



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Producción de biogás, a partir de residuos orgánicos con  
microorganismos eficientes, recreo turístico Paraíso Verde -  
Tarapoto 2022

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

Ingeniera Ambiental

**AUTORAS:**

Lopez Caramantin, Cinthia Lizet ([orcid.org/0000-0003-4634-9657](https://orcid.org/0000-0003-4634-9657))

Nuñez Linares, Carmen Rosa ([orcid.org/0000-0003-3496-7343](https://orcid.org/0000-0003-3496-7343))

**ASESOR:**

Mg. Ordoñez Sanchez, Luis Alberto ([orcid.org/0000-0003-3860-4224](https://orcid.org/0000-0003-3860-4224))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y gestión de los residuos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**TARAPOTO – PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

A todas aquellas personas que han guiado mi formación de vida con valores; por ello, con profundo amor los dedico a:

Mis padres José Juan Núñez Heredia y Rosita Linares Lachos, por enseñarme a tener la capacidad de superación en cada aprendizaje y agradezco su apoyo incondicional a nivel moral y económico durante toda la etapa universitaria.

A mi hermana, familiares y amigos porque me motivan a salir adelante y a cumplir cada una de mis metas. No podría sentirme más orgullosa por la confianza depositada sobre mi persona desde que siquiera tengo memoria.

***“Carmen Rosa Núñez Linares”***

Esta investigación está dedicada a las personas que han influenciado y me han apoyado en todo momento de mi vida, con consejos y sugerencias, con la finalidad de siempre verme mejorar.

Primordialmente agradezco a mis padres Benjamín López Cahuaza y Rosario Caramantín Toledo, quienes con paciencia, dedicación y amor han estado a mi lado en cada paso de este largo camino que es la vida.

A mis amigos y familia, por siempre ser partícipes y un apoyo para cumplir cada una de mis metas.

***“López Caramantín Cinthia Lizet”***

## **Agradecimiento**

A dios por su compañía que ha permitido que sigamos adelante para cumplir cada uno de nuestros sueños, superando cada peldaño de la vida.

A la Universidad César Vallejo, por habernos abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar la carrera de vocación y a los docentes por brindarnos sus conocimientos con la finalidad de inculcarnos a un eje de superación.

Al señor Antony Ruíz por haber aceptado que se realice la ejecución de la tesis en su Recreo Turístico Paraíso Verde-Tarapoto.

A todos nuestros compañeros de estudio, porque gracias a su amistad y apoyo incondicional han logrado conducirnos a un nivel alto de porcentaje en las ganas de seguir adelante de nuestra carrera universitaria.

***“López Caramantín Cinthia Lizet, Carmen Rosa Núñez Linares”***

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA .....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	11
3.2. Variables y operacionalización.....	11
3.3. Población, muestra y muestreo.....	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	13
3.5. Procedimiento .....	14
3.6. Método de análisis de datos .....	22
3.7. Aspectos éticos.....	22
IV. RESULTADOS.....	23
V. DISCUSIÓN .....	32
VI. CONCLUSIONES .....	36
VII. RECOMENDACIONES.....	37
REFERENCIAS.....	38
ANEXOS .....	41

## Índice de tablas

<i>Tabla 1: Materiales usados en los diseños del biodigestor .....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 2: Fórmula de capacidad volumétrica del biodigestor vacío. ....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 3: Fórmula de capacidad volumétrica de gas con residuos sólidos.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 4: Temperatura de los dos biodigestores durante las semanas de evaluaciones .....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 5: pH de los dos biodigestores durante las semanas de evaluaciones. ....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 6: Humedad de los dos biodigestores durante las semanas de evaluaciones .....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 7: Presión de los dos biodigestores durante las semanas de evaluaciones</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 8: Volumen de gas al interior de los dos biodigestores durante las semanas de evaluaciones .....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 9: Cantidad de residuos orgánicos y microorganismos eficientes para la producción de biogás .....</i>	<i>31</i>

## Índice de figuras

<i>Figura 1: Biodigestor de flujo discontinuo.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2: Producción de gas con residuos orgánicos.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 3: Ubicación del área de estudio.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 4: Materiales usados para el biodigestor.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 5: Diseño para la construcción del biodigestor.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 6: Biodigestores construidos.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 7: Recolección de los residuos orgánicos.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 8: Pesado y carga de los biodigestores.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 9: Aplicación de 200 ml de ME a los biodigestores.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 10: Diseño de los biodigestores en la producción de biogás.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 11: Promedio de la temperatura evaluado en el interior de los biodigestores.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 12: Promedio de la pH evaluado en el interior de los biodigestores.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 13: Promedio de la humedad evaluado en el interior de los biodigestores.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 14: Promedio de la presión evaluado en el interior de los biodigestores.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 15: Promedio del volumen del biogás evaluado en el interior de los biodigestores.....</i>	<i>30</i>

## **Resumen**

La presente investigación tuvo como objetivo producir biogás a partir de residuos orgánicos con microorganismos eficientes, recreo turístico Paraíso Verde, Tarapoto – 2022. El tipo de investigación es aplicada con enfoque cuantitativa de diseño cuasiexperimental. La población y muestra se basó en 30 kg de residuos orgánicos con 400 ml de microorganismos eficientes, divididas en partes iguales para los dos sistemas de 47 L. Los factores técnicos promedios en el interior de los biodigestores fueron la temperatura de 26.5 °C a 30 °C; el pH evaluado fue de 5.55 a 6.95; la humedad fue de 70 a 73.5 y la presión fue de 0.15 a 1.8 bar índice de producción del biogás. La producción de biogás en el sistema 2 fue de 2.48 L, logrando una llama de fuego muy leve en comparación al sistema 1 que no tuvo presencia de llama a pesar de tener un volumen de gas de 2.43 L. Por ello, se concluyó que el biodigestor 2 de residuos orgánicos de comidas y frutas con microorganismos eficientes produjeron biogás en un periodo de 42 días, contribuyendo al manejo de residuos sólidos que perjudican los componentes ambientales agua, aire y suelo.

Palabras clave: Biogás, residuos orgánicos, microorganismos eficientes.

## **Abstract**

The objective of this research was to produce biogas from organic waste with efficient microorganisms, Paraíso Verde tourist recreation, Tarapoto - 2022. The type of research is applied with a quantitative approach of quasi-experimental design. The population and sample were based on 30 kg of organic waste with 400 ml of efficient microorganisms, divided equally for the two 47 L systems. The average technical factors inside the biodigesters were the temperature from 26.5 °C to 30 °C; the evaluated pH was from 5.55 to 6.95; the humidity was from 70 to 73.5 and the pressure was from 0.15 to 1.8 bar biogas production index. Biogas production in system 2 was 2.48 L, achieving a very slight flame compared to system 1, which did not have a flame despite having a gas volume of 2.43 L. Therefore, it was concluded that the biodigester 2 of organic food and fruit waste with efficient microorganisms produced biogas in a period of 42 days, contributing to the management of solid waste that harms the environmental components of water, air and soil.

Keywords: Biogas, organic waste, efficient microorganisms

## I. INTRODUCCIÓN

Los restos orgánicos sin previo tratamiento son un inconveniente transversal, porque originan contaminación en los componentes del ambiente, induciendo riesgos en la salud y economía de la sociedad por su efecto directo en la naturaleza (Bucker et al., 2020). En la realidad problemática, a **nivel internacional**, según la (ONU, 2017) tiene una estimación que, en el mundo se genera 11200 millones de toneladas al año de residuos sólidos por diferentes factores, tales como: la ausencia de responsabilidad en el cumplimiento de las políticas ambientales de cada país, que originan problemas a nivel social, económico y ambiental. Además, manifiestan que en el mundo aproximadamente se tiene el 5% de las emisiones globales de GEI causado por la descomposición de materia orgánica, estos ocasionan pérdidas económicas en todos los países (Kumar et al., 2021)). Así mismo, a **nivel nacional**, El Peruano (2021) indica que en el Perú se registra al día un promedio 21 mil tn de desechos municipales y la mitad son residuos son materia orgánica; donde solo el 1% de residuos municipales son recuperados, es lamentable lo descrito, porque se conoce que existen estudios técnicos dónde reciclaje es una medida ambientalmente amigable, porque lo que es un potencial en la actualidad. Esto resalta la falta de estrategia de valorización por parte de los tres niveles de gobierno, ya que no aplica tecnologías para su aprovechamiento (Zhang et al., 2021). Además, esto repercute en la población, porque estadísticamente no se posee un nivel positivo significativo en el consumo responsable y menos ejecutar principios relacionados con la minimización de los residuos orgánicos (Raza et al., 2021). Mientras que, a **nivel local**, se tiene que, en algunos distritos de la provincia de San Martín, existen pocos rellenos sanitarios, pero en condiciones no óptimas para lograr el objetivo de valorización. Por tal motivo, en las municipalidades distritales y regionales, el estado invierte un programa de incentivos para optimizar la gestión municipal que, comprende metas relacionadas con el cuidado del ambiente. Sin embargo, aún falta ser altamente eficiente en sus funciones según las competencias establecidas por la Ley 1278-Ley de Gestión Integral de los Residuos Sólidos, porque aún se visualiza la presencia de acumulación de materia orgánica en mayor cantidad en los botaderos y a grado menor en las principales calles de los distritos de la provincia de San Martín, dónde usualmente

están ubicados los grandes mercados de abastos. Por tal razón, estos acopios de residuos orgánicos se vuelven focos infecciosos, porque al desintegrarse ocasionan contaminación de suelo, aire, agua y un efecto visual, que también interviene en el deterioro de la belleza paisajística y fomenta el riesgo de enfermedades. Bajo esta premisa, se plantea el **problema de estudio general**: ¿Cómo es la producción de biogás, a partir de residuos orgánicos con microorganismos eficientes, recreo turístico Paraíso Verde, Tarapoto - 2022?, y como **problemas específicos**: ¿De qué manera calcular y diseñar el biodigestor usado en la producción de biogás a partir de residuos orgánicos con microorganismos eficientes en el recreo turístico Paraíso Verde?; ¿Cuáles serán los factores técnicos que determinan la generación de biogás a partir de residuos orgánicos con microorganismos eficientes en el recreo turístico Paraíso Verde?; ¿Cuál es la eficiencia de generación de biogás a partir de residuos orgánicos con microorganismos eficientes en el recreo turístico Paraíso Verde?. De modo que, la **justificación marco legal** se sustenta en la Ley N°28611 - Ley General del medio ambiente, cuyo objetivo es asegurar el derecho a un ambiente adecuado saludable y equilibrado para una calidad de vida, a fin de que la sociedad contribuya en la gestión y protección del ambiente, para alcanzar el desarrollo sostenible en nuestro país. Por la cual, en su artículo 119 - Manejo de Residuos Sólidos manifiesta, con base en sus dos sub artículos primeros, la responsabilidad que tiene las municipalidades locales y el generador, para la mejor disposición final de los residuos sólidos, según sea su competencia normativa indicada de forma más determinada en la Ley N°1278 - Ley de Gestión Integral de los Residuos Sólidos que, tiene la finalidad de garantizar de manera sustentable la utilidad de materiales y el poder reglamentar el tratamiento óptimo de los residuos sólidos en nuestro país. Sin embargo, para **Justificación práctica** el trabajo de investigación contribuye al desarrollo de información que, conduce a la suma de estrategias para el aprovechamiento de los residuos orgánicos, teniendo como eje principal a la solución de la problemática descrita porque a través de producción de biogás, permite contribuir en la mejora de nuestro medio ambiente provocando más rendimiento económico y mejorando la calidad de vida del hombre. Del mismo modo, la **justificación metodológica** se orienta al aprovechamiento de los residuos orgánicos que actualmente se viene

manejando en la mayoría de países comprometidos con el desarrollo sostenible, dado por diversos problemas como la acumulación de residuos sólidos en los diferentes lugares de una ciudad. Este estudio implica tener experiencia práctica porque estará sustentando de acuerdo a los requerimientos de una investigación para que, a futuro, de acuerdo a la viabilidad que adquiera, se logre un nuevo enfoque con más interés para su ejecución. Mientras que, la **justificación social** de la investigación es generar una metodología aplicable y accesible para toda la población, a partir del uso de residuos orgánicos, con ello minimizar el impacto social negativo que genera la presencia de residuos, de tal forma beneficiar a toda la sociedad con una alternativa ecosostenible y sustentable, además de caracterizarse de ser sencillo y rentable económicamente, debido a que no requiere de conocimientos previos en el tema. Al mismo tiempo, se plantea los objetivos de la investigación como **objetivo general**, Producir biogás a partir de residuos orgánicos con microorganismos eficientes, recreo turístico Paraíso Verde, Tarapoto - 2022; y para los **objetivos específicos**, Efectuar el cálculo y diseño del biodigestor usado en la producción de biogás a partir de residuos orgánicos con microorganismos eficientes en el recreo turístico Paraíso Verde; Identificar los factores técnicos que determinan la generación de biogás a partir de residuos orgánicos con microorganismos eficientes en el recreo turístico Paraíso Verde, Determinar la eficiencia de generación de biogás a partir de residuos orgánicos con microorganismos eficientes, recreo turístico Paraíso Verde, se cita nuestra **hipótesis de investigación**, los residuos orgánicos con microorganismos eficientes generará la producción de biogás, recreo turístico Paraíso Verde, Tarapoto - 2022.

## II. MARCO TEÓRICO

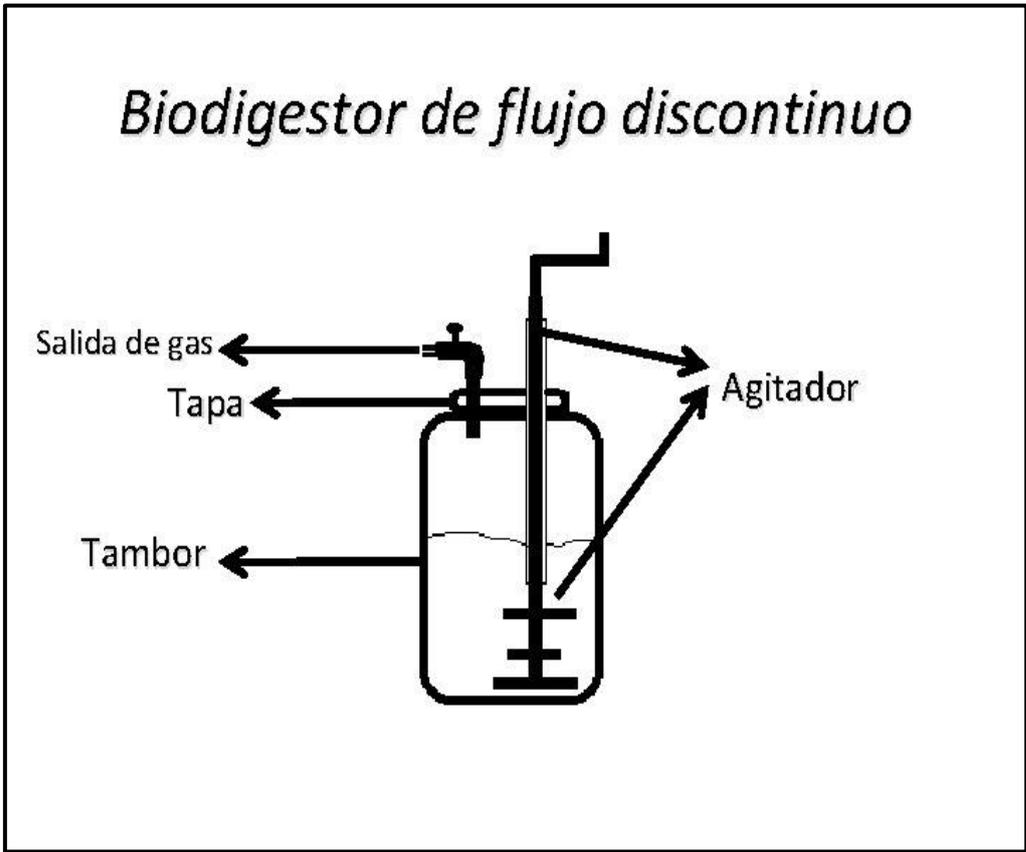
En el trabajo de investigación se identificó diversos antecedentes que aportan al análisis de las variables. En el **ámbito internacional** según Briseño. (2018), determinaron del potencial de producción de biogás y metano durante la fermentación según norma alemana VDI-4630, co-digestión de residuos sólidos y semisólidos para producir energía eléctrica en plantas centralizadas de biogás, evaluación de producción de biogás para pruebas en eudiómetros y posterior alimentación a biorreactores para determinar indicadores de producción de biogás. Utilizando excrementos de vaca y cerdo, estiércol de ave, suero y grasa residual, la mezcla de cosustrato que produjo mayor cantidad de biogás fue: estiércol de vaca (80%)/grasa (20%), inoculada con lodos anaerobios, con un rendimiento de biogás de 72.1 L/KgVs y 80% CH<sub>4</sub>, TRS es de 27 días. Sus tasas de eliminación de SV y COD fueron 91% y 97%, respectivamente. Para la co-degradación de residuos, es necesario buscar los ingredientes ideales en las proporciones de la mezcla y tratar de complementar sus propiedades para que puedan ser utilizados para la producción de biogás de mejor calidad. Seguido de su investigación de Navarro. (2018), evaluó el potencial técnico para la producción de biogás a partir de residuos orgánicos generados por comunidades autónomas. Con la ayuda de la fermentación anaeróbica, los residuos orgánicos sólidos dispuestos socialmente, principalmente en municipios independientes, pueden utilizarse para la producción de biogás y residuos de biogás. Los resultados obtenidos para los tres casos propuestos, el caso más favorable el 3, se obtuvieron al agregar el residuo como inoculante a la mezcla, lo que ayudó a cumplir con las condiciones requeridas (porcentaje de sólidos totales y relación 2 C/N). Ciertamente es posible introducir tecnología de biogás en municipios independientes. Llegó a la conclusión de que la producción de biogás podría optimizarse mediante el desarrollo de un sistema de fermentación por lotes en el que cada biorreactor se cargue y descargue continuamente, lo que garantiza una producción continua de biogás. Asimismo, González. (2019), en su estudio indica que, en México producen una producción de desechos de 12843 toneladas y de esto, aproximadamente el 53% es residuos biodegradables., también explica que aparte de la producción de biogás, al producto fermentado le dan una salida como mejorador de suelos, siendo esta una de las formas más adecuadas para el aprovechamiento de los residuos orgánicos,

pudiendo considerarla una materia prima. Por su parte, Cristiano y Buitrago. (2020), Su investigación demostró que el uso de esta tecnología reduce las externalidades negativas para las empresas y tiene un impacto positivo en el medio ambiente, ya que se relaciona con la economía circular y la bioeconomía. Al respecto, Bernal et al. (2019) explican en su estudio que la transformación de estos residuos en una tecnología limpia puede reducir significativamente el coste de la recogida de residuos y así ayudar a proteger la naturaleza, ya que el biogás es respetuoso con el medio ambiente al ser una alternativa sostenible al gas convencional. Además, al utilizar estos residuos, es posible reducir la cantidad de residuos que se generan diariamente en las ciudades, los países y el mundo. En el **ámbito nacional**, Loaiza y Alarcón. (2020), determinaron la producción de biogás en sustratos de tanques de maíz en la zona Tacna de Sama Inclán utilizando tres tipos de estiércol (ovino, equino y vacuno). Se desarrollaron nueve plantas de bioambiente y se probaron previamente para cumplir con las condiciones respectivas, cada uno de estos biotankers de bioambiente contó con diferente concentración de fertilizante para lograr 8.5 litros, 0.5 litros de maíz en tanques y 36 litros de agua para lograr una relación de 1:4 con respecto a agua. Los resultados mostraron que la mezcla óptima para reducir el tiempo de inicio de la producción de biogás fue 6,5% estiércol de caballo, 37,5% estiércol de oveja y 56% estiércol de vaca; Para maximizar la cantidad de biogás, la mezcla óptima fue estiércol de caballo (6,5 %), estiércol de oveja (39,7 %) y estiércol de vaca (53,8 %), para optimizar la calidad del biogás – estiércol de caballo (6,5 %), estiércol de oveja (42 %) y estiércol de vaca (51,5%). Concluyó que en la región de Sama Inclán es posible la producción de biogás a partir de estiércol de caballo, ovino, vacuno y silos de maíz. De acuerdo a Mamani y Pacco (2021), evaluaron las posibilidades de diseñar una planta de biodegradación para el aprovechamiento energético de los residuos orgánicos del relleno sanitario Chilla-Juliaca. El proceso de diseño y dimensionamiento se realizó con el software Biodigestor Pro v3.0. Se creó una matriz de preselección para la selección del tipo de tanque de bioanillo para que el modelo estructural chino se adaptara mejor a las condiciones locales. En la producción de energía eléctrica y biogás se concluyó que la estación de biodegradación producirá 9.964,35 kW/h por día y 6.039,00 Nm<sup>3</sup>/h de biogás por día. Para la generación de energía se eligió un motor de cogeneración LSA del tipo grupo electrógeno AQL. 49.1 Con 550 kW de

electricidad y 670 kW de calor, además de poder conectarse a la red, este estudio sirve como referencia para el diseño de plantas de bioanillo y otros tipos de aprovechamiento de biomasa en diferentes regiones del Perú. Desde el punto de vista de Custodio y Santos. (2020), en su tesis hacen mención que, determinar una producción de biogás con lodos del tratamiento de aguas residuales, añadiéndole estiércol de ganado vacuno, contemplan tres fases, donde la primera es identificar los parámetros fisicoquímicos, la segunda fase realizar el montaje del sistema AME, y en la tercera fase registrar el volumen de biogás que se obtiene después de 21 días. Según, Huamán y Huayllani. (2020) Su estudio indica que la producción de biogás en digestión anaeróbica debe considerar temperaturas entre 25 y 35 °C para procesos más simples. Además, un aumento de la temperatura indica la tasa de crecimiento de los microorganismos y la respuesta de los procesos biológicos, consiguiendo así una mayor multiplicación de los microorganismos. También se recomienda considerar la cantidad de agua necesaria para la materia orgánica. Esto se debe a que el alto contenido de agua limita la producción de gas metano CH<sub>4</sub>. Por ello, Fuentes y Vicente. (2019), en su investigación sugiere que el biogás se produce en el verano para lograr temperaturas ambientales que sean muy favorables para el proceso de fermentación anóxica, y que las temperaturas elevadas provocan un crecimiento óptimo de bacterias y microorganismos importantes. El biogás de buena calidad es esencial. También señalaron que los desechos de plantas deben mejorarse usando al menos un 80 %, y el estiércol de aves debe mejorarse usando menos. Por otra parte, Cadillo y Ramos. (2020), En su estudio mencionaron que los factores climáticos son cruciales para asegurar la producción de metano. Y la composición química y fisicoquímica debe evaluarse continuamente, ya que la temperatura alta y los valores de pH entre 5,5 y 7,30 son los principales factores que determinan la producción de biogás. Sin embargo, Coronado (2019), enfatizando en su estudio que es importante identificar las bacterias presentes en el organismo, ya que se pueden observar las bacterias más asociadas a la descomposición. Al mismo tiempo, recomienda caracterizar las sustancias orgánicas finales, es decir, aquellas que se biodegradan como residuos aprovechables en la agricultura, porque se debe determinar el potencial de aporte nutricional y realizar una evaluación adicional. Procesamiento para su uso como abono orgánico. Para, Macetas. (2020), en su estudio encontró que el 55,4% del

biogás de digestión anaeróbica se utiliza para fines domésticos y el 44,6% para uso industrial debido a su potencial energético. Además, se menciona que se está considerando el uso a gran escala para buscar una alternativa a la energía convencional cuando el biogás tiene un alto contenido de metano. Por ende, Palacios y Obregón. (2019), en su estudio recomiendan utilizar materiales apropiados al contexto del estudio que aporten propiedades de sellado para evitar cualquier fuga o presencia de oxígeno, ya que, si no se interviene para evitarlo, el porcentaje de metano se verá afectado. Así mismo, Vargas y Villavicencio (2019) recomiendan que, se debe aprovechar el biol derivado de la producción de biogás, para los cultivos agrícolas por su composición de nutrientes. Por otra parte, Giralda (2017) señaló que Perú cuenta con una planta piloto de biogás ubicada en el ITP que puede brindar información básica sobre el proceso de codigestión anaeróbica para construir una instalación a escala industrial y promover esfuerzos energéticos integrados para descontaminar las áreas de Icas, Madre de Dios y Puno del manejo autosuficiente y sustentable de residuos biodegradables en zonas rurales. Asimismo, en su investigación de Maldonado. (2020), comparó la calidad del compost obtenido utilizando microorganismos comerciales de alta eficiencia y microorganismos naturales en la zona de San Martín Jepelacio. Se instaló un volumen de 0,9 m<sup>3</sup> de compost de residuos orgánicos municipales inoculados con MEC y MEN, mientras que una pila de control no fue inoculada con microorganismos de alta eficiencia (EM). Como resultado, el tratamiento MEN logró 0,4057 % de nitrógeno total, 13,234 % de relación C/N, 0,0325 % de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 0,4213 % de potasio (K<sub>2</sub>O) y una preparación de compost de 31 días; en cambio, el tratamiento MEC logró un total de 0.3260% nitrógeno, 14,637% relación C/N, 0,0382% fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 0,4337% potasio (K<sub>2</sub>O) y 28 días de madurez del compost. Se concluyó que el compost de mejor calidad se produjo utilizando microorganismos comerciales de alta eficiencia (MEC). Finalmente, se presenta el enfoque conceptual de algunos aspectos que enmarcan nuestra investigación, para Hernández, M (2019) los residuos orgánicos estas son sustancias que se descomponen naturalmente y exhiben propiedades que se descomponen en un tiempo relativamente corto, convirtiéndose así en otras sustancias orgánicas. Se tratan principalmente con tecnología de compostaje, biogás, bioalcohol, etc. Estos residuos provienen de la industria, los hogares, la agricultura, la silvicultura, etc. La

fermentación de materia orgánica es un proceso industrial que puede lograr dos objetivos. Da solución a la enorme cantidad de residuos que se generan en la sociedad moderna actual y aprovecha al máximo los recursos que estos residuos pueden aportar (Bernal et al., 2019). Los nutrientes en los desechos sólidos incluyen pieles y recortes de frutas y verduras, huesos y recortes de carne, espinas y recortes de pescado, pieles y cáscaras, cáscaras de huevo y pieles y pieles de frutas secas, alimentos en mal estado y sobras. Incluye posos, posos de café y escombros. (Briseño, 2018). La humedad es uno de los factores operativos más importantes durante la biodegradación de RS, debido a que el agua es necesaria para que los microorganismos desarrollen funciones metabólicas, y además sirve como vehículo para el transporte de nutrientes y desechos, lo que significa la descomposición de la materia orgánica en menor tiempo. (Mamani y Pacco ,2021). Al mismo tiempo, los microorganismos eficientes son beneficiosos para el tratamiento de aguas residuales, manejo de residuos sólidos, campo agrícola (Zhe et al., 2020). Consisten en producto de una sustancia líquida que contiene más de 80 tipos y microorganismos, donde algunas pueden vivir con presencia de oxígeno o en ausencia e incluso existe especies fotosintéticas (Merino et al., 2018). Los organismos que pueden vivir sin oxígeno se llaman anaerobios. Los organismos que requieren oxígeno para vivir se llaman organismos aeróbicos. Por lo tanto, los anaerobios no utilizan oxígeno en sus procesos metabólicos (Weterholm et al., 2020). El pH es un factor importante que afecta el crecimiento microbiano. Algunas bacterias generalmente crecen a un pH bajo (3,0) y los hongos también crecen a un pH bajo (1,0). Sin embargo, el rango de pH óptimo para las bacterias es de 6,0 a 8,5 y pocas personas prefieren un pH superior a 8,5 (Mongabay, 2022), donde el biodigestor es un recipiente o tanque (cerrado herméticamente) que se carga con residuos orgánicos (Srivastava et al., 2020). En su interior, la materia orgánica no logra generar biogás, combustible con el que se puede cocinar, calentar agua y producir electricidad, utilizando un generador de gas (Palacios y Obregón, 2019). Además, los biodigestores discontinuos son aquellos biodigestores que, una vez cargado el sustrato, ya no pueden introducir ni retirar material hasta que se complete el proceso de biodigestión, es decir, hasta que no se genere más biogás, que será vaciado y recargado con el sustrato para iniciar el proceso (Loaiza y Alarcón, 2020).



*Figura 1: Biodigestor de flujo discontinuo.*

Según, IDAE (2021), la producción de biogás es el producto de mezclas de gases producidas en el medio natural o en equipos muy especiales, por reacciones biológicas de la materia orgánica en presencia de microorganismos y otro tipo de factores, pero en ausencia de oxígeno. Este producto está compuesto principalmente de metano y dióxido de carbono, con pequeñas cantidades de hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y sulfuro de hidrógeno gaseoso.



*Figura 2: Producción de gas con residuos orgánicos.*

Sabiendo esto, es muy **importante** poder gestionar de manera adecuada los residuos orgánicos, ya que la importancia de su desarrollo radica especialmente en poder disminuir los niveles de contaminación que los rellenos sanitarios pueden llegar a generar por la descomposición de residuos.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1. Tipo de investigación

Tipo de investigación es aplicada con un enfoque cuantitativo; Hernández et al. (2014), “los métodos cuantitativos se basan en un enfoque sólido y racional para formular preguntas e hipótesis de la investigación para su posterior comprobación durante el desarrollo de la investigación. Por lo tanto, se realizó enfoques específicos sobre la producción de biogás, a partir de residuos orgánicos con microorganismos eficientes.

##### 3.1.2 Diseño de la investigación:

El estudio es cuasiexperimental. Según Hernández (2014) “es aquella que tiene como objetivo poner a prueba una hipótesis causal manipulando (al menos) una variable independiente donde por razones logísticas o éticas no se puede asignar las unidades de investigación aleatoriamente a los grupos”.

#### 3.2. Variables y operacionalización

**Variable independiente:** Residuos orgánicos con microorganismos eficientes.

**Definición conceptual:** Según, Moriana, L. (2021), los residuos orgánicos son aquellos que tienen la capacidad de desintegrarse en un tiempo mínimo, que resulta de un proceso de productos alimenticios. Además, son utilizados para producir, compost, biogás y otros. Los microorganismos eficientes son inoculante microbiano, restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, en la producción de los cultivos y su protección (Briseños, 2018).

**Definición operacional:** Para realizar el estudio se tendrá los residuos orgánicos generados en el recreo turístico Paraíso Verde-Tarapoto. Asimismo, se agregarán a la materia orgánica microorganismos eficientes.

**Dimensión:** Características de los residuos sólidos, Características de los microorganismos eficientes, Dosis de microorganismos.

**Indicadores:** (Color, olor, humedad); (Anaerobia, tipos (Bacterias, hongos y levaduras), consorcio microbiano) y 200 ml.

**Escala de medición:** Se caracteriza por nominal, razón.

**Variable dependiente:** Producción biogás.

**Definición conceptual:** Según Redagrícola. (2017) la producción de biogás es producto de la descomposición de materia biodegradable, que está compuesto por metano (CH<sub>4</sub>) que es aquel que logra darle el valor energético, ya que representa entre 50 a 77 % del gas generado.

**Definición operacional:** Los residuos orgánicos domésticos, que serán tratados en un biodigestor, obtenidos del recreo turístico Paraíso Verde-Tarapoto, mediante el cual, se obtendrá biogás.

**Dimensión:** Diseño y construir de biodigestor, Características de la producción de biogás.

**Indicadores:** (Capacidad de carga; materiales, manómetro); (Temperatura, pH, humedad, presión, volumen de biogás y calidad de gas).

**Escala de medición:** Serán nominal y ordinal.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### 3.3.1 Población

La población está referida a 30 kilogramos de materia orgánica más 400 ml de microorganismos eficientes, dividida en partes iguales para los dos tratamientos. En tal sentido, Arias, J y et al. (2016) manifiesta que, la población está constituida por un conjunto delimitado, la cual se estudia en base de ciertas características sobre el tema a investigar.

- **Criterios de inclusión.** La materia orgánica fue tomada necesariamente generada por la empresa Recreo turístico Paraíso

Verde.

- **Criterios de exclusión.** La materia orgánica producida en otros establecimientos que no sea de la empresa Recreo Turístico Paraíso Verde.

### **3.3.2 Muestra**

La muestra será la misma de la población; es decir, 30 kg de materia orgánica y 400 ml de microorganismos eficientes, dividida en partes iguales para los dos tratamientos de producción de biogás. Por ello, Salazar y Del castillo (2018), mencionan que, la muestra es un conjunto de la población, la cual se debe estudiar de acuerdo a las características que requiere el estudio.

### **3.3.3 Muestreo**

El muestreo es censal; pues, según, Ramírez. (1997), establece la muestra censal es aquella donde todas las unidades de investigación son consideradas como muestra. De allí, que la población a estudiar se precise como censal por ser simultáneamente universo, población y muestra.

### **3.3.4 Unidad de análisis**

La unidad de análisis está referida a los residuos orgánicos con microorganismos eficientes para la producción de biogás.

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

Para, De Aguiar (2016) hace mención que la técnica y el instrumento, enriquece los conocimientos y la experiencia del investigador, porque permite obtener información experimental y posteriormente analizar los indicadores del estudio.

### **Técnicas de recolección de datos**

- **Observación:** Esta es una técnica que consiste en observar a las personas en un contexto particular. Esto obliga al diseñador a actuar como espectador y ser un participante activo durante el desarrollo de la encuesta.

- Análisis documental: Según (Solís, 2014), el análisis de documentos es la operación de seleccionar ideas relacionadas informativamente en un documento para articular su contenido con el fin de buscar información contenida en el documento.

#### **Instrumentos de recolección de datos**

- Guía de observación de campo: Se registrarán todos los resultados y análisis que se realicen durante la producción de gas. Según (Ortiz, 2004). Es una herramienta que permite recopilar datos en un orden cronológico, procesable y específico para derivar un análisis de una situación o problema particular.
- Ficha de investigación: Se registraron todos los factores técnicos en el interior de los biodigestores, microorganismos utilizados en el tratamiento. Según (Tomayo, 2008), son registros de datos obtenidos por observación directa y cuestionamiento. Contienen datos descriptivos obtenidos de estudios de campo realizados a través de la observación de realidades sociales o naturales.

### **3.5. Procedimiento**

#### **3.5.1. Ubicación geográfica**

El centro turístico Paraíso Verde se encuentra ubicado a 10 minutos de la ciudad de Tarapoto carretera Tarapoto -Yurimaguas en el km 12.5 (figura 3).



Figura 3: Ubicación del área de estudio

### 3.5.2. Etapas del desarrollo

El procedimiento de la investigación se dividió en 3 etapas o fases, los cuales se muestran a continuación:

#### ETAPA 1: GABINETE INICIAL

- Recopilación de información de bases de datos de artículos, revistas y tesis de investigación.
- Recopilación de investigaciones relacionados al trabajo de investigación.
- Se consultó a especialistas sobre el tema en estudio.
- Elaboración de instrumentos y adquisición de los microorganismos.
- Adquisición de los materiales para la elaboración de los biodigestores artesanales.



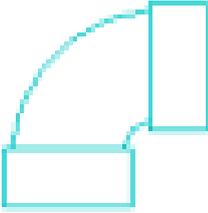
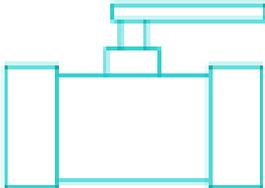
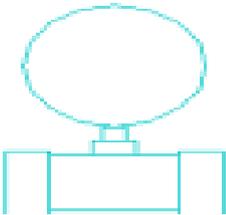
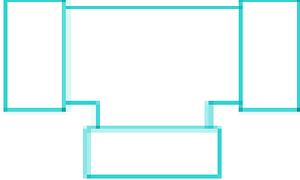
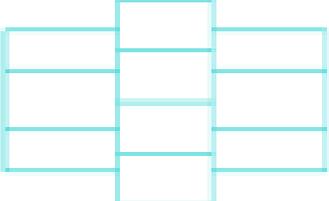
*Figura 4: Materiales usados para el biodigestor*

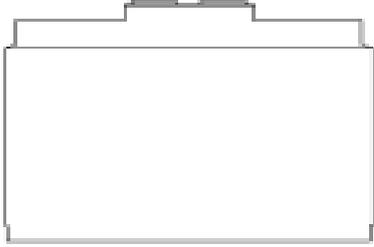
- Compra de recipientes para la recolección de los residuos sólidos orgánicos en el recreo turístico Paraíso Verde.

## **ETAPA 2: CAMPO**

- Se realizó el reconocimiento y ubicación del área de estudio.

- Se tomaron coordenadas del área de estudio con el GPS en la elaboración del mapa de ubicación de producción de biogás.
- Se realizó la construcción del biodigestor discontinuo de manera artesanal.

MATERIAL	GRÁFICO	MEDIDAS
Codo 90° PVC		1 ½ Pulgada
Llave de paso PVC		1 ½ Pulgada
Manómetro PVC		1 ½ Pulgada
Tee 90° PVC		1 ½ Pulgada
Unión universal		1 ½ Pulgada

Tubo PVC		1 ½ Pulgada 6m
Tanque cilíndrico plastigama		48 litros.

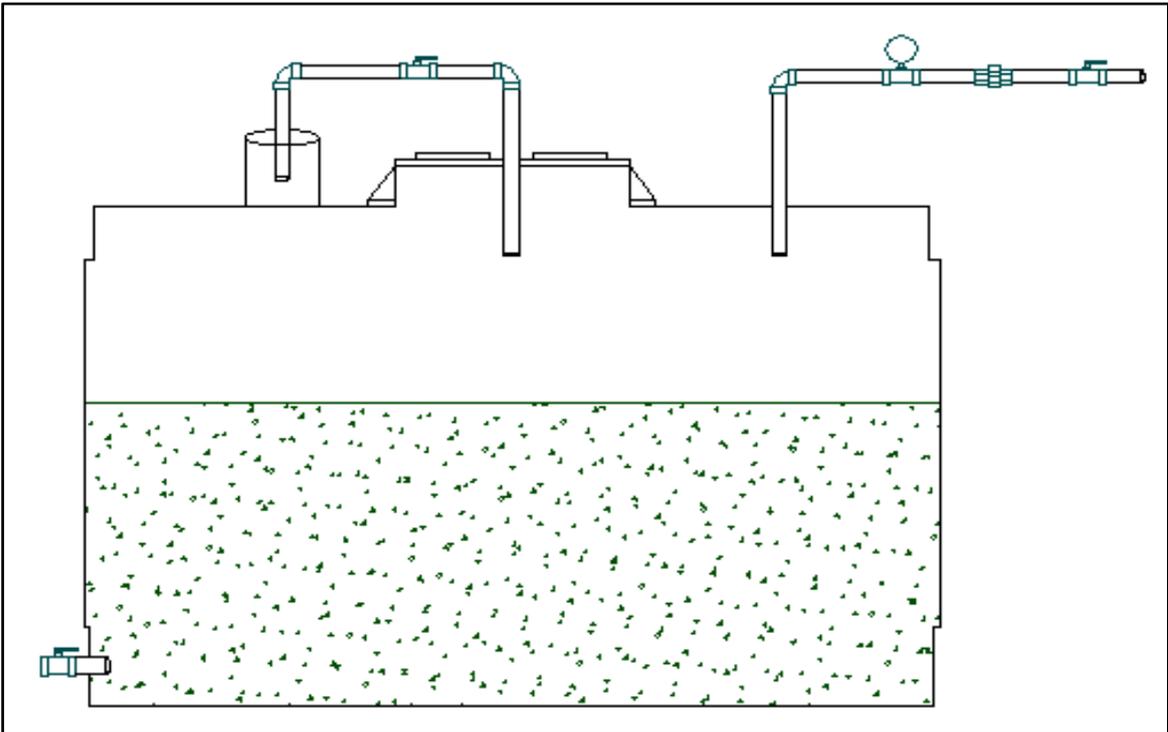


Figura 5: Diseño para la construcción del biodigestor.



Figura 6: Biodigestores contruidos

- Se realizó el caculo del volumen del interior de los biodigestores en la siguiente formula, determinado un volumen de 47 litros del cilindro.

$$V_{cil} = \pi * r^2 * h$$

Dónde:

$V_{cil}$ = Volumen del cilindro

$r^2$ = Radio del cilindro

$h$ = Altura del cilindro

$$V_{cil} = 3.1415 * (0.15 \text{ m})^2 * 0.67 \text{ m}$$

$$V_{cil} = 0.047 \text{ m}^3$$

$$V_{cil} = 47 \text{ litros}$$

- Recolección de los desechos orgánicos generados durante sus actividades en el recreo turístico.



*Figura 7: Recolección de los residuos orgánicos.*

- Se hizo la trituración manual a los residuos orgánicos.
- Activación de Microorganismos Eficientes.
- Se realizó la carga respectiva del biodigestor (figura 8).



*Figura 8: Pesado y carga de los biodigestores*

- Posterior a la carga se agregó los microorganismos eficientes de 200 ml a cada biodigestor (figura 9).



Figura 9: Aplicación de 200 ml de ME a los biodigestores

- Se realizó la determinación de la eficiencia de producción de biogás.
- Se determinó la normalización del gas bajo las siguientes condiciones: gas seco correspondiente a la temperatura inicial y presión inicial. Lo cual se observa en la ecuación.

$$N_{gas} = \frac{(p - p_0) * t_0}{(t + t_0) * p}$$

$N_{gas}$ : Normalidad del gas

$T_0$ = °C Temperatura inicial

$t$ = Temperatura final del gas

$p_0$  = bar Presión inicial

$p$  = Presión de final

- Posteriormente se calculó el volumen de biogás normalizado al interior del biodigestor, con los datos del volumen del gas en el cilindro y la normalización del gas

$$VN_{gas} = V_{cil} * N_{gas}$$

$VN_{gas}$ =Volumen de biogás normalizado en (ml)

$V_{cil}$ =Volumen del biogás en el cilindro (ml)

### ETAPA 3: GABINETE FINAL

- Procesamiento de datos del resultado de los tratamientos.
- Procesamiento de datos recopilados en el software Excel, elaborando en

tablas y figuras.

- Elaboración de comentario de los resultados encontrados.
- Presentación del trabajo de investigación final.
- Subsanación de observaciones.
- Sustentación del trabajo de investigación.

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

Se tuvo en cuenta la fase descriptiva como inferencial. La información que se obtuvo durante la producción de gas fue analizada aplicando métodos estadísticos, elaboración de cuadros y gráficos en el software Microsoft Excel y otros que sean necesarios, para concluir en referencia a nuestros objetivos.

### **3.7. Aspectos éticos**

El presente trabajo de investigación fue elaborado según la guía de productos observables asignada por la universidad, dentro de este marco se realizó revisiones bibliográficas respetando los derechos de los autores; citando de acuerdo a la norma ISO-690 correspondiente a la facultad de ingeniería.

Además, la información para el estudio se obtuvo de fuentes fiables al nivel internacional y nacional sobre los derechos de propiedad intelectual de cada uno de ellos. El perfil de la tesis se elabora en base a la recomendación de la Universidad Cesar Vallejo de acuerdo con la directriz de la norma N°-011 sobre la elaboración de la tesis, se establecerá el formato de investigación relacionado con los derechos de propiedad intelectual de la norma internacional ISO 690.

#### IV. RESULTADOS

De los trabajos de investigaciones realizados se arribaron a los siguientes resultados:

##### **Cálculo y diseño del biodigestor usado en la producción de biogás a partir de residuos orgánicos con microorganismos eficientes, recreo turístico Paraíso Verde.**

4.1. Se construyeron 2 biodigestores de 47 L de capacidad cada uno a razón de 642,15 soles. Se emplearon los siguientes materiales: 2 bidones de polietileno; 1 manómetro para gas de 140 psi o 10 bar; 2 llaves de paso PVC; 2 codos 90° PVC; 8 uniones tipo universal; 2 tubos PVC; 2 mangueras; un pegamento; 1 teflón; 2 uniones; 2 uniones tipo universal; 2 adaptadores; 2 reducciones; 1 lija; 2 válvulas tipo esfera; 2 mangueras tramontina; 2 uniones de presión de gas; 2 niples; 2 sopletes de gas, 2 abrazaderas (Tabla 1)

*Tabla 1: Materiales usados en los diseños del biodigestor*

Ítem	Materiales	Medidas	Cantidad	Precio	Costo
1	Bidón polietileno de 47 litros	Unidad	2	120	240
2	Manómetro para gas de 140 psi o 10 bar	Unidad	1	30	30
3	Llave de paso PVC 1 ½ pulgadas	Unidad	2	9.25	18.5
4	Codo 90° PVC 2 ½ pulgadas	Unidad	2	4.3	8.6
5	Unión universal 1 ½ pulgadas	Unidad	8	2.2	17.6
6	Tubo PVC 1 ½ Pulgada 1m	Unidad	2	3.175	6.35
7	Mangueras de 6 m	Unidad	2	11	22
8	Pegamento 237 ml	Unidad	1	15	15
9	Teflón 1/2" X 12 m	Unidad	1	2.5	2.5
10	Unión 1 ½ Pulgada	Unidad	2	6.9	13.8
11	Unión universal 1 ½ Pulgada	Unidad	2	4	8
12	Adaptador 1 ½ Pulgada	Unidad	2	6	12
13	Reducción ½ Pulgada	Unidad	2	5.5	11
14	Lija	Unidad	1	3	3

15	Válvula esfera 1" x 25 = 25 mm.	Unidad	2	20	40
16	Manguera tramontina de 4 m	Unidad	2	6	12
17	Unión de presión de gas 1/2" (DN15), cnx H/M	Unidad	2	5	10
18	Niple 1 ½ Pulgada	Unidad	2	7.4	14.8
19	Soplete de gas 50 mm X 1.5 m manguera	Unidad	2	72.5	145
20	Abrazadera de 110 MM	Unidad	2	6	12
<b>Total</b>					<b>642.15</b>

4.2. Cada biodigestor albergó 15 kg de residuos sólidos orgánicos procedentes del restaurante recreo turístico Paraíso Verde, más 200 ml de microorganismos eficientes. El diseño de los dos biodigestores fue del prototipo de cilindro tipo batch, color azul con tapa negra, cada uno con una salida de biol en la parte inferior y una salida de biogás en la parte superior de la tapa (Figura 10).



*Figura 10: Diseño de los biodigestores en la producción de biogás*

4.3. El cálculo de la capacidad del volumen de cada biodigestor vacío indica 47 L; mientras el cálculo de la capacidad del biogás en cada biodigestor es de 5.7 L, con el uso de 15 kg de residuos sólidos orgánicos y 200 ml de microorganismos eficientes (tabla 2, 3)

*Tabla 2: Fórmula de capacidad volumétrica del biodigestor vacío.*

Cálculos del volumen de interior del biodigestor

---


$$V_{\text{gas Cil sin residuos}} = \pi * r^2 * h$$

Dónde:

$V_{\text{gas Cil}}$  = Volumen de gas del cilindro sin residuos

$r^2$  = Radio del cilindro (m) 0.15 m

$h$  = Altura del cilindro (m) 0.67 m

$\pi$  = 3.1415

$V_{\text{cil}}$  = 0.047 m<sup>3</sup>

$V_{\text{cil}}$  = 47 L

$V_{\text{cil}}$  = 47358 ml

---

*Tabla 3: Fórmula de capacidad volumétrica de gas con residuos sólidos*

Volumen del espacio en el interior del biodigestor para la  
acumulación de biogás

---


$$V_{\text{gas}} = \pi * r^2 * h$$

Dónde:

$V_{\text{gas}}$  = Volumen del gas

$r^2$  = Radio del cilindro

(m) 0.15 m

$h$  = Altura del cilindro (m) 0.08 m

$\pi$  3.1415

$V_{\text{cil}}$  = 0.0057 m<sup>3</sup>

$V_{\text{cil}}$  = 5.7 L

5655 ml

---

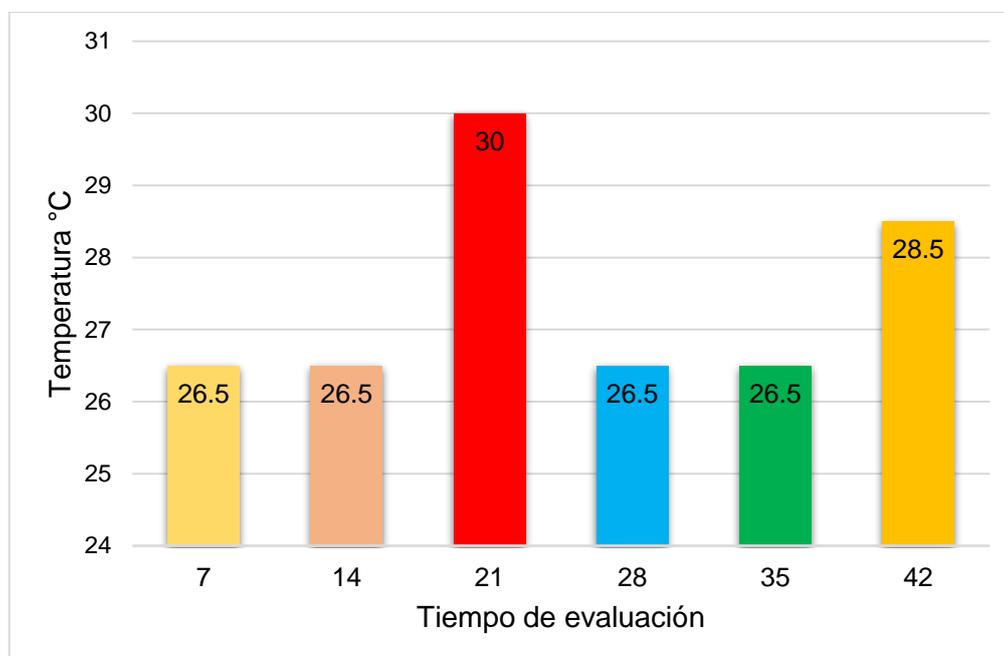
### **Factores técnicos que determinan la generación de biogás a partir de residuos orgánicos con microorganismos eficientes, recreo turístico Paraíso Verde**

4.4. La temperatura promedio en el interior de los biodigestores es de 26,5 °C, que varía entre 26 °C y 27 °C en las dos primeras semanas; en cambio a la tercera

semana la temperatura en el interior de los biodigestores se incrementa en 12 %, es decir 30 °C, oscilando entre 29 °C y 31 °C. Sin embargo, en la cuarta semana de nuevo baja la temperatura en el interior de los biodigestores a 26,5 °C, con variaciones de 25 a 28 °C, Seguidamente en la quinta semana de evaluación en el interior de los biodigestores se mantiene en 26.5 °C en diferencias de 27 a 26 °C. Finalmente en la sexta evaluación en el interior del biodigestor se elevó a 28.5 que se encontró en un rango de 28 a 29 °C (tabla 4, figura 11).

*Tabla 4: Temperatura de los dos biodigestores durante las semanas de evaluaciones*

Tiempo de evaluación	T° en biodigestores °C		Promedio
	1	2	
7	27	26	26.5
14	27	26	26.5
21	31	29	30
28	28	25	26.5
35	27	26	26.5
42	28	29	28.5

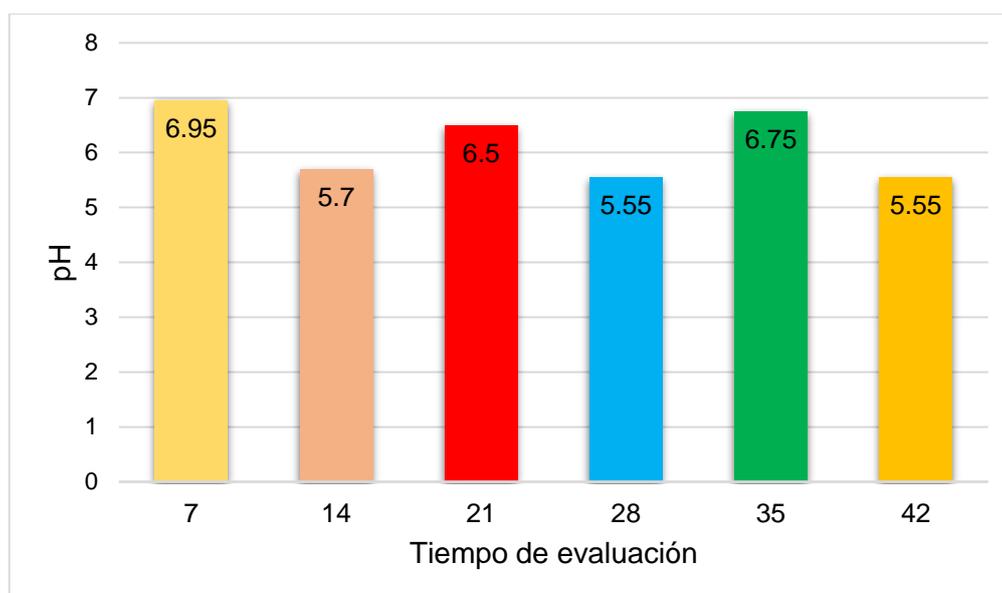


*Figura 11: Promedio de la temperatura evaluado en el interior de los biodigestores*

4.5. El pH promedio en el interior de los biodigestores es de 6.95, que varía entre 7 y 6.9 en la primera semana; en cambio en la segunda semana el pH en el interior de los biodigestores disminuyó en 1.25 %, es decir 5.7, oscilando entre 6.2 y 5.2. Sin embargo, en la tercera semana de nuevo se incrementó el pH en el interior de los biodigestores a 6.5, con variaciones de 6.8 a 6.2, seguidamente en la cuarta semana de evaluación en el interior de los biodigestores regresó a disminuir en 5.55 en diferencias de 5.9 a 5.2, en la quinta semana el pH nuevamente volvió a incrementar a 6.75 que oscilo desde los 6.7 a 6.8. finalmente, el pH en la última evaluación correspondiente a 42 días fue de 5.55 que osciló desde 5.2 a 5.9. (tabla 5 y gráfico 12)

*Tabla 5: pH de los dos biodigestores durante las semanas de evaluaciones.*

Tiempo de evaluación	pH en Biodigestores		Promedio
	1	2	
7	7	6.9	6.95
14	6.2	5.2	5.7
21	6.8	6.2	6.5
28	5.9	5.2	5.55
35	6.7	6.8	6.75
42	5.9	5.2	5.6

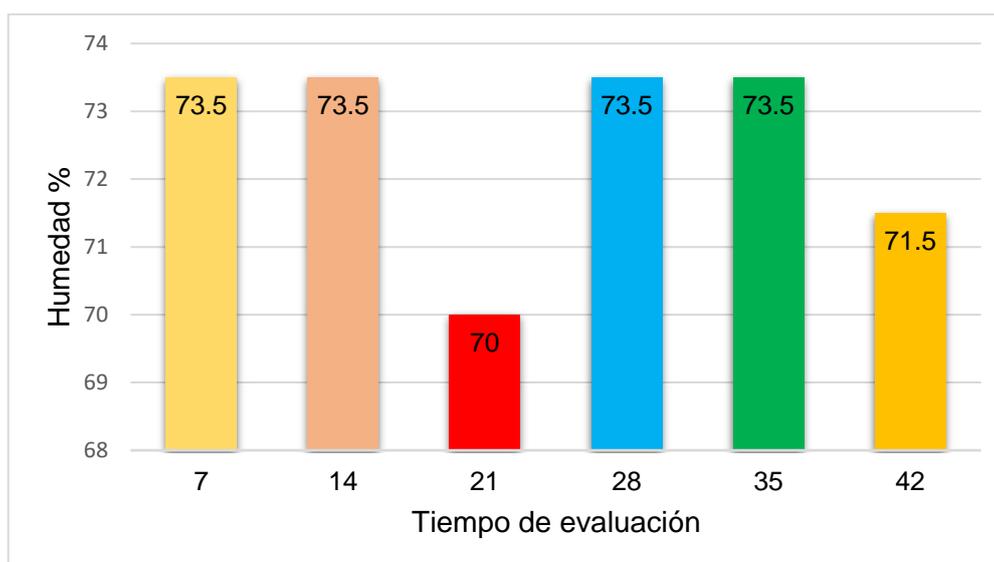


*Figura 12: Promedio de la pH evaluado en el interior de los biodigestores*

4.6. La humedad promedio en el interior de los biodigestores es de 73.5 %, que varía entre 73 a 74 % en la primera semana; en cambio en la segunda semana la humedad en el interior de los biodigestores se ha mantenido, oscilando entre 73 % y 74 %. Sin embargo, en la tercera semana se tuvo una disminución de la humedad en el interior de los biodigestores a 70 %, con variaciones de 69 % a 71 %, seguidamente en la cuarta semana de evaluación en el interior de los biodigestores regresó a aumentar en 73.5 % en diferencias de 72 % y 75 %, en la quinta semana la humedad mantuvo el promedio en 73.5 % que oscilo desde los 73 % a 74 %. Finalmente se determinó la humedad al interior del biodigestor de 71.5 % que osciló desde 71 % a 72 %. (tabla 6, figura 13)

*Tabla 6: Humedad de los dos biodigestores durante las semanas de evaluaciones*

Tiempo de evaluación	Humedad en Biodigestores		Promedio
	1	2	
7	73	74	73.5
14	73	74	73.5
21	69	71	70
28	72	75	73.5
35	73	74	73.5
42	72	71	71.5

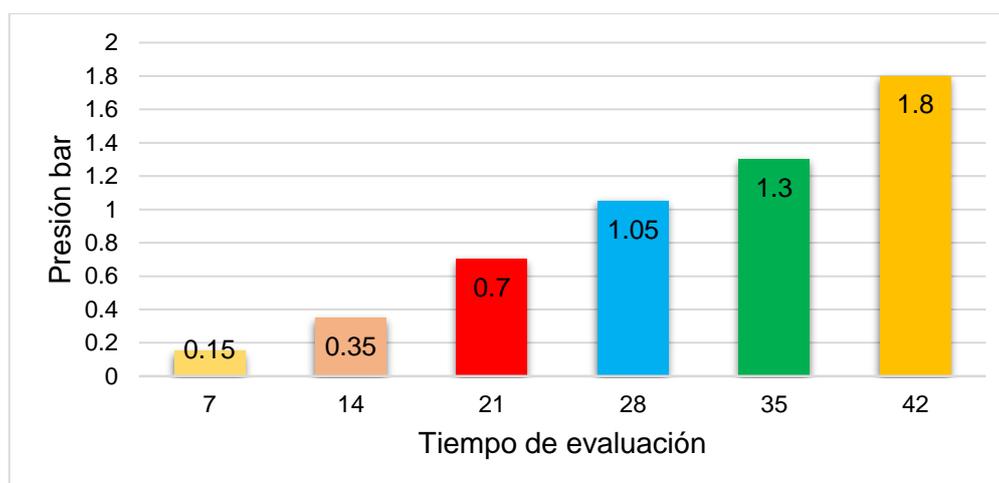


*Figura 13: Promedio de la humedad evaluado en el interior de los biodigestores*

4.7. La presión promedio en el interior de los biodigestores es de 0.15 bar en la primera semana mediante el proceso de descomposición de los residuos orgánicos; para la segunda semana se obtuvo una presión de 0.35 bar, que estuvo entre 0.2 a 0.5 bar al interior del biodigestor; en cambio a la tercera semana la presión en el interior de los biodigestores se inició hacer más notorio, es decir a 0.7 bar, oscilando entre 0.6 y 0.8 bar. Sin embargo, en la cuarta se incrementó significativamente la presión en el interior de los biodigestores a 1.05 bar, con variaciones de 0.7 a 1.4 bar, seguidamente en la quinta semana de evaluación en el interior de los biodigestores se incrementó una mínima presión de 1.3 bar en diferencias de 0.7 a 1.9 bar. Posterior evaluación correspondiente a 42 días fue de 1.8 bar oscilando desde 0.8 a 2.8 bar (tabla 7 y figura 14)

*Tabla 7: Presión de los dos biodigestores durante las semanas de evaluaciones*

Tiempo de evaluación	Presión (bar) en Biodigestores		Promedio
	1	2	
7	0.1	0.2	0.15
14	0.2	0.5	0.35
21	0.6	0.8	0.7
28	0.7	1.4	1.05
35	0.7	1.9	1.3
42	0.8	2.8	1.8



*Figura 14: Promedio de la presión evaluado en el interior de los biodigestores*

## Eficiencia de generación de biogás a partir de residuos orgánicos con microorganismos eficientes, recreo turístico Paraíso Verde

4.8. En la segunda semana de evaluación desde la colocación de los RRSSOO se obtuvo en promedio 1.555 L de gas en el interior de los biodigestores, con variaciones de 1.414 a 1.696 L entre uno y otro biodigestor. En la tercera semana se logró 2.099 L de gas, con rango de 2.194 a 2.005 L. En la cuarta semana se encontró 2.425 L de gas, que varió de 2.379 a 2.471 L. En la penúltima semana se determinó 2.477 L de gas, que varió de 2.423 a 2.530 L; y finalmente, en la última semana de evaluación se obtuvo 2.456 L de gas, que varió de 2.429 a 2.482 L. (tabla 7, figura 15)

Tabla 8: Volumen de gas al interior de los dos biodigestores durante las semanas de evaluaciones

Tiempo de evaluación	Volumen de gas (L) en biodigestores		Promedio
	1	2	
7	0.000	0.000	0.000
14	1.414	1.696	1.555
21	2.194	2.005	2.099
28	2.379	2.471	2.425
35	2.423	2.530	2.477
42	2.429	2.482	2.456

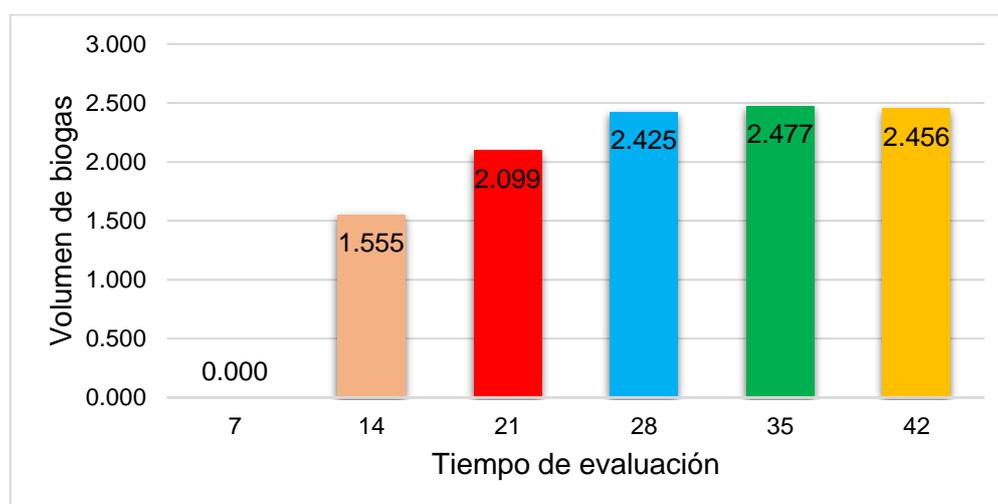


Figura 15: Promedio del volumen del biogás evaluado en el interior de los biodigestores

**Producción de biogás a partir de residuos orgánicos con microorganismos eficientes, recreo turístico Paraíso Verde, Tarapoto - 2022**

4.9. En el periodo de 42 días, el biodigestor uno, con 15 kilogramos de residuos orgánicos (bagazo de naranja 80 %; Cáscara de maduro 13 %; bagazo de cidra 7%) y 200 ml de microorganismos eficientes ha producido 2.43 L de gas, sin llama de fuego; el biodigestor dos, con 15 kilogramos de residuos orgánicos (desechos de arroz y carnes 47 %; cáscara de frutas y verduras 20 %; cáscaras de maduro 33 %) y 200 ml de microorganismos eficientes ha producido 2.48 L de gas, con llama de fuego muy leve (tabla 9).

*Tabla 9: Cantidad de residuos orgánicos y microorganismos eficientes para la producción de biogás*

ítem	Residuos orgánicos	Biodigestor 1				Biodigestor 2				
		Cantidad (Kg), (ml)	Total	VNgas (ml)	Prueba de llama	Residuos orgánicos	Cantidad (Kg), (ml)	Total	VNgas (L)	Prueba de llama
1	Bagazo de naranja	12				Desechos de arroz y carnes	7			
2	Cáscaras de maduro	2	15	2.43	Sin llama de fuego	Las cáscaras de frutas y verduras	3	15	2.48	Llama de fuego muy leve
3	Bagazo de cidra	1				Cáscaras de maduro	5			
4	ME	200	200			ME	200	200		

## V. DISCUSIÓN

En esta investigación se preparó un cilindro como prototipo de biodigestor tipo batch de 47 litros de capacidad, que consistió en un cilindro de color azul con tapa negra. Para la salida del biogás se realizó en la parte superior un orificio de 5 cm de diámetro para colocar un sistema de salida de gas, en esta parte se utilizó niple de 1" de espesor, una llave de paso, donde tiene el diseño para la salida de gas. Asimismo, se instaló un manómetro de gas de 140 Psi y 10 bar, lo cual nos ayudó a determinar la presión generada dentro del cilindro y por ende también la presencia de gas. En el estudio realizado por Cadillo y Ramos (2020) menciona que diseñó un biodigestor para producir biogás a partir de residuos orgánicos de camal municipal, donde utilizó cálculos matemáticos para determinar carga diaria de residuos orgánicos que fue de 1548 kg, volumen total del biodigestor de 1.5625 m<sup>3</sup>, volumen del líquido de 1.171875 m<sup>3</sup> y volumen del biogás de 0.390625 m<sup>3</sup>. Por otra parte Coronado (2019) señala que elaboró biogás a partir de lodos orgánicos generados en las plantas procesadoras de productos hidrobiológicos, el biodigestor fue realizado a partir de un bidón plástico de 20 litros con tapa, al cual se realizó un orificio de 3/8" para colocar un niple metálico de 1/2", al mismo que se le agregó una manguera plástica transparente para gas de 1/2", poniéndose al final de la misma una válvula de control adaptada de cocina de gas para controlar el ingreso y salida de los gases para su caracterización, traspaso y encendido de los mismos. También Tóala (2020). Realizó la construcción de un biodigestor a escala piloto utilizando el método cuantitativo para determinar los componentes principales del diseño, los materiales utilizados para el prototipo son: caneca plástica de 60 litros, tubería Pvc de 1/2 pulgada, manguera de conducción de gas, llave de paso y accesorios de acuerdo al requerimiento de las conexiones, sus características principales son la cámara de biodigestión donde se deposita el material orgánico, tubería de conducción de gas y una válvula de presión artesanal. También Fuentes y Vicente (2019) indican que aplicaron gallinaza y residuos vegetales de mercado para la producción de biogás, pero a nivel de laboratorio donde el volumen total de cada reactor discontinuo fue de 500 ml con un volumen efectivo de 400 ml. La fracción del inóculo de mantuvo constante 200 ml para cada reactor. Cada reactor de lotes se agitó manualmente dos a tres veces al día durante aproximadamente 1 a 2

minutos, emplearon también pinzas metálicas, vaso de precipitación, desecador, capsulas de porcelana (crisol de 100ml), estufa mufla y balanza analítica.

La temperatura promedio en el interior de los biodigestores desde la primera semana hasta la última semana oscilan entre 26.5°C y 28.5°C. Sin embargo, en el estudio realizado por Sanabria, et al (2018) señala que existen tres rangos de temperatura en los que se puede llevar a cabo la digestión anaerobia, los Psicrófilicos que se encuentran por debajo de los 25°C, los mesofílicos (25 y 45°C) y termofílicos (45 y 65°C). También en esta investigación indica que el pH promedio en el interior de los biodigestores tienen un rango de 5.55 a 6.95 en lo que comprende desde la primera semana hasta la cuarta. A diferencia de Briseño (2017) menciona que realizó la producción de biogás a partir de estiércol de vaca, estiércol de puerco, pollinaza, suero de leche e inóculos, donde el pH adecuado tenía un rango de 6.5 a 7.5 en los 27 días que se necesitó para la expulsión de este biogás. La humedad promedio en el interior de los biodigestores entre la primera y cuarta semana que se necesitó para la producción de biogás es de 70% a 73.5 %, es decir no tuvo mayor variación durante estas semanas. Con una mínima diferencia está el estudio de Navarro (2017) que realizó la producción de biogás a partir de estiércol y residuos vegetales, menciona que la humedad del interior del biodigestor debe estar en un rango de 70 % a 80% para de esta manera tener mejores resultados. La presión promedio en el interior de los biodigestores que comprende la primera semana hasta el día 42 corresponde a la medida de 0.15 hasta 1.8 bar. A comparación de la investigación realizada por Arrieta (2016) que diseñó un biodigestor domestico para el aprovechamiento de estiércol de ganado a gran escala según tipo de membrana, de acuerdo a la resistencia a la fluencia HDPE (12.9 a 25.7 kPa) y de acuerdo a la resistencia a la tracción PVC (10.9 a 32.1 kPa) esto también de acuerdo al espesor dentro del biodigestor. Posteriormente Duran y Rojas (2021). Evaluaron la producción de biogás a partir de la mezcla del estiércol del ganado ovino con microorganismos eficientes a escala de un biodigestor, para su utilización como fuente de energía renovable, en las zonas ganaderas del distrito de Ninacaca, donde tuvieron en cuenta los factores técnicos como el pH, temperatura, oxígeno, presiones obtenidas a través del programa Excel, indica que el biodigestor estaba operando con parámetros correctos. Los parámetros obtenidos con respecto al pH de las 8 semanas monitoreadas el valor

del pH promedio para el tratamiento se encontró entre 6.05 a 7.74, en este caso se encuentra dentro del requerimiento necesario para la generación de biogás, ya que el requerido es de pH de 6 a pH de 8,3. Por el lado de la temperatura en las 8 semanas de monitoreo se encontró entre 10.3 °C a 12.1 °C, por lo mencionado nos encontramos dentro de una temperatura muy baja, pero dentro del rango de 5°C hasta los 60°C que mencionan los especialistas para la generación de biogás. El Oxígeno en el monitoreo de las 8 semanas, el valor del oxígeno promedio para el tratamiento se encontró entre 1.2 a 1.07, la no presencia de oxígeno hace que nuestro biodigestor genere más adecuadamente el biogás, por lo que el descenso es un indicador positivo para nuestro experimento. Estos tres parámetros anteriores mencionados determinan que la presión de biogás en BAR determino un crecimiento dentro del biodigestor, el proceso de digestión ovina alcanzó su pico máximo de presión de 3.2 bar a las 8 semanas y su producción más baja fue durante las tres primeras semanas con un valor 0.5 bar a 0.6 bar, lo cual se representa aplicando la mezcla del estiércol del ganado ovino con los microorganismos eficientes a escala de un biodigestor, para la producción de biogás.

Se calculó el volumen de biogás normalizado, con los datos del volumen del gas en el cilindro y la normalización del gas. Logrando producir 2.48 L del volumen de biogás normalizado en el interior del biodigestor del sistema 2 con residuos de comida y restos de frutas en base a 15 kg por un periodo de 42 días. Sin embargo, Loaiza y Alarcon (2020) indican que realizaron la producción de biogás a partir de tres tipos de estiércol (ovino, equino, vacuno), donde muestra la cantidad total producida de biogás por biodigestor en 10 días. Los resultados oscilan entre 13.8 a 11.05 L. También Custodio y Toledo (2020) realizaron la producción de biogás a partir de lodos de tratamiento de aguas residuales con estiércol de ganado, esta producción la dividieron en 3 tratamiento para determinar la producción del biogás según volumen del estiércol y lodo, donde lograron identificar que los crecimientos de producción volumétrica de biogás en cada tratamiento fueron: el T2 tuvo 2.222 ml/ día-1 , siendo esta mucho más mayor tanto al T1 como T3; que tuvieron una similitud en sus valores; 0.377 ml/ día-1 (T1) y 0.3602 ml/día-1 (T3).

En el sistema 2 en a 15 kg de residuos de comida y restos de frutas más 200 ml de microorganismos eficientes por un periodo de 42 días, se logró producir 2.48 L

considerando la temperatura promedio de 28.5°C, con un pH promedio de 5.55, Sin embargo Vargas y Villavicencio (2019) realizaron un biogás a partir de estiércol bovino y porcino en la Ciudad de Moyobamba, donde lograron obtener estos resultados: el peso de la materia orgánica fue de 60.2 kg, con un volumen de mezcla de 70.5 litros en consideración a la relación que fue 1:1 entre el estiércol y agua, con un pH de la mezcla de estiércol de 5.5 que es ligeramente ácido, la temperatura y humedad promediaron entre 14.40 °C y 70.57%, con una presión promedio del biogás dentro del biodigestor de 10 psi, la retención fue de 30 días y la producción de 57.35 litros de biogás. Finalmente Tóala (2020). En su diseño que utilizó un factor de seguridad del 5%, tiempo de retención de 40 días, obteniendo un resultado 4849 litros de capacidad, 1,54m de altura y 2m de diámetro, estas dimensiones se ajustan a tanques existentes en el mercado, el diseño se compone de 4 tanques plastigama de 5000 litros, constan de una línea de conducción de biogás, tuberías de drenaje y válvulas de escape de presión, y un tanque de almacenamiento de biofertilizante; logrando que los biodigestores de polietileno trabajaron con una eficiencia del 90,42%, en relación a la acumulación de biogás.

## VI. CONCLUSIONES

El diseño del prototipo de biodigestor de 47 litros de capacidad contaba con una salida en la parte inferior para el biol, que ayudaba a determinar la temperatura, humedad y pH que se generaba dentro del cilindro, y una salida para el gas adaptada por medio de una manguera. ½" para un manómetro, para medir la presión en el interior del biodigestor, facilitando el cálculo de la presencia de gas.

Los biodigestores experimentan variaciones de algunos parámetros desde la primera hasta la sexta semana, la temperatura promedio que osciló entre 26.5°C y 30°C, el pH promedio de 5.55 a 6.95 durante las semanas de evaluación, la humedad promedio de 71.5 % a 73.5%; y la presión promedio de 0.15 a 1.8 bar; factores que facilitaron la eficiencia de la producción de biogás a partir de residuos orgánicos en el recreo turístico Paraíso Verde.

Se determinó al interior de los biodigestores a partir de la segunda semana que hubo presencia de gas en un promedio de 1.555 L, teniendo una diferencia significativa con la última semana de producción donde se obtuvo un promedio de 2.456 L, generando una llama de fuego muy leve como eficiencia de producción de biogás.

Los residuos orgánicos con microorganismos eficientes en el biodigestor 2 produjeron 2.48 L de biogás, confirmando la hipótesis de investigación, en el sentido de que los residuos orgánicos con microorganismos eficientes generaron la producción de biogás en el recreo turístico Paraíso Verde.

## **VII. RECOMENDACIONES**

A los empresarios de los centros turísticos promover la producción de biogás de los residuos orgánicos generados en sus establecimientos, pues, no demanda mayores gastos para su elaboración, representa una alternativa ecológica que podría sustituir al GLP, que comúnmente se usa para la cocción de alimentos y la generación de electricidad. Para obtener mayor eficiencia del biogás, usar residuos orgánicos procedentes de restos de comidas con microorganismos eficientes.

## REFERENCIAS

- AMIN, F.R., KHALID, H., EL-MASHAD, H.M., CHEN, C., LIU, G. y ZHANG, R., 2021. Functions of bacteria and archaea participating in the bioconversion of organic waste for methane production. [en línea] *Science of The Total Environment*, vol. 763, pp. 143007. ISSN 0048-9697. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: DOI [10.1016/j.scitotenv.2020.143007](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143007).
- ARIAS-GÓMEZ, J., VILLASÍS-KEEVER, M.Á. y MIRANDA-NOVALES, M.G., 2016. El protocolo de investigación III: la población de estudio. [en línea] *Revista Alergia México*, vol. 63, no. 2, pp. 201-206. ISSN 2448-9190, 0002-5151. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: DOI [10.29262/ram.v63i2.181](https://doi.org/10.29262/ram.v63i2.181).
- ARRIETA, W. (2016). Diseño de un biodigestor doméstico para el aprovechamiento energético del estiércol de ganado (Tesis de pregrado en Ingeniería Mecánico-Eléctrica). [en línea] Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Mecánico-Eléctrica. Piura, Perú. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11042/2575>
- BRISEÑO, L., 2018. Producción de biogás a través de la codigestión de residuos sólidos y semisólidos: hacia una planta centralizada de biogás para la generación de energía. Item 1021/186 Repositorio CIDETEQ. En: Accepted: 2018-02-12T18:05:38Z [en línea]. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <http://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1021/186>.
- BÜCKER, F., MARDER, M., PEITER, M.R., LEHN, D.N., ESQUERDO, V.M., ANTONIO DE ALMEIDA PINTO, L. y KONRAD, O., 2020. Fish waste: An efficient alternative to biogas and methane production in an anaerobic mono-digestion system. *Renewable* [en línea]. *Energy*, vol. 147, pp. 798-805. ISSN 0960-1481. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: DOI [10.1016/j.renene.2019.08.140](https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.08.140).
- CADILLO GARAY, L.Y. y RAMOS RICO, N.R., 2020. Evaluación de la composición del biogás proveniente de residuos orgánicos del camal municipal en un biodigestor tubular, Huallanca, Ancash - 2019. En: Accepted: 2021-06-07T19:42:34Z, *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/62696>.
- CORONADO CANALES, L. del M., 2019. Producción y caracterización de biogás a

- partir de lodos orgánicos generados en las plantas procesadoras de productos hidrobiológicos en Paita – Piura 2019. En: Accepted: 2021-01-12T14:34:19Z, *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/51450>.
- CRISTIANO, G. y BUITRAGO, C., 2020. ¿PUEDE EL BIOGÁS GENERADO A PARTIR DE RESIDUOS DE GANADO REDUCIR LAS EXTERNALIDADES NEGATIVAS? UN CASO DE ESTUDIO EN ARGENTINA. [en línea]. *Semestre Económico*, vol. 23, no. 54, pp. 129-144. ISSN 0120-6346. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: DOI [10.22395/seec.v23n54a7](https://doi.org/10.22395/seec.v23n54a7).
- DE AGUIAR 2018. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos – SaberMetodología. [en línea]. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://sabermetodologia.wordpress.com/2016/02/15/tecnicas-e-instrumentos-de-recoleccion-de-datos/>.
- Duran Deysi y Rojas Lucio. Producción de biogás a partir de la mezcla del estiércol del ganado ovino con microorganismos eficientes a escala de un biodigestor, para su utilización como fuente de energía renovable, en las zonas ganaderas del distrito de Ninacaca. [en línea]. Universidad nacional Daniel Alcides Carrión. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2626>
- EL PERUANO, 2021. Peruanos generamos 21 mil toneladas diarias de basura. [en línea]. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://elperuano.pe/noticia/120825-peruanos-generamos-21-mil-toneladas-diarias-de-basura>.
- FUENTES CHAMBI, J.A. y VICENTE ALBORNOZ, J.K., 2019. Aplicación de gallinaza y residuos vegetales como sustrato para la producción de biogás del mercado 1ro de Mayo, Santa Anita, 2019. En: Accepted: 2021-05-26T15:49:39Z, *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/61516>.
- GIRALDA, R., 2017. Planta de biogás en Perú con equipos y formación de AINIA. *Ainia* [en línea]. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.ainia.es/ainia-news/espora-equipos-formacion-planta-piloto-biogas-peru/>.

- GIUBI, J., BERNAL, M., CAÑETE, F., GIUBI, J., BERNAL, M. y CAÑETE, F., 2019. [http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1816-89492019000300053&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1816-89492019000300053&lng=en&nrm=iso&tlng=es). [en línea]. *Anales de la Facultad de Ciencias Médicas (Asunción)*, vol. 52, no. 3, pp. 53-58. ISSN 1816-8949. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: DOI [10.18004/anales/2019.052.03.53-058](https://doi.org/10.18004/anales/2019.052.03.53-058).
- GONZALES, S., [2020]. Producción de biogás a partir de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU). [en línea]. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <http://www.ii.unam.mx/es-mx/AlmacenDigital/Gaceta/GacetaEnero-Febrero-2019/Paginas/Produccion-de-biogas-Forsu-.aspx>.
- HERNADEZ, M, 2019. ¿Qué son los residuos orgánicos? ¿Cómo es el tratamiento de residuos? *Master en Gestión, Tratamiento y Valorización de Residuos Orgánicos* [en línea]. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://masterresiduos.umh.es/2019/05/14/que-son-los-residuos-organicos-como-es-el-tratamiento-de-residuos/>.
- HERNANDEZ, H. 2014. Investigación cuantitativa, cualitativa y mixta. [en línea]. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://recursos.ucol.mx/tesis/investigacion.php>.
- HUAMÁN BORJA, M.M. y HUAYLLANI VELÁSQUEZ, Y.Y., 2020. Revisión sistemática de la obtención de biogás mediante la aplicación de diferentes tipos de estiércol. En: Accepted: 2021-12-09T19:35:57Z, *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/75339>.
- HURTADO, S., [sin fecha]. Instrumento de la técnica de observación, pp. 22.
- IDAE, 2020. BIOGÁS El biogás es la única energía renovable que puede usarse para cualquiera de las grandes aplicaciones energéticas. [en línea]. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/biogas>.
- KUMAR, M., DUTTA, S., YOU, S., LUO, G., ZHANG, S., SHOW, P.L., SAWARKAR, A.D., SINGH, L. y TSANG, D.C.W., 2021. A critical review on biochar for enhancing biogas production from anaerobic digestion of food waste and sludge.

- [en línea]. *Journal of Cleaner Production*, vol. 305, pp. 127143. ISSN 0959-6526. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: DOI [10.1016/j.jclepro.2021.127143](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127143).
- LI, L., KONG, Z., QIN, Y., WU, J., ZHU, A., XIAO, B., NI, J., KUBOTA, K. y LI, Y.-Y., 2020. Temperature-phased anaerobic co-digestion of food waste and paper waste with and without recirculation: Biogas production and microbial structure. [en línea]. *Science of The Total Environment*, vol. 724, pp. 138168. ISSN 0048-9697. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: DOI [10.1016/j.scitotenv.2020.138168](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138168).
- LOAIZA CHUQUIMIA, M.A. y ALARCÓN COLLAO, F.H., 2020. Producción de biogás utilizando tres tipos de estiércol (ovino, equino y vacuno) en sustrato de silo de maíz en la zona de Sama Inclán, Tacna. En: Accepted: 2020-12-15T15:23:02Z, *Universidad Privada de Tacna* [en línea], [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1579>.
- MACETAS CAMARGO, R.L., 2020. Revisión bibliográfica de la generación de biogás a partir del aprovechamiento de residuos orgánicos y estiércol. En: Accepted: 2021-02-17T20:03:57Z, *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/53281>.
- MALDONADO, J. (2020). Comparación de la calidad del compost resultante del proceso realizado por microorganismos eficientes comerciales y naturales en el distrito de Jepelacio, región San Martín. [en línea]. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14095/1026>.
- MAMANI CONDORI, R. y PACCO HUARACHI, C.O., 2021. Propuesta de diseño de una planta de biodigestión para el aprovechamiento energético de residuos orgánicos del relleno sanitario de Chilla - Juliaca. En: Accepted: 2021-09-03T22:34:53Z, *Repositorio Institucional - UNAP* [en línea], [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3219569>.
- MERINO, M.A.O., VÉLIZ, J.J.J., CONFORME, M.V.M., GÓMEZ, A.J.Q. y COBEÑA, J.L.A., 2018. Producción de biogás con estiércol de cerdo a partir de un biodigestor en la Granja EMAVIMA Jipijapa – Ecuador. *Dominio de las Ciencias*,

vol. 4, no. 1, pp. 709-733. ISSN 2477-8818.

- MONGABAY, 2022. El biogás hecho a partir de restos de comida y estiércol gana terreno. *Noticias ambientales* [en línea]. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://es.mongabay.com/2022/02/el-biogas-hecho-a-partir-de-restos-de-comida-y-estiercol-gana-terreno/>.
- MORIANA, L., 2021. Basura orgánica e inorgánica: qué es y ejemplos - Resumen. *ecologiaverde.com* [en línea]. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/basura-organica-e-inorganica-que-es-y-ejemplos-1243.html>.
- NAVARRO ORTIZ, N., [2017]. Potencial Técnico Para La Producción De Biogás, Generado A Partir De Residuos Orgánicos Producidos En La Comuna De Independencia., Onu, 2017. Solid Waste Management. *Unep - Un Environment Programme* [en línea]. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <http://www.unep.org/explore-topics/resource-efficiency/what-we-do/cities/solid-waste-management>.
- ORTIZ, 2020. Instrumento de la técnica de observación., pp. 22. [en línea], [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: [en línea], [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <http://institutocienciashumanas.com/wp-content/uploads/2020/03/Las-t%C3%A9cnicas-de-investigaci%C3%B3n.pdf>
- PALACIOS TORIBIO, L.K. y OBREGON CASTRO, G. del P., 2019. Determinación del poder calorífico del biogás que se obtiene a partir de biomasa animal usando el biodigestor modelo Intermediate Bulk Container, 2019. En: Accepted: 2021-09-03T15:54:32Z, *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/67466>.
- RAMIREZ, S. (2019). Marco Metodológico, pp. 19. [en línea]. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://investigaliacr.com/investigacion/marco-metodologico-de-investigacion/>
- REDAGRÍCOLA, 2017. Lo básico para entender el biogás: sus usos y beneficios. *Redagrícola Chile* [en línea]. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.redagricola.com/cl/lo-basico-entender-biogas/>.
- SALAZAR y DEL CASTILLO, 2018. *FUNDAMENTOS BÁSICOS DE ESTADÍSTICA* [en

- línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://online.pubhtml5.com/skfd/tkbj/>.
- SANABRIA, O., SANCHEZ, A., RODAS, Y., 2018. Generación De Biogás Mediante El Proceso De Digestión Anaerobia A Partir De Aprovechamiento De Sustratos Orgánicos (Pasto Y Aserrín), En La Ciudad De Estelí En El Año 2017 [en línea] Tesis de Grado para optar al título de Ingeniero en Energías Renovables. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/9367/1/18880.pdf>
- SOLIS, I. GUÍA PARA EL ANÁLISIS DOCUMENTAL. pp. 7.
- SRIVASTAVA, R.K., SHETTI, N.P., REDDY, K.R. y AMINABHAVI, T.M., 2020. Sustainable energy from waste organic matters via efficient microbial processes. [en línea] *Science of The Total Environment*, vol. 722, pp. 137927. ISSN 0048-9697. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: DOI [10.1016/j.scitotenv.2020.137927](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137927).
- Tóala (2020). Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el rancho verónica. [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3406>
- TOLEDO, C., JULISA, L., CAMPOS, S. y ROXANA, J., [2020]. Biogás a partir de la biodigestión de lodos del tratamiento de aguas residuales con estiércol de ganado vacuno de la ciudad de Trujillo, 2020., pp. 138. [en línea] Universidad Privada del norte [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/24035>
- VARGAS VILLANUEVA, P.G. y VILLAVICENCIO HERVIAS, M.A., 2019. Eficacia del biogás elaborado con estiércol de ganado bovino y porcino del camal municipal de Moyobamba 2019. En: Accepted: 2021-04-21T17:23:40Z, *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57726>.
- WESTERHOLM, M., LIU, T. y SCHNÜRER, A., 2020. Comparative study of industrial-scale high-solid biogas production from food waste: Process operation and microbiology. [en línea] *Bioresource Technology*, vol. 304, pp. 122981. ISSN

0960-8524. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: DOI [10.1016/j.biortech.2020.122981](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122981).

ZHANG, L., LOH, K.-C., KUROKI, A., DAI, Y. y TONG, Y.W., 2021. Microbial biodiesel production from industrial organic wastes by oleaginous microorganisms: Current status and prospects. [en línea] *Journal of Hazardous Materials*, vol. 402, pp. 123543. ISSN 0304-3894. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: DOI [10.1016/j.jhazmat.2020.123543](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123543).

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Matriz de operacionalización

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición			
<p><i>Variable independiente</i></p> <p>Residuos orgánicos y microorganismos eficientes.</p>	<p>Según, Moriana, L. (2021), los residuos orgánicos son aquellos que tienen la capacidad de desintegrarse en un tiempo mínimo, que resulta de un proceso de productos alimenticios. Además, son utilizados para producir, compost, biogás y otros. Los microorganismos eficientes son inoculante microbiano, restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, en la producción de los cultivos y su protección (Briseños, 2018).</p>	<p>Para realizar el estudio se tendrá los residuos orgánicos generados en el recreo turístico Paraíso Verde-Tarapoto. Asimismo, se agregarán a la materia orgánica microorganismos eficientes.</p>	<p>Características de los residuos sólidos.</p>	Color	<p>Nominal</p>			
				Olor				
				Humedad				
						<p>Características de los microorganismos eficientes</p>	Anaerobia	<p>Nominal</p>
							Tipos (Bacterias, hongos y levaduras)	
							Consocio microbiano	
			<p>Dosis de microorganismos</p>	200 ml	<p>Razón</p>			
<p><i>Variable dependiente</i></p> <p>Producción de biogás</p>	<p>Según Redagrícola. (2017) la producción de biogás es producto de la descomposición de materia biodegradable, que está compuesto por metano (CH<sub>4</sub>) que es aquel que logra darle el valor energético, ya que representa entre 50 a 77 % del gas generado.</p>	<p>Los residuos orgánicos domésticos, que serán tratados en un biodigestor, obtenidos del recreo turístico Paraíso Verde-Tarapoto, mediante el cual, se obtendrá biogás.</p>	<p>Diseño y construir de biodigestor</p>	Capacidad de carga	<p>Nominal</p>			
				Materiales				
				Manómetro				
						<p>Características de la producción de biogás</p>	Temperatura	<p>Ordinal</p>
							pH	<p>Nominal</p>
							Humedad	
							Presión	
							Volumen de biogás	
							Calidad de gas	

**Anexo 2. Fichas de evaluación factores técnicos.**

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>	<b>Registro de control de campo</b>		<b>Fecha:</b>		<b>N° de ficha:</b>	
	<b>Lugar de investigación</b>		<b>Distrito</b>		<b>Departamento</b>	
<b>Responsables</b>		<b>Coordenadas</b>				
<b>DNI</b>		<b>X:</b>			<b>Y:</b>	
Producción de biogás, a partir de residuos orgánicos con microorganismos eficientes, recreo turístico Paraíso Verde -Tarapoto 2022.						
<b>Nombre de la muestra</b>		<b>Fecha</b>				
<b>Pruebas</b>	<b>Análisis en campo y laboratorio</b>					<b>Observación</b>
	<b>Humedad</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Presión</b>	<b>Volumen del gas</b>	
TRATAMIENTO						

**Anexo 2.** Ficha de recolección de datos de campo producción de biogás

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>	<b>Registro de control de campo</b>		<b>Fecha:</b>	<b>N° de ficha:</b>
<b>Lugar de investigación</b>	<b>Distrito</b>		<b>Departamento</b>	
<b>Responsables</b>			<b>Coordenadas</b>	
	<b>DNI</b>		<b>X:</b>	<b>Y:</b>
<b>Tratamientos</b>	<b>Eficiencia de producción de biogás</b>			<b>Observación</b>
	<b>Microorganismos</b>	<b>Presión</b>	<b>Volumen del gas acumulado</b>	
Semana 1				
Semana 2				
Semana 3				
Semana 4				
Semana 5				
Semana 6				

## Anexo 3. Ficha de validación de instrumentos



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

Apellidos y Nombres: Herrera Gonzales Eugenio  
 Cargo e institución donde labora: Independiente  
 Especialidad o línea de investigación: Especialista ambiental  
 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Fichas de evaluación factores técnicos y  
 Ficha de recolección de datos de campo producción de biogás Autoras de los Instrumentos:  
 Núñez Linares, Carmen Rosa y López Caramantin, Cinthia Lizet.

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.				X	
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.				X	
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						48

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Instrumento apto para ser aplicado

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

48

  
  
 Ing. EUGENIO HERRERA GONZALEZ  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 CIP N° 100164

Tarapoto, 02 de septiembre del 2022

## Anexo 4. Ficha de validación de instrumentos



### VALIDACION DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

Apellidos y Nombres: Mg. José Máximo Díaz Pinto.  
Cargo e institución donde labora: Gerente Titular FUCOMA IES.  
Especialidad o línea de investigación: Instrumentos de Gestión Ambiental/Manejo integral de residuos sólidos.  
Nombre del instrumento motivo de evaluación: Fichas de evaluación factores técnicos y Ficha de recolección de datos de campo producción de biogás.  
Autoras de los instrumentos: Núñez Linares, Carmen Rosa y López Caramantín, Cinthia Lizet.

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.				X	
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.				X	
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>		48				

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Instrumento apto para ser aplicado

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

48

Tarapoto, 30 de agosto de 2022

## Anexo 5. Ficha de validación de instrumentos



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

Apellidos y Nombres: Mendoza López Karla Luz  
 Cargo e institución donde labora: Universidad César Vallejo  
 Especialidad o línea de investigación:

**Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de evaluación factores técnicos y Ficha de recolección de datos de campo producción de biogas.**

Autoras de los Instrumentos: Núñez Linares, Carmen Rosa y López Caramantin, Cinthia Lizet.

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.				X	
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.				X	
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.				X	
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						47

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Instrumento apto para ser aplicado

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 47

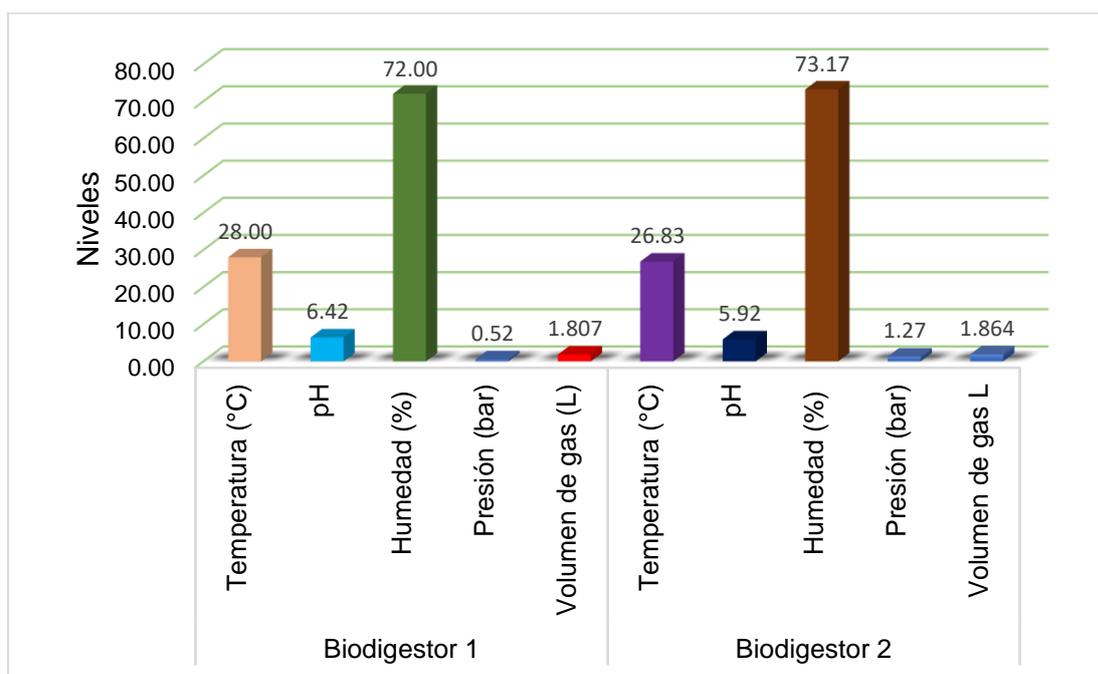
  
**Karla Luz Mendoza López**  
 DOCTORA EN CIENCIAS AMBIENTALES  
 CIP: 122149

Tarapoto, 01 de septiembre del 2022

### Anexo 6. Mediciones de factores ambientales al interior de los biodigestores

Tiempo de evaluación	Biodigestor 1					Biodigestor 2				
	Temperatura (°C)	pH	Humedad (%)	Presión (bar)	Volumen de gas (L)	Temperatura (°C)	pH	Humedad (%)	Presión (bar)	Volumen de gas L
7	27	7	73	0.1	0.00	26	6.9	74	0.2	0.00
14	27	6.2	73	0.2	1.41	26	5.2	74	0.5	1.70
21	31	6.8	69	0.6	2.19	29	6.2	71	0.8	2.00
28	28	5.9	72	0.7	2.38	25	5.2	75	1.4	2.47
35	27	6.7	73	0.7	2.42	26	6.8	74	1.9	2.53
42	28	5.9	72	0.8	2.43	29	5.2	71	2.8	2.48
Total	168	38.5	432	3.1	10.839	161	35.5	439	7.6	11.184
Promedio	28.00	6.42	72.00	0.52	1.807	26.83	5.92	73.17	1.27	1.864

### Anexo 7. Total, de mediciones de los factores ambientales



**Anexo 8:** Panel fotográfico.













**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, LUIS ALBERTO ORDOÑEZ SANCHEZ, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TARAPOTO, asesor de Tesis titulada: "Producción de biogás, a partir de residuos orgánicos con microorganismos eficientes, recreo turístico Paraíso Verde -Tarapoto 2022", cuyos autores son LOPEZ CARAMANTIN CINTHIA LIZET, NUÑEZ LINARES CARMEN ROSA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 25.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

TARAPOTO, 28 de Noviembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
LUIS ALBERTO ORDOÑEZ SANCHEZ <b>DNI:</b> 00844670 <b>ORCID:</b> 0000-0003-3860-4224	Firmado electrónicamente por: LORDONEZS el 30- 11-2022 18:46:17

Código documento Trilce: TRI - 0458777