



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Eficacia del biogás elaborado con estiércol de ganado bovino y porcino del camal municipal de Moyobamba 2019”

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

Bachiller en Ingeniería Ambiental

AUTORES:

Vargas Villanueva, Patrick Gabriel (ORCID: 0000-0002-7406-7705)

Villavicencio Hervias, Miguel Angel (ORCID: 0000-0002-9979-4562)

ASESORES:

Mg. Montilla Perez Lindsay (ORCID: 0000-0002-7474-7831)

Mg. Lopez Rojas Jhon Jairo (ORCID: 0000-0001-6726-5095)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y gestión de los residuos sólidos

MOYOBAMBA – PERÚ

2019

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCION	1
1.1 Realidad problemática	2
1.2 Trabajos previos.	3
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	7
1.4 Formulación del problema	10
1.5 Justificación del estudio.	11
1.6 Hipótesis.....	13
1.7 Objetivos.....	13
II. MÉTODOLÓGÍA.....	14
2.1 Diseño de investigación.	14
2.2 Variables, operacionalización.	16
2.3 Población y muestra.	18
2.4. Técnica e instrumento de recolección de datos	18
2.5. Procedimiento general	20
2.6 Métodos de Análisis de datos	23
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
3.1. Variables de análisis del biogás	24
<u>3.2. Producción total de biogás</u>	<u>27</u>
3.3 Temperatura ambiente.....	27
3.4. Presión en la producción de biogás	28
DISCUSIÓN	30
IV. CONCLUSIONES	31
V. RECOMENDACIONES	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: número de tratamientos.....	14
Tabla N° 2: Matriz de operacionalización de variables.....	17,18
Tabla N° 3: Lista de Materiales	22
Tabla N° 4: Variables en producción de biogás bovino.....	25
Tabla N° 5: Variables en la producción de biogás porcino.....	26
Tabla N° 6: Variables en la producción de biogás mezcla.....	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Diseño y dimensiones del biodigestor.....	23
Figura N° 02: Tapón de hierro.....	23
Figura N° 03: Válvula de paso de gas.....	24
Figura N° 04: Válvula de paso de gas.....	24
Figura N° 05: Producción de Biogás en %.....	28
Figura N° 06: Temperaturas ambientes (C°).....	28
Figura N° 07: Presión de Biogás (PSI).....	29

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la eficacia del biogás con estiércol de ganado bovino y porcino en el camal municipal de la ciudad de Moyobamba, debido a que en este lugar los estiércoles de estos animales no tienen una disposición final adecuada, ya que no cuentan con un sistema adecuado de tratamiento de los estiércoles, convirtiéndose en un problema de contaminación ambiental, es por ello que se optó por la instalación de tres biodigestores con diferentes capacidades de carga, mezcla y poder generar biogás, al mismo tiempo darle el buen tratamiento y uso a los estiércoles, evitando así que se contamine el suelo y agua por la generación de dichos residuos en el camal. Los biodigestores Tubulares que se construyeron para esta investigación fueron cargados con las siguientes mezclas: El primer biodigestor fue cargado con estiércol de ganado porcino, el segundo biodigestor fue cargado con estiércol de ganado bovino y el tercero con una mezcla de estiércol porcino y bovino del 50% cada uno, los resultados en generación de biogás demostraron que hay una mayor eficacia en generación de biogás del biodigestor que fue cargado con estiércol porcino seguido por el biodigestor que estaba cargado con una mezcla de estiércol porcino y bovino, teniendo como último lugar el biodigestor que fue cargado con estiércol bovino, esto demostró que existe un equilibrio en la reacción anaeróbica de la generación de biogás del segundo biodigestor que estaba compuesto por la mezcla de estiércol bovino y porcino demostrando así su eficacia.

Palabras Clave: Biogás, reacción anaeróbica, Biodigestor.

ABSTRACT

The present work of investigation had like objective to determine the effectiveness of the biogas with manure of bovine and pig cattle in the municipal camal of the city of Moyobamba, because in this place the manures of these animals do not have a suitable final disposition, since they do not count on a suitable system of treatment for the manures, becoming a problem of environmental pollution, which is why we opted for the installation of three biodigesters with different load and mixing capacities, to generate biogas and at the same time give use to the manure, thus avoiding contamination of soil and water by all the waste generated by the camal. The tubular biodigesters that were built for this research were loaded with the following mixtures The first biodigester was loaded with pig manure, the second biodigester was loaded with cattle manure and the third with a mixture of pig and cattle manure of 50% each. The results in biogas generation showed that there is a greater efficiency in generating biogas from the biodigester that was loaded with pig manure followed by the biodigester that was loaded with a mixture of pig and cattle manure, having as last place the biodigester that was loaded with bovine manure, this demonstrated that there is an equilibrium in the anaerobic reaction of the biogas generation of the second biodigester that was composed by the mixture of bovine and porcine manure demonstrating its effectiveness.

Keywords: Biogas, anaerobic reaction, Biodigester

I. INTRODUCCIÓN

Ejarque en el 2019 da a conocer que existen múltiples sistemas de ganadería, lo cual conlleva a la gran aglomeración de residuos pecuarios, los cuales se vuelven tóxicos y peligrosos, provocando estragos negativos a la salud y al medio ambiente, por lo que se vio la necesidad de investigar nuevas maneras de contrarrestar esta problemática utilizando una de las alternativas que concurre en aprovechar la digestión anaeróbica en los residuos pecuarios basadas en la utilización de los estiércoles bovinos y porcinos, por medio de este proceso se obtiene el biogás; que son productos derivados de la degradación de la materia orgánica y/o residuos pecuario (2019, vol. 23, no 44).

Así mismo, con la presente investigación se pretende enseñar e incentivar el diseño y la utilización de los biodigestores, tal como lo indica el “Manual del Biogás” de la FAO en el 2011, esto con el fin de aprovechar los residuos pecuarios del camal municipal, ya que se cuenta con las condiciones climáticas para el adecuado desarrollo de esta tecnología, con la finalidad de ayudar a resolver la problemática de la contaminación ambiental de los residuos pecuarios, porque un biodigestor puede hacer posible que toda la materia o desecho orgánico del camal municipal por medio de un proceso anaerobio se obtenga subproductos como el biogás y el biol; logrando la estabilización completa de estos residuos, convirtiéndolos en compuestos que puedan ser asimilados por el ambiente y dando así una solución al problema de la gran aglomeración de estiércol en la parte posterior del camal afectando a los pobladores aledaños contaminando el suelo y el agua que estos usan, demostrando que la propuesta realizada en esta investigación es una de las mejores opciones para tratar de mitigar los impactos negativos que tiene el camal municipal de Moyobamba en el ambiente. Para el diseño, elaboración e implementación del proyecto, se efectuará la cuantificación de estiércol en todo el camal municipal, también la cantidad utilizable para el proceso anaerobio, de igual forma los cálculos del volumen de la mezcla, volumen total y las partes que llevará el biodigestor; dándole así a este diseño una validación a través de un prototipo a escala piloto para la producción de biogás (2011 p. 77).

1.1 Realidad problemática

A nivel mundial existen muchas actividades económicas, de las cuales se destacan las principales, como la crianza de animales (vacunos, porcinos, cuyes, etc.), lo cual se aprovecha su carne para el consumo diario de la población. Por otro lado, estos animales generan abundante material fecal o estiércol, el cual ha sido objeto de estudio a lo largo de los años para su empleo como materia prima que permitirá la generación de energía sustentable (Jamil, 2018, pg. 20).

Por otro lado, al término de los años 70 y principios de los 80, en el Perú se inició con la indagación y fomentación de biodigestores familiares guiándose inicialmente en los diseños chino e hindú, destacando entre ellos el modelo chino el que tuvo mayor propagación y alcance debido a su bajo costo. En esta iniciativa participaron diferentes universidades e instituciones, de entre las cuales resaltaron dos proyectos hechos por la universidad Nacional de Cajamarca y la empresa Gloria S.A. en Arequipa (PNB-PERU 2013).

A nivel local no hay instituciones o entidades donde se destaca estos proyectos; por ello el interés de investigar y proponer el manejo de estos residuos pecuarios y aún más viendo la realidad de la ciudad de Moyobamba y básicamente en la zona del Camal Municipal; crea la inquietud de aprovechar el estiércol de Bovino y Porcino llevando esta propuesta a la autoridad local como una alternativa sostenible para el Camal Municipal y así obtener un manejo adecuado de los residuos pecuarios, principalmente de aquellos que se generan al brindar servicios a los comerciantes locales que se dedican a la venta de carne y así aprovechar estos residuos como fuentes de energía sustentable que permita minimizar los impactos ambientales, además aporta un avance biotecnológico, que contribuye en gran manera al tratamiento de los estiércoles provenientes del Camal Municipal, ya que para obtener esta materia prima es muy sencilla y fácil de las actividades rutinarias diarias, por tanto la producción de biogás se vuelve factible a un bajo costo;

constituyendo una oportunidad para desarrollar tecnología de gasificación de biogás, y evitando la contaminación en el medio ambiente.

Es por ello que ante esta realidad, es preciso aplicar tecnologías con diseños de ingeniería, como nuevas alternativas de contrarrestar el deterioro del medio ambiente, por eso una de las alternativas es aprovechar la digestión anaerobia o digestión del estiércol Bovino y Porcino, a través de la implementación de biodigestores ubicados en el Camal Municipal, aprovechándose con la materia prima para la producción de biogás, minimizando la aglomeración del estiércol Bovino y Porcino depositados en los canales de drenaje procedentes de las plataformas donde se encuentran los ganados.

La producción de biogás, en descomposición anaeróbica sirven para tratar los residuos pecuarios, ya que se produce un gas natural para la generación de energía limpia, también puede servir para la cocción de los alimentos y además de generar un lodo que puede aplicarse como un biofertilizante natural; la generación de estos dos productos, se da gracias al uso de un biodigestor, el cual es un envase herméticamente cerrado, donde se realiza el proceso anaeróbico para la descomposición del estiércol, el proceso se da en ausencia de oxígeno, utilizando relaciones de estiércol – agua para la formación del sustrato, con determinados tiempos de retención, de manera que produce biogás y el efluente que puede ser utilizado como bio (FAO, 2011, p.).

1.2 Trabajos previos.

A nivel internacional

Narvaéz y Saltos en su investigación diseñaron y pusieron en marcha un biodigestor a una escala piloto para la obtención de biogás y bioabono con la mezcla de estiércol vacuno y suero de queso, donde ellos mencionan que durante la construcción del biodigestor a escala piloto utilizaron el método cuantitativo para dar con los componentes principales del diseño, con el objetivo de construir un equipo para producir biogás de uso doméstico y

bioabono para mejorar el suelo, el proyecto tuvo como resultados la utilización de la energía del biogás, ahorrando así en la compra del gas comercial, ya que en las zonas rurales que son muy escasos y de muy difícil acceso, pues los mecanismos de distribución y comercialización que usan las empresas son los inadecuados (2007, pg.34).

Por otro lado, Arce en su investigación diseñó un Biodigestor capaz de generar biogás y abono con los desechos orgánicos de animales en las zonas agrarias del litoral, donde menciona que el principal objetivo que tuvo fue que este biogás y abono se generen y sean aplicados en las zonas agrarias del litoral, concluyendo que con un bajo presupuesto se puede obtener un equipo que pueda producir gas, el cual sea capaz de abastecer y satisfacer las demandas locales en aquellos lugares donde el acceso es muy difícil, y así logro tener un resultado de toda la investigación, donde logró concluir que es factible la disminución del uso de energías no renovables en su país natal, logrando así la conservación del ecosistema adyacente donde es aplicado el prototipo para la generación de biogás, de igual forma se da como eficaz la generación de biogás mediante el uso de estiércol de vaca, en los resultados que se obtuvo durante todos los ensayos realizados en el digestor, se pudo deducir que es beneficioso y aplicable en cualquier tipo de hacienda ganadera, en específico las productoras de leche, ya que el precio de la materia prima en este caso es 00 soles (2011, pg.15).

También, Toala en su investigación tuvo como objetivo realizar el diseño de un biodigestor a base de polietileno para obtener biogás con el estiércol del ganado ubicado en el Rancho Verónica durante el año 2014, donde concluye que los análisis de laboratorio realizados al estiércol del ganado vacuno, permitieron la identificación de los siguientes compuestos, tales como materia orgánica, humedad, carbono orgánico, sólidos Totales, densidad, nitrógeno total, fósforo disponible y de igual manera se encontró el porcentaje residuos orgánicos y carga bacteriana, lo que significa que la gran generación de estiércol es un riesgo para las personas y animales de las granjas, incrementando la contaminación por la excesiva aglomeración de esta misma; y así mismo logró determinar el volumen de carga que fue de 373 L/día, en

relación 1:1 de estiércol-agua, y un tiempo de carga del biodigestor de 10 días para iniciar el proceso anaeróbico y degradativo (2014, pg. 34).

De la misma manera, Pérez en su trabajo realizó un estudio para diseñar un biodigestor el cual fuese aplicado en pequeños ganaderos y lecheros, donde menciona que el objetivo principal de su estudio consistió en diseñar un biodigestor el cual cumpla con las demandas de energía de los pequeños ganaderos y lecheros que habitan en las zonas rurales al sur de Chile y además de ello que sea económicamente accesible y técnicamente viable, llegando así a concluir en su estudio que si se puede adquirir un equipo técnico y económicamente viable para así poder solventar todas las necesidades energéticas que los pequeños ganaderos y lecheros puedan presentar (2010, pg. 40).

Finalmente, Otlica en su investigación aprovechó el biogás que proviene del abono del ganado vacuno de un establo que está ubicado en Ixtapaluca que es un estado en México, donde él manifiesta que tuvo como objetivo principal utilizar el biogás generado por el abono de ganado vacuno, determinar la mejor relación excreta agua para ser utilizada en el proceso y obtener mayor producción de Biogás, concluyendo que la generación de 250 kilogramos de heces al día de ganado vacuno son factibles de ser utilizadas para la producción de 5 metros cúbicos de biogás al mes (2012, pg. 18).

A nivel nacional.

En el Perú Cuaila en su investigación donde produjo biogás y biol con excretas de ganado en la ciudad de Tacna menciona que en dicha ciudad se tuvo que diseñar, construir, diseñar y también evaluar el funcionamiento de un biodigestor familiar de 2 metros cúbicos de tipo tubular a base de una doble capa de manga de polietileno, además de ello utilizó adobe en los muros de la zanja, acondicionándole un colchón de sacos y revistiéndole con un plástico negro, lo que ayudó a mantener la temperatura cálida del sistema; alimentándolo con estiércol fresco de ganado ovino. Además, se realizó evaluaciones al sistema en el mes de marzo y abril del año 2011, donde se tuvo

que controlar el pH del lodo, la generación de biogás diaria, la temperatura del biodigestor en tres partes y también la temperatura ambiental. El periodo de retención inicial fue de 30 días, posterior a ello empezó a generar biogás diariamente con un promedio de 400 litros al día con un margen de temperatura del biodigestor entre 30 a 40 centígrados, con una temperatura ambiente entre 20 y 30 centígrados durante los meses de prueba. Logró cuantificar la producción diaria de biol con un resultado de 40 litros al día aproximadamente y también se acondiciono una cocina de kerosene para ver la utilidad del biogás como combustible (2011, pg. 32).

También en territorio nacional, Massa en su investigación estudió la prefactibilidad de recuperar y producir energía en la región de Ica mediante un sistema de biogás. Donde el menciona que es de mucha ayuda tener una planta que procese gases de combustible energético de calor, ya que esto permite obtener energía renovable atreves de los desechos orgánicos, del cual se obtiene un compuesto de gas natural y sus residuos se convierten o transforman en un abono con un elevado grado de nitrógeno, el cual sería muy importante para los agricultores en general (2012, pg. 41).

En la tesis de Camarena donde estudio la influencia que tiene el tiempo de fermentación sobre la producción de biogás con las excretas de ganado vacuno en la región de Ica, esta fue Desarrollada con éxito en las instalaciones de la Universidad Nacional del Centro del Perú, en la cual manifestó que los Biodigestores brindan un beneficio al aprovechar los desechos orgánicos que se originan en las viviendas, puesto que producen metano que luego se utiliza para la cocción de los alimento e iluminar las casas, llegando a concluir que los Biodigestores son una manera eficaz de realizar el reciclaje de los residuos domésticos a un bajo costo (2012, pg. 27). Finalmente, Camarena recomienda el instalar un Biodigestor el cual permita suministrar con metano a los hogares instalados en las zonas rurales de la Región Ica.

A nivel local

En la ciudad de Moyobamba, Barrrena y otros en su trabajo de investigación donde produjeron biogás en un laboratorio con los residuos domésticos y ganaderos, en la cual llegaron a la conclusión de que la máxima generación de

biogás fue de 195 mililitros obtenidos con 583 mililitros de estiércol de vacas y la relación que utilizaron fue de: relación estiércol: agua de 1:2; siendo un tercio del volumen del digestor, también utilizaron 35 mililitros de agua de desagüe (2%(volumen/volumen) en relación al volumen del biodigestor) y también agregaron 79 gramos de cáscara de papa (9% (peso/volumen) en relación al volumen de estiércol), (2010, vol. 3, no 1, p. 86-92).

1.3 Teorías relacionadas al tema.

1.3.1 Componentes de un digestor anaeróbico

Varnero en el 2015 en el “Manual de biogás” manifiesta que los componentes esenciales de un biodigestor anaeróbico, lo conforma una cámara de reacción de las materias primas a ser digeridas; un depósito de gases, con los componentes para la salida del biogás, una entrada de carga para las materias primas orgánicas y una salida o desfogue de material orgánico estabilizado (2015, pg. 22).

1.3.2 Reactor

De la misma forma, Varnero en el 2015 manifestó que la cámara de reacción es la parte principal donde sucede el proceso bioquímico de deterioro de la materia orgánica. Las cámaras de reacción de digestión pueden tener varias formas como: cúbica, cilíndrica, ovoide o rectangular, por lo general la mayoría de estos tanques que se construyen en la actualidad son de tipo cilindro. El suelo de la cámara de reacción está ligeramente inclinado, para que la arenilla, el material sedimentable que es inorgánico y la parte pesada del afluente puedan ser retirados con facilidad del tanque. Los biodigestores de la actualidad cuentan con cubiertas que son fijas o flotantes, cuya importancia es impedir que se fuguen olores, además de conservar la temperatura, detener el ingreso de oxígeno y recoger el gas generado. Pueden estar fabricados de diversos materiales, desde una piscina cubierta de HDPE, cemento hasta acero inoxidable.

1.3.3 Entrada del afluente.

Varnero en el 2015, también propone que generalmente, la mezcla se introduce por la parte superior del biodigestor y el biol o lodo se retira por el lado opuesto.

1.3.4 Salida del efluente.

Varnero igualmente indicó en el 2015, que en un biodigestor de cubierta permanente puede tener de 3 a 5 tubos de sobre el líquido puestos a distintos niveles, o solo un tubo con válvulas a diferentes niveles, para poder retirar el mismo. Por principio universal, se escoge el nivel que retire un efluente de mayor calidad (con la mínima cantidad dable de sólidos).

1.3.5 Extracción de lodos.

Para la extracción de lodos Varnero en el 2015, menciona que las tuberías que extraen los lodos suelen estar puestas encima de bloques a lo largo del suelo con un cierto grado de desnivel del biodigestor. El lodo se retira por el centro de la cámara de reacción, estas tuberías suelen tener 15 centímetros de diámetro o van acopladas con válvulas tapón para evitar taponamientos y se utilizan periódicamente para transportar el lodo del biodigestor a un sistema de liberación de lodos.

1.3.6 Sistema de gas

En este sistema Varnero también en el 2015 manifiesta que el proceso de digestión anaerobia genera de 400 a 700 L de gas por cada Kg de materia orgánica degenerada, según las características de la mezcla. El gas esta compuesto principalmente de metano y anhídrido carbónico. Para que un biodigestor funcione correctamente su contenido de metano deberá ser del 65% al 70% en volumen, con una cantidad de anhídrido carbónico del 30% al 35% y el 1 o 2 % del gas del digestor está compuesto de otros gases.

La presencia de metano al 60% dentro del digestor hace que el poder calorífico sea de aproximadamente 500 a 600 kilocalorías por litro. Mediante el sistema de gas este es trasladado desde el digestor hasta los puntos donde se

consume o al quemador de exceso de gases. Este sistema de gas está compuesto por las siguientes partes:

- Cúpula de gas.
- Válvulas de seguridad y rompedora de vacío.
- Apaga llamas.
- Válvulas térmicas.
- Separadores de sedimentos.
- Purgadores de condensado.
- Medidores de gas.
- Manómetros.
- Reguladores de presión.
- Almacenamiento del gas.
- Quemador de los gases sobrantes.

1.3.7 Compuestos químicos del estiércol de Bovino y Porcino

Ganado	% Humedad (%M)	% Sólidos Totales (% ST)	% solidos Volátiles (% SV)	% Carbono (% C)	% Nitrógeno (% N)	Relación C/N
Bovino	86	14	80	30.6	1,7	18
Porcino	87	13	17	76	3,8	25

Fuente: (Flores, 2010)

1.3.8 Composición Química del Biogás

Cepero y otros desarrollaron una investigación sobre la producción de biogás y bioabonos con los efluentes que genera un biodigestor, en la cual propone que el biogás está compuesto por distintos tipos de gases que se producen a partir de la degeneración de la materia orgánica en el desarrollo anaerobio. Este compuesto químico del biogás determina que el componente en abundancia es el metano (CH₄); este encabeza la lista de hidrocarburos de los alcanos y es un gas de efecto invernadero. La combinación de metano con el aire genera combustible y arde con llama azul (2012, p. 20). **(Anexo 01)**

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema general

- ¿Determinar la eficacia del biogás elaborado con estiércol de ganado bovino y porcino del camal municipal Moyobamba, 2019?

1.4.2 Problemas específicos

- P1.- ¿Qué cantidad de estiércol de ganados Bovinos y Porcinos se genera diariamente para la elaboración adecuada del biodigestor en el camal municipal, Moyobamba, 2019?
- P2.- ¿Cómo evaluar los parámetros de temperatura, presión y pH durante la producción de biogás de los biodigestores, con el estiércol de ganado bovino y porcino del camal municipal Moyobamba, 2019?

1.5 Justificación del estudio.

Justificación teórica

Es evidente que en la actualidad la práctica de las acciones ganaderas son responsables de una gran parte del deterioro del medio ambiente, como el aumento de los gases de invernadero que incrementan la temperatura del planeta, debido a las muchas acciones que se ejecutan dentro del sector agropecuario; en estas acciones negativas, se resalta la mala disposición final de los residuos que generan, los cuales sin ningún tratamiento van a parar a cuerpos de agua y suelos, que se ven contaminados por la saturación de estos residuos.

En el camal municipal, se cumple la función de realizar actividades para brindar los servicios a los comerciantes locales, dedicados a la crianza de ganado, siendo estos reclutados para sus revisiones veterinarias y prevenir enfermedades que pudiesen contagiar a los animales, dando fe de las buenas condiciones físicas y sanitarias de los animales, para que puedan ser sacrificados, para su posterior procesamiento almacenamiento y posterior comercialización en carne, sin un manejo adecuado de los residuos que genera el faneado, obteniendo como resultado el incremento de impactos negativos ambientales generados por la contaminación del estiércol de los ganados que afectan el recurso suelo, agua y aire.

Las heces del ganado Bovino y Porcino, están considerados como contaminantes ambientales que suman al calentamiento global, lo que motivó a la realización del proyecto, para aprovechar el estiércol como materia prima para la generación de biogás en el Camal Municipal.

En este sentido se propone el sistema de generación de biogás con estiércol de ganado Bovino y Porcino, para el manejo de residuos pecuarios, primordialmente de aquellos que se producen por la ejecución de las actividades ganaderas, con el propósito de usarlas como fuentes de energía renovable que permitan minimizar los impactos ambientales. Por ello, se propone el sistema de generación de biogás, que además de ser un asunto de mucha importancia para el avance biotecnológico, también contribuye en gran

parte al manejo de la materia orgánica o del estiércol provenientes del sector ganadero, ya que los medios que se necesitan para obtener la materia prima son fácilmente conseguidos, por lo tanto, la generación de biogás se hace viable a un bajo costo y así poder satisfacer la demanda de energía y las necesidades de las zonas agrícolas.

Justificación práctica

Esta investigación pretende mejorar la calidad al aprovechamiento y tratamiento de los residuos generados por los ganados Bovinos y Porcinos siendo brindados por los servicios a los comerciantes locales, dedicados a la crianza de ganado, en el camal municipal de la ciudad de Moyobamba

Justificación por conveniencia

Con los residuos de estiércol de ganado Bovino y Porcino se logró la eficacia requerida para la generación de biogás logrando de mitigar los factores de impactos ambientales que se dan en las actividades diarias del camal municipal, asimismo también este producto (gas metano) será de utilidad para los servicios domésticos tales como: funcionamiento de generadores eléctricos, cocina, calefactores.

Justificación social

Se tendrá en consideración los trabajos previos de investigación sobre la generación de biogás para uso domiciliario, de esta manera poder contribuir con las buenas prácticas de poder en resolución de problemas y ver la mejor manera de usar nuevas fuentes de energía limpia en las zonas rurales.

Justificación metodológica

Con la revisión de bibliográficas se ha logrado demostrar que son escasos los investigadores en Perú y al nivel global que han investigado sobre la eficacia de los residuos de estiércol de ganado Bovino y Porcino para la generación de biogás logrando de mitigar los factores de impactos ambientales que se dan en las actividades diarias en los camales, por ende esta investigación podrá poner en evidencia teórica y experimental del aprovechamiento de las heces

de los ganados Bovinos y Porcinos, así mismo se podrá ver su viabilidad en el tiempo, aportando material de consulta referencial para otras investigaciones.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis general

H0 = **No se logrará** determinar la eficacia del biogás elaborado con estiércol de ganado bovino y porcino del camal municipal de Moyobamba 2019.

H1 = **Se logrará** determinar la eficacia del biogás elaborado con estiércol de ganado bovino y porcino del camal municipal de Moyobamba 2019.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

- Determinar la eficacia del biogás elaborado con estiércol de ganado bovino y porcino del camal municipal de Moyobamba 2019.

1.7.2 Objetivos específicos

- Diseñar los biodigestores con las mismas capacidades de almacenamiento para los tres tipos de procesos anaeróbico.
- Determinar el tratamiento óptimo para la generación de biogás en diferentes tiempos y temperaturas durante el proceso anaeróbico de descomposición del estiércol de ganado Bovino y Porcino.

II. METODOLOGÍA

2.1 Diseño de investigación.

Esta investigación según la finalidad es aplicada porque, se contribuirá con una solución a un problema práctico dentro de la sociedad en este caso la generación y el uso de energías limpias para el desarrollo de actividades dentro de una zona agrícola.

Experimental – de tipo cuasi - experimental – aplicada

La presente investigación tendrá un diseño experimental ya que se manipulará los ambientes de los biodigestores, para determinar la generación adecuada de biogás, el cual será sometido a una manipulación y cambios en su estructura para determinar la eficacia adecuada del biogás.

Los diseños cuasi - experimentales, pueden manipular a propósito si quiera una variable independiente para observar su efecto sobre la variable dependiente. En la siguiente tabla se detalla el número de tratamientos.

Tabla 01: número de tratamientos.

Unidades experimentales	Numero
Biodigestor con estiércol de ganado Bovino	1
Biodigestor con estiércol de ganado Porcino	1
Biodigestor con estiércol de ganado Bovino y Porcino	1
Total de Biodigestores	3

2.1.1. Concentración de excreta de ganado vacuno por cada biodigestor.

Estiércol de ganado Bovino y Porcino

B1. Aplicación de 1 kilogramo de Estiércol de ganado Bovino en el primer biodigestor.

B2. Aplicación de 1 kilogramo de Estiércol de ganado Porcino en el segundo biodigestor.

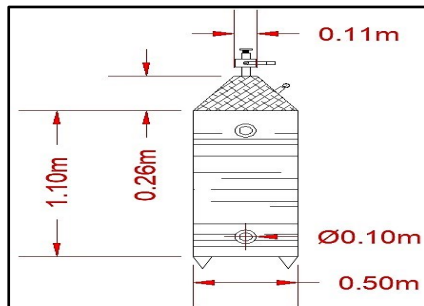
B3. Aplicación de 1 kilogramo de Estiércol concentrado de ganado Bovino (1/2kg.) y porcino (1/2kg.) en el tercer biodigestor.

2.1.2. Estructura y distribución de cada biodigestor.

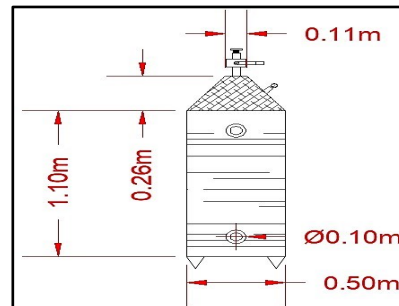
- ✓ El primer biodigestor tendrá una altura de (1.10m) y un ancho de (50cm) de acuerdo a la capacidad de almacenamiento de la Estiércol de ganado Bovino.
- ✓ El segundo biodigestor tendrá una altura de (1.10m) y un ancho de (50cm) de acuerdo a la capacidad de almacenamiento de la Estiércol de ganado Porcino.
- ✓ El tercer biodigestor tendrá una altura de (1.10m) y un ancho de (50cm) de acuerdo a la capacidad de almacenamiento de la Estiércol de ganado Bovino y Porcino.

DISEÑO DEL BIODIGESTOR.

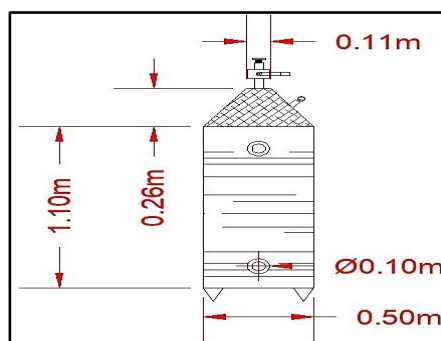
Biodigestor bovino



Biodigestor mezcla de bovino y porcino



Biodigestor porcino



2.2 Variables, operacionalización.

- **Variable independiente** = estiércol de ganado bovino y porcino
- **Variable dependiente** = biogás

Tabla 02: Matriz de operacionalización de variables.

Variable dependiente	Definición conceptual (Teoría)	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Escala
Biogás	El biogás es un combustible que se forma en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos y otros factores, en ausencia de oxígeno (esto es, en un ambiente anaeróbico).	El biogás es una mezcla de diferentes gases producidos por la descomposición anaeróbica de materia orgánica, como el estiércol y las basuras orgánicas. La composición química del biogás, indica que el componente más abundante es el metano (CH ₄), el cual es el indicador de un buen biogás.	Tiempo	B1 B2 B3	hrs	Ordinal
			Temperatura	B1 B2 B3	°C	Ordinal
			Presión	B1 B2 B3	Lbs.	Ordinal

Variable independiente	Definición conceptual (Teoría)	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Escala
Estiércol de ganado bovino y porcino	Se denomina como residuos de todos los procesos de ganadería que se obtienen ya sea en producción de carne y otros derivados o también en reproducción de los mismos animales. El estiércol se descompone y se puede usar como abono en todo tipo de plantas, sin embargo en contados países no tiene consideración de un residuo ni presenta efectos nocivos al medio ambiente, siempre y cuando no se considere una explotación intensiva de crianza de estos animales donde los excrementos sean limpiados con presión de agua (EOI, 2008).	Estiércol es el título con el que se nombra a los excrementos de animales que se usan en la fertilización de los cultivos. En circunstancias el estiércol está formado por más de un desecho orgánico, como por ejemplo heces de animales y residuos de las camas, como sucede con la paja.	Bovino	Acides N P K	pH ppm	Ordinal
			Porcino	Acides N P K	pH ppm	Ordinal
			Mezcla de bovino y porcino	Acides N P K	pH ppm	Ordinal

2.3 Población y muestra.

Estructurado por factores (seres vivos, cosas, instituciones, historial clínico) considerados de la apariencia definida y definido al estudio de la incertidumbre investigada (Díaz, 2016, p. 4).

2.3.1. Población

La población que se ha tomado es la cantidad de 300 kilogramos de estiércol de ganado bovino y porcino producidos en una semana en el camal municipal ubicado en el Jr. Patrón Santiago S/N de la ciudad de Moyobamba.

2.3.2. Muestra

El estiércol de ganado Bovino y porcino que se ha tomado como muestra para la elaboración de biogás fue de 9 kilogramos, producido en el camal municipal ubicado en el Jr. Patrón Santiago S/N de la ciudad de Moyobamba, utilizando la Técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia.

2.4. Técnica e instrumento de recolección de datos

Para el desarrollo de esta investigación, se emplearon técnicas e instrumentos que permitan recopilar información para poder contestar los objetivos planteado, verificando si la hipótesis es verdadera.

2.4.1. Técnica

En el desarrollo del proyecto la técnica de recolección de datos que se empleó es la observación que según YUNI & URBANO (2006), definieron a esta técnica de observación como una excepcional técnica de recolección de información que consiste en la evaluación u indagación de las cosas o hechos tal como ocurren mediante el empleo de los sentidos (con o sin ayuda de soportes técnicos) de acuerdo a las demandas de la

investigación científica a partir de los rangos perspectivas construidos a partir de teorías científicas.

a) Observación: Esta técnica permitió observar atentamente el fenómeno, hecho o caso mediante la utilización de fichas de medición de campo, tomando información y registros para su posterior análisis a realizar. La medición se llevó a cabo durante el desarrollo y producción y así determinar la eficiencia del biogás con estiércol de ganado bovino y porcino que se obtuvo del camal municipal de la ciudad de Moyobamba.

Para la medición de los parámetros que se tomaron en cuenta al producir biogás en este trabajo, se empleó la técnica que utilizó Delgado en el 2018 en su investigación.

2.4.2. Instrumento

Fichas técnicas: permitió evaluar los parámetros de ambas variables en estas se establecerán rangos más amplios, así como también, ayudo acercarnos más a los aspectos que pretendemos investigar.

Los instrumentos de recolección de datos constaron de 05 fichas técnicas que seguidamente se mencionaran y están adjuntos en los anexos del presente trabajo de investigación y son los siguientes:

Ficha N° 01- Análisis de laboratorio para determinar la concentración de lo siguiente: (pH, nitrógeno, fosforo y potasio) en el estiércol de ganado bovino y porcino.

Ficha N°02- Medición del tiempo de los biodigestores en cuanto a la producción de biogás de cada uno respectivamente cada 10, 20, 30,40 y 50 días.

Ficha N°03- Medición de la temperatura de los biodigestores en cuanto a la producción de biogás de cada uno respectivamente cada 10, 20, 30,40 y 50 días.

Ficha N°04- Medición de la presión de los biodigestores en cuanto a la producción de biogás de cada uno respectivamente cada 10, 20, 30,40 y 50 días.

Ficha N° 05- Producción por litro de biogás (L) por cada tratamiento de estiércol bovino, porcino y la mezcla de bovino y porcino a los 50 días.

2.5. Procedimiento general

Primero se elaboró el diseño y se estimó la capacidad de carga de un biodigestor tipo cilindro, luego se estimó la disposición de estiércol bovino y porcino que hay en el transcurso del día en el camal municipal de la ciudad de Moyobamba y su empleo en la alimentación del biodigestor.

Los indicadores para analizar la generación de biogás fueron: temperatura ambiente, presión y tiempo.

Se realizó el análisis de los componentes del estiércol bovino y porcino, específicamente las concentraciones de (pH, N, P, K) que contengan.

2.5.1. Materiales

Los materiales empleados en las distintas etapas fueron: a) construcción del biodigestor, b) carga del biodigestor y c) determinación del biogás, y se mencionan a continuación en la siguiente Tabla.

Tabla 03. Lista de Materiales

Material	Descripción	Cantidad
Tanque plástico (Biodigestor)	Capacidad: 20 galones	1
Manguera de gas	1/2"	1
Cinta adhesiva		1
Estilete		1
Adaptador de boquilla	3/4" a 1/2"	1
Tubo de neumático	Aro 10, 12 y 15	3
Tapón macho PVC	3/4"	1
Guantes de látex		1
Balanza	Capacidad 20 kg	1
Papel indicador de pH	0-14	5
Balde plástico cilíndrico	0,30m Ø x 0,35m h	1
Llave inglesa		1
Válvula de paso	3/4 "	1
Manómetro	60 PSI	1
Jarra plástica graduada	4 litros	1
Carretilla metálica	Capacidad 5 galones	1
Pala		
Cinta métrica		

Elaboración: Propia

2.5.2. Diseño del biodigestor por etapas

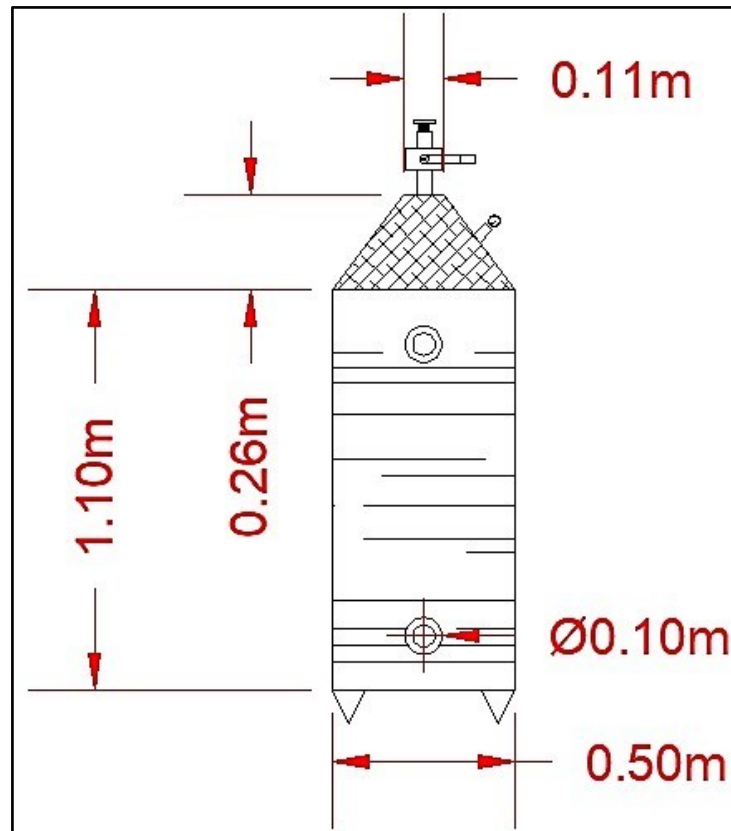


Figura 01. Diseño y dimensiones del biodigestor Elaboración: Propia

El biodigestor se fabricó de plástico con revestimiento y consta de dos partes:

1.- Objeto de forma redonda que tiene una altura 1.10 m, ancho 0.50 m, aquí es donde se pone el tubo de carga y descarga de la mezcla (entrada superior e inferior del tanque) con su correspondiente tapón.



Figura 02. Tapón de rosca Fuente: Google, 2019

2.- Campana con lo que se extrae el biogás, con una altura de 0.26 m. de forma de un cono, con un aparato que permite el fluido adecuado del biogás (llave de esfera de $\frac{3}{4}$); en la parte de arriba se colocó un manómetro que permitió tener las medidas de presión del gas en el biodigestor.

Figura 03. Válvula de paso de gas
Fuente: Google, 2019



Figura 04. Válvula de paso de gas
Fuente: Google, 2019



2.6 Métodos de Análisis de datos

- ✓ El programa Excel permitió el diseño de las tablas y gráficos de los datos recogidos.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Variables de análisis del biogás

3.1.1. Producción de biogás a partir de estiércol Bovino

En las condiciones que intervinieron durante la generación del biogás producido con estiércol de ganado vacuno, se consiguieron los siguientes resultados: peso de la MO fue de 65.30 kilogramos, volumen del efluente o mezcla fue de 50 litros, la relación fue de 1:1 estiércol-agua, con un pH de valor 6 que es ligeramente ácido, la temperatura y humedad promediaron entre 15.30 °C y 72.26 %, la presión promedio del biogás dentro del biodigestor fue de 8 psi, la retención fue de 30 días y la producción de 0.04 m³ o 44.7 litros de biogás.

Tabla 04. Indicadores de generación del biogás bovino

Peso del estiércol (Kg)	65.30
Volumen del estiércol (Litros)	70
pH (Estiércol)	6
Agua (Litros)	75
Temperatura (°C)	15.30
Humedad (%)	72.26
Presión (PSI)	8
Tiempo Retención (Días)	30
Biogás producido (Litros)	44.7
Biogás producido (m ³)	0.04

Elaboración: Propia

3.1.2. Producción de biogás a partir de estiércol Porcino

Se logró tener los respectivos datos: el peso de la MO fue de 49 kg, el volumen de mezcla 69 litros en consideración a la relación 1:1 entre el estiércol y agua, con un pH de estiércol con un valor de 5 que es gradualmente ácido, la temperatura y humedad promediaron entre 15.20 °C y 72.55%, con una presión promedio del biogás dentro del biodigestor de 9 psi, la retención fue de 30 días y la producción de 0.06 m³ o 60,2 litros de biogás.

Tabla 05. Variables en la producción de biogás porcino.

Peso del estiércol (Kg)	49
Volumen del estiércol (Litros)	69
pH (Estiércol)	5
Agua (Litros)	69
Temperatura (°C)	15.20
Humedad (%)	72.55
Presión (PSI)	9
Tiempo Retención (Días)	30
Biogás producido (Litros)	60.2
Biogás producido (m ³)	0.06

Elaboración: Propia

3.1.3. Producción de biogás a partir de la mezcla de estiércol bovino y porcino

Se logró obtener estos resultados: el peso de la MO fue de 60.2 kg, con un volumen de mezcla de 70.5 litros en consideración a la relación que fue 1:1 entre el estiércol y agua, con un pH de la mezcla de estiércol de 5.5 que es ligeramente ácido, la temperatura y humedad promediaron entre 14.40 °C y 70.57%, con una presión promedio del biogás dentro del biodigestor de 10 psi, la retención fue de 30 días y la producción de 0.05735 m³ o 57.35 litros de biogás

Tabla 06. Variables en la producción de biogás mezcla.

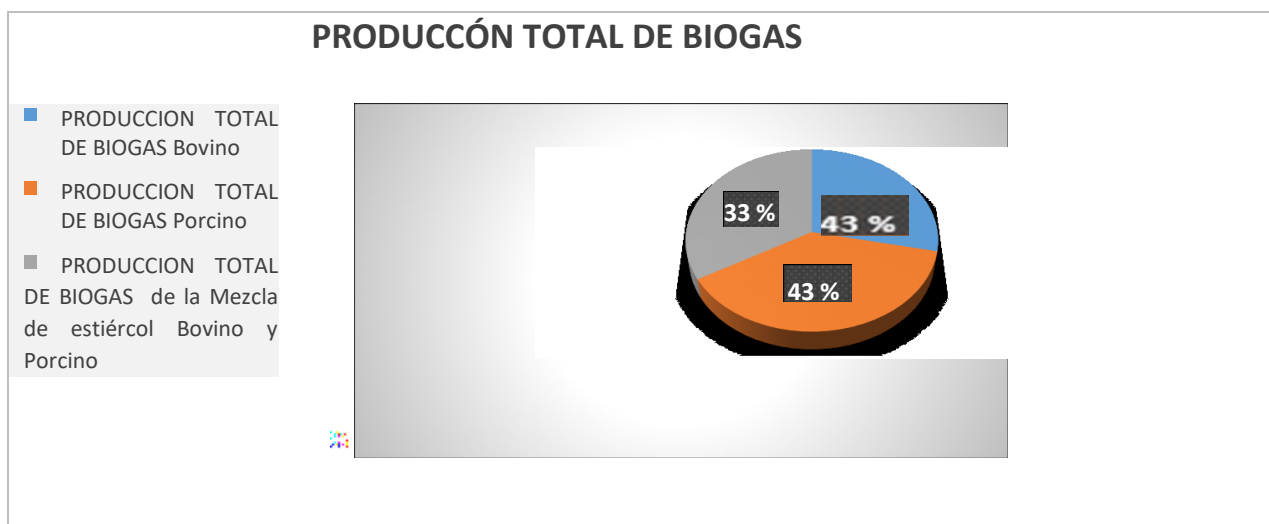
Peso del estiércol (Kg)	60.2
Volumen del estiércol (Litros)	70.5
pH (Estiércol)	5.5
Agua (Litros)	70.5
Temperatura (°C)	14.40
Humedad (%)	70.57
Presión (PSI)	10
Tiempo Retención (Días)	30
Biogás producido (Litros)	57.35
Biogás producido (m ³)	0.05735

Elaboración: Propia

3.2. Producción total de biogás

Teniendo los resultados descritos en las Tablas, se logró presenciar un incremento en la generación de biogás porcino en cuanto al biogás bovino, el cual presentó un volumen de 70 litros y 44.7 litros, semejante a la generación total del 57 % de biogás porcino a diferencia del 43% de bovino y 33% de la mezcla producido durante 30 días de digestión.

Figura 05. Producción de Biogás en %



3.3 Temperatura ambiente

En la Figura 06, se precisa el promedio de la temperatura ambiente en los 30 días de generación de biogás. Durante la producción, la digestión bovina registro una mayor temperatura a los 25 días con un rango de 14.8 °C, en cambio el proceso de digestión porcina lo presentó a los 30 días con una temperatura de 15.4 °C. Por otro lado, el promedio de las temperaturas más bajas durante la generación de biogás se manifestó a los 15 días con temperaturas de 13.7 °C y 13.9 °C, respectivamente.

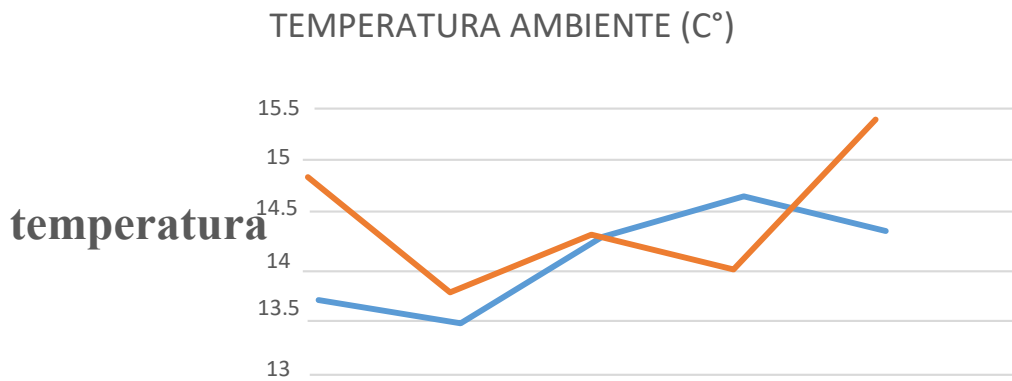
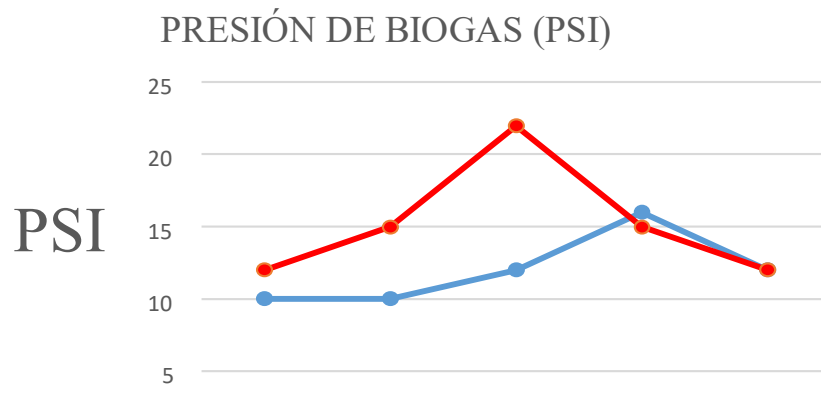


Figura 06. Temperaturas ambientes (C°)

3.4. Presión en la producción de biogás

Al observar el comportamiento de la curva roja referente a la presión durante el proceso de digestión porcina vemos que su mayor registro de presión fue de 22 psi a los 20 días y su registro más bajo fue en los 10 primeros días con un rango de 12 psi. A diferencia de la curva de color azul de presión del biogás bovino, registró su mayor presión que fue de 16 psi a los 25 días del proceso, y su menor presión se registró a los primeros 10 días con un rango de 10 psi, igualando a la baja presión porcina que también presentó durante los primeros días del proceso.



	10d	15d	20d	25d	30d
● bovino	10	10	12	16	12
● porcino	12	15	22	15	12

Figura 07. Presión de Biogás (PSI)

DISCUSIÓN

- Los registros que se llevaron a cabo en la producción de biogás tienen relación con lo manifestado por Toala (2013), el cual dice que a temperaturas bajas se necesita más tiempo de retención para la generación de biogás; ya que el lugar de ensayo presento cambios inesperados en la temperatura del ambiente, esto terminó siendo algo negativo para los microorganismos que digerían la materia orgánica, porque son susceptibles a estos comportamientos de temperatura, limitándolos en su proceso metabólico. Sin embargo, se pudo notar que esto no afectó de manera global al proceso de producción de biogás.
- El biol que se logró obtener no tenía La calidad de macronutrientes que se espera de un buen abono, debido al poco tiempo de retención del proyecto, por eso concordamos con Soria-Fregoso y otros (2001), quienes mencionan que a mayor tiempo de retención se obtiene una mejor calidad de biol o efluente.
- Si bien es cierto las mediciones del pH del estiércol tienden a cambiar durante el proceso digestivo, logramos probar que los pH de las muestras de estiércol efectivamente tienen un valor neutro después del proceso de digestión anaerobia, como en el caso del estiércol bovino que tenía un valor de pH 6 al inicio y al final del proceso fue de 7, de igual forma paso con el estiércol porcino que su pH fue de 5 al inicio y 6 al final del proceso, afirmando así lo dicho por Bermúdez y Díaz en el 2010 en su investigación.
- De acuerdo a las teorías relacionadas a esta investigación como el de Flores en el 2010, que menciona la importancia del bioabono que se genera en el proceso de digestión, el cual puede ser muy útil para fertilizar el suelo, se debe realizar un análisis a este bioabono para ver la calidad de sus macronutrientes y en qué tipo de cultivos se debe utilizar, algo que no se logró realizar en esta investigación pero mencionamos la importancia que esta tiene.

IV. CONCLUSIONES

- Se logró demostrar que la generación de biogás es viable con una carga al 60 % de la capacidad del biodigestor y con una mezcla homogénea con una relación de 1:1 entre estiércol y agua.
- Se llegó a la conclusión durante el proceso de digestión, que el biogás donde se usó estiércol porcino fue mayor en porcentaje a comparación del biogás con estiércol bovino.
- De igual forma se finaliza este trabajo mencionando los días de mayor generación de biogás tanto porcino como bovino respectivamente; teniendo el día 20 como máxima producción de biogás 18.5 L a una temperatura de 14.4 y el bovino presento una producción de biogás de 2.1 L en el día 30 con una temperatura de 15.4 grados centígrados.
- Con respecto a las temperaturas que se monitoreo, se logró concluir que el 14.8 grados centígrados de temperatura en la digestión con heces de bovino es menor a los 15.4 grados centígrados de temperatura en la digestión porcina que se registró a los 30 días del proyecto.
- Se concluyó de igual forma con la presión, donde se demuestra que digestión porcina obtuvo una medida de 9 psi con solo 20 días de proceso en comparación con la presión del proceso bovino que obtuvo una medida de 8 psi a los 30 días de la puesta en marcha del proyecto.
- Al concluir con el proceso se logró evidenciar que el valor de pH tanto de porcino como bovino tuvieron un ligero cambio de acides volviéndose neutro = 7.
- Otro dato importante que es necesario mencionar en la conclusión es que la producción de biogás se vio afectada por los cambios bruscos de temperatura en el lugar de ejecución de proyecto, ya que en el día la temperatura era estable y en la noche descendía mucho.

- El biogás porcino fue el primero en generar más biogás durante los 20 primeros días, a comparación del biogás bovino que recién a los 30 días alcanzo su máxima producción en generación de biogás.
- Una conclusión importante es que el biol que se obtuvo como derivado del proceso de biodigestión es muy rico en nutrientes para el uso en plantaciones de cultivo tanto en las chacras como en huertas de la ciudad.

V. RECOMENDACIONES

- En la producción diaria de estiércol del ganado bovino y porcino, se recomienda el diseño y la instalación de un biodigestor que produzca biogas continuamente para que se utilicen los residuos que se desechan diariamente por ellos en el camal municipal de Moyobamba.
- Al camal municipal de Moyobamba también se recomienda dar un tratamiento adecuado a los residuos que no sean estiércoles, como: las pieles, las grasas, las sangres, vísceras y pelos.
- En cuanto al estiércol porcino, se tendría que tener en cuenta el tiempo de retención, ya que a mayor tiempo se obtendría un biogás más maduro o de mejor calidad a diferencia del biogás a base de estiércol bovino.
- Como producto derivado del proceso para obtener biogás, se obtiene el biol el cual es bueno para fertilizar plantaciones, se recomienda realizarle un análisis antes de usarlo en cultivos para saber de qué está compuesto y si va ser útil para ese tipo de plantación.
- De igual forma se recomienda a las personas que tengan ganados, hacer el uso de biodigestores para provechar esta energía limpia y así proteger nuestro medio ambiente de sus localidades.
- También se recomienda a futuras investigaciones sobre este tema, a realizar el análisis fisicoquímico de los estiércoles como un protocolo de la metodología a realizarse.
- A futuras investigaciones se recomienda ser más precisos en sus mediciones de sus variables, para que los análisis estadísticos sean más contundentes y precisos.

REFERENCIAS:

- EJARQUE, Mercedes, et al. Prácticas y usos de los residuos pecuarios de productores familiares en un valle de la Patagonia argentina. *Ambiente y Desarrollo*, 2019, vol. 23, no 44.
- ARCE, J. (2011). Diseño de un biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del litoral. 13. (u. p.-s. Guayaquil, ed.) Guayaquil, Ecuador.
- TOALA MOREIRA, Edwin Eyner. *Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el rancho Verónica*. 2014. Tesis de Licenciatura.
- OTLICA, Doroteo; CARLOS, Juan. *APROVECHAMIENTO DE BIOGÁS PROVENIENTE DEL ABONO DE GANADO VACUNO EN UN ESTABLO UBICADO EN IXTAPALUCA ESTADO DE MEXICO*. 2012. Tesis Doctoral.
- CUAILA, Jean Lui Salazar, et al. Producción de biogás y biol a partir de excretas de ganado: experiencias en la ciudad de tacna. 2012.
- AGUIRRE OTERO, Nathalia Andrea; LEAL LUGO, Laura Juliana. Propuesta de producción de bioabono a partir de estiércol bovino en la finca El valle, Subachoque, Cundinamarca. 2019. Tesis de Licenciatura. Fundación Universidad De América.
- CENDALES, E. (2011). Producción de biogás mediante la codigestión anaeróbica de la mezcla de residuos cítricos y estiércol bovino para su utilización como fuente de energía renovable. 35-37. Bogotá, Colombia.
- RODRÍGUEZ-EUGENIO, N., MCLAUGHLIN, M. Y PENNOCK, D. 2019. La contaminación del suelo: una realidad oculta. Roma, FAO.

- DÍAZ MUÑOZ, Luis Angel; TARRILLO MEJÍA, Roiser Elí; CAMPOS IDROGO, Alex Jhonatan. Caracterización y evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas de la quebrada Colpamayo- Chota. 2018.
- DE LA MERCED JIMENEZ, D. (Noviembre de 2012). Evaluación de los parámetros de un biodigestor anaerobio tipo continuo. Xalapa, Veracruz, México., Veracruz, México.
- OBLITAS CABRERA, Ana Rosa Margot. Estudio Técnico- Económico para producir biogás a partir de los residuos generados por el camal municipal de Tumán 2017. 2018.
- DOMÍNGUEZ, P. &. (2007). Sistemas integrados de producción con no rumiantes. biodigestores como componentes de sistemas agropecuarios integrados, 34-41. La Habana, Cuba.
- NEFTALI, Toledo Díaz De León. Población Y Muestra. 2016.
- MARTÍ HERRERO, Jaime Emilio. Biodigestores Tubulares: Guía De Diseño Y Manual De Instalación. 2019.
- HERNÁNDEZ, Javier. Diseño de un sistema para el aprovechamiento energético de biogás a partir de los residuos generados por el ganado vacuno en la vaquería 101 perteneciente a la empresa pecuaria “Camilo Cienfuegos” (Pinar Del Río, Cuba). Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales Y Telecomunicación. Pamplona, España, 2014.
- FARALDOS, M., & GOBERNA, C. (2011). Técnicas de análisis y caracterización de materiales.
- GARRO, J. El Suelo Y Los Abonos Orgánicos. Instituto Nacional De Innovación Y Transferencia En Tecnología Agropecuaria (Inta). San José, Costa Rica, 2016.
- FERRER, I. U. (2009). Producción de biogás a partir de residuos orgánicos en biodigestores de bajo coste, 31. (J. Girona, ED.) Barcelona, España.

- ARENAS GUAYAZAN, Brandon Danilo. Propuesta para el diseño de un biodigestor anaerobio como sistema de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, generados en las viviendas del proyecto “La Villa Solar” ubicado en la ciudad de Buenaventura-Colombia. 2019.
- GONZALES, Luz Elena Huamán; CARPIO, Jackson Edgardo Pérez. Evaluación e interpretación de la calidad del aire por gases de combustión (so₂ y co) en el Sector Cercado Y Los Jardines, Tarapoto–San Martín 2015. *Revista De Investigación Ciencia, Tecnología Y Desarrollo*, 2016, Vol. 2, No 1.
- FLORES, J. (2010). Plan piloto de biodigestores para el aprovechamiento de las heces de porcino obteniendo biogás y biofertilizante. Universidad De Las Américas, 50-70. Quito, Ecuador: Facultad De Ingeniería Agroindustrial Y De Alimentos.
- FLORES, R. M.-L. (2008). Estimación de la generación de energía a partir de biomasa para proyectos del programa de mecanismo de desarrollo limpio. *Revista Mexicana De Ingeniería Química*, 7(1), 35-39.
- GUILCAPI, L. (2016). Diseño de un biodigestor para la producción de biogás generado por las excretas de ganado vacuno, en el criadero “Jersey Chuglli. Riobamba.
- DÍAZ SALAZAR, Sonia Andrea, et al. Análisis de viabilidad de la implementación de biodigestores como alternativa energética para familias de áreas rurales. 2019.
- MARTÍ-HERRERO, J. C. (2014). Como tecnología apropiada para la aplicación generalizada de bajo coste digestores tubulares: resultados y lecciones aprendidas de Bolivia. *Las Energías Renovables* (71), 156-165.
- CEPAL, N. U. Evaluación e implementación de proyectos piloto de biodigestores en El Salvador. 2019. P. 32,33,34

- MARTÍNEZ LOZANO, M. (2015). Producción potencial de biogás empleando excretas de ganado porcino en el Estado De Guanajuato. *Nova Scientia*, 7(15), 96-115.
- MASSI, E. (2010). Anaerobic digestion. in fuel cells in the waste-to-energy chain. EN S. J. Mcphail. Springer London.
- KASUMBA, John, et al. Anaerobic digestion of livestock and poultry manures spiked with tetracycline antibiotics. *Journal Of Environmental Science And Health, Part B*, 2020, Vol. 55, NO 2, P. 135-147.
- RASIMPHI, T. E.; TINARWO, D. relevance of biogas technology to Vhembe District Of The Limpopo Province In South Africa. *Biotechnology Reports*, 2020, Vol. 25, P. E00412.
- ESCALANTE-HERNÁNDEZ, Humberto, et al. Feasibility of the anaerobic digestion of cheese whey in a plug flow reactor (pfr) under local conditions. *Ingeniería. Investigación Y Tecnología*, 2017, VOL. 18, NO 3, P. 265277.L
- MORALES, Laura Andrea; RODRÍGUEZ, Ángel David; ROJAS, Herbert Enrique. Assessment of the input substrate characteristics included in the anaerobic digestion model no. 1 (ADM1). *Ingeniería*, 2017, Vol. 22, No 2, P. 269282.
- MCPHAIL, S. J. (2012). Fuel cells in the waste-to-energy chain: distributed generation through non-conventional fuels and fuel cells.. Springer Science & Business Media.
- FERRER, I., et al. Pilot project of biogas production from pig manure and urine mixture at ambient temperature in Ventanilla (Lima, Peru). *Waste Management*, 2009, Vol. 29, No 1, P. 168-173.
- MATOS, Camila F., et al. biogas production from dairy cattle manure, under organic and conventional production systems. *Engenharia Agrícola*, 2017, Vol. 37, No 6, P. 1081-1090.

- RIVAS-SOLANO, Olga; FAITH-VARGAS, Margie; GUILLÉN-WATSON, Rossy. Biodigesters: Chemical, Physical And Biological Factors Related To Their Productivity. *Revista Tecnología En Marcha*, 2016, Vol. 29, P. 47-53.
- BATZIAS, F., SIDIRAS, K., & SPYROU, E. (2005). Evaluating livestock manures for biogas production: a gis based method. *renewable energy*, 1161-1176.
- ALFA, I. M., et al. Comparative evaluation of biogas production from poultry droppings, cow dung and lemon grass. *Bioresource Technology* 2014, Vol. 157, P. 270-277.
- ANTONELLI, Jhonatas, et al. Biogas production by the anaerobic digestion of whey. *Revista De Ciências Agrárias*, 2016, Vol. 39, No 3, P. 463-467.
- LI, R., CHEN, S., LI, X., LAR, J., HE, Y., & ZHU, B. (2009). Anaerobic codigestion of kitchen waste with cattle manure for biogas production. *energy fuels*, 2225-2228.
- GONZÁLEZ, Gloria, et al. Hydrolysis evolution in a codigestion reactor at various hydraulic residence times. *ingeniería e investigación*, 2014, Vol. 34, No 1, P. 48-52.
- CASTILLA-HERNÁNDEZ, P., et al. Compost leachates treatment in a two-phase acidogenic-methanogenic system for biofuels production. *Revista Mexicana De Ingeniería Química*, 2016, Vol. 15, No 1, P. 175-183.
- EL-MASHAD, H. M. (2010). Biogas production from co-digestion of dairy manure and food waste. *Bioresource Technology*, *Bioresource Technology*, 101(11), 4021-4028.
- ORJUELA, Angie S.; VALLEJO, Oscar D.; MEJÍA, Martha I. Environmental excellence district program assessment according to the strategy self-management promotion of the sustainable production for capital district policy. *Ingeniería Y Competitividad*, 2017, Vol. 19, No 1, P. 41-51.

ANEXOS:

Anexo 01

Composición Química del Biogás		
Componente	Fórmula	Porcentaje
Metano	CH ₄	40-70
Dióxido de carbono	CO ₂	30-60
Hidrogeno	H ₂	0,1
Nitrógeno	N ₂	0,5
Monóxido de carbono	CO	0,1
Oxigeno	O ₂	0,1
Sulfuro de hidrógeno	H ₂ S	0,1

Fuente: Blanco et al. (2011)