 25.76 L/día.

Otro de los trabajos tomado como referentes, menciona que el control de producción de biogás del tercer tratamiento se genera 25.36 L bio/abono / L Purin durante el tiempo de retención dentro del proceso anaeróbico (Guterrez, 2015). Este trabajo establece que a 46 días puede producir hasta 3803.9 L de bio/abono.

3.3 Impacto ambiental

En relación a los impactos ambientales que ocasiona la implementación de una granja porcina con un manejo inadecuado sin aplicar buenas prácticas pecuarias, que fueron medidos y estructurados mediante observación en el lugar de estudio, que se detallan en la Tabla 7: Valoración de impactos ambientales, por lo cual se identificó que los efectos con mayor impacto ambiental negativo fue la generación de excretas con una valoración de 11, producción de cerdos con valoración de 10, foco de vectores de enfermedades con valoración de ocho, fosa séptica con valoración de ocho, se determinó como causas del impacto negativo, que en el medio físico fueron alteraciones en la calidad de suelo con una valoración de cuatro, alteración de un cuerpo de agua dulce con valoración de cuatro, calidad físico-química y bacteriológica del agua con valoración de cinco, emanación de malos olores con valoración de ocho se presenció que es el de mayor impacto ambiental en el aire, pérdida de la biodiversidad con valoración de cuatro, incremento de fauna nociva con valoración de cuatro; en el medio biótico causando afectación en zonas aledañas con valoración de dos, alteración de la naturaleza con valoración de cinco y en el medio socioeconómico ocasionando afectación a la seguridad laboral y salud con valoración de seis, aparición de enfermedades con valoración de tres y aparición de enfermedades respiratorias con valoración de tres.

Pero con la aplicación de este trabajo se estableció que los efectos de impactos ambientales positivos fueron la descarga de los afluentes digestados con una valoración de 14, utilización adecuada de estiércoles de los cerdos con una valoración de 13, disminución de malos olores con una valoración de ocho, y la generación de biogás y biofertilizantes con valoración de cinco; buscando el equilibrio entre la naturaleza y el accionar del ser humano se presenció que las causas de los impactos positivos fueron incremento de ingresos económicos con valoración de ocho, mejoramiento de la calidad de vida con valoración de seis, cambio en el estilo de vida con valoración de seis, mayor seguridad laboral y salud con valoración de cuatro, disminución de la emanación de olores al aire con valoración de tres .

económico para la ejecución de la instalación del biodigestor con \$ 1600.00 con una representación del 14.87% del costo total respectivo; y finalmente la estudiante que formó parte del proyecto de investigación tuvo un aporte de \$500.40 lo que representa el 11.41% del costo total.

Martí (2012) manifiesta que la implementación de biodigestores tubulares tipo Taiwán es de bajo costo y se pueden implementar en proyectos con pequeños y medianos productores de ganado que generen residuos orgánicos.

Tabla 13. Costo y gasto de la propuesta

Nº	Detalle	Costo total
1	Compra de biodigestor	\$ 5345.00
2	Costo de mano de obra	\$ 1600.00
3	Compra de materiales	\$ 2589.00
4	Traslado de materiales y movilizaciones	\$ 250.00
5	Imprevistos (10%)	\$ 978.40
TOTAL		\$ 10762.40

Fuente: Datos de la investigación

Elaboración: Erika Cruz Estrella

Tabla 14: Aportaciones

Descripción	Valor aportado	Cantidad %
UPSE (Compra de biodigestor, accesorios, materiales)	\$ 8662.00	73.72%
Aporte de beneficiarios (Mano de obra)	\$ 1600.00	14.87%
Recursos humanos propios	\$ 500.40	11.41%

Fuente: Datos de la investigación

Elaboración: Erika Cruz Estrella

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La evaluación de factibilidad para la instalación de un biodigestor evidenció que no requiere del uso de alta tecnología para el aprovechamiento sostenible de residuos orgánicos de ganado porcino, siendo favorable ya que disminuye el consumo de energía no renovable, por lo que se consideró factores como: disponibilidad de materia prima, situación económica de los propietarios de la finca, requerimiento mensual de energía que es de 5 kg GLP/mes.
- Es de considerar que la producción de excretas se debe de aprovechar de manera adecuada para obtener el máximo rendimiento, por lo que se identificó la producción de biogás y abono orgánico, donde diariamente se obtuvo 9.25 kg/día de materia prima, que sirvió para el dimensionamiento del biodigestor, generando 0.46 m³ de biogás al día y 25.76 L de biofertilizante al día.
- Los beneficios de la implementación de biodigestores en granjas porcinas se refleja de los costos de producción cuyo valor ascendió a la cantidad de \$ 10762.40, inversión sobre la cual se obtendrán ganancias a corto y mediano plazo, determinadas en el ahorro al obtener productos propios de fertilización de cultivos y energía natural, además a la comercialización de los mismos.
- En relación a los impactos ambientales, se estableció la disminución de los impactos ambientales negativos a través de la construcción del biodigestor, lo que dio lugar a un manejo adecuado de los desechos orgánicos de ganado porcino, generando un ambiente más agradable y fomentando la agroecología en la comunidad.

Recomendaciones

- Realizar limpieza del sector donde se ubicará el biodigestor para así evitar una serie de daños que se pueden ocasionar a los equipos de tal manera que se desarrollen todas las actividades programadas en su construcción.
- Los materiales a utilizar deben ser resistentes al clima y al uso que se pondrá en práctica, esto va a garantizar su permeabilidad y alargará el tiempo de vida de cada uno de ellos.
- Establecer mantenimientos preventivos y correctivos al biodigestor cada cierto tiempo, lo recomendable es hacerlo cada 6 meses, para así garantizar su continuidad en el funcionamiento.
- Es necesario tener en cuenta que el biodigestor debe ser construido donde se establezca que la temperatura ambiente sea constante y que no sufra descensos o ascensos brusco, pues esto alterará la producción de biogás y de abono orgánico.
- Se debe seguir las recomendaciones del fabricante del biodigestor en relación al funcionamiento y de los requerimientos a seguir para una óptima producción de biogás y de abono orgánico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andino, R. & Martínez, K., 2015. *Biodigestor: Una alternativa de innovación socio – económica amigable con el medio ambiente*. [En línea]

Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/84460724.pdf>

Anon., 2019. *Estrategias para mitigar el impacto ambiental generado por la porcicultura hacia el Conocimiento*. México: Trillas.

Arboleda, G., 2011. *Proyectos formulación evaluación y control*. Bogotá: : Editorial Ac.

Asamblea, C., 2008. *Constitución de la República del Ecuador*. Montecristi - Manabí: Ediciones Legales.

Avila, E., 2011. *Biodigestores: aprovechar residuos para generar energía*. [En línea]

Available at: <https://www.energiaadebate.com/biodigestores-aprovechar-residuos-para-generar-energia/>

Bautista, V., 2016. *Evaluación de la generación de Biogás a partir de excretas porcinas en la granja Agroimporc y diseño de un biodigestor*, Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Blanco, L., 2016. *Análisis y caracterización de purines para la obtención de estruvita y biogás*, España: s.n.

Bongkam, E., 2013. *Guía para compostaje y manejo de suelos*. Bogotá : Paidós.

Brito Sauvaneil, Á. L., 2011. Modelo de biodigestor para purines de cerdo en la Utmach.. *Revista de Biotecnología*, p. 71.

Brito, Á., 2011. Modelo de biodigestor para purines de cerdo en la Utmach.. *Revista de Biotecnología 2*, D-Universidad Técnica de Machala(p. 7), p. [En línea] Available at: <https://elibro.net/es/ereader/upse/33117?page=3>.

Camacho, M., 2011. *los impactos ambientales y su recuperacion a traves de los años*. México: Trillas.

Carrasco, F., 2019. *Diseño de Biodigestores*. [En línea]

Available at: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/308/9/T-ESPE-026444->

5.pdf

[Último acceso: 15 Julio 2021].

Castro, J., 2010. *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental* .. México: McGraw Hill.

CEPAL, 2020. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe. El rol de los recursos naturales ante la pandemia por el COVID-19 en América Latina y el Caribe.*

[En línea]

Available at: <https://www.cepal.org/es/enfoques/rol-recursos-naturales-la-pandemia-covid-19-america-latina-caribe>

[Último acceso: 20 Noviembre 2020].

CIPAV, C. p. I. I. e. S. S. d. P. A., 2011. *Creacion de biodigestores utiles para la agricultura*. Argentina: s.n.

Constitución de la República del Ecuador, 2008. *Constitución de la República del Ecuador*. Ediciones Legales ed. Montecristi - Manabí: [En línea] Available at:

[https://www.ambiente.gob.ec/wp-](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/constitucion_de_bolsillo_final.pdf)

[content/uploads/downloads/2012/09/constitucion_de_bolsillo_final.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/constitucion_de_bolsillo_final.pdf).

Correa, P., González, D. & Pacheco Justina, 2016. *ENERGÍAS RENOVABLES Y MEDIO AMBIENTE. SU REGULACIÓN JURÍDICA EN ECUADOR*. [En línea]

Available at: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000300024

Delgado, H., 2017. *Los digestores, características de los modelos de uso continuo*.

Mexico: Mckallister.

DNPSEE, 2004. Plan de Acción Territorial Forestal. En: *Energías Renovables 2004. Energía Biomasa*. Argentina: s.n., pp. 5 - 11.

Domínguez, G., 2014. *Las excretas porcinas como materia prima para procesos de reciclaje utilizados en actividades agropecuarias*. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales.

Dourmand, K., 1991. *Hacia una estrategia para un desarrollo sostenido*.. Cali - Colombia: T R Preston y M Rosales.

Duque, P., 2012. *Caracterización de residuos sólidos, efluentes residuales y evaluación de impactos ambientales en tres mataderos de ganado en la provincia de Loja - Ecuador*. Loja - Ecuador: Asociación Ecuatoriana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, AEISA..

elcomercio, 2020. *El precio del petróleo WTI, referencia para Ecuador, acelera y gana más del 10%; barril subió a USD 32,47*. [En línea]

Available at: <https://www.elcomercio.com/actualidad/reactivacion-precio-barril-petroleo-wti.html#:~:text=2020%2013%3A29->

[.El%20precio%20del%20petr%C3%B3leo%20WTI%2C%20referencia%20para%20Ecuador%2C%20acelera%20y,subi%C3%B3%20a%20USD%2032%2C47&text=El%20precio%20del%20ba](https://www.elcomercio.com/actualidad/reactivacion-precio-barril-petroleo-wti.html#:~:text=2020%2013%3A29-.El%20precio%20del%20petr%C3%B3leo%20WTI%2C%20referencia%20para%20Ecuador%2C%20acelera%20y,subi%C3%B3%20a%20USD%2032%2C47&text=El%20precio%20del%20ba)

[Último acceso: Noviembre 25 2020].

Espinoza, G., 2007. Metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental. En: V. Kaufmann, ed. *Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Santiago de Chile: Banco Interamericano para el Desarrollo, pp. 130 - 168.

Espinoza, G., 2007. Metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental. En: V. Kaufmann, ed. *Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Santiago de Chile: Banco Interamericano para el Desarrollo, pp. 130-168.

Estrada, J., 2019. *Modelos de biodigestores que se utilizan para obtener biogas en el mundo*. Tercera ed. México: Trillas.

FAO., 2013. *Producción de biogas por metanogénesis. Aprovechamiento de residuos sólidos*,. New York: s.n.

FAO, 2013. *Producción de biogas por metanogénesis. Aprovechamiento de residuos sólidos*,. New York: s.n.

FAO, 2014. *Producción y sanidad animal. Cerdos y riesgos para la salud pública*. [En línea]

Available at: http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/HH_risks.html

FAO, 2016. *Producción y Sanidad Animal*. Retrieved. [En línea]

Available at: <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/Environment.html>

FAO, 2016. *Producción y Sanidad Animal*. Retrieved. [En línea].

FAO, O. d. l. N. U. p. l. A. y. l. A., 2012. *Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) para la producción y comercialización porcina familiar*, Buenos Aires Argentina: s.n.

Flores, J., 2005. *Análisis del proceso de elaboración de compost con cuatro fuentes de materia orgánica animal* .. Quevedo - Ecuador: s.n.

Flores, J., 2013. *Producción y utilización de biogás a partir de purines, como una alternativa de energía renovable en el C.P.*, Perú: s.n.

GAD-Santa Elena, 2019. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - Cantón Santa Elena 2014-2019*. [En línea]

Available at: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0960001540001_PDy_OTGADSE_10-03-2015_08-36-38.pdf

[Último acceso: 31 Julio 2021].

García, J., 2018. *Las excretas de los animales para ser usados como materia prima en los biodigestores*. Buenos Aires - Argentina: Linares S.A..

Generalitat, V., 2011. *Plan de Acción Territorial Forestal*. Valencia, España: s.n.

Gómez Muñoz, S., 2011. *Diseño, construcción y puesta a punto de un biodigestor tubula*. Nicaragua: s.n.

Guevara, K., 2017. *Los reactores en sel sector agricola*. Bogota - Colombia: Giraldo.

Gutierrez, M., 2015. *Hacia una estrategia para un desarrollo sostenido*.. Cali - Colombia: T R Preston y M Rosales.

Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P., 2014. *Metodología de la Investigación*. México, DF: Editorial McGraw-Hill Education.

Herrero, M., 2008. *Biodigestores familiares: Guía de diseño y Manual De Instalación de*. La Paz - Bolivia: s.n.

Herrero, M., 2008. *Biodigestores familiares: Guía de diseño y Manual De Instalación de biodigestores familiares*.. La paz - Bolivia: s.n.

Iglesias, L., 2008. *El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio Ambiente*. [En línea]

Available at: http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1994_01.pdf

[Último acceso: 25 Abril 2021].

INEC, I. N. d. E. y. C., 2019. *Censo Agropecuario*, s.l.: s.n.

Inia, 2008. *El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio Ambiente*. Madrid - España: bBiblioteca Nacional de Madrid.

ISO, N. L., 2016. *Normativas medio ambientales*. s.l.:s.n.

Jiménez, J., 2015. La digestión anaerobia para la obtención de metano. En: D - Universidad de la Habana, ed. *Adición de paja de arroz y arcillas residuales a la digestión anaerobia de estiércol porcino: efecto sobre la comunidad procariota productora de metano*. La Habana: p. 139, p. [En línea] Available at: <https://elibro.net/es/ereader/upse/91408?page=16>.

Kvolek, M. C. M., 2019. *Gestión Ambiental Pecuaria*. Colombia: Ed. Orientación.

Lagrange, K., 1979. *Los biodigestores: procesos de instalacion y funcionamiento*. Argentina: Kapelluz.

Lara, E. & H., 2011. *Diseño de un bioreactor y conducción del biogás generado por las excretas de ganado vacuno, estación Tunshi-Espoch*. Ecuador : Universidad del Chimborazo.

Larry, H., 1979. *Metodología para determinar los parametros de construccion de biodigestor*. México: Trillas.

Lay, J. y otros, 1997. Análisis de factores ambientales que afectan la producción de metano a partir de desechos orgánicos con alto contenido de sólidos. En: I. h. 0273-1223, ed. *Ciencia y Tecnología del agua*. Japón: Antero Luonsi, pp. 493-500.

Liriano, J., 2016. *Repositorio Upse. Estudio de Factibilidad para la Implementación de una Planta Procesadora de Abonos Orgánicos a Base de Restos de Cosecha de Ramas de Árboles (Leguminos) para la Fertilización de las Plantas en la Comuna Bambil Desecho, parroquia Colonche*. [En línea] Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/3389/1/UPSE-TDE-2016->

0002.pdf

[Último acceso: 15 Abril 2021].

López, V., 2005. *Tecnología de mataderos*. Madrid : Ediciones Mundiprensa .

Madrazo, P., 2017. *Proyecto de establecimiento de un Centro de Concentración de ganado vacuno de carne en la localidad de Guarnizo*. [En línea]

Available at: <https://1library.co/document/qmjdwnwq-proyecto-establecimiento-centro-concentracion-localidad-guarnizo-astillero-cantabria.html>

[Último acceso: 20 Abril 2021].

MAGAP, 2012. *Abono Orgánico*. Santa Elena, s.n.

Márquez, F., 2011. *Estudio del potencial energético de biomasa de Pinus caribaea*. Argentina: Ciencias Forestales y del Ambiente.

Márquez-Montesino, F., 2011. *Estudio del potencial energético de biomasa de Pinus caribaea*. Argentina: Ciencias Forestales y del Ambiente.

Martel, V. & Concepción, M., 2005. *Decisiones de inversión y funcionamiento en empresas de ocio, turismo, y hostelería*. Casos prácticos ed. s.l.:Innovar 15, 139 - 141.

Martí Herrero, J., 2018. *Hacia un sector de biodigestores sostenible en Ecuador: Insumos para un componente de biodigestores de PNABE*. Quito - Ecuador: Ministerio del Ambiente.

Martí , J., 2018. *Hacia un sector de biodigestores sostenible en Ecuador: Insumos para un componente de biodigestores de PNABE*. Quito - Ecuador: Ministerio del Ambiente.

Martí, J., 2012. *Desarrollo, difusión e implementación de tecnologías apropiadas en el área rural: Biodigestores en Bolivia*. Elva Pacheco Llanos ed. La Paz: EnDev Bolivia.

Mejía, M., 2001. *Agricultura Ecológica*. Segunda Edición ed. Bogotá – Colombia: Terranova Editores, Ltda..

Melendi, D., 2017. *Metano, Química ambiental*. Madrid: Ediciones Miraguano.

Melendi, D., 2017. Metano, Química ambiental. *Revista de Ingeniería Innovativa*, 3(9), pp. 19 - 33.

Merchán, J., 2017. *Estudio de Factibilidad Financiera para la Implementación de un Plantel Porcino (Suscrofa domestica) de engorde en la Comuna Dos Mangas, Parroquia Manglaralto, Cantón Santa Elena.* [En línea]

Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4251/1/UPSE-TAA-2017-030.pdf>

[Último acceso: 25 Abril 2021].

Moreno, A. & D. J., 2018. *EVALUACIÓN AMBIENTAL AL CRIADERO DE PORCICULTURAGRANJA CAMPO.* [En línea].

Moreno, A. & Devia , J., 2018. *EVALUACIÓN AMBIENTAL AL CRIADERO DE PORCICULTURAGRANJA CAMPO.* [En línea].

Murgueitio, M., 2013. “*Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC)*”, en *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)*.. Quito: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)..

Norma de Calidad Ambiental, E., 2003. *Texto unificado de legislación secundaria Libro VI, Anexo I, Norma de Calidad Ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua.* Ediciones Legales ed. Quito - Ecuador: [En línea] Available at: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>.

Normativa Ambiental, E., 2003. *Texto unificado de legislación secundaria Libro VI, Anexo I, Norma de Calidad Ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua.* Quito - Ecuador: Ediciones Legales.

Noyola, T., 2018. *El biogas como energia sostenible a traves de materia organica.* Mexico: Trillas.

Osorio, D., 2009. *Abonos, lombricultura y compostaje.* Bogotá - Colombia: Editorial Grupo Latino LTDA.

Padilla , A., 2016. Producción de Biogás y compost a partir de Residuos Orgánicos recolectados del Complejo Arqueológico Huaca de la Luna. “*Ciencia y Tecnología*”, Año 12(Nº 1), pp. 29-43.

- Padilla Sevillano, A. W., 2016. Producción de Biogás y compost a partir de Residuos Orgánicos recolectados del Complejo Arqueológico Huaca de la Luna. “*Ciencia y Tecnología*”, , Año 12(Nº 1), pp. 29-43.
- Pascalino, J. & Acosta, M., 2012. *Biogás: una alternativas energética a partir de los residuos orgánicos*, México: s.n.
- Paterson, M., 2010. *Fundamentos de la digestión anaeróbica: Desde la producción hasta el uso*. Mexico: Programa Gestión Ambiental Urbana e Industrial en México.
- Penz, A., 2000. *Efecto de la nutrición en la cantidad y en la calidad de los desechos de los cerdos.*. México, D.F., s.n., pp. 1-23.
- Peña, E., 2012. *Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana*. San Salvador: s.n.
- Pérez P, E. L., 2004. *Cuantificación de los recursos de biomasa forestal*. Buenos Aires: Ciencia Tecnica.
- Pérez , R., Penz, A., Gadd, J. & Sweeten, M., 2000. *Producción diaria de excretas según el tipo de cerdo*. Mexico, DF, s.n.
- Perez, E., 1992. *Reporte de la Iniciativa de la Ganadería, el Medio Ambiente y el Desarrollo. Integración por Zonas de la Ganadería y de la Agricultura Especializadas. Opciones para el Manejo de Efluentes de Granja Porcícolas de la Zona Centro de México*. México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Universidad Nacional Autónoma de México. Swiss College of Agriculture. Coordinado por la FAO, pp. 1-23.
- Perez, E., 1992. *Reporte de la Iniciativa de la Ganadería, el Medio Ambiente y el Desarrollo. Integración por Zonas de la Ganadería y de la Agricultura Especializadas. Opciones para el Manejo de Efluentes de Granja Porcícolas de la Zona Centro de México*. México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Universidad Nacional Autónoma de México. Swiss College of Agriculture. Coordinado por la FAO, pp. 1-23.
- Pérez, P. & Esteban, L., 2004. *Cuantificación de los recursos de biomasa forestal*. Buenos Aires: Ciencia Tecnica.

- Pérez, R., Penz, A., Gadd, J. & Sweeten, M., 2000. *Producción diaria de excretas según el tipo de cerdo*. Mexico, DF, s.n.
- Raffino, M. E., 2020. *Importancia de la materia orgánica en la agricultura*. Argentina: s.n.
- Rivas Solano, O., 2009. Biodigestores: factores químicos, físicos y biológicos relacionados con su productividad. *Tecnología en Marcha*, p. 94.
- Rivas, M., 2019. *Estrategias para mitigar el impacto ambiental generado por la porcicultura hacia el Conocimiento*. México: Trillas.
- Rodríguez, C., 2017. *Los biodigestores, fuente de desarrollo sostenible y calidad de vida en comunidades rurales de Colombia*. Bogotá D.C: Trillas.
- Rodriguez, M., 2013. *Historia del biogás, primeros pasos*. Nicaragua: Ciencia y sociedad.
- Romero, M. G., 2008. *Dimensionamiento y diseño de biodigestores y plantas de biogás*. Volumen 1, página 49 ed. México: McCallister.
- Salazar, J., 2017. *Producción de biogás a través de purines de cerdo*. México: Trillas.
- Sweeten, J., 1979. *Prescripciones para cerdos. Cuánto estiércol de cerdo*, Texas A&M University: Texas Agricultural Extension Service.
- Szogi, A., Vanotti, M. & Ro, K., 2015. *Métodos de tratamiento de abonos animales para reducir la contaminación por nutrientes antes de la aplicación al suelo*. [En línea] Available at: <https://doi.org/10.1007/s40726-015-0005-1> [Último acceso: 15 Enero 2021].
- Vaca, G., 2006. *Evaluación de proyectos*. México DF: Mc Graw Hill.
- Vaca, G., 2006. *Evaluación de proyectos*. México DF: Mc Graw Hill .
- Valdivia, J., 2000. *Uso de Biogás para la generación de energía eléctrica mediante un motor gasolinero estacionario modificado*. Lima - Perú: s.n.
- Van Loo, S. & Koppejan, J., 2008. Descripción del impactos ambiental por la combustión de biomasa. En: *El manual de combustión y co-combustión de biomasa*. Londres: s.n.,

pp. 303. [En línea] Available at:https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=pkAvnYOSQF8C&oi=fnd&pg=PR3&dq=The+handbook+of+biomass+combustion+and+cofiring,+Earthscan,&ots=iKRj4onEu0&sig=C7eNKQgRXsyeu8-zt9I5pRnBN_0#v=onepage&q=The%20handbook%20of%20biomass%20

Varnero, M., 2011. Usos del Residuo Biofermentado o Lodos de Digestión y de los Efluentes. En: P. C. R. d. B. p. l. E. R. c. E. Renovables”, ed. *Manual del biogás*. Santiago de Chile: MINENERGIA/PNUD/FAO/GEF, pp. 67-71.

Anexos

CONTRIBUYENTE RÉGIMEN SIMPLIFICADO
FERRETERÍA JUANITA
RAMÍREZ PRUDENTE TOMAS ONOFRE
 VENTA AL POR MENOR DE ARTICULOS DE FERRETERÍA
 Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Dircción: Camacho y Torres 1972, gpmad.com
 E-mail: onofre@ramirez1972.gpmad.com
 Cels: (0985)793065 - (0994)108165
 Santa Elena - Ecuador

AUTORIZACION SRI # 1126353992
NOTA DE VENTA
 SERIE: 000000126
 CATEGORIA: 1
 ACTIVIDADES DE COMERCIO HASTA \$ 420.00

SR (ES): Julio Villacasp. Matías
 DIRECCION: La Libertad

LUGAR: Barahona
 CURRUC: 8943138044
 DIA: 28 MES: 01 AÑO: 2021
 TEL: 8943138044
 GUÍA DE REMISIÓN:

CANT.	DESCRIPCIÓN	V. UNITARIO	VALOR TOTAL
7	Metros de hierro grueso	2200	15400
5	Metros de Puntos 2 1/4	2500	12500
3	Electro Mayor 3.5.	2500	7500
			25400
TOTAL \$			38400

FORMA DE PAGO: *[Firma]*
DÓLARES

CONTRIBUYENTE RÉGIMEN SIMPLIFICADO
FERRETERÍA JUANITA
RAMÍREZ PRUDENTE TOMAS ONOFRE
 VENTA AL POR MENOR DE ARTICULOS DE FERRETERÍA
 Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Dircción: Camacho y Torres 1972, gpmad.com
 E-mail: onofre@ramirez1972.gpmad.com
 Cels: (0985)793065 - (0994)108165
 Santa Elena - Ecuador

AUTORIZACION SRI # 1126353992
NOTA DE VENTA
 SERIE: 000000127
 CATEGORIA: 1
 ACTIVIDADES DE COMERCIO HASTA \$ 420.00

SR (ES): Julio Villacasp. Matías
 DIRECCION: La Libertad

LUGAR: Barahona
 CURRUC: 8943138044
 DIA: 28 MES: 01 AÑO: 2021
 TEL: 8943138044
 GUÍA DE REMISIÓN:

CANT.	DESCRIPCIÓN	V. UNITARIO	VALOR TOTAL
335	Blanco - 2m # 9	395	13200
1	Botella de pintura	4500	4500
1	Vandilla 8	500	500
20	Cemento	800	16000
			34200
TOTAL \$			34200

FORMA DE PAGO: *[Firma]*
DÓLARES

RECIBI CONFORME
 TOMAS RAMÍREZ PRUDENTE
 ENRIQUE REYES PALACIOS - IMPRENTA GUAYAQUIL - R.U.C. # 090471956001 - AUTORIZACION # 104
 1/2020 - 1 BLOCK x 2 # 000101 AL 000200 - VÁLIDO PARA SU EMISIÓN HASTA 03/03/2021

Figura 2A. Facturas de compra de materiales de construcción



Figura 2A. Instalaciones de la zona de estudio



Figura 3A. Limpieza de terreno donde se realizará el proyecto



Figura 4A. Construcción de Galpón de cerdos



Figura 5A. Instalación de biodigestor



Figura 6A. Sistema de desagüe de biodigestor



Figura 7A. Sistema de salida de abonos líquido y sólido



Figura 9A. Abastecimiento de agua para el sistema de bebederos



Figura 10A. Instalación de biodigestor terminada



Figura 11A. Porcinos colocados en el galpón

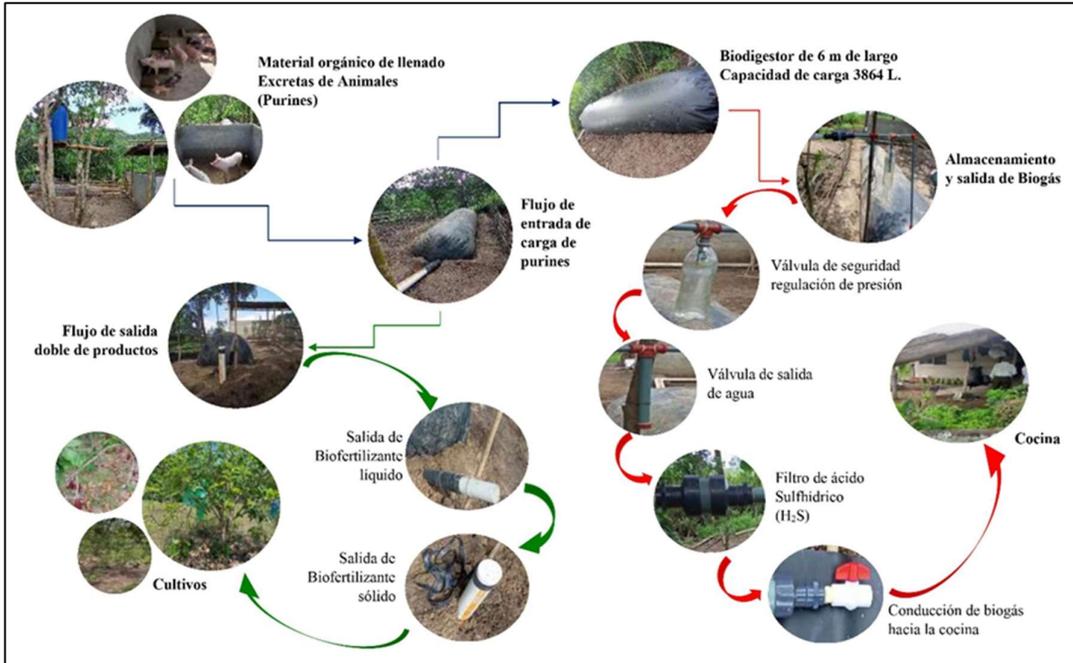


Figura 13A. Esquema estructural del proyecto investigativo