



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Obtención de metano utilizando heces fecales  
comunitarias rurales para la generación de energía calorífica en  
Marco – Jauja 2020**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERIA  
AMBIENTAL**

**AUTORA:**

Chirinos Huaranga, Greta Roxana (ORCID: 0000-0001-8598-4261)

**ASESOR:**

Dr. Valverde Flores Jhonny Wilfredo (ORCID:0000-0003-2526-112X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA – PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

A mi familia Marleni Huaranga, Daniel Chirinos, Gustavo Chirinos, Ingrid Loza, Joaquín Chirinos, Enedina Huaranga, Ernestina Valero, Tiberio Chirinos, Davis Astohuaman quienes siempre me apoyaron y me brindaron el soporte afectivo para poder lograr una de mis metas.

A mis queridos profesores Dr. Julio Ordoñez Gálvez, Dr. Carlos Castañeda Olivera, Dr. Eusterio Acosta Susnabar quienes con su impulso e incentivó me mantuvieron enfocada en la meta anhelada con sus palabras y conocimientos nunca me rendí a lo largo de todo el proceso de investigación.

## **Agradecimientos**

Primordialmente agradecer al mi asesor de Tesis Dr. Jhonny Valverde por ser mi guía, orientarme con sus conocimientos su manera de trabajar y su motivación el cual han sido fundamentales para mi investigación.

También agradezco a mis padres por el apoyo incondicional que recibí a lo largo de la carrera universitaria.

## Resumen

El desarrollo de investigación titulada “Obtención de metano utilizando heces fecales comunitarias rurales para la generación de energía calorífica de Marco-Jauja 2020” fue un desarrollado aprovechando las heces fecales en biodigestores. Realizando una investigación experimental con enfoque cuantitativo y de tipo aplicada. El objetivo de esta investigación fue determinar la obtención de metano utilizando las heces fecales comunitarias rurales para la generación de energía calorífica. La parte experimental se analizaron las características fisicoquímicas como temperatura, potencial de hidrogeno, conductividad eléctrica, potencial redox, humedad, solido volátil, cenizas, carbón fijo, poder calorífico, carbón orgánico, nitrógeno, materia orgánica, carbono/ nitrógeno consecuentemente se llevó a cabo el diseño de los tres biodigestores discontinuos por el método de lotes de relación de agua con heces fecales 1:1 , 1:2, 1:3 así mismo realizaron las mediciones interdiariamente de la temperatura (T°C) y potencial hidrogeno (pH) desde el día 1 al día 30 equivalente a 16 días. El proceso duro 30 días a temperatura del ambiente con el rango de 20°C a 25°C y con una temperatura interna de 20°C a 45°C. Se obtuvo como respuesta que B<sub>1</sub> genero metano 56.7% mientras que el B<sub>2</sub> y el B<sub>3</sub> obtuvieron 55.3% y 56.0%. La investigación demostró que utilizando las heces fecales por una digestión anaeróbica se obtiene el metano (CH<sub>4</sub>) 56.7%, 53.3%, 56.0%.

Palabras claves: ambiente, heces fecales, metano

## Abstract

The research development entitled "Obtaining methane using rural community faeces for heat energy generation from Marco-Jauja 2020" was a development using faeces in biodigesters. Conducting an experimental research with quantitative and applied type approach. The objective of this research was to determine the obtaining of methane using rural community faeces for the generation of heat energy. The experimental part was analyzed the physicochemical characteristics such as temperature, hydrogen potential, electrical conductivity, redox potential, humidity, volatile solid, ashes, fixed carbon, calorific value, organic carbon, nitrogen, organic matter, carbon/ nitrogen. Consequently, the design of the three batch biodigesters was carried out by the method of water ratio batches with faeces 1: 1 , 1:2, 1:3 and they also carried out the measurements of temperature (T°C) and hydrogen potential (pH) from day 1 to day 30, equivalent to 16 days. The process lasted 30 days at room temperature with the range of 20°C to 25°C and with an internal temperature of 20°C to 45°C. It was obtained as answer that B1 generated 56.7% methane while B2 and B3 obtained 55.3% and 56.0%. The research showed that using the feces by anaerobic digestion, methane (CH<sub>4</sub>) was obtained 56.7%, 53.3%, 56.0%.

Keywords: environment, feces, methane .

## Índice de Contenido

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos .....	iii
Resumen .....	iv
Abstract .....	v
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. MARCO TEORICO.....	13
III. METODOLOGÍA.....	19
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	19
3.2. Variables y operacionalización .....	19
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis .....	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5. Procedimientos .....	22
3.6. Método de análisis de datos .....	26
3.7. Aspectos éticos .....	27
IV. RESULTADOS .....	28
V. DISCUSIÓN.....	54
VI. CONCLUSIONES.....	57
VII. RECOMENDACIONES.....	58
REFERENCIAS .....	59
ANEXOS.....	66

## Índice de tablas

Tabla 1. Relación de Agua con Heces Fecales .....	25
Tabla 2. Resultados de Características Físicoquímicas de las heces fecales .....	28
Tabla 3. Resultado de la relación de C/N de las heces fecales .....	28
Tabla 4. Resultado del pH .....	29
Tabla 5. Resultados de temperatura interna de los 3 biodigestores .....	32
Tabla 6. Comparación de CH <sub>4</sub> de los tres biodigestores .....	35
Tabla 7. Resultados del Dióxido de Carbono de los tres Biodigestores .....	37
Tabla 8. Prueba de Normalidad para la Temperatura .....	40
Tabla 9. Prueba de homogeneidad de varianza para la temperatura .....	41
Tabla 10. ANOVA- Para la Temperatura .....	42
Tabla 11. Tukey- Comparación múltiples para la temperatura.....	43
Tabla 12. Prueba de Normalidad para el pH .....	44
Tabla 13. Prueba de Homogenidad de varianza para el pH .....	45
Tabla 14. ANOVA- para el pH.....	46
Tabla 15. Tukey- Comparaciones multiples para el pH.....	47
Tabla 16. Prueba de Normalidad para el metano .....	48
Tabla 17. Chi cuadrado- para el metano .....	49
Tabla 18. Tukey- Comparaciones múltiples para el metano .....	50
Tabla 19. Prueba de Normalidad para el dióxido de carbono .....	51
Tabla 20. ANOVA- para el dióxido de carbono.....	51
Tabla 21. Comparaciones multiples para el dióxido de carbono .....	52

## Índice de figuras

<b>Figura 1. Diagrama del proceso elaborado de obtención de metano utilizando heces fecales</b>	22
<b>Figura 2. pH de Biodigestor de relación 1:1</b>	30
<b>Figura 3. pH de Biodigestor de relación 1:2</b>	30
<b>Figura 4. pH de biodigestor de relación 1:3</b>	31
<b>Figura 5. Comparación de pH de los tres biodigestores</b>	31
<b>Figura 6. Temperatura interna del Biodigestor 1:1</b>	33
<b>Figura 7. Temperatura interna del Biodigestor 1:2</b>	33
<b>Figura 8. Temperatura interna del Biodigestor 1:3</b>	34
<b>Figura 9. Comparación de Temperatura interna de los 3 Biodigestores</b>	34
<b>Figura 10. Resultado del Metano del Biodigestor 1:1</b>	35
<b>Figura 11. Resultado del Metano del Biodigestor 1:2</b>	36
<b>Figura 12. Resultado de Metano del Biodigestor 1:3</b>	36
<b>Figura 13. Comparación de Metano de los tres Biodigestores</b>	37
<b>Figura 14. Resultado del Dióxido de Carbono del Biodigestor 1:1</b>	38
<b>Figura 15. Resultado del Dióxido de Carbono del Biodigestor 1:2</b>	38
<b>Figura 16. Resultado del Dióxido de Carbono del Biodigestor 1:3</b>	39
<b>Figura 17. Comparación del Dióxido de Carbono de los Tres Biodigestores</b>	39



## Índice de abreviatura

GEI	Gases de Efecto Invernadero
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
Na <sup>+</sup>	Sodio
K <sup>+</sup>	Potasio
TS	Sólidos totales
H <sub>2</sub> O	Agua
NH <sub>3</sub>	Amoníaco
DQO	Demanda Química De Oxígeno
FW	Residuos de alimentos
HF	Heces humanas
TP	Papel higiénico
CH <sub>4</sub>	Metano
DBQ	Demanda bioquímica del oxígeno
TFS	Sólidos fijos totales
TVS	Sólidos volátiles totales
TNK	Nitrógeno total
Rpm	Revolución por minuto
ASBR	Anaerobic secuencing batch
BW	Heces humanas
FW	Residuos de alimentos
TS	Sólidos totales

## I. INTRODUCCIÓN

Se registra que la población mundial aumenta 77 millones cada año, es decir 1,9 % anualmente, adherido a la acelerada urbanización e industrialización de la sociedad. Actualmente supera los 7.790 millones en julio de 2020 y se vaticina que aumente a más de 9.200 millones en 2040 (ONU, 2020). Esto conlleva a grandes problemas ambientales relacionados a las heces humanas. Aunque la cantidad de heces producidas diariamente por una persona va depender exclusivamente según la cantidad y la composición de su dieta, por lo general se encuentra en un promedio de entre 350 y 400 g en peso húmedo (Kim, Kim y Lee, 2019). Esto significa que se producen más de mil millones de toneladas húmedas de heces fecales, y estos niveles de producción siguen aumentando, por ende, los procedimientos de gestión sostenible de los desechos generados por el hombre son cada vez más complejos, y se necesita urgentemente una solución que sea viable tanto desde el punto de vista ambiental como económico (Colón, Forbis-Stokes y Deshusses, 2015).

La biomasa a nivel mundial está siendo utilizada como fuente de consumo energético en más de 2,000,000 millones de personas. En América latina, existen lugares de extrema pobreza, las que están necesitando atención para poder iniciar un desarrollo, donde se resalta como recurso no explotado las heces fecales, las que con un proceso biotecnológico y con tratamiento se eliminarían los organismos patógenos para luego convertirlos en energía para uso doméstico. En Argentina ya se inauguraron plantas de biogás que son obtenidos a partir de residuos sólidos urbanos, esta consiste en dos biodigestores de 200 m<sup>3</sup> que procesa tres toneladas de residuos urbanos orgánicos por día, la que permite 300 m<sup>3</sup> de biogás (GONZALES, 2016). Se pudo observar claramente que la energía limpia en nuestra realidad problemática no es ajena al Perú.

Como problema general: ¿Cuál será la obtención del metano de las heces fecales comunitarias rurales para la generación de energía calorífica en Marco – Jauja, 2020?, originándose así los siguientes problemas específicos: ¿Cuáles son las características fisicoquímicas de las heces fecales comunitarias rurales para la obtención de metano como energía calorífica en Marco – Jauja, 2020?, ¿Cuál es la proporción (agua/heces) adecuada para la obtención de metano como energía calorífica en Marco – Jauja, 2020? y ¿Cuáles

son las características de metano generadas por las heces fecales comunitarias rurales para la energía calorífica en Marco – Jauja, 2020?

La justificación del estudio es utilizar las heces fecales para cubrir las necesidades energéticas. En Marco-Jauja se carece de servicios saneamiento no planificado siendo una contaminación al medio ambiente de manera que el aprovechamiento de este residuo mejorara la salud rural. Por consiguiente, en lo social del proyecto de investigación propone una cultura ambiental amigable que permitirá que la población rural comunitaria de Marco-Jauja, aprovechen el reciclado de las heces fecales siendo utilizado como combustible para cocinar debido a estos residuos que ya no serán vertidos en los pozos sépticos. Las heces fecales generan minerales en el suelo los que en su lixiviación aumentan los nitratos en las aguas subterráneas y superficiales proviniendo la eutrofización. Por consiguiente, ellos pusieron la elaboración de compost a partir de las heces fecales el cual se convierte más factible al ambiente pudiendo reducir la contaminación ambiental (REVISTA PRODUCCIÓN MAS LIMPIA, 2019). En Marco- Jauja se aplicará el sistema de producción limpia generado a partir de las heces fecales que generan actualmente impactos ambientales, haciendo que los suelos aumenten sus nitratos lo que van a la atmosfera como gas metano, con la utilización del método de reciclaje mejoraremos ambientalmente estos impactos generado. A nivel ambiental, tendrán como logro que las heces fecales ya transformados por las bacterias podrían ser utilizados como fertilizantes en los suelos agrícolas sin perjudicar los ecosistemas existentes en el suelo lo que hace de manera ambiental el uso de fertilizantes, no dañaron la existencia macro y micro fauna del suelo lo que conllevo a una buena producción de nitrógeno y fosforo importantes en el crecimiento de las plantas a través de la fotosíntesis. A nivel económico, fue un diseño económico fácil de construir donde incluso se utilizaron tubos reciclados que ayudaron a controlar la presión del gas que se generó, la utilización de la viruta de fierro permite retener el olor del gas y la trampa retiene el agua teniendo como aporte importante la viabilidad y el alcance económico de las comunidades rurales.

El objetivo general fue determinar la obtención de metano utilizando las heces fecales comunitarias rurales en la generación de energía calorífica en Marco- Jauja 2020; originándose así los siguientes objetivos específicos: Determinar las características físicas de las heces Fecales comunitarias rurales en la obtención del metano para energía calorífica en Marco – Jauja 2020, Establecer la relación entre la mezcla de agua y las heces fecales comunitarias rurales para la generación metano como energía calorífica en Marco- Jauja 2020, Determinar las características del metano generado por las heces fecales comunitarias rurales para la energía calorífica en Marco – Jauja, 2020?

Es así que se formuló la hipótesis general: La obtención de metano utilizando las heces fecales comunitarias rurales influirá en la generación de energía calorífica en Marco- Jauja 2020, siendo las hipótesis específicas: Las características fisicoquímicas de las heces fecales comunitaria rurales permiten generar metano como energía calorífica en Marco- Jauja 2020, En una relación de 1:1 de agua y heces fecales comunitarias rurales permiten generar metano como energía calorífica en Marco -Jauja 2020, Las características del metano generadas por las heces fecales comunitaria rurales permiten la energía calorífica en Marco- Jauja 2020.

## II. MARCO TEORICO

El estudio fue focalizado en la zona rural del Departamento de la Libertad donde se muestreo que las heces humanas tienen un potencial energético. En cuanto a la metodología para este proceso se evaluó el pH, nitrógeno total, materia orgánica, total del carbón, la cantidad de metano, cantidad de contenido energético. Para evaluar la producción de metano se utilizó un kilogramo de heces humanas que llevo a un 70%. Dentro de sus resultados muestran un pH de 7.3, 95% de materia orgánica, 24% de carbón total, 19% de nitrógeno total y 6 kWh/m<sup>3</sup> de contenido energético (LINARES et al., 2017).

Utilizaron materia orgánica fecal para producción del gas metano. En cuanto a la metodología para este proceso evaluaron pH, temperatura y la producción del gas metano en el reactor de Batch de tipo ASBR con el periodo de 28 días calendario. Los resultados muestran un (pH inicial de 7 - final 7.2), 37°C de temperatura y 0,520m<sup>3</sup> de la producción del metano (GARCIA et al., 2015).

A nivel internacional se encontraron los siguientes antecedentes:

Evaluaron el potencial energético del biogás de la digestión anaeróbica del lodo fecal. En cuanto a su metodología experimental para este proceso se evaluó inicialmente los análisis de características fisicoquímicos consecuentemente se construyeron 3 biodigestores anaeróbicos. Dentro de sus resultados se obtiene B1(pH<sub>inicial</sub>:7.5pH<sub>final</sub>:8);B2(, pH<sub>inicial</sub>:7.8 pH<sub>final</sub>: 8.1) y B3(pH inicial : 7,5 y pH<sub>final</sub>:7,8) así mismo obtuvieron el volumen metano del B1(0.027), B2(0.128), B3(0,003); el potencial energético fue B1(57.71%), B2(42,12%), B3(18,84%) (ALVES et al., 2018).

En su metodología utilizaron basura, excremento humano, lodo de fosas siendo caracterizadas las propiedades físico-químicas, diseñaron 3 biodigestores 1:1,1:2 y 1:3 con volumen de cada diseño 4L y su volumen de trabajo 2,4L. Donde el rendimiento de biogás más alto fue de los excrementos humanos 570ml/g a una temperatura de 37°C. Como resultados obtuvieron que el rendimiento más alto fue 1:1 del excremento humano sus sólidos totales (89.89 ml/g-TS) y los sólidos volátiles totales (24gl/día-VTS) y un rendimiento de la digestión anaeróbica 55% (YONG et al.,2016).

Evaluaron los reactores fueron de 1000mL de capacidad, aplicando 50 mL de solución dentro de los reactores y la cantidad de 4g por reactor de 700 mL se tomó el tiempo de 28días, el factor de variación fue la temperatura 3, 37 y 50°C. El pH<sub>inicial</sub> fue de 8.0 y pH<sub>final</sub> 6.3, en la producción de gas metano donde los valores de pH fueron de 7.0 porcentaje de metano de 58.2 % (GALINDO et al., 2015).

Utilizaron residuos agroindustriales (plátano, papaya, mango) fueron caracterizados los análisis físico-químicos (pH, DQO, SV, ST, SV/ST). Los tres biorreactores fueron diseñados por el método de lote y su volumen trabajado fue de 80mL. Como resultados obtuvieron B1(DQO:139,ST:22.6,SV:75,pH:7.5,SV/ST:75), B2(DQO:46,ST:78,SV:51,SV/ST:66, pH:6,4), B3(DQO:54, ST:140, SV:131,SV/ST:94, pH:6,2). La más eficiente para la producción de metano fue el B1 con contenido de plátanos 1:2 teniendo el 60% de CH<sub>4</sub> (GONZALES et al., 2015).

Su experimento se dividió en tres fases indicadas como F1(1.75g-1d-1), F2 (,1.40 g.p<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>) y F3(1.75gp<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>). Realizaron análisis fisicoquímicos ( VS, pH y N), composición de biogás y potencial de producción de metano. Dentro de los principales resultados se obtuvo los análisis fisicoquímicos 60.02 VS, 7.3 de pH, 19,8 N y el rendimiento máximo obtenido correspondía de F1 68,4% de CH<sub>4</sub> y el pH se mantuvo dentro de un rango entre 7.3 y 7.5, lo que indica una operación eficiente del reactor (DUAN et al., 2020).

El biogás se generó principalmente metano (50% a 75%) y dióxido de carbono (25 a 50%) producido de la materia orgánica que se descompone por microorganismos en el proceso de digestión anaeróbica. El biogás es una fuente de energía valiosa que produce 55-77kWh y el contenido de energía está directamente relacionado con el contenido de metano. Como CO<sub>2</sub> tiene una mayor solubilidad que CH<sub>4</sub> a presiones más altas, se fracciona más en la fase líquida, dando como resultado un biogás con un alto CH<sub>4</sub> (90% - 95% y 0.3 - 9MPa). Idealmente, el biogás de alta calidad puede usarse directamente para generar electricidad y calor (PLUGGE, 2017).

Evaluaron estiércol animal para la obtención biogás en condiciones controladas, usaron tres diseños experimentales repetidos, y los coeficientes calculados fueron determinados por el programa estadístico Sigma Plop a un nivel de confianza del 95%, y se obtuvo biogás

durante 30 días. Por lo tanto, para medir la eficiencia del biogás, la presencia de biogás se verificó por combustión y se generó una llama azul (BEDOYA y CHAPARRO, 2016)

Estudio sobre el uso potencial de las propiedades fisicoquímicas de los desechos orgánicos en la producción de biogás, caracterizando los residuos de trazas municipales (mezclas de sangre, contenido de rumen y órganos internos y astillas de madera) y granjas porcinas (estiércol) para determinar su uso potencial en la producción de biogás. El método utilizado corresponde al estudio del método cuantitativo, y los resultados muestran que la producción potencial de biogás y metano de los desechos de granjas porcinas es de 828 y 437 metros cúbicos/tonelada, respectivamente. Las granjas avícolas tienen 804 y 411 metros cúbicos/tonelada, y el rastrojo es de 795 y 402 metros cúbicos/tonelada. Finalmente llegó a una conclusión. Mayor producción de biogás y metano a partir de desechos de granjas porcinas.

En su investigación realizaron una recopilación de información acerca del muestreo, análisis, purificación, compresión y envasado de biogás, utilizaron un flujo diario de 150m<sup>3</sup> de biogás. La metodología de análisis de biogás; consistió en la utilización del equipo Sewerin Multitec 540 ® que de manera muy eficaz brindó datos acerca de la composición en volumen del biogás producido. En sus resultados la composición aproximada del biogás que se estimó fue de 70% de metano (CH<sub>4</sub>), 15% de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (LINARES, LÓPEZ y MERINO, 2017).

En análisis de la presente investigación se basó en las siguientes teorías:

Las heces son excrementos de desechos corporales sólidos descargados del intestino grueso a través del ano durante una defecación. Los elementos principales en las heces como porcentaje del peso húmedo son oxígeno 74%, hidrógeno 10%, carbono 5% y nitrógeno 0.7% (ROSE et al., 2015).

La biomasa se considera como fuente de energía potencial más grande, reemplazando los combustibles fósiles que podrían ser suficientes para el suministro de combustible en la sostenibilidad futura. Los diferentes tipos son clasificados por natural y residual el cual posee una serie de aplicaciones desde un punto de vista energético con la utilización de materias primas para el sector industrial. La biomasa es un gran depósito de energía como

primer combustible usado intensivamente hasta los principios de la revolución industrial (CASTELLS, 2012).

El biogás presenta como principal componente el metano, el cual fue utilizado para generar calor, es la mezcla de gases resultantes de la descomposición de la materia orgánica, realizada por acción de microorganismos (bacterias) en un medio anaeróbico. Compuesto principalmente por metano y dióxido de carbono, el biogás posee un poder calorífico, de 4500 a 6500 kcal/m<sup>3</sup>. Las principales características son: temperatura adecuada de operación, tiempo de retención, contenido energético del biogás y generación de biogás (PADILLA Y RIVERO, 2015).

La digestión anaeróbica es un proceso bien establecido en el que las bacterias convierten los desechos orgánicos en una mezcla de gas metano y CO<sub>2</sub> (generalmente alrededor de 60% de metano y 40% de CO<sub>2</sub>) llamada biogás. Este es el proceso que ocurre naturalmente en los tanques sépticos, aunque en ese caso, el metano es liberado al medio ambiente. Las emisiones de ese hidrocarburo alcano (CH<sub>4</sub>) son una oportunidad perdida y una responsabilidad ambiental: el metano es una valiosa fuente de energía y es un gas de efecto invernadero que generalmente se acepta que es unas 25 veces más potente que el CO<sub>2</sub>. (COLÓN, FORBIS-STOKES Y DESHUSSES, 2015). La hidrólisis es la primera etapa del proceso de digestión anaeróbica ya que las bacterias hidrolíticas (anaerobios facultativos) hidrolizan los sustratos utilizando enzimas extracelulares. Durante esta etapa, los polímeros se descomponen en monómeros y oligómeros solubles. Dado que una variedad de enzimas está en acción a lo largo de este proceso de degradación. Sin embargo, las ceras y la lignina que se encuentran entre los principales componentes de las lignocelulosas no se degradan. En la etapa acidogenesis de formación del ácido, los productos de la etapa de hidrólisis serán más degradados por la acción de los anaerobios obligados y facultativos que se convertirán en ácidos grasos volátiles como el ácido valérico, el ácido butírico, el ácido propiónico, ácido acético y ácido fórmico, así como hidrógeno y alcoholes. La presión parcial del hidrógeno regula los productos esperados en este paso. En general, la mayoría de la vía favorable de las bacterias fermentativas primarias es la producción de acetato a través de piruvato con producción de hidrógeno. Sin embargo, si las condiciones ambientales no son óptimas, a una alta presión parcial de hidrógeno, se



forman más intermediarios como los ácidos grasos volátiles y los alcoholes. Así, estos productos tienen que ser modificados antes de que puedan ser convertidos en biogás. Las condiciones ambientales no favorables se forman generalmente debido a una sobrecarga de los sustratos. La fase acetogénica son productos de degradación de la fase de acidogénesis se someten a dos caminos. Algunos de los productos de degradación de la acidogénesis (acetato, dióxido de carbono y hidrógeno) puede ser utilizado directamente por los metanógenos para producir metano. Sin embargo, los que contienen más de dos átomos de carbono y los alcoholes que contienen más de un átomo de carbono, tienen que oxidarse aún más acetato y H<sub>2</sub> en el paso acetogénico por las bacterias productoras de hidrógeno obligatorias. La metanogénica puede crecer directamente sobre el H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>, acetato y compuestos de un carbono, como el formiato y el metanol. Los microorganismos acetoclásticos utilizan el acetato, mientras que los microorganismos hidrogenotróficos utilizan el hidrógeno y el dióxido de carbono como sustratos para producir metano aproximadamente el 70%. Como los microorganismos hidrogenótrofos utilizan el hidrógeno como sustrato, la presión parcial del hidrógeno tiene que estar por encima de un nivel mínimo (superior a 10<sup>-6</sup> bares) para que la reacción sea energética. La metanogénicas son un grupo de microorganismos más sensibles en comparación con bacterias que se ven fácilmente afectadas por las tensiones ambientales en el reactor, como los cambios en la temperatura y el pH, o la presencia de compuestos tóxicos, como metales pesados y diferentes sustancias orgánicas tóxicas (Chen y otros, 2008; Liu y Whitman, 2008). Además, crecen más lentamente y por lo tanto tienen tiempos de generación más largos (2-25 días) en comparación con otros grupos de microorganismos en el reactor, lo que hace que este paso sea el límite de tiempo paso para materiales fácilmente hidrolizados. En general, como se describe más arriba, estos cuatro grupos de microorganismos involucrados en el proceso de digestión anaeróbica, funcionan en secuencia; de manera que los productos de un grupo se utilizan como alimento para otro grupo en el paso siguiente. No obstante, existe una conexión más estrecha entre los hidrolíticos y los acidógenos así como entre las bacterias formadoras de acetato y las archaea formadoras de metano. Estas conexiones dividen todo el proceso en dos etapas principales, con diferentes necesidades ambientales en cada una de estas etapas. Siempre que la tasa de degradación sea casi igual en ambas etapas, el proceso está en equilibrio (KARBIR, FORGAÉS y HORVATH 2015).

El pH de las heces humanas es neutra o ligeramente alcalino, las disoluciones se considera que es neutra con la variación de 6,8 y 7,3. La reacción depende de la alimentación con un exceso de proteína determinando una alcalinidad. Al mismo tiempo el pH es ácido cuando hay presencia de problemas digestivos de procesos fermentativos después de eso las putrefacciones prevalecen su alcalinidad (CAMPOS et al., 2013). La temperatura de operación del digestor es considerada uno de los principales parámetros de diseño, debido a la gran influencia de este factor en la velocidad de digestión anaeróbica (FOIDL et al., 2008).

El metano es el principal constituyente del biogás es conocido como un gas que no contiene un cuerpo determinado, el gas metano es producto de algunas actividades del ser humano o por descomposición, pertenece un miembro muy simple dentro de los hidrocarburos, está relacionado con los gases de efecto invernadero siendo liviano teniendo valor específico de 0.554 siendo muy soluble al agua, el punto de ebullición es de -164°C a -259°F (GEI) (FENGSEN et al., 2017).

La energía calorífica es una tecnología clave para la conservación de la energía y por lo tanto es de gran importancia práctica. Los sistemas de almacenamiento de energía están diseñados para acumular energía cuando la producción excede la demanda y para ponerla a disposición del usuario a petición de éste. Pueden ayudar a igualar la oferta y la demanda de energía, explotan la producción variable de energía renovable, aumentan la eficiencia general del sistema energético y reducir el CO<sub>2</sub> de las emisiones de gases de efecto invernadero (ETSAP et al., 2013).

Formula:

$$Q_x = m \cdot c_e \cdot \Delta T \dots\dots\dots (Ecuación 1)$$

Donde

Q<sub>x</sub>: Calor específico

m: Masa (H<sub>2</sub>O)

ΔT: variación de T° inicial y T° final

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación es de un enfoque cuantitativo de tipo aplicada.

Según HERNANDEZ (2014), el enfoque cuantitativo es denominado como un suceso, asimismo, es considerativo probativo, además de ello es necesario utilizar la recaudación de datos para justificar la hipótesis a base de un cálculo numérico utilizar la recaudación de datos para así justificar la hipótesis a base de un cálculo numérico y un análisis estadístico, para así disponer pautas de comportamiento y evidenciar las teorías. GULBRANDEN Y KYVIK (2010), una investigación aplicada puede definirse también como la realización de un objetivo emprendido con el fin de adquirir y comprender nuevos conocimientos. Sin embargo, se dirige principalmente a una finalidad u objetivo práctico específico, esta se realiza ya sea para determinar los posibles usos de los resultados de la investigación básica o para determinar nuevos métodos o formas de lograr objetivos específicos y predeterminados.

El estudio para la obtención de metano utilizando heces fecales comunitarias rurales para la generación de energía calorífica en Marco-Jauja, es un diseño experimental. Según HERNANDEZ (2014), un diseño experimental se refiere al manejo premeditado de un hecho para estudiar posibles respuestas, el significado principal del experimento es el estudio en el que se manipula una o más variables independientemente, para poder analizar los resultados del efecto sobre las variables dependientes.

#### 3.2. Variables y operacionalización

En la investigación se trabajó con variables tanto independiente como dependiente:

- Variable independiente: Heces Fecales Comunitarias Rurales
- Variable dependiente: Obtención de metano como energía Calorífica.

La matriz de operacionalización de dichas variables se detallará en el **Anexo 3**.

### **3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis**

Según WALPOLE, MYERS y MYERS (2012), la población es un conjunto de todos los individuos o elementos individuales de un tipo específico, sin embargo, en distintas ocasiones son representadas mediante un sistema científico. La población en estudio estuvo conformada por 5 pozos sépticos del distrito de Marco – Jauja.

WALPOLE, MYERS Y MYERS (2012), la muestra nos permite obtener conclusiones acerca de la población, ya que en estadística se utiliza ampliamente los elementos de probabilidad. La muestra fue de 20kg extraídas de un pozo séptico **Anexo N°4**.

La técnica de muestreo es probabilística y el tipo de muestreo es por aleatorio simple ya que las muestras son seleccionadas de acuerdo a la accesibilidad del investigador **Anexo N°5**.

La unidad de análisis fue de 1 kg de heces fecales llevadas al laboratorio para su respectiva caracterización.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron técnicas e instrumentos que nos ayudaron a general una información para dar solución a los problemas presentes en la investigación los cuales también nos ayudaron alcanzar nuestros objetivos planteados comprobando si la hipótesis es verdadera manipulando las variables.

HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ Y BAPTISTA (2014); menciona que una vez ya seleccionado el diseño de investigación y la muestra de tu investigación, entonces se prosigue con la recolección de datos de las variables. Para ello, existen métodos de recolección de datos, las utilizadas en esta investigación son la observación y la medición directa. La observación se basa en la obtención del realismo y la interpretación del medio, a través de ella se conoce más de cerca sobre algún tema, mediante acciones y posturas. Con ello, se logra obtener información para un objetivo específico.

HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ Y BAPTISTA (2014), menciona que la recolección de datos posee como objetivo utilizar una gran variedad de instrumentos, los cuales se encargaran de registrar datos que representan a las variables de investigación. Los instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos fueron de elaboración propia **Anexo N° 6** será sometidos por (03) expertos de la especialidad del trabajo de investigación **Anexo N°7**, siendo estos los siguientes instrumentos realizados **Anexo N°8**:

- Formato de Registro de Campo N°1
- Formato de Registro de Análisis de Laboratorio N°2
- Formato de Levantamiento de Información de las Fases Experimentales N°3

HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ Y BAPTISTA (2014), menciona que la validez se va referir a la condición de un instrumento que mida ciertamente a la variable que se dedica medir. Entre la validez, existe la evidencia, de la validez del contenido, validez de criterio, validez de constructo, la suma de la mayoría de las evidencias dará como resultado a la validez total.

La validez es basada en ser casualidad de aquellos instrumentos de una investigación, pues aquellos instrumentos se van a encargar en medir con mucha veracidad, equidad, autenticidad, precisión y objetividad, para que se proceda a medir ya sea variable o variables de estudio. Es por ello que un instrumento será válido, siempre y cuando se permita obtener aquellos datos que preestablecida mente se necesita conocer (Carrasco, 2009, p.336)

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014) la confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación (precisión y exactitud) repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales; es decir que la medición independientemente de su objetivo, siempre debe medir los mismo bajo las mismas condiciones.

### 3.5. Procedimientos

El procedimiento de la investigación se realizó mediante etapas el cual están mostradas en el diagrama, tal como se muestra en la **Figura 1**.

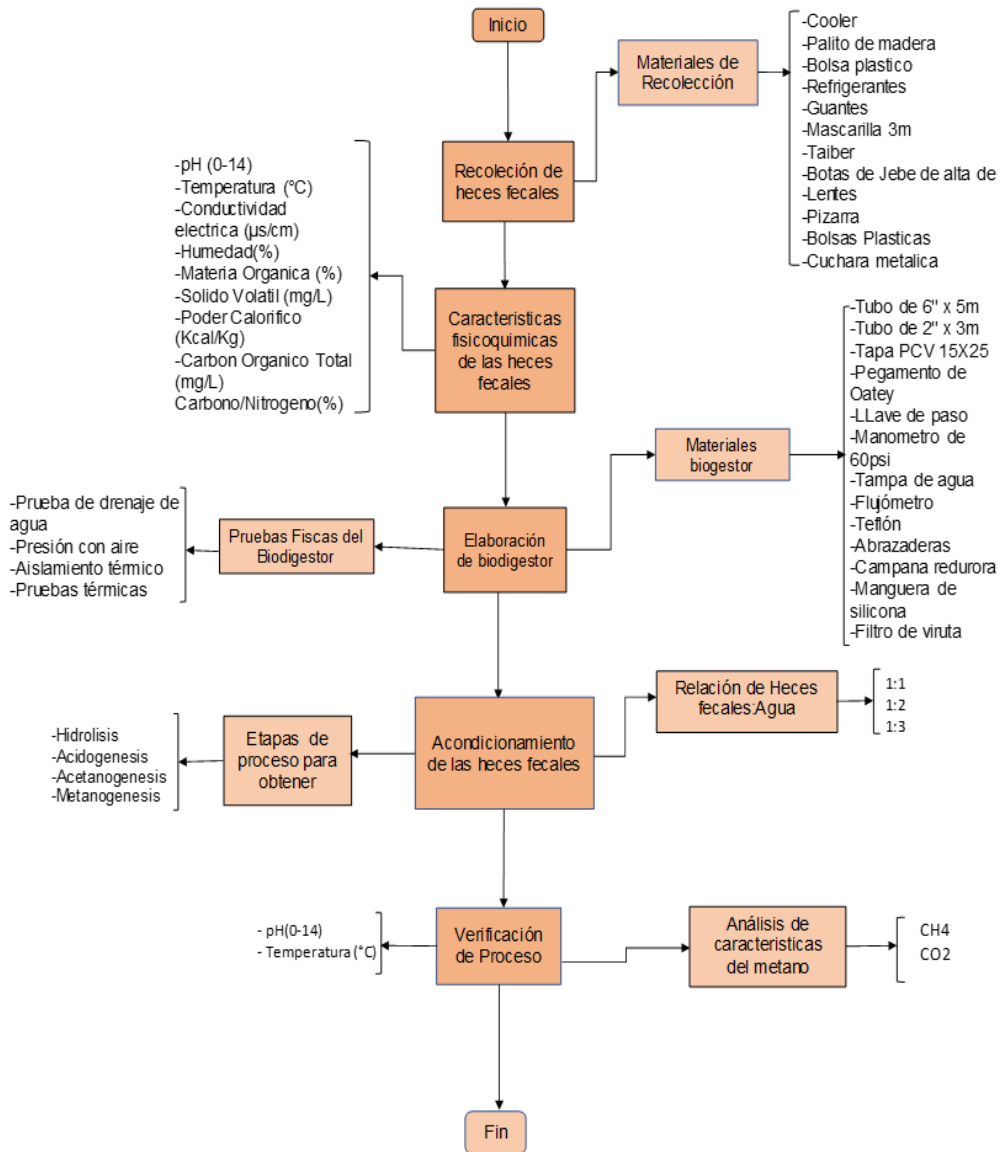


Figura 1. Diagrama del proceso elaborado de obtención de metano utilizando heces fecales

### Etapa1: Recolección de heces fecales

Las muestras de las heces fecales fueron tomadas del distrito Marco Anexo 9. El día 12 de Febrero del 2020 en el lapso de 7am a 9 am **Anexo 10**. El material utilizarse se manipuló completamente limpios hasta poder llegar al punto de muestreo y fueron lo siguiente:

- Cooler
- Palito de madera
- Bolsa plástico
- Refrigerantes
- Guantes
- Mascarilla 3m
- Taiber
- Botas de Jebe de alta densidad
- Lentes
- Pizarra
- Bolsas Plásticas
- Cuchara metálica

Antes de poder tomar la muestra se utilizó el protocolo de la Organización Panamericana de la Salud, que consistió en los pasos a seguir para una toma de muestra de heces fecales del **Anexo 11**, haciendo el uso de guantes de nitrilo, para poder evitar algún tipo de contaminación y siendo colocado en un cooler, manteniendo a 4°C hasta poder ser llevada al laboratorio **Anexo 12**.

### Etapa 2: Características Físicoquímicas de las heces fecales

Inicialmente se llevó a realizar las características físicoquímicas de la muestra representativa de la población las que fueron llevado al laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería para su caracterización en los análisis de Humedad, Sólidos Volátiles, Poder Calorífico, pH, temperatura, Conductividad eléctrica, Carbono orgánico, Carbono/Nitrógeno, Materia Orgánica **Anexo 13**.

### Etapa 3: Elaboración de biodigestor

En la presente investigación se realizó tres biodigestores el método utilizado fue el flujo por lote el cual consistió en realizar la evaluación en un solo tiempo de carga, este método no permite extraer ni añadir más sustratos hasta que termine el proceso completo, de biodegradación y la producción del gas. En esta clase de biodigestor no se necesita la agitación, tampoco acondicionar parte de movimiento, en su elaboración se hizo el uso de un tubo de 6pulgadas de diámetro cortadas en una medida de 70 cm para cada biodigestor, esta fue lijada en todos los bordes para proceder a hacer el uso del pegamento, en la tapa se realizó dos agujeros siendo coloco el manómetro consecuentemente se corto el tubo de pvc a una medida de 6 cm siendo empapada con teflón para poder colocar una llave de paso. El tubo 2" utilizado para el filtro es cortado a una medida de 15 cm así mismo se pegó campanas reductoras tanto como para la derecha una y para izquierda, se utilizó adaptadores que fueron colocados al tubo y procediendo hacer el enganche con la manguera y la abrazadera dando una conexión a la trampa de agua de 4cm con un diámetro de ½ **Anexo 14.**

Los materiales del biodigestor fueron las siguientes:

- Tubo de 6" x 5m
- Tubo de 2" x 3 m
- Tapa PVC Alcantarilla 15 x25 Diámetro nominal 110mm
- Pegamento Oatey para PVC
- Llave de paso para el control de la carga de gas
- Manómetro de 60 psi
- Trampa de agua ½ diámetro
- Flujómetro de 0 - 30L
- Teflón
- Abrazaderas
- Campana reductora
- Manguera de silicona
- Filtro con viruta de la tornería



Pruebas físicas del biodigestor:

Fue necesario realizar las siguientes pruebas:

a) Prueba de drenaje de agua: Esta prueba consistió en llenar el biodigestor con agua hasta un 80% de su capacidad para comprobar que las trampas de carga no tendrían problemas en bloquear el gas cuando esta se genere la cual duro 24 horas.

b) Prueba de presión con aire: La prueba fue realizada con una compresora de 30 litros de capacidad la que inyecto aire al sistema con la finalidad de verificar a que no se genere fugas, El proceso se realizó con una presión 30 psi por 24 horas.

c) Aislamiento térmico del biodigestor anaeróbico: Un procedimiento importante, debido a que se debe mantener la temperatura ya que el aislamiento termino reciclado apoyara a que se mantenga la temperatura interna 20°C a 45 °C.

d) Para realizar estas pruebas térmicas se utilizó:

Termómetro de mercurio: Con rango 0 a 100 grados centígrados

Termómetro laser: Para poder medir en la presión interna

#### Etapa 4: Acondicionamiento de heces fecales

El acondicionamiento de la proporción del agua y las heces fecales el cual es mezclado, añadido a los biodigestores diseñados a partir de tubos de 6 pulgadas y 70 cm de largo.

Se realizo tres biodigestores con distintas relaciones de carga (agua: heces fecales) como se presenta en la **Tabla 1:**

**Tabla 1. Relación de Agua con Heces Fecales**

Relación	Agua destilada (L)	Peso de Heces Fecales (Kg)
R 1:1	1L	1Kg
R 1:2	1L	2Kg
R 1:3	1L	3Kg

La muestra fue pesada en tres valdes el cual se utilizó una balanza para poder tener el peso exacto así mismo en el **Anexo 15** se detalla mediante imágenes.

Luego se tendrá que observar las fases que sucederán en el proceso de obtención de metano a partir de las heces fecales. El proceso para obtener el metano se compone por cuatro etapas principales:

- Hidrolisis
- Acidogénesis
- Acetanogénesis
- Metanogénesis
- Metanización

Los factores que influyen en el funcionamiento del biodigestor es la variación de temperatura y potencial de hidrogeno se detallara en el **Anexo 16**. El filtro de viruta de la tornería reciclada fue utilizado para detener el olor a partir de la descomposición anaeróbica. El tiempo de duración del proceso fue de 30 días donde las bacterias fermentan la biomasa en ausencia del aire y producen el metano.

#### Etapa 5: Verificación del proceso

En la etapa se realizó la medición de la temperatura interna y del potencial de hidrogeno tres biodigestores interdiarios fue del día 1 al día 30 equivalente a 16 días, seguidamente se hará una conexión con la cocina donde se podrá hervir agua y determinar el calor específico.

Así mismo para determinar el porcentaje de metano, se trasladó nueve muestras en una llanta de 6 de pulgas **Anexo 18**, consecuentemente se anotó todos los datos en la cadena de custodia **Anexo 19**, así mismo se realizaron los análisis respectivos en Tereolutions S.A.C. **Anexo 20**.

### **3.6. Método de análisis de datos**

En la presenta investigación tuvimos como primeros datos se analizaron temperatura, potencial hidrogeno, conductividad eléctrica, potencial redox, humedad, sólido volátil,

cenizas, carbono fijo, carbono orgánico, nitrógeno, materia orgánica, carbono/ nitrógeno en el laboratorio Universidad Nacional de Ingeniería. Así mismo se realizó en las características del metano en Tereosolutions S.A.C.

Los valores obtenidos en la presente investigación fueron comparados con cuadros de Excel, representados por gráficos de comportamiento de los procesos a través de la investigación realizada. También se emplearon la estadística que nos dará a conocer las fases del proceso mediante el software IBM SPSS.

### **3.7. Aspectos éticos**

Álvarez (2014) menciona que la ética es el fenómeno de la moralidad, constitutivo de la formación y subsistencia de la comunidad social, independientemente del trabajo que realicen, dicho esto, no existe acción humana exenta de valoración. Además, se garantiza la validez interna y externa debido a que la experimentación se realizó basándose a estudios pertinentes, empleando el Manual ISO 690.

El proyecto de investigación fue realizado respetando el código de ética del reglamento de investigación en el anexo 2 de la Resolución Rectoral N°0089 -2019/2019, considerando el % de similitud en Turnitin.

#### IV. RESULTADOS

##### Resultado de Análisis de características fisicoquímicas de las heces fecales

En la **Tabla 2**, se puede apreciar los resultados de las características fisicoquímicas de las heces fecales analizadas que fueron obtenidas en el laboratorio Universidad Nacional de Ingeniería siendo aceptadas para el proceso experimental. Las heces fecales tuvo un pH de 7, según Galindo, 2017 el rango apropiado es de 6,5 a 8 siendo muy importante en el proceso el cual si el pH fuera menor la bacteria metanogénica sería afectada, es necesario que se mantenga pH cerca a la neutralidad.

Tabla 2. Resultados de Características Fisicoquímicas de las heces fecales

Código	pH	T °C	Ce $\mu\text{s}/\text{cm}$	Potencial redox mv	Humedad %	Cenizas %	Carbono %	SV mg/l	PC Kcal/Kg	COT mg/l	N mg/l	MO %
HFI-MJ	7	24	521	125	60.09	9.72	37.84	74.54	10,235.48	1.892	19.6	37.8

Fuente: Elaboración propia

##### Resultado de Factores que determinan la obtención de metano

En la siguiente **Tabla 3**, se aprecia el resultado de la relación del C/N de las heces fecales así mismo se utilizó el resultado del %C y %N mostrado en la tabla anterior siendo así se obtuvo como resultado del C/N es de 0.965, donde el carbono y el nitrógeno son fuentes principales para alimentar a las bacterias metanogénicas por ello el carbono forma parte de la fuente de energía y el nitrógeno es utilizado para formar células nuevas.

Tabla 3. Resultado de la relación de C/N de las heces fecales

Código	Peso	C	N	C/N
HFI-MBJ	1Kg	1.892	19.6	0.965

Fuente: Elaboración propia

## Resultados Potencial Hidrogeno y Temperatura

En la **Tabla 4**, se puede observar los diferentes resultados del pH medido interdiariamente del día 1 al día 30.

Tabla 4. Resultado del pH

Potencial hidrogeno(pH)	R 1:1	R 1:2	R 1:3
	7.03	6.59	7.01
	6.75	6.83	6.5
	6.49	6.32	6.78
	6.9	6.11	6.64
	6.72	6.89	6.63
	7.94	6.89	6.64
	6.4	6.89	7.1
	6.77	6.21	6.79
	6.98	7.02	6.98
	7.14	6.45	7
	7.21	7.01	6.54
	7.03	7	7.03
	7	6.64	7.1
	6.89	6.87	7.02
	7.07	6.82	6.63
	7.19	6.69	6.7
Promedio	6.97	6.70	6.82

Fuente: Elaboración propia

De la **Figura 2**, se observa la comparación de los resultados de la medición, el pH del biodigestor de relación agua y heces fecales 1:1, de la cual se observa de manera interdiaria del día 1 al día 30 equivalente a 16 días no existe mucha diferencia, por lo

contrario, al comparar que en el día 6 el pH se elevó a 7.9 y de los demás días fue un pH constante y su resultado promedio fue de 6.97.

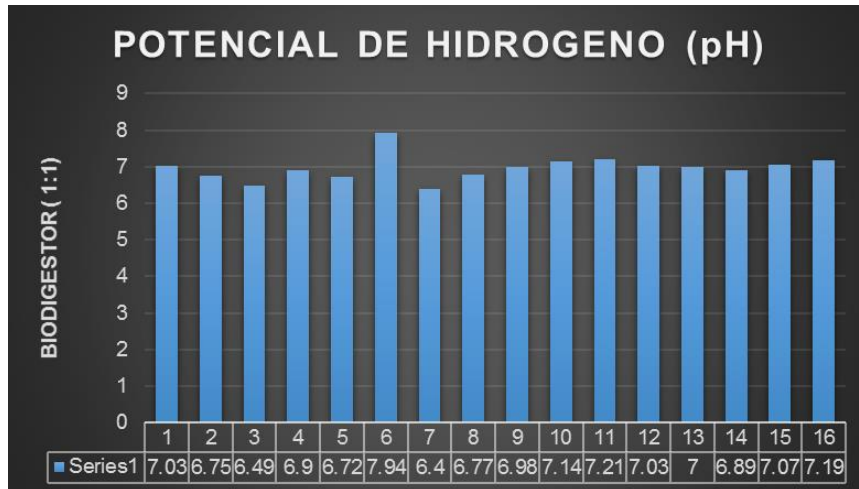


Figura 2. pH de Biodigestor de relación 1:1

De la **Figura 3**, se observa la comparación de los resultados de la medición, el pH del biodigestor de relación agua y heces fecales 1:2, de la cual se observa de manera interdiaria del día 1 al día 30 equivalente a 16 días si existe mucha diferencia, por lo contrario, al comparar que en el día 4 pH fue menor del rango establecido a 6.1 y su resultado promedio fue de pH 6.70.

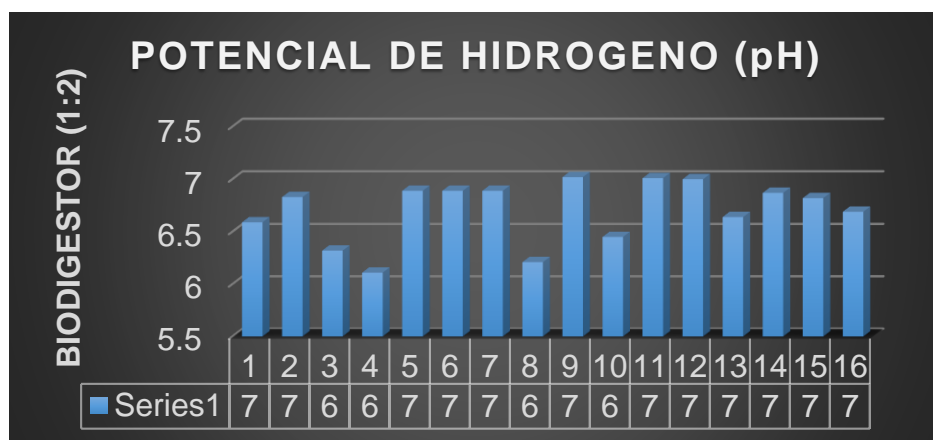
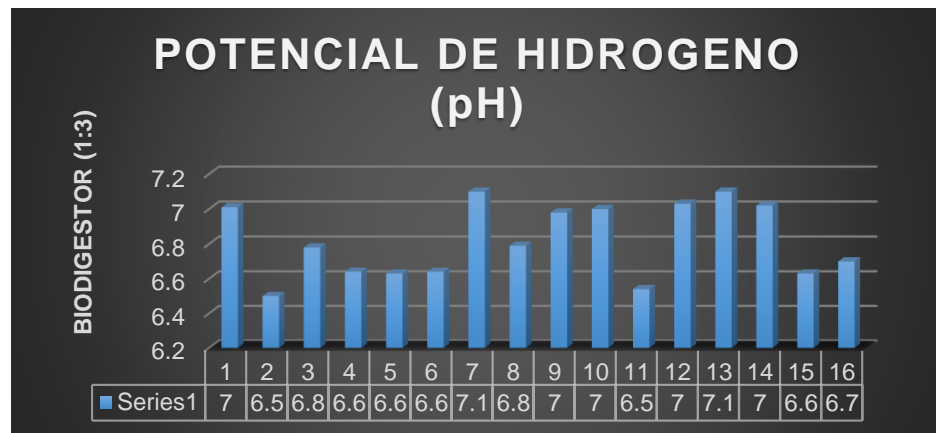


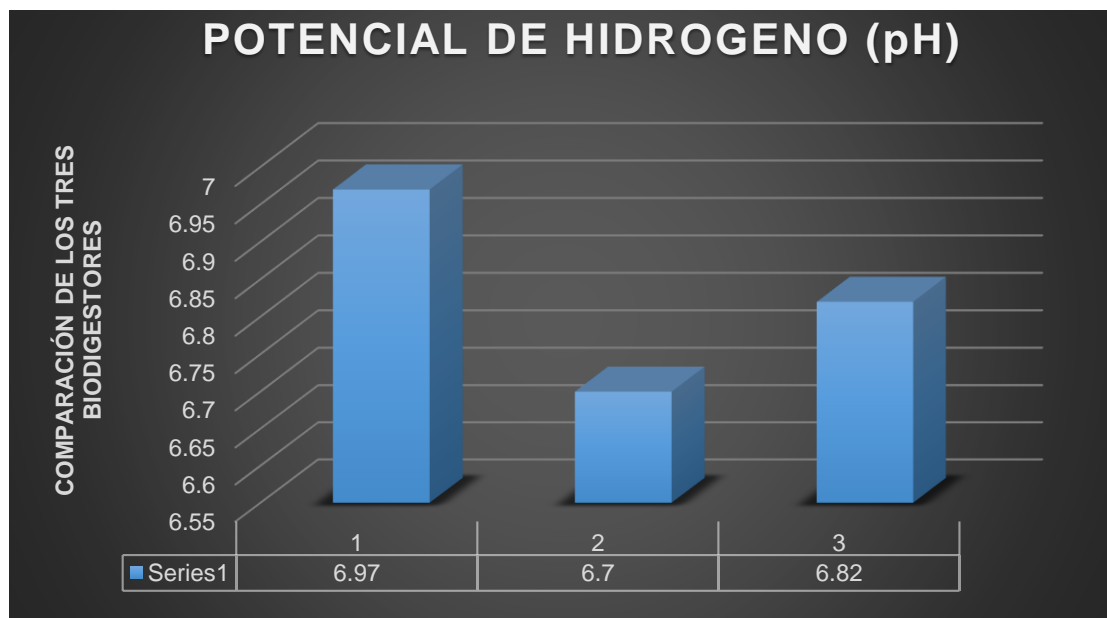
Figura 3. pH de Biodigestor de relación 1:2

De la **Figura 4**, se observa la comparación de los resultados de la medición, el pH del biodigestor de relación agua y heces fecales 1:3, de la cual se observa de manera interdiaria del día 1 al día 30 equivalente a 16 días si existe mucha diferencia, por lo contrario, al comparar que en el día 2 los demás días su pH era constante de 6.5 a 7 y su resultado promedio fue de pH 6.70.



**Figura 4.** pH de biodigestor de relación 1:3

De la **Figura 5**, se observa la comparación de los resultados de la medición de los tres biodigestores, B1(1:1) con un pH promedio de 6.97, B2(1:2) con un pH promedio de 6.7 y B(1:3) con un pH de 6.82.



**Figura 5.** Comparación de pH de los tres biodigestores

En la **Tabla 5**, se puede observar los diferentes resultados de la temperatura interna °C medido interdiariamente del día 1 al día 30 del B1 (1:1), B2 (1:2) y B3 (1:3).

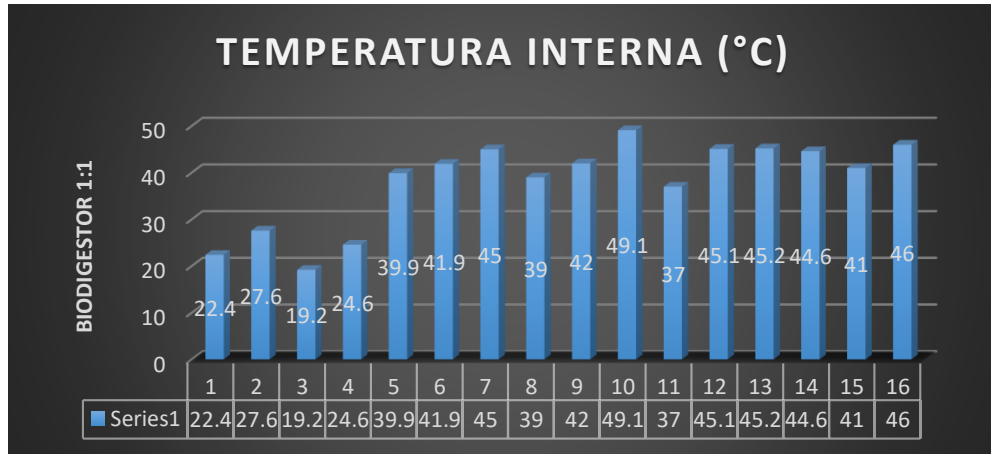
**Tabla 5. Resultados de temperatura interna de los 3 biodigestores**

Temperatura interna °C	R 1:1	R 1:2	R 1:3
	22.4	22.4	22.4
	27.6	24	24.6
	19.2	20	21.1
	24.6	21	19.2
	39.9	29	17.9
	41.9	39	31
	45	21	42
	39	24	39.2
	42	19	21.9
	49.1	26	25
	37	40.3	46.9
	45.1	24	22
	45.2	37	37.7
	44.6	41	32.9
	41	38	36.7
	46	43.1	38.3
<b>Promedio</b>	<b>38.1</b>	<b>29.3</b>	<b>29.9</b>

Fuente: Elaboración propia

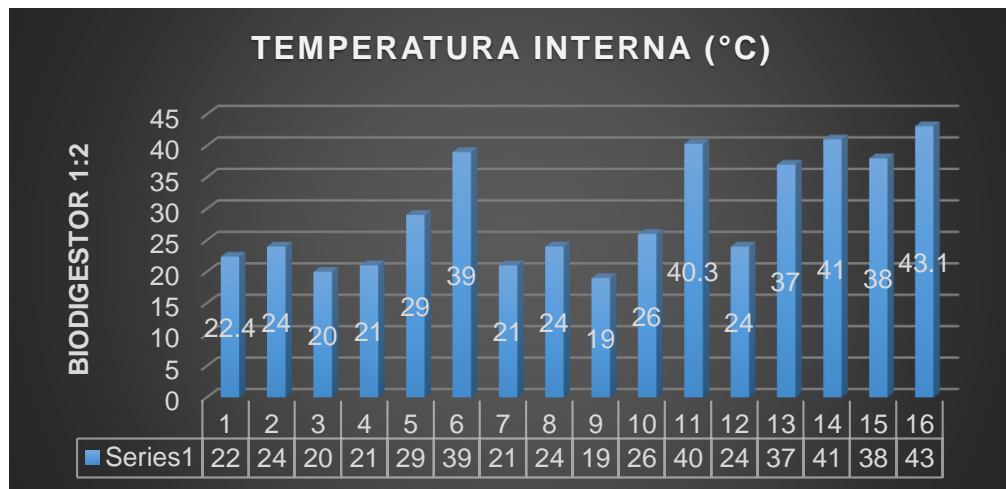


De la **Figura 6**, se observa los resultados de la medición de la temperatura interna del primer biodigestor fue de 19.2°C hasta 49.1°C y su resultado promedio fue de 38.1



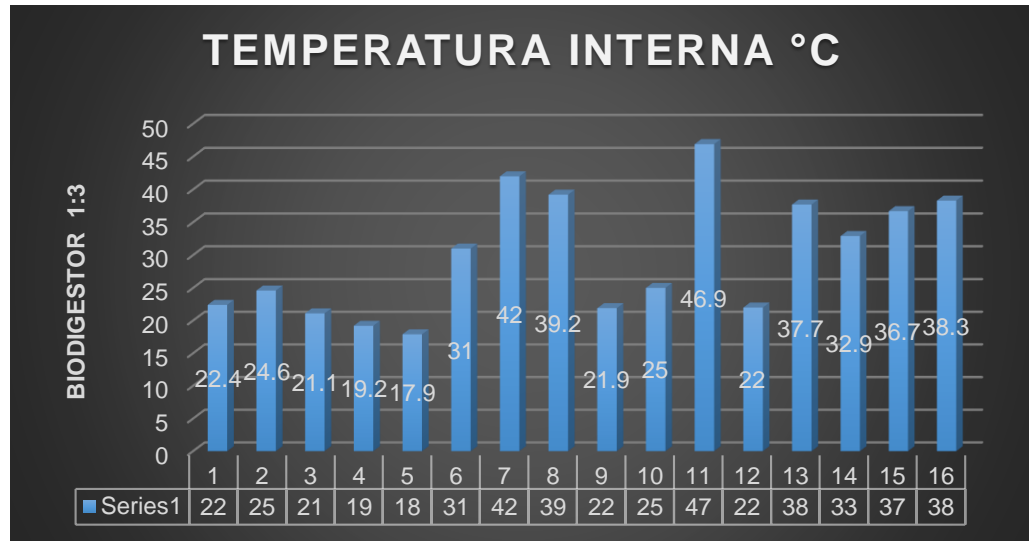
**Figura 6. Temperatura interna del Biodigestor 1:1**

De la **Figura 7**, se observa los resultados de la medición de la temperatura interna del segundo biodigestor fue de 19.00°C hasta 43.1°C y su resultado promedio fue de 29.3



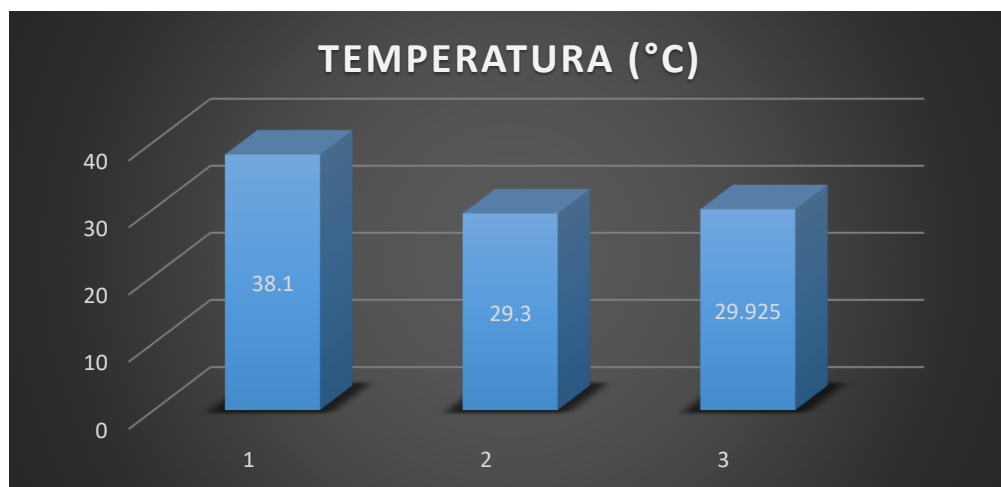
**Figura 7. Temperatura interna del Biodigestor 1:2**

De la **Figura 8**, se observa los resultados de la medición de la temperatura interna del segundo biodigestor fue de 17.09°C hasta 46.9°C y su resultado promedio fue de 29.9



**Figura 8. Temperatura interna del Biodigestor 1:3**

De la **Figura 9**, se observa la comparación de los resultados de la temperatura interatura de los tres biodigestores, obtenido el promedio de B1(1:1) con una temperatura interna de 38.1°C, B2(1:2) con una temperatura interna de 29.3°C y B3(1:3) con una temperatura interna de 29.9.



**Figura 9. Comparación de Temperatura interna de los 3 Biodigestores**

## Resultado de Análisis de metano de los tres biodigestores

En las tablas y figuras siguientes realizadas en Excel se detalla la diferencia de los resultados de las muestras 9 sustraídas de los 3 biodigestores el cual fueron pasadas por un filtro de viruta para detener malos olores así mismo el siguiente filtro retuvo el agua. Las muestras fueron trasladadas para así ser analizadas en Tereo SAC.

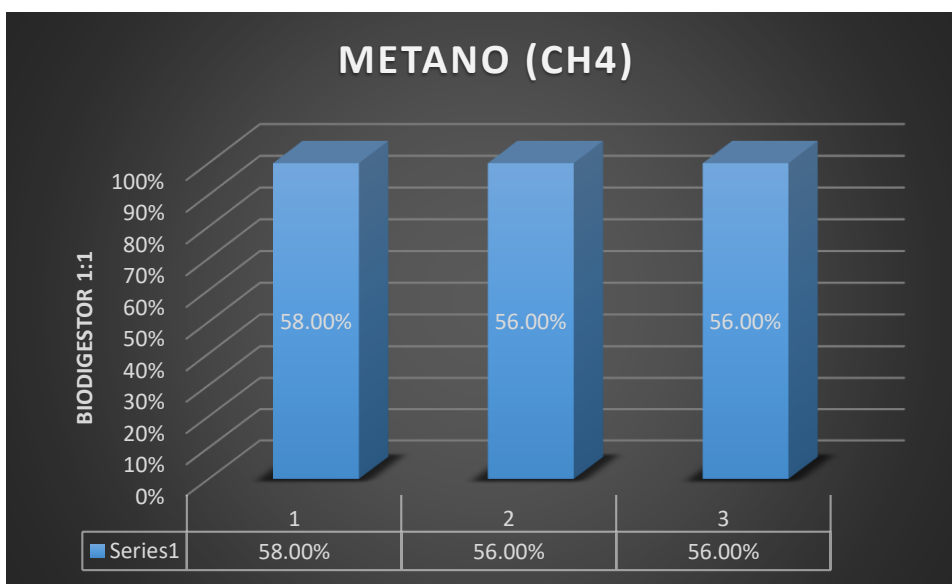
En la **Tabla 6**, se puede observar los resultados del análisis de características de cada biodigestor siendo compuesta por metano (CH<sub>4</sub>).

**Tabla 6. Comparación de CH<sub>4</sub> de los tres biodigestores**

Muestras	B1(1:1)	B1(1:2)	B1(1:3)
	Metano (CH <sub>4</sub> )	Metano (CH <sub>4</sub> )	Metano (CH <sub>4</sub> )
M1	58.0%	56.0%	56.0%
M2	56.0%	56.0%	56.0%
M3	56.0%	54.0%	56.0%
PROMEDIO	56.7%	55.3%	56.0%

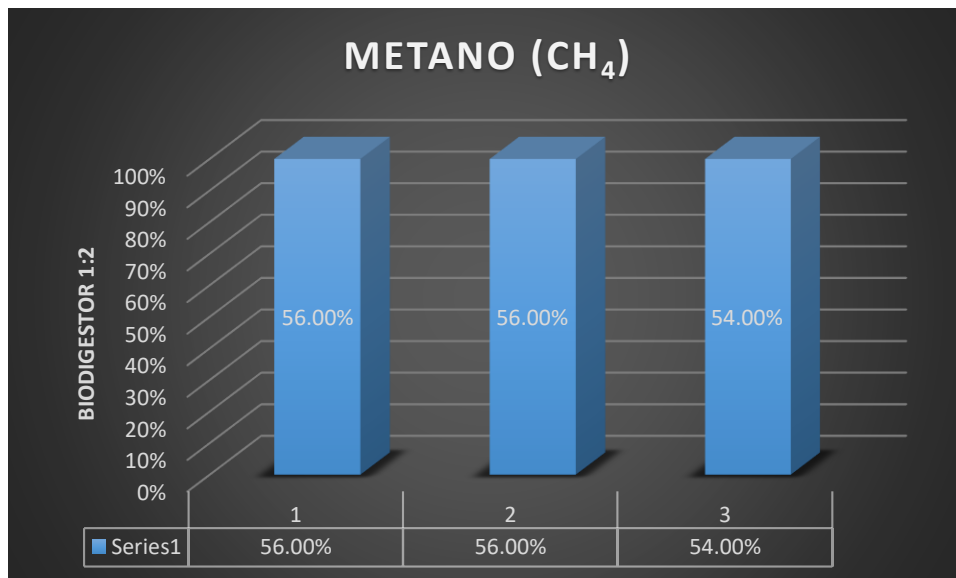
Fuente: Elaboración propia

De la **Figura 10**, se observa la comparación de los resultados de la muestra retirada del B1(1:1) el cual fue de la muestra uno 1 de 58.0%, en la muestra 2 de 56.0% y en la muestra 3 es de 56.0%.



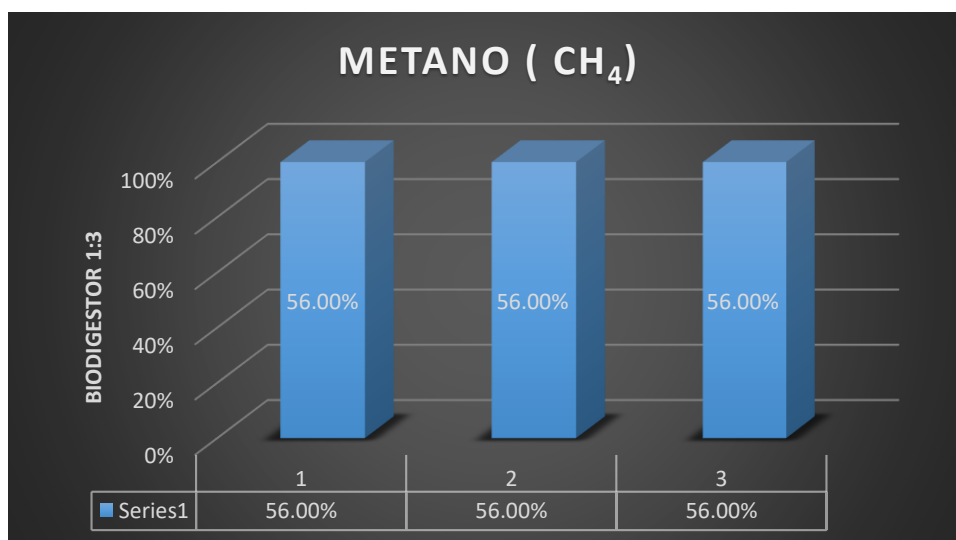
**Figura 10. Resultado del Metano del Biodigestor 1:1**

De la **Figura 11**, se observa la comparación de los resultados de las tres muestras retiradas del B2(1:2) el cual fue de la muestra 1 de 56.0%, en la muestra 2 de 56.0% y en la muestra 3 es de 54.0%.



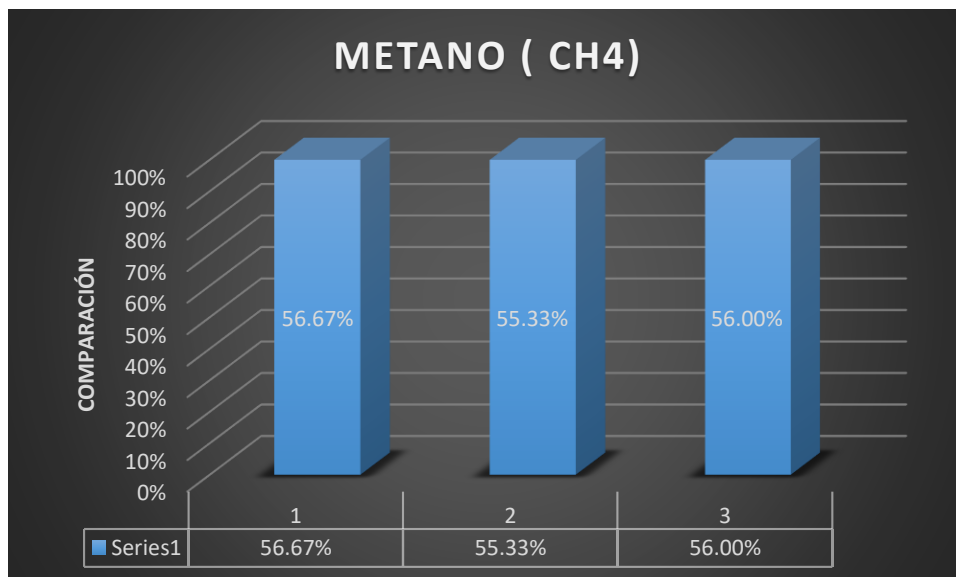
**Figura 11. Resultado del Metano del Biodigestor 1:2**

De la **Figura 12**, se observa la comparación de los resultados de las tres muestras retiradas del B3(1:3) el cual fue de la muestra 1 de 56.0%, en la muestra 2 de 56.0% y en la muestra 3 es de 56.0%.



**Figura 12. Resultado de Metano del Biodigestor 1:3**

Como se aprecia en la **Figura 13**, el porcentaje de concentración de CH<sub>4</sub> en el biodigestor, la muestra promedio 1 es de 56.7%, en la muestra 2 promedio es de 55.3% y en la muestra 3 promedio es 56.0%.



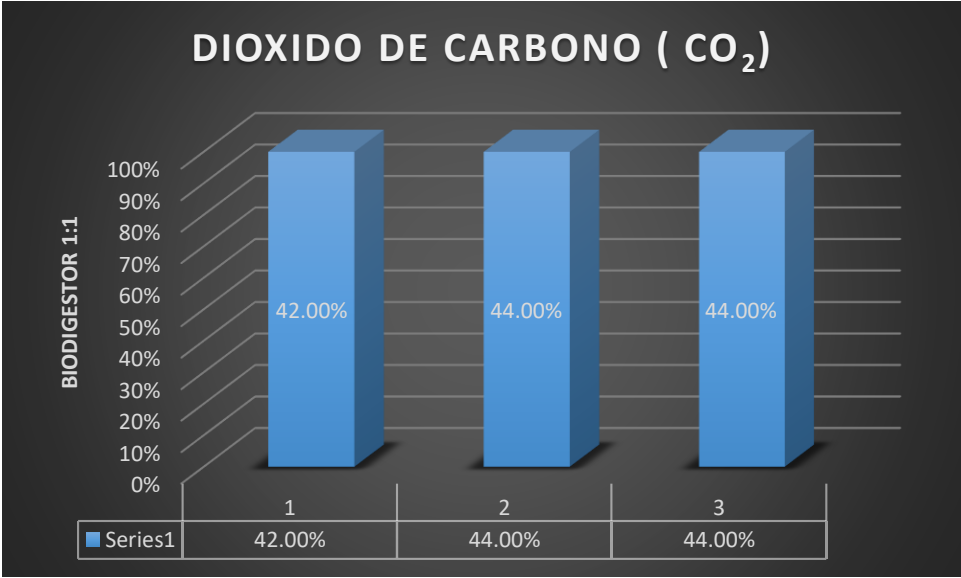
**Figura 13. Comparación de Metano de los tres Biodigestores**

En la **Tabla7**, se puede observar los resultados del análisis de características biodigestor siendo compuesta por dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

**Tabla 7. Resultados del Dióxido de Carbono de los tres Biodigestores**

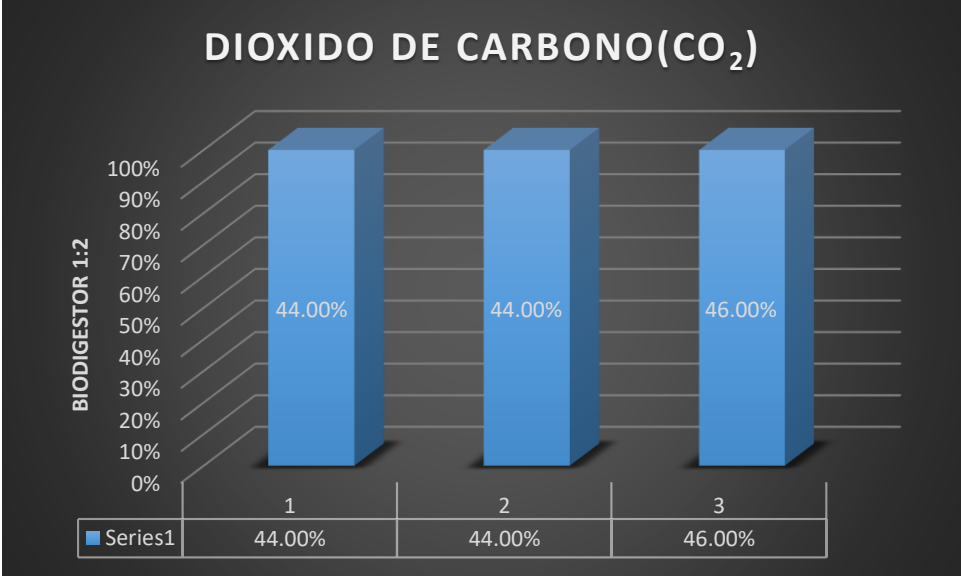
Muestras	B1(1:1)	B2(1.2)	B3(1:3)
	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )
M1	42.0%	44.0%	44.0%
M2	44.0%	44.0%	44.0%
M3	44.0%	46.0%	44.0%
PROMEDIO	43.3%	44.7%	44.0%

De la **Figura 14**, se observa la comparación de los resultados de las muestras del biodigestor (1:1) con un dióxido de carbono de la muestra 1 de 42.00%, muestra 2 de 44.00% y muestra 3 de 44.0% y su resultado promedio fue 43.33%



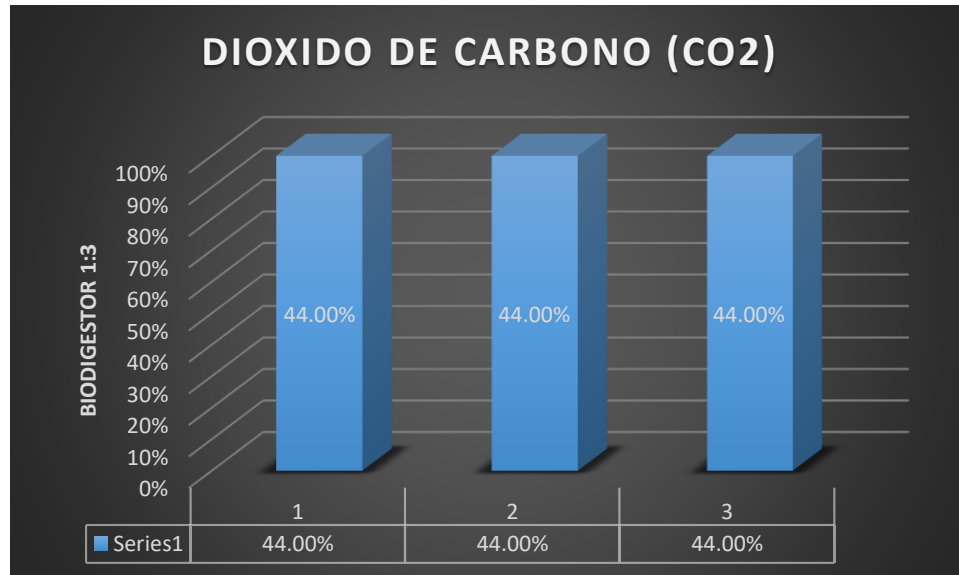
**Figura 14. Resultado del Dióxido de Carbono del Biodigestor 1:1**

De la **Figura 15**, se observa la comparación de los resultados de las muestras del biodigestor (1:2) con un dióxido de carbono de la muestra 1 de 44.0%, muestra 2 de 44.0% y muestra 3 de 46.0% y su resultado promedio fue 44.7%



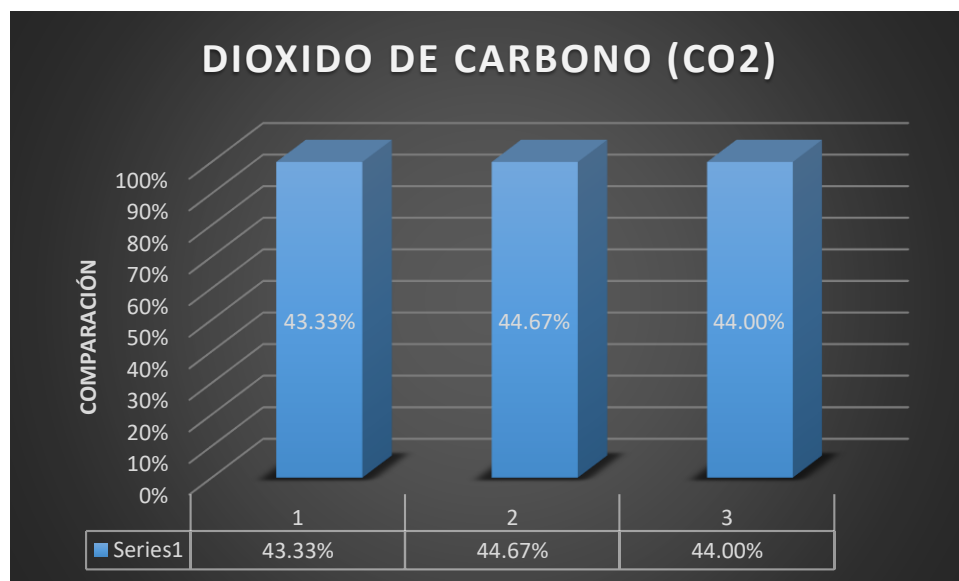
**Figura 15. Resultado del Dióxido de Carbono del Biodigestor 1:2**

De la **Figura 16**, se observa la comparación de los resultados de las muestras del biodigestor (1:3) con un dióxido de carbono de la muestra 1 de 44.0%, muestra 2 de 44.0% y muestra 3 de 44.0% y su resultado promedio fue 44.0%



**Figura 16.**Resultado del Dióxido de Carbono del Biodigestor 1:3

La **Figura17**, se observa que el porcentaje de concentración del CO<sub>2</sub>, en la muestra 1 promedio representa 43.3%, en la muestra 2 promedio es de 44.7% y la muestra 3 se muestra que varía en 44.0%.



**Figura 17.**Comparación del Dióxido de Carbono de los Tres Biodigestores

## Análisis estadístico

En el cumplimiento de la línea metodológica de investigación, corroboramos que, durante la fase experimental desarrollada, la generación de los datos y su debida recopilación a través de la técnica y los instrumentos, obedece a una distribución normal, garantizando de esta manera la correcta manipulación de cada una de las variables, así como sus respectivos indicadores.

## TEMPERATURA

a) Análisis de normalidad de datos

Tabla 8. Prueba de Normalidad para la Temperatura

Pruebas de normalidad							
	REPETICIONES	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TEMPERATURA	BIODIGESTOR 1	,226	16	,028	,847	16	,112
	BIODIGESTOR 2	,259	16	,026	,854	16	,216
	BIODIGESTOR 3	,203	16	,077	,915	16	,140

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia con SPSS 25, 2020

### Prueba de hipótesis

**H1** → Los datos provienen de una distribución normal

**H<sub>0</sub>** → Los datos no provienen de una distribución normal

### Regla de decisión

sig > 0,05. Rechazamos la H<sub>0</sub>:



### Resultado / discusión

**P valor** mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H1** Los datos provienen de una distribución normal.

Tabla 9. Prueba de homogeneidad de varianza para la temperatura

Prueba de homogeneidad de varianza					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
TEMPERATURA	Se basa en la media	,109	2	45	,897
	Se basa en la mediana	,220	2	45	,803
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,220	2	39,487	,803
	Se basa en la media recortada	,157	2	45	,856

Fuente: Elaboración propia con SPSS, 2020

### Prueba de hipótesis

**H1:** Se asumen que las varianzas son iguales

**H0:** Se asumen que las varianzas no son iguales

### Regla de decisión

sig > 0,05. Rechazamos la H0:

### Resultado / discusión

**P valor** mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H1**. Se asumen que las varianzas son iguales.

Tabla 10. ANOVA- Para la Temperatura

ANOVA					
TEMPERATURA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	771,527	2	385,763	4,638	,015
Dentro de grupos	3743,250	45	83,183		
Total	4514,777	47			

Fuente: Elaboración propia, adaptado del SPSS 25(2020)

#### Prueba de hipótesis

**H1:** Las características fisicoquímicas (Temperatura) de las heces fecales comunitaria rurales permiten generar metano como energía calorífica en Marco- Jauja 2020.

**H0:** Las características fisicoquímicas (Temperatura) de las heces fecales comunitaria rurales no permiten generar metano como energía calorífica en Marco- Jauja 2020.

#### Regla de decisión

**Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la Ho, se acepta la H1.**

**Sig.  $>$  0,05 Se acepta la Ho, se rechaza la H1.**

#### Resultado /discusión

**P valor** menor de **0,05** entonces aceptamos la **H1:** Las características fisicoquímicas (Temperatura) de las heces fecales comunitaria rurales permiten generar metano como energía calorífica en Marco- Jauja 2020.

Tabla 11. Tukey- Comparación múltiples para la temperatura

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: TEMPERATURA						
HSD Tukey						
(I) REPETICIONES	(J) REPETICIONES	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
BIODIGESTOR 1	BIODIGESTOR 2	8,80000*	3,22458	,024	,9849	16,6151
	BIODIGESTOR 3	8,17500*	3,22458	,039	,3599	15,9901
BIODIGESTOR 2	BIODIGESTOR 1	-8,80000*	3,22458	,024	-16,6151	-,9849
	BIODIGESTOR 3	-,62500	3,22458	,980	-8,4401	7,1901
BIODIGESTOR 3	BIODIGESTOR 1	-8,17500*	3,22458	,039	-15,9901	-,3599
	BIODIGESTOR 2	,62500	3,22458	,980	-7,1901	8,4401

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia, adaptado del SPSS 25(2020)

Prueba de hipótesis

**H1:** Existe alguna significancia entre la temperatura vs el biodigestor

**H0:** No existe alguna significancia entre la temperatura vs el biodigestor

Regla de decisión

**Sig. ≤ 0,05 Se rechaza la Ho, se acepta la H1.**

**Sig. > 0,05 Se acepta la Ho, se rechaza la H1**

## Resultado / discusión

La significancia de la prueba Tukey para los tratamientos donde el **p valor** es menor de 0,05 entonces el **H1**: Existe alguna significancia entre la temperatura vs el biodigestor.

## pH

Tabla 12. Prueba de Normalidad para el pH

Pruebas de normalidad							
	REPETICIONE	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH	BIODIGESTO R 1	,182	16	,164	,898	16	,074
	BIODIGESTO R 2	,220	16	,037	,885	16	,047
	BIODIGESTO R 3	,216	16	,045	,887	16	,050

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia, adaptado del SPSS 25(2020)

## Prueba de hipótesis

**H1**: Los datos provienen de una distribución normal

**H0**: Los datos no provienen de una distribución normal

## Regla de decisión

sig > 0,05. Rechazamos la Ho:

## Resultado /discusión

**P valor** mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H1** Los datos provienen de una distribución normal.

Tabla 13. Prueba de Homogeneidad de varianza para el pH

		Prueba de homogeneidad de varianza			
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
pH	Se basa en la media	,372	2	45	,692
	Se basa en la mediana	,240	2	45	,787
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,240	2	33,904	,788
	Se basa en la media recortada	,371	2	45	,692

Fuente: Elaboración propia, adaptado del SPSS 25 (2020)

### Prueba de hipótesis

**H1:** Se asumen que las varianzas son iguales

**H0:** Se asumen que las varianzas no son iguales

### Regla de decisión

sig > 0,05. Rechazamos la H0:

### Resultado /discusión

**P valor** mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H1**. Se asumen que las varianzas son iguales.

Tabla 14. ANOVA- para el pH

ANOVA					
pH					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,576	2	,288	3,455	,040
Dentro de grupos	3,749	45	,083		
Total	4,325	47			

Fuente: Elaboración propia, adaptado del SPSS 25 (2020)

#### Prueba de hipótesis

**H1:** Las características fisicoquímicas (pH) de las heces fecales comunitaria rurales permiten generar metano como energía calorífica en Marco- Jauja 2020.

**H0:** Las características fisicoquímicas (pH) de las heces fecales comunitaria rurales no permiten generar metano como energía calorífica en Marco- Jauja 2020.

#### Regla de decisión

**Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la Ho, se acepta la H1.**

**Sig.  $>$  0,05 Se acepta la Ho, se rechaza la H1**

#### Resultado /discusión

**P valor** menor de **0,05** entonces aceptamos la **H**. Las características fisicoquímicas (pH) de las heces fecales comunitaria rurales permiten generar metano como energía calorífica en Marco- Jauja 2020.

Tabla 15. Tukey- Comparaciones múltiples para el pH

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: pH						
HSD Tukey						
(I) REPETICIONES	(J) REPETICIONES	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
BIODIGESTOR 1	BIODIGESTOR 2	,26750*	,10205	,031	,0202	,5148
	BIODIGESTOR 3	,15125	,10205	,309	-,0961	,3986
BIODIGESTOR 2	BIODIGESTOR 1	-,26750*	,10205	,031	-,5148	-,0202
	BIODIGESTOR 3	-,11625	,10205	,495	-,3636	,1311
BIODIGESTOR 3	BIODIGESTOR 1	-,15125	,10205	,309	-,3986	,0961
	BIODIGESTOR 2	,11625	,10205	,495	-,1311	,3636

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia, adaptado del SPSS 25(2020)

Prueba de hipótesis

**H1:** Existe alguna significancia entre el pH vs el biodigestor

**H0:** No existe alguna significancia entre el pH vs el biodigestor

Regla de decisión

**Sig. ≤ 0,05 Se rechaza la Ho, se acepta la H1.**

**Sig. > 0,05 Se acepta la Ho, se rechaza la H1**

## Resultado /discusión

La significancia de la prueba Tukey para los tratamientos donde el **p valor** es menor de 0,05 entonces el **H1**: Existe alguna significancia entre el pH vs el biodigestor.

## METANO

Tabla 16. Prueba de Normalidad para el metano

Pruebas de normalidad							
	REPETICIONE	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	S	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
METANO	BIODIGESTOR 1	,379	3	.	,765	3	,034
	BIODIGESTOS 2	,196	3	.	,996	3	,878
	BIODIGESTOR 3	,383	3	.	,754	3	,008

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia, adaptado del SPSS 25(2020)

## Prueba de hipótesis

**H1**: Los datos provienen de una distribución normal

**H0**: Los datos no provienen de una distribución normal

## Regla de decisión

sig > 0,05. Rechazamos la H0:

## Resultado /discusión

**P valor** menor de **0,05** entonces aceptamos la **H0** Los datos no provienen de una distribución normal.



Tabla 17. Chi cuadrado- para el metano

<b>Pruebas de chi-cuadrado</b>			
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	18,000 <sup>a</sup>	16	,324
Razón de verosimilitud	19,775	16	,231
Asociación lineal por lineal	,940	1	,332
N de casos válidos	9		
a. 27 casillas (100,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,33.			

Fuente: Elaboración propia, adaptado del SPSS 25(2020)

#### Prueba de hipótesis

**H1:** En una relación de 1:1 de agua y heces fecales comunitarias rurales permiten generar metano como energía calorífica en Marco -Jauja 2020.

**H0:** En una relación de 1:1 de agua y heces fecales comunitarias rurales no permiten generar metano como energía calorífica en Marco -Jauja 2020.

#### Regla de decisión

**Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la Ho, se acepta la H1.**

**Sig.  $>$  0,05 Se acepta la Ho, se rechaza la H1.**

#### Resultado /discusión

**P valor** mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H0:** En una relación de 1:1 de agua y heces fecales comunitarias rurales no permiten generar metano como energía calorífica en Marco - Jauja 2020.

Tabla 18. Tukey- Comparaciones múltiples para el metano

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: METANO						
HSD Tukey						
(I) REPETICIONES	(J) REPETICIONES	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
BIODIGESTOR 1	BIODIGESTOS 2	,337	,761	,899	-2,00	2,67
	BIODIGESTOR 3	,680	,761	,663	-1,65	3,01
BIODIGESTOS 2	BIODIGESTOR 1	-,337	,761	,899	-2,67	2,00
	BIODIGESTOR 3	,343	,761	,896	-1,99	2,68
BIODIGESTOR 3	BIODIGESTOR 1	-,680	,761	,663	-3,01	1,65
	BIODIGESTOS 2	-,343	,761	,896	-2,68	1,99

Fuente: Elaboración propia, adaptado del SPSS 25(2020)

### Prueba de hipótesis

**H1:** Existe alguna significancia entre el metano vs el biodigestor

**H0:** No existe alguna significancia entre el metano vs el biodigestor

### Regla de decisión

**Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la Ho, se acepta la H1.**

**Sig.  $>$  0,05 Se acepta la Ho, se rechaza la H1**

### Resultado /discusión

La significancia de la prueba Tukey para los tratamientos donde el **p valor** es mayor de 0,05 entonces el **H0:** No existe alguna significancia entre el metano vs el biodigestor

## DIOXIDO DE CARBONO

Tabla 19. Prueba de Normalidad para el dióxido de carbono

Pruebas de normalidad							
	REPETICIONES	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DIOXIDO DE CARBONO	BIODIGESTOR 1	,379	3	.	,764	3	,032
	BIODIGESTOS 2	,232	3	.	,980	3	,726
	BIODIGESTOR 3	,363	3	.	,802	3	,120

a. Corrección de significación de Lilliefors

### Prueba de hipótesis

**H1:** Los datos provienen de una distribución normal

**H0:** Los datos no provienen de una distribución normal

### Regla de decisión

sig > 0,05. Rechazamos la H0:

### Resultado /discusión

**P valor** mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H1** Los datos provienen de una distribución normal.

Tabla 20. ANOVA- para el dióxido de carbono

ANOVA					
DIOXIDO DE CARBONO					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4,850	2	2,425	3,749	,088
Dentro de grupos	3,882	6	,647		
Total	8,732	8			

### Prueba de hipótesis

**H1:** Las características del metano (Dióxido de carbono) generadas por las heces fecales comunitaria rurales permiten la energía calorífica en Marco- Jauja 2020.

**H0:** Las características del metano (Dióxido de carbono) generadas por las heces fecales comunitaria rurales no permiten la energía calorífica en Marco- Jauja 2020.

### Regla de decisión

**Sig.  $\leq 0,05$  Se rechaza la Ho, se acepta la H1.**

**Sig.  $> 0,05$  Se acepta la Ho, se rechaza la H1**

### Resultado /discusión

**P valor** mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H0:** Las características del metano (Dióxido de carbono) generadas por las heces fecales comunitaria rurales no permiten la energía calorífica en Marco- Jauja 2020.

Tabla 21.Comparaciones multiples para el dióxido de carbono

<b>Comparaciones múltiples</b>						
Variable dependiente: DIOXIDO DE CARBONO						
HSD Tukey						
(I) REPETICIONES	(J) REPETICIONES	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
BIODIGESTOR 1	BIODIGESTOS 2	-,963	,657	,369	-2,98	1,05
	BIODIGESTOR 3	-1,797	,657	,076	-3,81	,22
BIODIGESTOS 2	BIODIGESTOR 1	,963	,657	,369	-1,05	2,98
	BIODIGESTOR 3	-,833	,657	,461	-2,85	1,18
BIODIGESTOR 3	BIODIGESTOR 1	1,797	,657	,076	-,22	3,81
	BIODIGESTOS 2	,833	,657	,461	-1,18	2,85

### Prueba de hipótesis

**H1:** Existe alguna significancia entre el dióxido de carbono vs el biodigestor

**H0:** No existe alguna significancia entre el dióxido de carbono vs el biodigestor

### Regla de decisión

**Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la Ho, se acepta la H1.**

**Sig.  $>$  0,05 Se acepta la Ho, se rechaza la H1**

### Resultado /discusión

La significancia de la prueba Tukey para los tratamientos donde el **p valor** es mayor de 0,05 entonces el **H0:** No existe alguna significancia entre el dióxido de carbono vs el biodigestor

## V. DISCUSIÓN

La investigación permitió evaluar la calidad de composición del biogás, proveniente de las heces humanas, contribuyendo a los problemas ambientales derivados del saneamiento rural de esta manera a mitigar el impacto ambiental, a través de una valorización de los desechos, enmarcado dentro de la economía circular.

En la investigación realizada para la obtención de metano utilizando heces fecales donde la proporción de carga fue de 1:1, 1:2, 1:3 en un tiempo de 30 días, obteniendo el 54.7%, 55.3%,56.0% de metano, durante dicho periodo se evaluó la temperatura que fue de 22.4 °C a 46°C B1, 22.4°C a 43.1 B2 y 22.4°C a 38.3°C B3 y el pH del B1 fue de (pH<sub>inicial</sub>:7.03 y pH<sub>final</sub>:7,19); B2( pH<sub>inicial</sub>:6.59 y pH<sub>final</sub>:6.69); B3 (pH<sub>inicial</sub>:7.01 y pH<sub>final</sub>:6,7), comparando con Duan et al., (2020) en su investigación obtuvo un 68,4% de metano del B1 a temperatura que oscilo de 25°C a 42°C con un tiempo de 28 días sobre las excretas con una relación 1:2 consecuentemente García et al., (2015) en su metodología en 28 días calendario evaluaron el potencial hidrogeno, la temperatura y la producción de gas metano ya que en su pH inicial obtuvo y su pH final 7.2 el cual se encontró en el rango establecido por dicho autor, a una temperatura interna de 37°C y en la producción de metano fue de 0,520m<sup>3</sup>. Así mismo Xiaoa et al (2018) obtuvo energía eficiente de 40,85% el cual sin tratamiento obtuvo metano de 26.2% y con pretratamiento 35.98%.

Tras al exhaustivo análisis realizado a través de la obtención de metano utilizando heces fecales proporción de carga fue de 1:1, 1:2, 1:3 en un tiempo de 30 días, obteniendo el 54.7%, 55.3%,56.0% de metano, durante dicho periodo se evaluó la temperatura que fue de 22.4 °C a 46°C B1, 22.4°C a 43.1 B2 y 22.4°C a 38.3°C B3 y el pH del B1 fue de (pH<sub>inicial</sub>:7.03 y pH<sub>final</sub>:7,19); B2( pH<sub>inicial</sub>:6.59 y pH<sub>final</sub>:6.69); B3 (pH<sub>inicial</sub>:7.01 y pH<sub>final</sub>:6,7), comparando YONG SUN et al.,(2016), en su investigación mejoran la evolución del biogás a partir de la biomasa con un tiempo en 30 días siendo así los reactores permiten establecer el 55% de metano a una temperatura de 37°C utilizaron excremento humano con añadidos de basura doméstica y lodo de fosas funcionando de una manera estable, concluyendo que la planta de digestión anaeróbica a escala real para el tratamiento de excretas humanas, lodos y basura doméstica a demostrado que funciona de manera

estable. Así mismo fue comparado con Muralidharan.A (2017), mostro que las heces fecales comunitarias obtuvieron 0,02m<sup>3</sup>- 0.028m<sup>3</sup> de metano del biogás.

En sus mediciones de las características del metano los análisis realizados con el desplazamiento de Co<sub>2</sub> con soluciones alcalina los resultados obtenidos promedios de cada biodigestor fueron B1(56.7%), B2(55.3%), B3(56.0%) de CH<sub>4</sub>, B1(43.3%) B2(44.7%), B3(44.0%) de CO<sub>2</sub>, comparando con Linares et al., (2017) obtuvo un 70% de metano , 15% dióxido de carbono. Así mismo Gonzales et al., 2015 que de los tres biodigestores el más eficiente fue el B1(1:2) que obtuvo 60% de CH<sub>4</sub>.

En la investigación realizada para la obtención de metano utilizando heces fecales donde la proporción de carga fue de 1:1, 1:2, 1:3 en un tiempo de 30 días, obteniendo el 54.7%, 55.3%,56.0% de metano, durante dicho periodo se evaluó la temperatura que fue de 22.4 °C a 46°C B1, 22.4°C a 43.1 B2 y 22.4°C a 38.3°C B3 y el pH del B1 fue de (pH<sub>inicial</sub>:7.03 y pH<sub>final</sub>:7,19); B2( pH<sub>inicial</sub>:6.59 y pH<sub>final</sub>:6.69); B3 (pH<sub>inicial</sub>:7.01 y pH<sub>final</sub>:6,7), comparando con Alves et al., (2018) tuvieron objetivo de evaluar el potencial energético del biogás del lodo fecal ya que hicieron el uso de 3 biodigestores evaluaron sus características físicas iniciales y durante 30 días evaluaron el pH obteniendo del B1(pH<sub>inicial</sub>:7.5pH<sub>final</sub>:8);B2(, pH<sub>inicial</sub>:7.8 pH<sub>final</sub>: 8.1) y B3(pH inicial : 7,5 y pH<sub>final</sub>:7,8) así mismo obtuvieron metano del B1(0.027), B2(0.128), B3(0,003); el potencial energético fue B1(57.71%), B2(42,12%), B3(18,84%). Así mismo Plugge,2017 obtuvo entre 50% a 75% de CH<sub>4</sub> y dióxido de carbono 25% a 50% producido de la materia orgánica que se descompone por microorganismos en el proceso de digestión anaeróbica produce 55 a 77kWh.

Para afirmar lo mencionado, se realizó la obtención de metano de tres biodigestor con heces fecales donde la proporción de la carga realizada fue de 1:1,1:2 y 1:3 en un tiempo de 30 días obteniendo 54.7%, 55.3%,56.0% de metano; durante dicho periodo se evaluó la temperatura que fue de 22.4 °C a 46°C B1, 22.4°C a 43.1 B2 y 22.4°C a 38.3°C B3 y el pH del B1 fue de (pH<sub>inicial</sub>:7.03 y pH<sub>final</sub>:7,19); B2( pH<sub>inicial</sub>:6.59 y pH<sub>final</sub>:6.69); B3 (pH<sub>inicial</sub>:7.01 y pH<sub>final</sub>:6,7), comparando con Tewelde, (2018), en su investigación obtuvo entre un 60 % - 70 % de metano a una temperatura que oscilo entre 26 °C – 35 °C con un tiempo de 15 días, sobre la base de estiércol de vaca y cascara de plátano y mango con una relación de carga orgánica y agua de 1:10. Así mismo (MEJIA, y otros, 2019), en su investigación

evaluó la mezcla de los residuos semisólidos en diferentes proporciones como estiércol bovino de 540 kg/sem, estiércol de porcino de 206 kg/sem y rumen 720 kg/sem, donde el pH inicial presentó tendencia acida 5.36, a los 30 días rango óptimo fue 6.6 - 7.9; se demuestra que se obtiene mayor calidad de biogás a una temperatura alta, con menor tiempo y con residuos eficientes como estiércol de animales y con rango óptimo de pH en cual en comparación con los resultados obtenidos en esta investigación no es favorable la obtención del biogás debido a los factores climáticos.

En la investigación demostró que para la obtención de metano se utilizó heces fecales donde la proporción de carga fue de 1:1, 1:2, 1:3 en un tiempo de 30 días, obteniendo el 54.7%, 55.3%,56.0% de metano, durante dicho periodo se evaluó la temperatura que fue de 22.4 °C a 46°C B1, 22.4°C a 43.1 B2 y 22.4°C a 38.3°C B3 y el pH del B1 fue de (pH<sub>inicial</sub>:7.03 y pH<sub>final</sub>:7,19); B2( pH<sub>inicial</sub>:6.59 y pH<sub>final</sub>:6.69); B3 (pH<sub>inicial</sub>:7.01 y pH<sub>final</sub>:6,7), comparando Bao et al., (2019) evaluó la producción del biodigestor el cual obtuvieron 39.7%,36,2 y 40.1% de metano de los tres biodigestores, concluyendo que podrían alcanzar un nivel entre 201 y 259 utilizando el mecanismos de eco compensación de las energías renovables. Así mismo Fengsen et al., (2017) obtuvo metano de 58,5% haciendo el uso de un catalizador de 10% lo que pueda atribuirse debido debido a la reducción de tamaño.



## VI. CONCLUSIONES

En la presente investigación se ha alcanzado los objetivos planteados inicialmente, donde se concluye que se logra la obtención de metano utilizando las heces fecales comunitarias rurales en la generación de energía calorífica.

Dentro de las características fisicoquímicas de las heces Fecales comunitarias rurales, se obtuvo 60.09% de humedad, 74.54cmg/l de Sólidos Volátil, 9.72 % de Cenizas, 37.84 % de Carbono, 10 235.48 Kcal/kg de Poder calorífico, 7 unidades de pH, 24°C en Temperatura, 521 us/cm en Conductividad eléctrica, 125 mv en Potencial redox, 1.892 mg/l en Carbono/orgánico, 19.6 mg/l en Nitrógeno, 37.8% en Materia orgánica, 0.965 Carbono/ Nitrógeno.

La relación planteada entre la mezcla de agua y heces fecales comunitarias rurales de 1:1, no se obtuvo porcentajes de mayor diferencia entre los tres biodigestores permitiendo lograr la generación promedio de 56.7% de metano como energía calorífica, en beneficio de las poblaciones rurales ejerciendo el aprovechamiento en gran escala de la técnica de los biodigestores.

Dentro de las características del metano generado por las heces fecales comunitarias rurales para la energía calorífica, se obtuvo 56.7%,55.3%, 56.0% de metano, 43.3%, 44.7%, 44.0% de CO<sub>2</sub>, siendo estos valores importantes para la combustión bioenergética.

## VII. RECOMENDACIONES

Para obtener mayor cantidad de metano es necesario emplear mayor tiempo de formación manteniendo una temperatura de 20 a 35 °C. Ya que, la temperatura es fundamental en el proceso y el tiempo en dicha obtención.

Extender los estudios expuestos en la presente investigación proponiendo el aprovechamiento de diversos residuos sólidos que tengan alto poder calorífico.

Esta investigación se basó en la propuesta de tres relaciones entre la mezcla de agua y heces fecales comunitarias rurales, se sugiere plantear nuevas relaciones de mezcla, a fin de evaluar la obtención de mejor resultados enfocados en la contención de alto poder calorífico.

Para obtener un metano se recomienda utilizar equipos más sofisticados, así mismo analizar el parámetro del Sulfuro de Hidrógeno ( $H_2S$ ) y el Monóxido de Carbono (CO) para conocer la posibilidad de contaminación que puedan generar al ambiente.

Este estudio planteó un sistema de tratamiento para un biodigestor de 0.7 m<sup>3</sup> de volumen, compuesto por una presión interna de 25 PSI, durante 30 días alcanzando temperaturas desde 20 a 45°C donde se obtuvo 56.7% de metano como energía calorífica, por lo cual se recomienda ejercer el tratamiento por más días a fin de obtener metano en grandes proporciones. Asimismo, plantear diversos sistemas de tratamiento, teniendo en consideración la capacidad de volumen del biodigestor proyectado

## REFERENCIAS

ALVES, Aline; MAMBELI, Aline; TIAGO, Geraldo; SILVA, Santos, MARTUSCELLI, Eruin; 2018. Analysis of biogas produced by the anaerobic digestion of sludge generated at wastewater treatment plants in the South of Minas Gerais, Brazil as a potential energy source. *Sustainable Cities and Society* [en línea]. Brazil: Vol. 41 [Consulta: octubre de 2019], pp. 139-153. DOI: [10.1016/j.scs.2018.04.035](https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.04.035). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221067071830221X>

ANDRIANI, Dian; WRESTA, ARINI; SAEPUDIN, Aep; PRAWARA, Budi, 2015. A Review of Recycling of Human Excreta to Energy through Biogas Generation: Indonesia Case. *Energy Procedia* [en línea]. Indonesia: Vol. 68 [Consulta: octubre de 2019], pp. 219-225. DOI: [10.1016/j.egypro.2015.03.250](https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.03.250). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215005561>

AVALOS, Veli. 2012. Energías Renovables y las oportunidades del Biogás en Chile. Seminario Energías Renovables para el Sector Agroalimentario: Las oportunidades del biogás. Santiago, Chile. Ministerio de Energía,

BAKONYI, Péter, DHARMARAJA, Jeyaprakash; SHOBANA, Sutha; KOOK, Tamas, 2019. Leachate valorization in anaerobic biosystems: Towards the realization of waste-to-energy concept via biohydrogen, biogas and bioelectrochemical processes. *International Journal of Hydrogen Energy*. [en línea]. Hungary: Vol. 44 [consulta: octubre de 2019], pp. 17278-17296. DOI: [10.1016/j.ijhydene.2019.02.028](https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.02.028). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319919305774>

BAO, Weiqing; YANG, Yang; FU, Tongcheng; XIE, Guang, 2019. Estimation of livestock excrement and its biogas production potential in China. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. China : Vol 229 [consulta: octubre de 2019], pp. 1158-1166. DOI: [10.1016/j.jclepro.2019.05.059](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.059). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619315756>

Campos, Elena; XAVIER, Elias ; FLOTATS, Xavier, 2013. Procesos Biológicos: La Digestión Anaerobia y el Compostaje. Madrid : Ediciones Diaz de Santos, 2013. .Disponible en:

<https://www.editdiazdesantos.com/libros/elias-biomasa-y-bioenergia-L27001240106.html?articulo=27001240106>

Carrasco Diaz, Sergio, 2009. Metodología de la investigación científica. Edit. San Marcos. Lima. [consulta: octubre de 2019], pp 282-339

ISBN :9972-34-242-5

CASTELLS, Xavier, 2012. Biomasa y Bioenergía. Madrid : Energía, Medioambiente, Tratamiento de Residuos, 2012. Disponible en : <https://www.editdiazdesantos.com/libros/elias-biomasa-y-bioenergia-L27001240106.html?articulo=27001240106>

CHAO,Xiao,LIAO,Qiang;FU,Qian,HUANG,Yun;SHEN,Weifeng;CHEN,Hao;ZHU,Xun, 2019. Exergy analyses of biogas production from microalgae biomass via anaerobic digestion. Bioresource Technology. [en línea]. China: Vol. 289 [consulta: octubre de 2019], pp. 121709. DOI: [10.1016/j.biortech.2019.121709](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121709). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852419309393>

DAHUNSI, S.O;DAHUNSI,Adesulu;OSUEKE,C.O;LAWAL,A.L;OJEDIRAN,J.O, 2019. Biogas generation from sorghum bicolor stalk: effect of pretreatment methods and economic feasibility. Energy Reports [en línea].Vietnam: Vol 5 [consulta: octubre de 2019], pp. 584-593. DOI: [10.1016/j.egy.2019.04.002](https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.04.002). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484719300307>

ELIAS, Xavier; 2012. Energía, Agua ,Medioambiente, Territorialidad y Sostenibilidad.Diaz de Santos. [en línea]. Madrid:Vol35[consulta: noviembre de 2019], pp. 742-756. Disponible en: <https://www.editdiazdesantos.com/libros/elias-biomasa-y-bioenergia-L27001240106.html?articulo=27001240106>

ETSAY HAFTU, Kelebe,2017. Determinants for adoption decision of small-scale biogas technology by rural households in Tigray, Ethiopia. Energy Economics. [en línea]. Ethiopia: Vol. 66 [consulta: octubre de 2019], pp. 272-278. DOI: [10.1016/j.eneco.2017.06.022](https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.06.022). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988317302165>

FAZALA, Tahir, 2019. Simultaneous production of bioelectricity and biogas from chicken dropping and dairy industry wastewater employing bioelectrochemical system. *Fuel* [en línea]. Pakistán: Vol 256 [consulta: octubre de 2019], pp. 115902. DOI: 10.1016/j.fuel.2019.115902. Disponible en : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236119312542>

FENGSEN, Zhu, et al., 2017. Plasma-catalytic reforming of CO<sub>2</sub>-rich biogas over Ni/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts in a rotating gliding arc reactor. *Fuel* [en línea]. UK: Vol. 199 [consulta: octubre de 2019], pp. 430-437. DOI: [10.1016/j.fuel.2017.02.082](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001623611730234X). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001623611730234X>

GARCIA-GALINDO, Olivia et al. Evaluación de fuentes de materia orgánica fecal como inóculo en la producción de metano. *Tecnol. cienc. agua* [online]. 2015, vol.6, n.2 [citado 2020-06-22], pp.35-49. Disponible en: <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S200724222015000200003&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200724222015000200003&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 2007-2422.

GONZÁLES-SANCHEZ, María, 2015. Residuos agroindustriales con potencial para la producción de metano mediante la digestión anaerobia. *Revista Argentina de Microbiología* [en línea]. Argentina: Vol. 47 [consulta: octubre de 2019], pp. 229-235. DOI: [10.1016/j.ram.2015.05.003](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754115000826). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754115000826>

GUEVARA, A. 1996. Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores anaeróbicos rurales. Producción de gas y saneamiento de efluentes. Lima, Perú. 80 p.

HERNANDEZ, Roberto, 2014. En metodología de la investigación. [consulta: octubre de 2019], pp.176

HERNANDEZ, Sampiere, 2014. Metodología de la Investigación. México D.F: Mcgraw-hill / INTERAMERICANA EDITORES, S.S DE C.V, 2014. ISBN:978-607150291-9  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036054421400146>

HURTADO COTILLO, Mario; PICASSO, Gino y SUN-KOU, Rosario. Catalizadores basados en Ni xFe<sub>1-x</sub>O<sub>4</sub> para la deshidrogenación oxidativa del etano a etileno. *Rev. Soc. Quím.*

Perú [online]. 2017, vol.83, n.1 [citado 2019-10-10], pp.91-105. ISSN 1810-634X. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2017000100009](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2017000100009)

KOZLOWSKI, Kamil, 2019. Energetic and economic analysis plant with usigge the dairy industry waste. Energy [en línea]. Polonia: Vol 69[consulta: octubre de 2019], pp. 34-38. DOI : 10.1016/j.energy.2014.02.013. Disponible en :

LINARES-LUJAN, Guillermo, ECHEVARRIA, Carlos y CESPEDES, Tatiana, 2017. Potencial energético de la zona rural del Departamento de La Libertad (Perú) producido por biogás obtenido de excretas humanas. Tecnología en Marcha [en línea]. Perú: Vol. 30, N°4 [consulta: octubre de 2019], pp. 108-177. ISSN 0379-3982. DOI: 10.18845/tm.v30i4.3415. Disponible en: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0379-39822017000400108&lng=en&nrm=iso&tlng=es](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0379-39822017000400108&lng=en&nrm=iso&tlng=es).

LÓPEZ, O., FOIDL, G., FOIDL, N. 2008. Proyecto Biomasa. Universidad Nacional de Ingeniería, Departamento de Biomasa, Managua, Nicaragua. Sucher & Holzer, Austria. 51 p.

MURALIDHARAN, Arunaachalam, 2017. Feasibility, health and economic impact of generating biogas from human excreta for the state of Tamil Nadu, India. Renewable and Sustainable Energy Reviews. [en línea]. Germany: Vol. 69 [consulta: octubre de 2019], pp. 59-64. DOI: [10.1016/j.rser.2016.11.139](https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.139). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032116308899>

PIMENTEL, D., BURGESS, M, 2018. World Human Population Problems. Encyclopedia of the Anthropocene [en línea]. USA: Vol. 4 [Consulta: octubre de 2019], pp. 313-317. DOI: [10.1016/B978-0-12-809665-9.09303-4](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.09303-4). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128096659093034>

S.O., Dahunsi, et al., 2019. Biogas generation from Sorghum bicolor stalk: Effect of pretreatment methods and economic feasibility. Energy Reports [en línea]. Nigeria: Vol. 5 [consulta: octubre de 2019], pp. 584-593. DOI: [10.1016/j.egy.2019.04.002](https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.04.002). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484719300307>

TAHIR, Fazal, 2019. Simultaneous production of bioelectricity and biogas from chicken droppings and dairy industry wastewater employing bioelectrochemical system. Fuel [en línea]. Pakistán: Vol. 256 [consulta: octubre de 2019], pp. 115902. DOI: [10.1016/j.fuel.2019.115902](https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.115902). Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236119312542>

VERA-ROMERO, Iván, 2015. Potencial de generación de biogás y energía eléctrica. Parte I: excretas de ganado bovino y porcino. Ingeniería, Investigación y Tecnología [en línea]. México: Vol. 15, N°3 [consulta: octubre de 2019], pp. 529-436. DOI: [10.1016/S1405-7743\(14\)70352-X](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(14)70352-X). Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S140577431470352X>

VERA-ROMERO, Iván, 2015. Potencial de generación de biogás y energía eléctrica. Parte II: residuos sólidos urbanos. Ingeniería, Investigación y Tecnología [en línea]. México: Vol. 16, N°3 [consulta: octubre de 2019], pp. 471-478. DOI: [10.1016/j.riit.2015.05.012](https://doi.org/10.1016/j.riit.2015.05.012). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S140577431500030X>

WASAJJA, Henry;LINDEBOOM,Ralph; LIER,Jules, 2020. Techno-economic review of biogas cleaning technologies for small scale off-grid solid oxide fuel cell applications. Fuel Processing Technology [en línea]. Netherlands: Vol. 197 [consulta: octubre de 2019], pp. 106215. DOI: [10.1016/j.fuproc.2019.106215](https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2019.106215). Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378382019310227>

WEIQING, Bao, et al., 2019. Estimation of livestock excrement and its biogas production potential in China. Journal of Cleaner Production. [en línea]. China: Vol. 229 [consulta: octubre de 2019], pp. 1158-1166. DOI: [10.1016/j.jclepro.2019.05.059](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.059). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619315756>

XIAO, Chao et al., 2019. Exergy analyses of biogas production from microalgae biomass via anaerobic digestion. Bioresource technology [en línea]. China: Vol289[consulta: octubre de 2019], pp. 121709. DOI: [10.1016/j.biortech.2019.121709](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121709). Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852419309393>

YONG SUN, Zhao; LIU, Kai; TAN, Li; Qin, Yue; KIDA, Kenji, 2016. Development of an efficient anaerobic co-digestion process for garbage, excreta, and septic tank sludge to create a resource recycling-oriented society. *Waste Management* [en línea]. Japan: Vol. 61 [consulta: octubre de 2019], pp. 188-194. DOI: 10.1016/j.wasman.2016.11.021. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X16306808>

YUAN, Tian, 2019. A novel anaerobic digestion system coupling biogas recirculation with MgCl<sub>2</sub> addition for multipurpose sewage sludge treatment. *Journal of Cleaner Production*. [en línea]. Japan: Vol. 230 [consulta: octubre de 2019], pp. 499-507. DOI: [10.1016/j.jclepro.2019.05.124](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.124). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619316506>

ZHAO-YONG, Sun; LIU, Kai; TAN, Li; QIN, Yue, 2017. Development of an efficient anaerobic co-digestion process for garbage, excreta, and septic tank sludge to create a resource recycling-oriented society. *Waste Management*. [en línea]. China: Vol. 61 [consulta: octubre de 2019], pp. 188-194. DOI: 10.1016/j.wasman.2016.11.021. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X16306808>.

COLÓN, J., FORBIS-STOKES, A.A. y DESHUSSES, M.A., 2015. Anaerobic digestion of undiluted simulant human excreta for sanitation and energy recovery in less-developed countries. *Energy for Sustainable Development* [en línea], vol. 29, pp. 57-64. ISSN 0973-0826. DOI <https://doi.org/10.1016/j.esd.2015.09.005>. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082615000939>.

GRAHAM, J.P. y POLIZZOTTO, M.L., 2013. Pit latrines and their impacts on groundwater quality: A systematic review. *Environmental Health Perspectives*, vol. 121, no. 5, pp. 521-530. ISSN 00916765. DOI 10.1289/ehp.1206028.

MCNICOL, G., JELIAZOVSKI, J., FRANÇOIS, J.J., KRAMER, S. y RYALS, R., 2020. Climate change mitigation potential in sanitation via off-site composting of human waste. *Nature Climate Change*, vol. 10, no. 6, pp. 545-549. ISSN 17586798. DOI 10.1038/s41558-020-0782-4.



Kabir, M. M., Forgács, G., & Sárvári Horváth, I. (2015). Biogas from Lignocellulosic Materials. *Biofuel and Biorefinery Technologies*, . pp.207–251. doi:10.1007/978-3-319-14033-9\_6

Luthra, S., Kumar, S., Garg, D. y Haleem, A. (2015). *Barreras a la adopción de tecnologías de energía renovable / sostenible: perspectiva india*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 762–776. doi: 10.1016 / j.rser.2014.08.077

KIM, Jaai, KIM, Jinsu y LEE, C., 2019. Anaerobic co-digestion of food waste, human feces, and toilet paper: Methane potential and synergistic effect. *Fuel* [en línea], vol. 248, no. February, pp. 189-195. ISSN 00162361. DOI 10.1016/j.fuel.2019.03.081. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.03.081>.

VENEGAS, J., RAJ, D. y PINTO, R. Biogas, la energía renovable para el desarrollo de granjas porcícolas en el estado de Chiapas. [En línea], vol.34. 2019. [Fecha de consulta: 01 de junio de 2019.] [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s2448-6655201900100169&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s2448-6655201900100169&lng=es&nrm=iso). 2448-6655.

PIMENTEL, D., BURGESS, M, 2018. World Human Population Problems. *Encyclopedia of the Anthropocene* [en línea]. USA: Vol. 4 [Consulta: octubre de 2019], pp. 313-317. DOI: 10.1016/B978-0-12-809665-9.09303-4. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128096659093034>

## ANEXOS

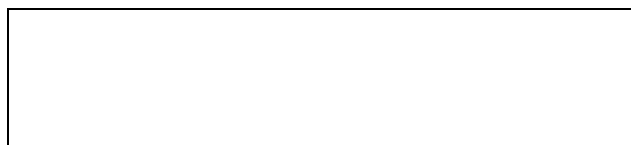
- Anexo 1. Declaratoria de autenticidad

### DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Chirinos Huaranga, Greta Roxana, identificada con DNI N° 75672614 en cumplimiento con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, de la escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como información aportada, por la cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.



Chirinos Huaranga, Greta Roxana

- Anexo 2. Declaratoria de autenticidad

- Anexo 3. Matriz de operacionalización de variables

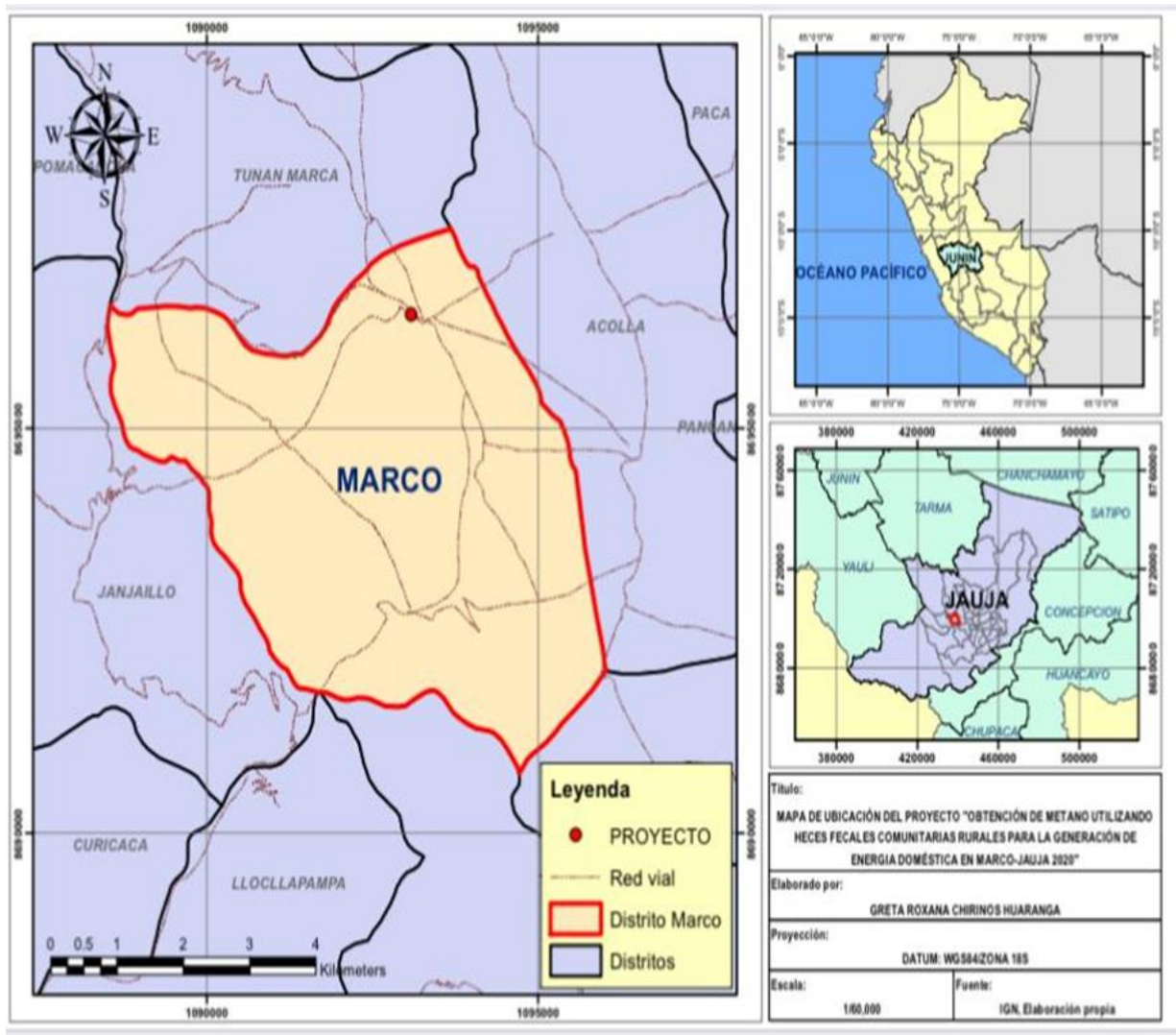
VARIABLE		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN / UNIDADES
INDEPENDIENTE	Heces fecales comunitarias rurales	Las heces son excrementos desechos corporales sólidos descargados del intestino grueso a través del ano durante una defecación. Los elementos principales en las heces como porcentaje del peso húmedo son oxígeno 74%, hidrógeno 10%, carbono 5% y nitrógeno 0.7% (ROSE et al., 2015).	Las heces fecales fueron caracterizadas físicas, químicas. Luego de ello, se trabajaron diferentes proporciones (agua/ heces).	Características fisicoquímicas de las heces fecales	Humedad	%
					Sólidos Volátiles	%
					Cenizas	%
					Carbono	%
					Poder calorífico	Kcal/ Kg
					pH	Acido / Base
					Temperatura	°C
					Conductividad eléctrica	µS/Cm
					Potencial redox	mv
					Carbono/orgánico	%
					Nitrógeno	%
				Materia orgánica	%	
Carbono/ Nitrógeno	C/N					
Proporción (Agua/Heces)	1:1, 1:2 y 1:3	L/Kg				
DEPENDIENTE	Obtención de metano como energía calorífica	El metano es el principal constituyente del biogás puede producirse hasta 70%, es el componente energético útil y del contenido de este depende el valor combustible de biogás (FENGSEN et al., 2017).	Mediante el biodigestor se generó el metano cuyas muestras fueron evaluadas para su caracterización del metano.	Características del Metano	Metano(CH <sub>4</sub> )	%
					Dióxido de carbono(CO <sub>2</sub> )	%

<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>
¿Cuál será la obtención del metano de las heces fecales comunitarias rurales para la generación de energía calorífica en Marco – Jauja, 2020?	Determinar la obtención de metano utilizando las heces fecales comunitarias rurales en la generación de energía calorífica en Marco- Jauja 2020	La obtención de metano utilizando las heces fecales comunitarias rurales influirá en la generación de energía calorífica en Marco- Jauja 2020
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</b>
<p>¿Cuáles son las características fisicoquímicas de las heces fecales comunitarias rurales para la obtención de metano como energía calorífica en Marco – Jauja, 2020?</p> <p>¿Cuál es la proporción (agua/heces) adecuada para la obtención de metano como energía calorífica en Marco – Jauja, 2020?</p> <p>¿Cuáles son las características de metano generadas por las heces fecales comunitarias rurales para la energía calorífica en Marco – Jauja, 2020?</p>	<p>Determinar las características fisicoquímicas de las heces Fecales comunitarias rurales en la obtención del metano para energía calorífica en Marco – Jauja 2020</p> <p>Establecer la relación entre la mezcla de agua y las heces fecales comunitarias rurales para generar metano como energía calorífica en Marco-Jauja 2020.</p> <p>Determinar las características del metano generado por las heces fecales comunitarias rurales para la energía calorífica en Marco – Jauja, 2020?</p>	<p>Las características fisicoquímicas de las heces fecales comunitaria rurales permiten generar metano como energía calorífica en Marco- Jauja 2020.</p> <p>En una relación de 1:1 de agua y heces fecales comunitarias rurales permiten generar metano como energía calorífica en Marco -Jauja 2020.</p> <p>Las características del metano generadas por las heces fecales comunitaria rurales permiten la energía calorífica en Marco- Jauja 2020.</p>

- Anexo 4. Georreferenciación de la muestra

CODIGO	ÁREA DE LA MUESTRA	COORDENADA UTM- WGS
HF-MJ	30m <sup>2</sup>	X: -11°44.729'S Y: -75°33.564'W

- Anexo 5. Mapa del punto del recojo de las heces fecales



- Anexo 6. Validación de los instrumentos

A. Validación por criterio del experto 1.



**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

11. Apellidos y Nombres:... Cabrera Carranza Carlos Francisco .....
12. Cargo e institución donde labora:... Docente de la UCV.....
13. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
14. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato De Registro De Datos En Campo N°1
15. Autor(A) de Instrumento: Greta Roxana Chirinos Huaranga

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**2. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-----

**3. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

90 %

Lima, 26 de Junio del 2020

Dr. Carlos F. Cabrera Carranza  
C/P. 46572

DNI. 17402784

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

11. Apellidos y Nombres: ... Cabrera Carranza Carlos Francisco .....
12. Cargo e institución donde labora: ... Docente de la UCV.....
13. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
14. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato De Registro De Análisis De Laboratorio N°2
15. Autor(A) de Instrumento: Greta Roxana Chirinos Huaranga

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACION	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### 2. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-----

### 3. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %
------

Lima, 26 de Junio del 2020

  
 Dr. Carlos F. Cabrera Carranza  
 CIP. 46572

DNI. 17402784



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

11. Apellidos y Nombres: ... Cabrera Carranza Carlos Francisco .....
12. Cargo e institución donde labora: ... Docente de la UCV .....
13. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
14. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato De Levantamiento En La Fase Experimental N°3
15. Autor(A) de Instrumento: Greta Roxana Chirinos Huaranga

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINTIAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

#### 2. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-----

#### 3. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %
------

Lima, 26 de Junio del 2020

  
 Dr. Carlos F. Cabrera Carranza  
 C/P. 46572

DNI. 17402784

## B. Validación por criterio del experto 2.



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

11. Apellidos y Nombres: Juan Julio Ordoñez Galvez.....
12. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV.....
13. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
14. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato De Registro De Datos En Campo N°1
15. Autor(A) de Instrumento: Greta Roxana Chirinos Huaranga

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

#### 2. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-----

#### 3. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %
------

Lima ..... del 2020

Asentamiento,  
  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 08447308

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I DATOS GENERALES

11. Apellidos y Nombres: ... Juan Julio Ordoñez Galvez .....
12. Cargo e institución donde labora: ... Docente de la UCV .....
13. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
14. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato De Registro De Análisis De Laboratorio N°2
15. Autor(A) de Instrumento: Greta Roxana Chairinos Huaranga

### II ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### 2. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-----

### 3. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %
------

Lima ..... del 2020

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez  
DNI: 08447308

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

11. Apellidos y Nombres: Juan Julio Ordoñez Galvez.....
12. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV.....
13. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
14. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato De Levantamiento En La Fase Experimental N°3
15. Autor(A) de Instrumento: Greta Roxana Chirinos Huaranga

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### 2. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-----

### 3. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %
------

Lima ..... del 2020

Atentamente,  
  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 08447308

### C. Validación por criterio del experto 3.



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ... Acosta Susnabar Eusterio Horacio .....
- 1.2. Cargo e institución donde labora: ... Docente de la UCV .....
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato De Registro De Datos En Campo N°1
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Greta Roxana Chirinos Huaranga

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACION	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### 2. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-----

### 3. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %
------

Lima, ..... del 2020

Dr. Eusterio Horacio Acosta Susnabar  
CIP N° 25480

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

11. Apellidos y Nombres: ... Acosta Susnabar Eusterio Horacio .....
12. Cargo e institución donde labora: ... Docente de la UCV .....
13. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
14. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato De Registro De Análisis De Laboratorio N°2
15. Autor(A) de Instrumento: Greta Roxana Chirinos Huaranga

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACION	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### 2. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-----

### 3. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %
------

Lima, ..... del 2020

  
 Dr. Eusterio Horacio Acosta Susnabar  
 CIP N° 25460

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

11. Apellidos y Nombres: ... Acosta Susnabar Eusterio Horacio .....
12. Cargo e institución donde labora: ... Docente de la UCV.....
13. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
14. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato De Levantamiento En La Fase Experimental N°3
15. Autor(A) de Instrumento: Greta Roxana Chirinos Huaranga

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

#### 2. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-----

#### 3. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %
------

Lima, ..... del 2020

  
 Dr. Eusterio Horacio Acosta Susnabar  
 CIP N° 25480

## Anexo 7. Jueces Expertos

<b>N°</b>	<b>EXPERTO</b>	<b>ESPECIALIDAD</b>
<b>01</b>	Cabrera Carranza Carlos Francisco	Ordenamiento y Gestión Ambiental
<b>02</b>	Ordoñez Galvez Juan Julio	Hidrólogo Ambiental
<b>03</b>	Acosta Susnabar Eusterio Horacio	Ingeniería Química

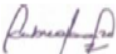
Fuente: Elaboración propia



## Anexo 8. Instrumentos de recolección de datos

### A. Formato de registro de datos en campo N°1

FORMATO DE REGISTRO DE DATOS EN CAMPO N°1								
<b>Título:</b> Obtención De Metano Utilizando Heces Fecales Comunitarias Rurales Para La Generación De Energía Calorífica En Marco – Jauja 2020								
<b>Línea de investigación:</b> Tratamiento y Gestión de los Residuos								
<b>Responsable:</b> Chirinos Huaranga, Greta Roxana								
<b>Asesor:</b> Dr. Jhonny Wilfredo Valverde Flores								
<b>Observación:</b>								
DATOS DE UBICACIÓN			LUGAR DEL PUNTO DE MUESTREO		DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA			
Departamento	Provincia	Distrito	Coordenadas		Temperatura	Fecha	Hora	Cantidad de Muestra

  
 Dr. Carlos F. Cabrera Carranza  
 CIP. 46572  
 DNI.17402784

Atestacionto.  
  
 John Julio Ortonel Galvez  
 DNI: 08447308

  
 Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnar  
 CIP N° 25490

B. Formato de registro de análisis de laboratorio N°2

FORMATO DE REGISTRO DE ANÁLISIS DE LABORATORIO N°2																
<b>Título:</b> Obtención De Metano Utilizando Heces Fecales Comunitarias Rurales Para La Generación De Energía Calorífica En Marco – Jauja 2020																
<b>Línea de investigación:</b> Tratamiento y Gestión de los Residuos																
<b>Responsable:</b> Chirinos Huaranga, Greta Roxana																
<b>Aesor:</b> Dr. Jhonny Wilfredo Valverde Flores																
<b>Observaciones:</b>																
CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LAS HECES FECALES														CARACTERÍSTICAS DEL METANO		
Descripción de muestra	Tipo	T°C	pH	CE (uS/cm)	Potencial Redox	Potencial Redox	Humedad (%)	Carbono (C)mg/l	Sólido Volátil (SV) mg/l	Cenizas (%)	Poder calorífico Kcal/g	Carbono orgánico (%)	Materia orgánica	C/N	Metano (CH <sub>4</sub> )	Óxido de carbono (CO <sub>2</sub> )

  
 Dr. Carlos F. Cabrera Carranza  
 CIP. 46572

DNI.17402784

  
 Dr. Jhonny Wilfredo Valverde Flores  
 DNI: 08417300

  
 Dr. Eusebio Horacio Acosta Suesnabar  
 CIP N° 25460

### C. Formato de levantamiento de fase experimental N°3

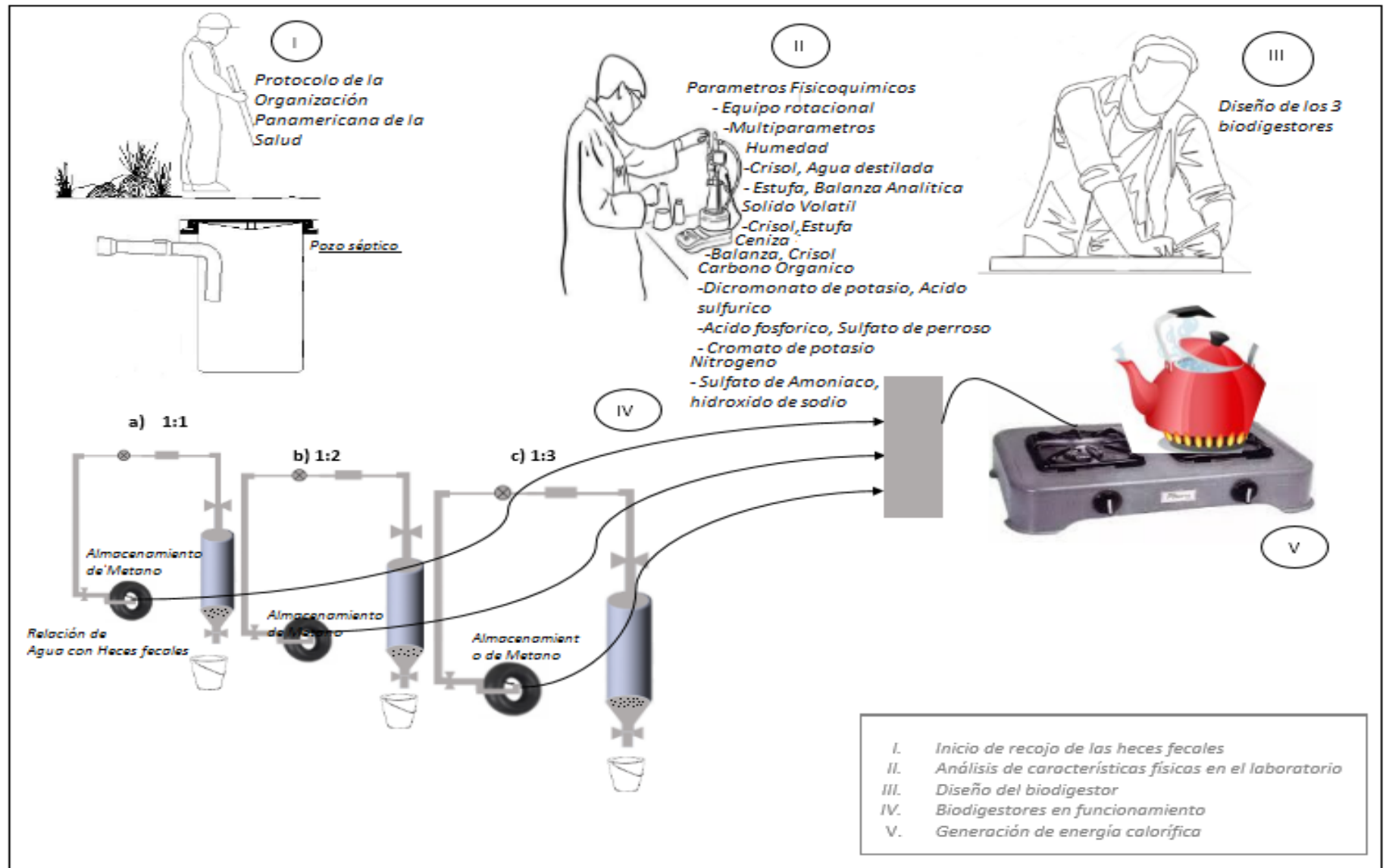
FORMATO DE LEVANTAMIENTO EN LA FASE EXPERIMENTAL N°3			
<b>Título:</b> Obtención De Metano Utilizando Heces Fecales Comunitarias Rurales Para La Generación De Energía Calorífica En Marco – Jauja 2020			
<b>Línea de investigación:</b> Tratamiento y Gestión de los Residuos			
<b>Responsable:</b> Chirinos Huaranga, Greta Roxana			
<b>Asesor:</b> Dr. Jhonny Wilfredo Valverde Flores			
<b>Observaciones:</b>			
Relación Agua/ Heces Fecales	Biodigestor 1	Biodigestor 2	Biodigestor 3
	1:1	1:2	1:3
Temperatura °C			
Tiempo del proceso			
Potencial hidrogeno (pH)			
Presión interna (PSI)			
Capacidad Calorífica			

  
 Dr. Carlos F. Cabrera Carranza  
 CIP. 46572  
 DNI. 17402784

  
 Juan Julio Chirinos Huaranga  
 DNI: 08447308

  
 Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasabar  
 CIP N° 25450

## Anexo 9. Diagrama de Procedimiento



Anexo 10. Punto de Muestreo



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

## Anexo 11. Protocolo de la Organización Panamericana de la Salud



### Procedimientos para la identificación de *Vibrio cholerae* en el laboratorio de microbiología 2010

#### **Agradecimiento**

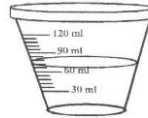
Estos procedimientos fueron elaborados siguiendo un protocolo original del Programa de Formación para la Lucha contra el Cólera y las Enfermedades (PROCED ALA/93/25), en Quito, Ecuador. La Organización Panamericana de la Salud agradece a esta institución la disponibilidad de los mismos.

### **TOMA Y ENVÍO DE MUESTRAS DE HECES PARA ESTUDIOS DIAGNÓSTICOS DE *V. cholerae***

El objetivo principal es el de mantener la viabilidad de las bacterias que se encuentran en la muestra y de procurar el buen manejo de la misma.

#### **PROCEDIMIENTO**

1. Asegurarse de que la persona defeca en un recipiente aparte (bacinilla) cuidando que la muestra no se mezcle con orina.
2. Tomar una parte de la muestra en un recipiente estéril de boca ancha y tapa rosca.
3. Rotular el frasco colocando el nombre del paciente, edad y fecha de recolección.
4. Introducir la(s) muestra(s) en una funda plástica y cerrarla evitando que se derrame y se mezcle con otras muestras.
5. Colocarlas en una caja, rodeándolas de papel picado asegurando que los recipientes no se muevan durante el transporte.
6. Adjuntar los formularios en donde constará nombres y apellidos de los pacientes, procedencia, fecha de toma de la muestra, nombre y teléfono de la persona que hizo la toma.
7. Sellar la caja y colocar un rótulo a un costado indicando "Peligro, Muestra Biológica" y una flecha indicando la posición "Hacia Arriba", de manera que el transporte se haga de esa forma.
8. Transportar las muestras rápidamente, antes de que transcurran 2 horas de su emisión. Luego de ese tiempo la muestra no será útil.



Anexo N°12. Sección fotográfica de obtención de las heces fecales



Anexo N°13. Certificado de Laboratorio de Análisis de Características Físicoquímicas



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**

Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : GRETA ROXANA CHIRINOS HUARANGA

Procedencia de muestras : Distrito Marco - Jauja

Recepción de muestras : Lima, 12 de Febrero del 2020

Caracterización de heces fecales

Parámetros físicos químicos de las heces fecales

Código	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno pH (acido/base)	Conductividad eléctrica $\mu\text{S/cm}$	Potencial redox mv
HFI-MBJ	24	7	521	125

Caracterización física de heces fecales

Código	Humedad %	Sólidos Volátiles (%)	Cenizas %	Carbono Fijo %	Poder Calorífico Kcal/kg
HFI-MBJ	60.09	74.54	9.72	15.74	10,235.48

Principales Nutrientes de las Heces Fecales

Código	Carbono Orgánico %	Nitrógeno Total %	Materia Orgánica %	Carbono / Nitrógeno
PN-HF	18.92	19.6	37.84	0.965

Método Kjeldahl, Método Walkley – Black.

Normas (ASTM D-2216), (ASTMD-3175-2010), (ASTMD-5142-2015).

Normas (ASTMD-3172-2015), (ASTMD-5865-2015).

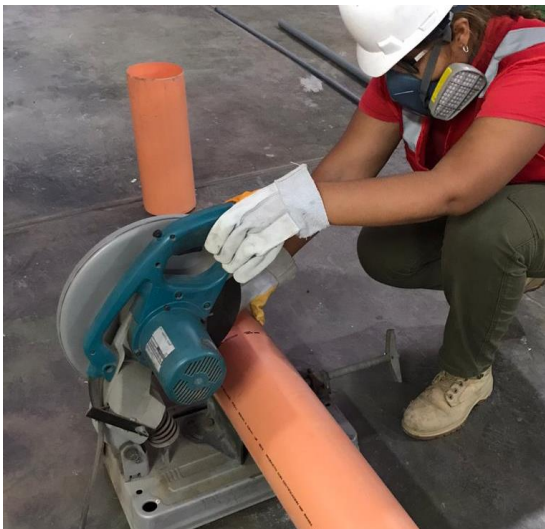
Lima, 30 de Junio del 2020

MSc. Atala Alcedoza A.  
Jefe Lab. Espectrometría

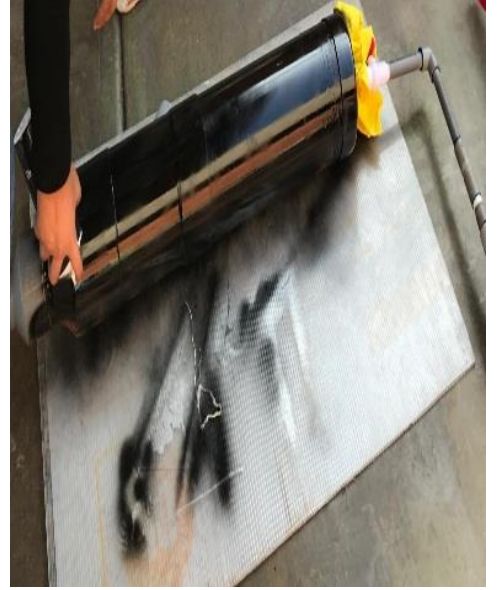
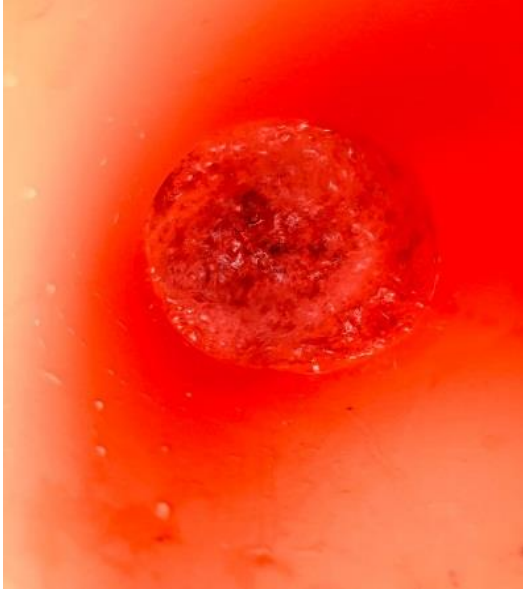
Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



Anexo 14. Fabricación de biodigestores







# Anexo 15. Relación de Agua con heces fecales



Anexo16. Medición de la temperatura interna y potencial hidrogeno (pH)



Anexo 17. Certificado calibración del Potencial hidrogeno (pH)



## Certificate of Analysis

Product name: BUFFER SOLUTION  
pH 4.01 ± 0.01 @ 25 °C (77 °F)

Product code: HI7004L

Lot number: 4291

Best use before: June 2024

Date of analysis: 2019.06.10

Certified value: 4.01 pH @ 25 °C (77 °F)

*Method of standardization:*  
*This quality product is standardized using a pH meter calibrated by means of two standard solutions prepared from below NIST standard reference materials:*

- SRM 185i and
- SRM 186-I-g / SRM 186-II-g mixture

*All primary standard solutions used are prepared with deionized water for analytical use ISO 3696 / BS 397B.*

*Balances and thermometers used are checked with certified reference materials.*

*Uncertainty U:*  
*The uncertainty interval represents the expanded uncertainty U with a coverage of 2 and represents the 95% level of confidence.*

Reference number: 07F92

QA manager: Andrea Coman 

QC\_HI7004x\_rev.1

## Certificate of Analysis

Product name: BUFFER SOLUTION  
pH 10.01 ± 0.01 @ 25 °C (77 °F)  
Product code: HI7010L  
Lot number: 4128  
Best use before: April 2021  
Date of analysis: 2019.04.11  
Certified value: 10.01 pH @ 25 °C (77 °F)

*Method of standardization:*

*This quality product is standardized using a pH meter calibrated by means of two standard solutions prepared from below NIST standard reference materials:*

- SRM 186-I-g / SRM 186-II-g mixture and
- SRM 191d-I / SRM 191d-II mixture

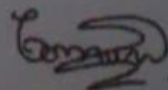
*All primary standard solutions used are prepared with deionized water for analytical use ISO 3696 / BS 3978.*

*Balances and thermometers used are checked with certified reference materials.*

*Uncertainty U:*

*The uncertainty interval represents the expanded uncertainty U with a coverage of 2 and represents the 95% level of confidence.*

Reference number: 10D92  
QA manager: Andrea Coman



QC\_HI7010x\_rev.1

## Certificate of Analysis

Product name: BUFFER SOLUTION  
pH  $7.01 \pm 0.01$  @ 25 °C (77 °F)  
Product code: HI7007L  
Lot number: 4202  
Best use before: May 2024  
Date of analysis: 2019.05.10  
Certified value: 7.01 pH @ 25 °C (77 °F)

### Method of standardization:

*This quality product is standardized using a pH meter calibrated by means of two standard solutions prepared from below NIST standard reference materials:*

- SRM 185i and
- SRM 186-I-g / SRM 186-II-g mixture

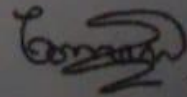
*All primary standard solutions used are prepared with deionized water for analytical use ISO 3696 / BS 3978.*

*Balances and thermometers used are checked with certified reference materials.*

### Uncertainty U:

*The uncertainty interval represents the expanded uncertainty U with a coverage of 2 and represents the 95% level of confidence.*

Reference number: 09E91  
QA manager: Andrea Coman



QC\_HI7007x\_rev.1



Anexo 18 .Almacenamiento de metano y traslado de muestras para el análisis de metano



Anexo 20. Certificado de características del



REPORTE DE RESULTADOS – TERE0 S.A.C.

CLIENTE: Greta Roxana Chirinos Huaranga  
N° DE MUESTRAS: 03  
MUESTRA DECLARADA: Biogás  
ANÁLISIS N°: BQ-270720-001-L5  
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: 27/07/2020  
FECHA DE EXPEDICIÓN DE RESULTADOS: 27/07/2020  
N° DE HOJAS DE REPORTE: 01/01

MÉTODO DE ANÁLISIS: Desplazamiento de CO<sub>2</sub> con solución alcalina

RESULTADOS:

Muestras	Repetición	CH <sub>4</sub> (%)	Promedio CH <sub>4</sub> (%)	Desv. Estándar	CO <sub>2</sub> (%)	Promedio CO <sub>2</sub> (%)	Desv. Estándar
M1-1	R1	56.0	56.7	0.94	42.0	43.3	0.94
	R2	56.0			44.0		
	R3	56.0			44.0		
M1-2	R1	56.0	55.3	0.94	44.0	44.7	0.94
	R2	56.0			44.0		
	R3	54.0			48.0		
M1-3	R1	56.0	56.0	0.00	44.0	44.0	0.00
	R2	56.0			44.0		
	R3	56.0			44.0		

Todos los resultados son un promedio del triplicado de análisis y una precisión de ±02.00%.

San Isidro, 27 de Julio del 2020

BIOTECNÓLOGO LUIS J. SANTISTEBAN PORTAL  
JEFE DE LABORATORIO DE TERE0 S.A.C.

Anexo 21. Utilización del poder calorífico



Anexo 22. Resultados de la Presión interna

Presión interna PSI	R(1:1)	R(1:2)	R (1:3)
	0	0	0
	4	2	2
	12	1	2
	10	6	9
	14	4	1
	19	1	10
	15	5	3
	16	9	7
	16	8	6
	20	4	8
	18	5	10
	24	10	10
	20	9	8
	26	12	9
	21	17	11
	25	20	15



Portafolio de clase Mis calificaciones Discusión Calendario

AHORAVIENDO: INICIO > DPI 2020-I

Página de inicio de clase

Esta es la página de inicio de tu clase. Para enviar una tarea, haga clic en el botón "Enviar" a la derecha del nombre de la tarea. Si el botón Enviar está atenuado, no se pueden realizar envíos a la tarea. Si se permiten los reenvíos, el botón Enviar leerá "Reenviar" después de realizar su primer envío a la tarea. Para ver el documento que ha enviado, haga clic en el botón "Ver". Una vez que haya pasado la fecha de publicación de la tarea, también podrá ver los comentarios que quedan en su trabajo haciendo clic en el botón "Ver".

Bandeja de entrada de asignación: DPI 2020-I

Título de la tarea	Información	fechas	Semejanza	Comportamiento
Informe 1		comienzo 17-jun-2020 1:27 PM Debido 25-nov-2020 11:59 p.m. Enviar 25-nov-2020 12:00 A.M	13%	Reenviar Ver

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Obtención de metano utilizando heces fecales comunitarias rurales para la generación de energía calorífica en Marco – Jauja 2020**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERIA**

**Resumen del partido**

**13%**

1	Enviado a Universidad ...	3%
2	Enviado a Universidad ...	2%
3	repositorio.ucv.edu.pe	1%
4	www.revistas.unitru.edu...	1%
5	www.repositorio.usac...	1%
6	Enviado a la Universida...	<1%
7	g.unsa.edu.ar	<1%