



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**DISEÑO Y EMPLAZAMIENTO DE UN BIODIGESTOR TIPO TUBULAR EN LA  
COMUNIDAD ZHUYA-CAÑAR**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniero Ambiental

AUTOR: JOSÉ LUIS OCHOA CULALA

TUTOR: MANUEL ERNESTO DELGADO FERNÁNDEZ, PhD.

Cuenca - Ecuador

2023

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, José Luis Ochoa Culala con documento de identificación N° 0302084447, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 22 de septiembre del 2023

Atentamente,



---

José Luis Ochoa Culala

0302084447

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, José Luis Ochoa Culala con documento de identificación N° 0302084447, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Trabajo experimental: “Diseño y emplazamiento de un biodigestor tipo tubular en la comunidad Zhuya-Cañar”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 22 de septiembre del 2023

Atentamente,



---

José Luis Ochoa Culala

0302084447

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Manuel Ernesto Delgado Fernández con documento de identificación N° 0102073780, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y EMPLAZAMIENTO DE UN BIODIGESTOR TIPO TUBULAR EN LA COMUNIDAD ZHUYA-CAÑAR, realizado por José Luis Ochoa Culala con documento de identificación N° 0302084447 obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 22 de septiembre del 2023

Atentamente,



Manuel Ernesto Delgado Fernández, PhD.

0102073780

## **AGRADECIMIENTO**

Quisiera Agradecer la ayuda, que me llegaron a brindar las personas a mi lado tanto en le en toda mi carrera como en el final en mi trabajo experimental. Por ello en primer, a Dios y la Virgen del Cisne que sin su bendición no haya podido lograrlo, en segundo a mi familia como son mi madre Adela, mi hermana Eliana y padre que me apoyado en mi etapa universitaria y así poder llegar a cumplir con la meta que tenía trazada.

También agradecerle a mi tutor Dr. Manuel Ernesto Delgado Fernández PhD. Quien fue mi guía en el desarrollo de mi trabajo experimental y me guio y me supo apoyar en sus conocimiento y experiencia sobre el tema. A mis amigos: Joss, Mishi, Wacho, Byron, Karen y mi niña Eve que fueron un gran apoyo en esta etapa. A mis tíos Bolívar, Zoila, José, Rosa, Wilson y mi primo y mi ayudante Cristian, y a Freddy muchas gracias por su apoyo moral y confianza.

Gracias de todo corazón.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación como mencione antes quiero dedicar en primer lugar a Dios y la Virgen del Cisne lo que me han llenado de bendiciones y fortaleza para seguir y no darme por vencido. A mi madre Adela señor ante usted me quito el sobre y esto es mas de usted que de mí, sin usted no lo haya logrado. Para mis hermanos

Bolívar sé que ya no estas, pero fue un motivo para seguir y Eliana que siempre estabas

hay conmigo a pesar de todo peleas y así siempre estabas conmigo apoyándome. A la mujer que me dio la mayor enseñanza, aunque ya no este siempre la tuve presente por lo mismo jamás quité la mira del objetivo gracias ma Adela.

A mi amiga o mi madre postiza Joss que siempre hay conmigo en todo momento, como también a Karen y Mi Eve que siempre me apoyaron y me ayudaron en todo para lograr mi mayor objetivo.

## RESUMEN

El proyecto a continuación está enfocado en el Diseño y Emplazamiento de un Biodigestor tipo de geomembrana de PVC de 1000  $\mu\text{m}$  con dimensiones de 9 m de largo 2 m de Diámetro, el cual cumplió la función de digestión anaerobia para poder producir biogas, el cual será aprovechado en el uso de la planta Láctea "Alvacora" que se encuentra en el Cantón Cañar. Este biodigestor nos llegó a proporcionar  $9.18\text{m}^3$  para poder ser utilizado en 12 quemadores de cocinas industriales diariamente en periodo de 6 horas.

Este biodigestor tuvo una alimentación de dos tipos de materia orgánica como fueron del *Cavia porcellus* y *Bos taurus*, en la que se utilizó una relación de 1:3 y 1:9 de Estiércol-Agua. Esta tuvo una composición de 70% de carga líquida y el 30% fue de materia orgánica. En el mismo su tiempo de retención fue de 22 días a una temperatura de 26 C. Para producir los  $9.18\text{m}^3$  los cuasles en el presente trabajo tendrá un uso de 12 horas  $0.72\text{m}^3/\text{h}$  para el quemador.

Y así a poder con ello tener un ahorro de \$ 98 por mes en el remplazo de GLP, debido a que el biogas llega proporcionar el 94% de gas para que sea utilizado.

**Palabras Claves:** Biodigestor, Geomembrana, Tiempo de retención, GLP, D Diseño y Emplazamiento

## **ABSTRAC**

The project below is focused on the Design and Location of a 1000  $\mu\text{m}$  PVC geomembrane biodigester with dimensions of 9m long and 2m in diameter, which fulfilled the function of anaerobic digestion to produce biogas, which will be used for the use of the "Alvacora" dairy plant located in Canton Cañar. This biodigester provided us with  $9.18\text{m}^3$  to be used in 12 burners of industrial kitchens daily in a period of 6 hours.

This biodigester was fed with two types of organic matter such as *Cavia porcellus* and *Bos taurus*, in which a ratio of 1:3 and 1:9 of Manure-Water was used. This had a composition of 70% liquid load and 30m% was organic matter. In the same, its retention time was 22 days at a temperature of 26 C. To produce the, which in the present work  $9.18\text{m}^3$ , it will have a use of 12 hours  $0.72\text{m}^3/\text{h}$  for the burner.

And thus, to be able with it to have a saving of \$98 per month in the replacement of LPG, due to the fact that biogas provides 94% of the gas to be used.

**Keywords:** Biodigester, Geomembrane, Retention time, LPG, Design and Location

## **Contenido**

<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>7</b>
<b>Palabras Claves: .....</b>	<b>7</b>
<b>ABSTRAC.....</b>	<b>8</b>
<b>Keywords: .....</b>	<b>8</b>
<b>1. INTRODUCCION.....</b>	<b>15</b>
<b>1.1. Problemática .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2. Justificación .....</b>	<b>16</b>
<b>1.3. Objetivos .....</b>	<b>17</b>
<b>1.3.1. Objetivo General .....</b>	<b>17</b>
<b>1.3.2. Objetivos Específicos.....</b>	<b>17</b>
<b>1.4. Fundamentos Teóricos.....</b>	<b>17</b>
<b>1.4.1. Materia Prima .....</b>	<b>17</b>
<b>1.4.2. Productos obtenidos de la Digestión Anaerobia .....</b>	<b>21</b>
<b>1.4.3. Equipo para producción de Biogás.....</b>	<b>21</b>
<b>1.4.5. Partes de un Biodigestor .....</b>	<b>29</b>
<b>1.4.6. Parámetros a considerar en una planta de biogás.....</b>	<b>29</b>
<b>1.5. Producción del biogás .....</b>	<b>29</b>
<b>1.5.1. Variables para producir biogás.....</b>	<b>30</b>
<b>2. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>32</b>
<b>2.1. Ubicación del lugar de ensaño.....</b>	<b>32</b>
<b>2.2. Descripción del lugar de ensayo.....</b>	<b>33</b>
<b>2.3. Materiales para el emplazamiento del Biodigestor .....</b>	<b>33</b>
<b>2.3.1. Herramientas de Campo.....</b>	<b>33</b>
<b>2.3.2. Herramienta de Oficina .....</b>	<b>34</b>
<b>2.3.3. Materiales y Herramienta del emplazamiento del biodigestor .....</b>	<b>34</b>
<b>2.3.4. Análisis de la carga.....</b>	<b>35</b>
<b>2.3.5. Cálculo del volumen del biodigestor.....</b>	<b>35</b>
<b>2.3.6. Diseño del sistema de alimentación.....</b>	<b>35</b>
<b>2.3.7. Diseño del sistema de recolección de biogás.....</b>	<b>35</b>
<b>2.3.8. Consideraciones estructurales.....</b>	<b>35</b>

<b>2.4. Cálculo y diseño de un biodigestor tipo tubular .....</b>	<b>36</b>
Total .....	36
<b>241.65 Kg de estiércol.....</b>	<b>36</b>
<b>2.4.1. Carga del Biodigestor.....</b>	<b>36</b>
<b>2.4.2. Tiempo de Retención.....</b>	<b>37</b>
<b>2.4.3. Volumen del Biodigestor.....</b>	<b>37</b>
• Fase gaseosa al 25% .....	37
• Volumen total .....	38
<b>2.4.4. Producción de Biogás .....</b>	<b>38</b>
<b>2.4.5. Tamaño del Biodigestor .....</b>	<b>38</b>
<b>2.4.6. Tamaño de la zanja .....</b>	<b>39</b>
<b>2.4.7. Análisis comparativo entre el GLP y el biogás .....</b>	<b>39</b>
<b>2.4.8. Socialización.....</b>	<b>40</b>
<b>2.4.9. Resumen del diseño y emplazamiento de un biodigestor tipo tubular .....</b>	<b>41</b>
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>42</b>
<b>3.1. Ubicación geográfica del lugar de ensayo .....</b>	<b>42</b>
<b>3.2. Características del Biodigestor.....</b>	<b>42</b>
<b>3.2.1. Cálculo de estiércol bovino .....</b>	<b>42</b>
<b>3.2.2. Producción de estiércol de cobayo .....</b>	<b>43</b>
<b>3.2.3. Funcionamiento del Biodigestor .....</b>	<b>44</b>
<b>3.2.4. Variables y producción de biogás .....</b>	<b>45</b>
<b>3.2.5. Usos del Biogás .....</b>	<b>45</b>
<b>3.2.6. Socialización.....</b>	<b>46</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>47</b>
<b>5. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>48</b>
<b>6. REFERENCIAS .....</b>	<b>49</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>54</b>

}

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Temperatura para el Tiempo de retención .....	30
<b>Tabla 2.</b> Estiércol producido por Bos taurus y Cavia porcellus .....	36
<b>Tabla 3.</b> Tabla de diseño de zanja con dependencia al diámetro.....	39
<b>Tabla 4.</b> Datos geográficos del lugar del trabajo experimental .....	42
<b>Tabla 5.</b> Producción de estiércol de Bos taurus por etapa .....	43
<b>Tabla 6.</b> Producción de estiércol del Cavia porcellus por etapa .....	43
<b>Tabla 7</b> Descripción de la zanja.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 8.</b> Valoración del funcionamiento del Biogás .....	44
<b>Tabla 9.</b> Valores del Biogás.....	45
<b>Tabla 10.</b> Uso de Biogás en cocinas industriales.....	45
<b>Tabla 11.</b> Benéficos del biogás en la parte económica .....	46

## Tabla de Ilustraciones

<b>Ilustración 1.</b> Descripción de las fases de la Digestión Anaerobia .....	20
<b>Ilustración 2.</b> Biodigestor tipo Bach .....	23
<b>Ilustración 3.</b> Biodigestor Continuo .....	24
<b>Ilustración 4.</b> Biodigestor de Flujo ascendente .....	25
<b>Ilustración 5.</b> Biodigestor de Flujo descendente .....	25
<b>Ilustración 6.</b> Modelo Tubular .....	27
<b>Ilustración 7.</b> Modelo Hindú .....	28
<b>Ilustración 8.</b> Modelo Chino .....	28
<b>Ilustración 9.</b> Partes de un biodigestor del Modelo tubular .....	29
<b>Ilustración 10.</b> Localización de la planta lacte "Alvacora" .....	33
<b>Ilustración 11.</b> Modelo de la zanja .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Ilustración 12.</b> Diagrama de flujo de biodigestor tipo tubular y sistema de GLP.....	41
<b>Ilustración 13.</b> Zanja con un Angulo de inclinación de 60°C	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## **Índice de Anexos**

<b>Anexos 1.</b> Delimitación de la zanja del biodigestor.....	54
<b>Anexos 2.</b> Excavación del de la Zanja con un dimensión de 1x1 metros .....	54
<b>Anexos 3.</b> Elaboración de la zanja para la tubería PVC.....	54
<b>Anexos 4.</b> Adecua miento del terreno para elaboración de pozo de revisión de ingreso .....	54
<b>Anexos 5.</b> Excavación con la una inclinación de 60°, para que la zanja se acople al biodigestor....	55
<b>Anexos 6.</b> Pegado de bloques para el pozo de revisión .....	55
<b>Anexos 7.</b> Pozo de revisión, enlucido para evitar filtraciones .....	55
<b>Anexos 8.</b> Incremento de tamaño en la parte inferior y superior, con el Angulo de 60° y un ancho de 2.10 metros en la parte inferior y 2.50 metros en la parte superior .....	55
<b>Anexos 9.</b> Biodigestor emplazado con primera carga.....	56
<b>Anexos 10.</b> Acoplamiento de llave de esfera a la válvula de salida de la bolsa de geomembrana ..	56
<b>Anexos 11.</b> División de sistema de gas y trampa de agua .....	56
<b>Anexos 12.</b> Llave de esfera de metal para utilizar el biogás .....	56
<b>Anexos 13.</b> Manguera que conduce el biogás; para la cocina y lo mechero de las calderas.....	57
<b>Anexos 14.</b> Ingreso y reguladores de oxígeno para el gas, el mismo que será utilizado para el Biogás.....	57
<b>Anexos 15.</b> Obtención de llama por combustión del biogás .....	57
<b>Anexos 16.</b> Biol que se obtuvo de la primera, por desplazamiento .....	57
<b>Anexos 17.</b> Oficio de capacitación para elabora manjar y yogurt de leche, Para el dueño de la Planta láctea "Alvacora" .....	58
<b>Anexos 18.</b> Oficio de capacitación y pedido del Biodigestor para alumnos de la Unidad Educativa Uruguay.....	59
<b>Anexos 19.</b> Captura sobre el funcionamiento del biodigestor .....	60
<b>Anexos 20.</b> Capacitación Producción de biogás .....	60
<b>Anexos 21.</b> Capacitación Producción de biogás .....	61
<b>Anexos 22.</b> Beneficios del Biogás y aprovechamiento a comparación del GLP .....	62
<b>Anexos 23.</b> Encuestados para capacitación .....	62
<b>Anexos 24.</b> Encuesta a los estudiantes para tener un punto de inicio .....	63
<b>Anexos 25.</b> Encuesta a los estudiantes para tener un punto de inicio .....	64

<b>Anexos 26.</b>	Grafica de tabulación de la pregunta 1 de la encuesta .....	65
<b>Anexos 27.</b>	Grafica de tabulación de la pregunta 2 de la encuesta .....	65
<b>Anexos 28.</b>	Grafica de tabulación de la pregunta 3 de la encuesta .....	66
<b>Anexos 29.</b>	Grafica de tabulación de la pregunta 4 de la encuesta .....	66
<b>Anexos 30.</b>	Grafica de tabulación de la pregunta 5 de la encuesta .....	67
<b>Anexos 31.</b>	Grafica de tabulación de la pregunta 6 de la encuesta .....	67

## 1. INTRODUCCION

A cerca del uso de los biodigestores se remonta a asiento del siglo XX, cuando se comenzó a explorar y suscitar la tecnología de la digestión anaeróbica. Sin embargo, fue en el período de 1970 cuando los biodigestores empezaron a llevar de rutina más amplia, especialmente en países como India y China (Moretta Marfetán, 2011).

En la actualidad, los biodigestores son una parte de la innovación y una forma de producir energías limpias, se utilizan en la mayor parte del mundo ya que con el beneficio que se logra reducir el impacto ambiental de los residuos. Estos sistemas son especialmente populares en sectores como la agricultura, la industria alimentaria y la gestión de residuos, donde se generan grandes cantidades de materia orgánica (Moretta Marfetán, 2011).

En este ámbito, la función principal que desempeña un biodigestor es realizar la digestión anaeróbica de la materia orgánica (Martín-Herrero, 2008). Durante este proceso, los microorganismos descomponen la materia orgánica en condiciones anaeróbicas, es decir, en ausencia de oxígeno. Y como resultado de esta descomposición, se produce biogás, que es una mezcla de metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). El biogás puede utilizarse como fuente de energía para calefacción, generación de electricidad o como combustible para vehículos (Raposo, Rubia, Fernández, & Borja, 2012).

Es importante mencionar que los biodigestores también generan un residuo líquido o sólido llamado bioabono, rico en nutrientes como nitrógeno, puede utilizarse como fertilizante orgánico en la agricultura, lo que contribuye a cerrar el ciclo de nutrientes y reducir la necesidad de fertilizantes químicos (FAO, 2012).

Entre los varios beneficios que ofrecen los biodigestores esta la reducción a la dependencia de los combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero, además contribuyen a la gestión sostenible de los residuos orgánicos al convertirlos en recursos valiosos en lugar de ser considerados desechos (FAO, 2012).

En agricultura, los biodigestores pueden mejorar la gestión de los desechos animales, reducir los olores y los impactos ambientales asociados y proporcionar una fuente de energía y abonos orgánicos que favorecerá tanto al agricultor como al planeta, así se evita el desgaste de los suelos y una mejor producción.

### **1.1. Problemática**

El medio ambiente es lo más importante en la calidad de vida de los seres humanos, la industrialización provoca contaminación ambiental de origen antrópico (PÉREZ-BRAVO, 2017). La ganadería es un medio que provee al hombre solventar necesidades a través de productos cárnicos, lácteos que son básicos en la alimentación diaria, pero el ganado también al realizar el proceso de digestión a través de las excretas llega a producir una fuente de contaminación orgánica e inorgánica, llegando el estiércol a aguas superficiales y subterráneas, desde el punto de vista microbiológico provoca contaminación por Coliformes, nitratos y materia orgánica, lo que hace que sea albergue de una gran cantidad de organismos patógenos (Nations, 2018) (Florez Serrano, 2009).

Un aprovechamiento conveniente de la biomasa en el área rural es la obtención de biocombustibles con el propósito de disminuir la contaminación natural (Jorge Adrián Ortiz Moreno, 2014). En nuestro país al tener producción ganadera y agrícola se dispone de una gran cantidad de desechos o biomasa. (Durazno Coronel, 2018). El biogás puede ser utilizado como combustible para el funcionamiento de motores estacionarios., producción de calor o vapor, la producción de energía, etc. (PÉREZ-BRAVO, 2017).

### **1.2. Justificación**

En base a la problemática expuesta, se propone implementar un sistema de generación de Biogás a través de la digestión anaerobia de estiércol de cobayo y bovino y mediante la propuesta planteada se busca difundir este tipo de tecnología y de alguna manera contribuir al manejo del recurso suelo en la comunidad Zhuya-Cañar

El biodigestor para emplazar es una funda de geomembrana herméticamente sellada, el biogás y bioabono producto de la digestión anaerobia se utilizará como fuente de energía y como enmienda en los suelos del lugar.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Diseñar y emplazar un biodigestor tipo tubular para el aprovechamiento del biogás en la planta de lácteos “Alvacora” comunidad de Zhuya provincia del Cañar

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Calcular la carga diaria y dimensionar un Biodigestor de tipo Tubular de geomembrana.
- Valorar la generación de Biogás bajo condiciones del lugar de Ensayo
- Capacitar a la población sobre el uso de este tipo de tecnología.

### **1.4. Fundamentos Teóricos**

#### **1.4.1. Materia Prima**

Los desechos ganaderos son subproductos generados por la actividad ganadera, como el estiércol, que es el resultado del proceso digestivo de los animales. El estiércol contiene una alta cantidad de humedad y constituye los residuos ganaderos. Mediante el proceso de Biometanización, es posible obtener biogás y un fertilizante orgánico a partir de estos desechos.

##### ***1.4.1.1. Estiércol del *Cavia porcellus****

El estiércol generado por cobayos o cuyes, cuyo nombre científico es *Cavia porcellus*, es el resultado de su proceso digestivo y presenta una serie de características físicas, químicas y biológicas que le hacen ideal en la producción de biogás, además de ser un excelente

fertilizante orgánico para el suelo ya que brinda resistencia a plagas y patógenos que podrían ser un problema (Guaman, 2010).

La producción de nutrientes mediante este tipo de materia orgánica contribuye al enriquecimiento del suelo, aumentando la presencia de microorganismos beneficiosos y mejorando la fertilidad y textura, además favorece una mayor retención de humedad e incremento de la carga biológica.

El estiércol se recolecta de manera sencilla, especialmente en galpones donde se encuentran alojados los animales, se estima que por cada 100 kg de peso vivo se puede obtener de 2 a 3 kg de estiércol, el mismo que tiene una composición química específica que incluye nitrógeno entre el 0.70%, fósforo del 0.05%, potasio del 0.31% y un pH del 10%. Además de macronutrientes, como potasio en un 4.5% (Borrero , 2017).

#### **1.4.1.2. Estiércol bovino de *Bos taurus***

El estiércol bovino es el resultado de la digestión del ganado vacuno y está compuesto principalmente por desechos orgánicos, la mayor parte de los excrementos de estos animales tienen un pH alcalino debido a su capacidad para liberar nitrógeno, lo cual conduce a la formación de amoníaco durante el proceso de descomposición (Ignacio , 2014).

La composición de nutrientes del estiércol dependerá de la alimentación del animal, pero en el caso de estos tipos de animales, se estima que pueden liberar aproximadamente la mitad de los nutrientes a través de sus excrementos. Esto hace que el estiércol sea una fuente potencialmente rica en nutrientes para su uso en la producción de biocombustibles (Cuasquer, 2013).

La producción de biocombustibles a partir de este tipo de estiércol es una herramienta que busca aprovechar los recursos naturales de manera sostenible. Al utilizar el estiércol como materia prima se puede producir energía renovable que reemplace las fuentes de energía más tradicionales y contaminantes, lo que contribuye a reducir la dependencia de los combustibles fósiles y a mitigar los impactos ambientales asociados a su uso, al mismo tiempo que se aprovecha un subproducto generado por la actividad ganadera (Cuasquer, 2013).

Según (Haro, y otros, 2016) se destaca que la característica del estiércol bovino está estrechamente relacionada con el tiempo de almacenamiento, en general se recomienda trabajar con estiércol fresco, ya que conserva características importantes como alta materia orgánica y una relación Carbono/Nitrógeno óptima, parámetros esenciales para la producción de biogás que se pueden perder con el tiempo.

Mientras que, (Haro, y otros, 2016) señala que el estiércol bovino tiene una composición química específica, se encontró que contiene aproximadamente 1.51% de potasio, 3.21% de calcio, 0.53% de magnesio, 1.51% de nitrógeno y 1.2% de fósforo, además, se destaca que la mayor parte del estiércol está compuesta por materia orgánica y una cantidad significativa de humedad. Estas características químicas y físicas del estiércol son fundamentales para su uso en la producción de biogás. La alta materia orgánica proporciona un sustrato rico en nutrientes para la fermentación anaeróbica, mientras que la relación Carbono/Nitrógeno adecuada favorece la actividad de los microorganismos.

En resumen, el estiércol bovino se considera como materia óptima para la producción de biogás debido a su alto contenido de materia orgánica, relación Carbono/Nitrógeno favorable y composición química equilibrada. Estas características son fundamentales para maximizar la eficiencia y el rendimiento en la producción de biogás a partir de estiércol bovino

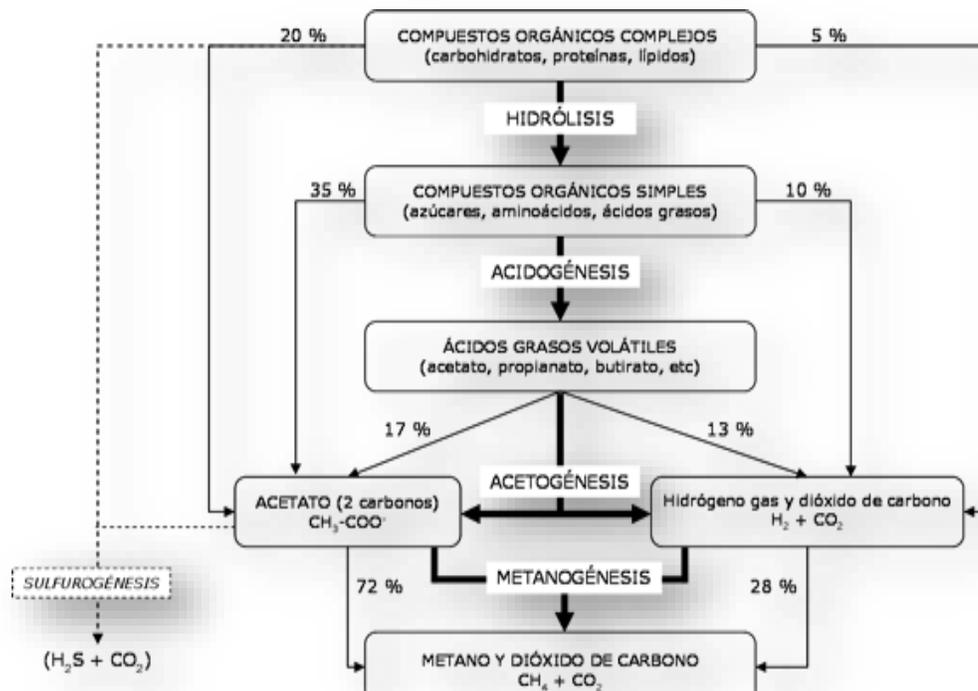
#### **1.4.1.3. Problemática Ambiental pro los estiércoles**

En términos generales, los estiércoles de bovino y cobayo son considerados residuos orgánicos que pueden tener un alto impacto contaminante. Especialmente en el caso del estiércol de *Bos taurus*, su composición rica en microorganismos y nutrientes puede ser perjudicial para el medio ambiente (García, 2009). Cuando estos desechos entran en contacto con el agua, pueden causar una disminución en los niveles de oxígeno disponible y un aumento en los niveles de amonio. Estos cambios pueden tener consecuencias graves para la vida acuática, llegando incluso a provocar la muerte de organismos y poner en peligro la vida en los ecosistemas terrestres si se produce un consumo inadecuado de estos desechos (Pinos, y otros, 2012).

emisiones de gases de efecto invernadero y ofrece una alternativa más sostenible en comparación con los combustibles fósiles.

#### 1.4.1.4. Fases de la Digestión Anaerobia

En un proceso de Digestión Anaerobia, se pueden identificar y describir cuatro fases principales: hidrólisis, Acidogénesis, Acetogénesis y metanogénesis (Acosta & Obaya, 2005).



*Ilustración 1. Descripción de las fases de la Digestión Anaerobia.*

*Fuente:* (Parra Huertas, 2015)

- **Fase Hidrolítica:** Esta etapa se caracteriza por la descomposición de los sustratos orgánicos en moléculas más pequeñas, como carbohidratos, proteínas y lípidos. En esta etapa, enzimas y microorganismos descomponen los enlaces químicos de las moléculas orgánicas, liberando compuestos solubles en agua (Ramos Castellano & Ramos Criado, 2002).
- **Fase de acidogénesis:** Los compuestos solubles obtenidos en la fase anterior se convierten en ácidos orgánicos de cadena corta, como ácido acético y ácido Propiónico. Esta etapa es llevada a cabo por bacterias acidogénicas, que fermentan

los sustratos y producen ácidos y otros subproductos (Ramos Castellano & Ramos Criado, 2002).

- **Fase de acetogénesis:** En esta fase existe una conversión en acetato y otros compuestos. En esta etapa las bacterias acetogénicas realizan la fermentación de los ácidos y generan acetato y dióxido de hidrógeno (Ramos Castellano & Ramos Criado, 2002).
- **Fase de metanogénesis:** La última etapa en donde el acetato y el dióxido de hidrógeno producidos en las etapas anteriores se convierten en metano y dióxido de carbono por acción de bacterias metanogénicas. Estos microorganismos realizan la última etapa del proceso de Biometanización, generando Biogás como resultado final (Ramos Castellano & Ramos Criado, 2002).

#### **1.4.2. Productos obtenidos de la Digestión Anaerobia**

Luego de la digestión anaerobia se llega a obtener como resultado la producción de biogás que es una mezcla de gases (Apolo Valarezo, 2019).

La mezcla de estos gases combustibles, llamada biogás está compuesta, fundamentalmente, de metano (50-70% CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (30-50% CO<sub>2</sub>), ácido sulfhídrico (<2% SH<sub>2</sub>) y otros gases (NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>). El metano es el principal gas combustible y, la mezcla de gases tiene una potencia calorífica en torno a 5500 kcal/m<sup>3</sup> (con un 60% de CH<sub>4</sub>) (Mejía Sánchez, 1996).

#### **1.4.3. Equipo para producción de Biogás**

Los equipos para producir biogás se conocen como biodigestores que son contenedores donde se introduce la materia orgánica para su descomposición en un proceso anaeróbico, generando biogás y fertilizantes. El biogás puede ser utilizado como combustible para cocinar alimentos, calentar ambientes y generar energía eléctrica a través de un generador de gas.

##### **1.4.3.1. Funciones del biodigestor**

Un biodigestor se encarga de procesar la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y domésticos, como desechos vegetales, frutales, hojas, excrementos, entre otros, así como

también desechos de animales como la bosta y el guano. Dentro del biodigestor se crea un ambiente biológico activo en el que los microorganismos desencadenan una fermentación anaerobia, lo cual permite la producción de biogás. Además, durante este proceso se generan líquidos lixiviados que pueden ser utilizados como fertilizantes (**Organizacion de las Naciones Unidas , 2019**).

El biodigestor es alimentado con residuos orgánicos y agua, y se inocula con bacterias metanogénicas que descomponen la materia orgánica y producen metano (**Genia Bioenergy, 2019**). Después de mezclar los residuos con el agua, el calor dentro del contenedor genera gases y las bacterias metanogénicas entran en acción. Dependiendo del clima, se puede aprovechar el biogás en un período de 15 a 40 días (**Genia Bioenergy, 2019**).

Una vez que se genera el metano se abren las llaves que conectan el biodigestor con una bolsa alterna para almacenarlo y posteriormente se conecta a una estufa o calentador de agua. También puede cargar pilas y celulares, ya que se trata de un generador de energía eléctrica (**Herrero, 2019**).

#### **1.4.3.2. Tipos de Biodigestores**

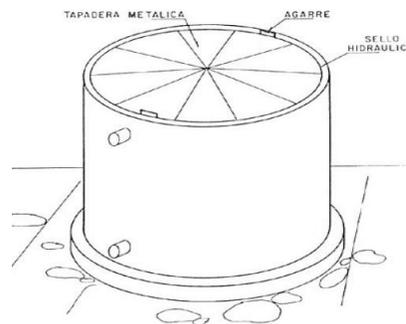
Los diferentes modelos de biodigestores son de gran importancia, ya que su diseño y dimensiones dependen de ellos. A continuación, se presentan algunos ejemplos de biodigestores:

- Biodigestor tipo Bach: Es un modelo de biodigestor que funciona mediante el llenado y vaciado periódico del contenedor de fermentación. En este tipo de biodigestor, se carga una cantidad determinada de material orgánico, como residuos agrícolas, estiércol animal o desechos de alimentos, y se sella herméticamente el contenedor para evitar la entrada de oxígeno (**Barrera, 2017**). Una vez que el material orgánico se encuentra dentro del biodigestor, comienza el proceso de fermentación anaeróbica. Durante este proceso, las bacterias presentes en el material orgánico descomponen la materia orgánica y producen biogás, que está compuesto principalmente por metano y dióxido de carbono.

El tiempo de fermentación puede variar, pero generalmente se requiere un período de varias semanas para que la descomposición de la materia orgánica se complete y se

obtenga una cantidad significativa de biogás. Una vez que se alcanza el punto de fermentación deseado, se vacía el biodigestor y se carga nuevamente con una nueva alimentación (**Barrera, 2017**).

El biodigestor tipo Batch es adecuado para pequeñas y medianas escalas de producción, y es utilizado principalmente en comunidades rurales o granjas donde se generan cantidades limitadas de residuos orgánicos. Este modelo de biodigestor permite aprovechar los residuos para la producción de biogás, que puede ser utilizado como una fuente de energía renovable. Es importante destacar que el diseño y la operación del biodigestor tipo Batch deben tener en cuenta factores como la relación Carbono/Nitrógeno de los materiales utilizados, la temperatura de fermentación adecuada y la hermeticidad del contenedor para garantizar un proceso eficiente y seguro (**Barrera, 2017**).



*Ilustración 2. Biodigestor tipo Batch*

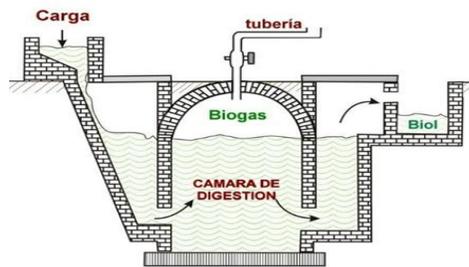
*Fuente: (Ficha técnica Biodigestores)*

- Biodigestor Continuo: En un biodigestor continuo, los sustratos orgánicos se introducen gradualmente en el digestor a través de una entrada, donde son descompuestos por microorganismos en condiciones anaeróbicas. Durante este proceso, se generan biogás, como metano y dióxido de carbono (**Campos & Flotats, 2004**).

Conforme los sustratos se descomponen y se produce biogás, el efluente líquido resultante se mueve hacia la salida del biodigestor, que puede estar ubicada en la parte inferior o lateral. Este efluente, también conocido como digestivo, tiene un alto contenido de nutrientes y puede utilizarse como fertilizante en la agricultura (Campos

& Flotats, 2004). El biodigestor continuo permite mantener una operación constante al introducir nuevos sustratos mientras los materiales anteriores se descomponen. Esto asegura un flujo continuo de proceso y una producción estable de biogás.

Los biodigestores continuos son ampliamente utilizados en la agricultura, la industria alimentaria y las plantas de tratamiento de aguas residuales. Estos sistemas aprovechan los residuos orgánicos para obtener beneficios como la producción de energía renovable y la reducción de la carga contaminante en el tratamiento de residuos.



*Ilustración 3. Biodigestor Continuo*

*Fuente: (Energías Caseras , 2009)*

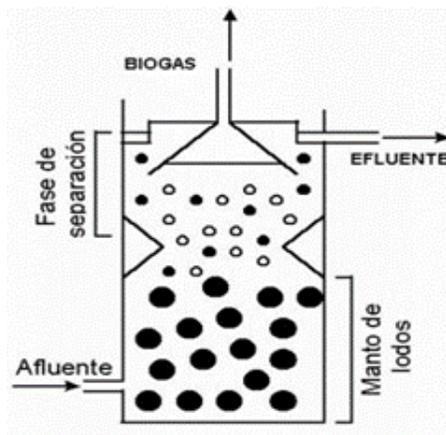
- Biodigestor de Flujo ascendente: En un biodigestor de flujo ascendente, también conocido como biodigestor de columna de flujo ascendente, los sustratos orgánicos se introducen en el digestor desde la parte inferior y fluyen hacia arriba a medida que se lleva a cabo la fermentación anaeróbica (**Miranda**).

El biodigestor de flujo ascendente está compuesto por una estructura en forma de columna o tanque, donde se agregan los materiales orgánicos. A medida que estos materiales se descomponen, se liberan gases como metano y dióxido de carbono (**Miranda**). El gas producido se recolecta en la parte superior del biodigestor, mientras que el líquido resultante, conocido como efluente o digestato, se recolecta en la parte inferior.

Este tipo de biodigestor es eficiente en términos de espacio y tiempo de retención del material orgánico. El flujo ascendente facilita una mejor distribución y contacto entre

los sustratos y los microorganismos, lo que favorece la descomposición y producción de biogás. Además, debido a su estructura vertical, ocupa menos espacio en comparación con otros tipos de biodigestores (**Miranda**).

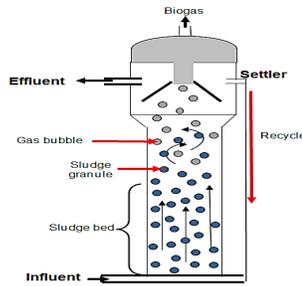
El biodigestor de flujo ascendente se utiliza en diversos sectores, como la agricultura, la industria alimentaria y el tratamiento de aguas residuales, con el objetivo de aprovechar los residuos orgánicos y obtener beneficios como la generación de energía renovable y la reducción de la carga contaminante de los desechos (**Genera tu propia Energía, 2012**).



*Ilustración 4. Biodigestor de Flujo ascendente*

*Fuente: (SPAHR, 2019)*

- Biodigestor de Flujo descendente: En contrastes el biodigestor de flujo ascendente o conocido como biodigestor de flujo ascendente de columna, este permite una mayor retención de sólidos y una mejor interacción entre los sustratos y los microorganismos, lo que favorece una mayor producción de biogás. Además, al ser un proceso continuo, se puede lograr una operación constante y una producción sostenida de biogás a lo largo del tiempo (**Barrera, 2017**). Cabe mencionar que el funcionamiento específico de un biodigestor de flujo ascendente puede variar según su diseño y configuración, así como los tipos de sustratos utilizados.



*Ilustración 5. Biodigestor de Flujo descendente*

*Fuente: (Anijiofor-Ike, 2022)*

### 1.4.3.3. Clasificación de los Biodigestores

Los biodigestores se pueden clasificar debido a la estructura y la forma que tienen por lo que a través de estas especificaciones se clasifican

- **Según la capacidad de almacenamiento de gas:**

Esto depende de la capacidad de almacenamiento de gas del biodigestor

- **Según su forma Geométrica:**

Su forma geométrica va a depender de la forma de la cámara de digestión y de gas por ello tenemos las siguientes formas:

- Esféricas
- Vertical
- Cilíndrica
- Rectangular
- Ovalada y Cuadrada

- **Por lo materiales que utilizan en su construcción:**

Este dependerá de los materiales que está fabricado el biodigestor el cual será de materiales como:

- Ladrillo

- hormigón armado
  - Plástico
  - Geomembrana
  - Metal
- **Según sus posiciones respecto a la superficie:**

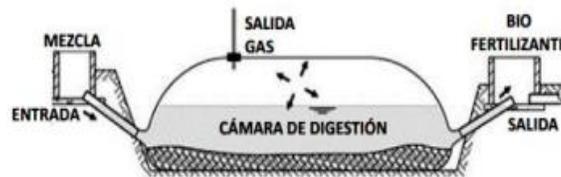
Cuando el biodigestor se encuentra sobre la capa terrestre, enterrado y semienterrado.

#### **1.4.4. Modelos de Biodigestores**

Estos modelos serán una variedad de biodigestores en los cuales vamos a encontrar modelos como son:

##### ***1.4.4.1. Modelo Tubular***

Este biodigestor en su mayor parte está constituido de materiales como plástico y geomembrana de polietileno de la alta densidad este debe estar semienterrado en una zanja. En el biodigestor se realiza una mezcla estiércol-agua el cual va a tener una entrada y una salida con flujo constante (Savendra & Marcelo, 2017).



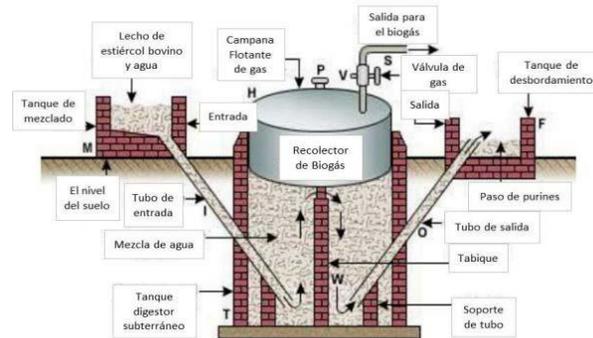
*Ilustración 6. Modelo Tubular*

**Fuente:** (Energías Caseras , 2009)

##### ***1.4.4.2. Modelo Hindú***

La característica principal de este biodigestor es la forma de domo, con materiales de construcción como ladrillos y hormigón, el cual tendrá una cúpula flotante en la parte superior este se desplazara en una forma vertical al obtener el biogás, el desplazamiento es

hacia arriba para poder consumir el biogás y cuando se a acabando se desplazara hacia abajo (Almanza, 2016).

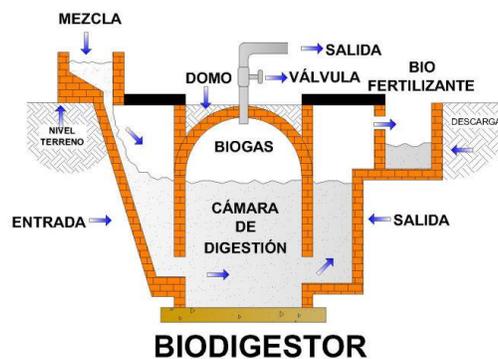


*Ilustración 7. Modelo Hindú*

**Fuente:** (Hernando, 2020)

#### 1.4.4.3. Modelo Chino

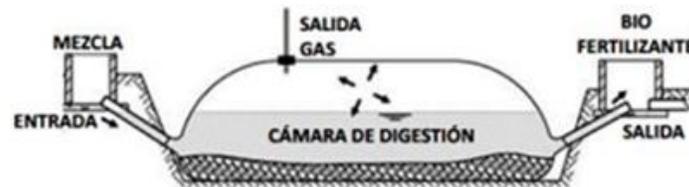
Este biodigestor que tiene gran acogida a nivel mundial debido a su vida útil la cual es de 15 a 20 años, esta debe ser de materiales como ladrillo y origen y la misma va a tener una cúpula de hormigón. La mezcla se realiza a través de dos cargas diferentes que se debe hacer. Al producir biogás la cúpula debe ser desplazada, esto es debido a que el bioabonos será retirado colocado en otra cámara (Almanza, 2016).



*Ilustración 8. Modelo Chino*

**Fuente:** (IQR, 2020)

### 1.4.5. Partes de un Biodigestor



*Ilustración 9. Partes de un biodigestor del Modelo tubular*

*Fuente:* (Energías Caseras , 2009)

Las partes principales que tiene un biodigestor son, una cámara de digestión, una cámara de gas, una válvula de salida de gas y un pozo de ingreso y salida (Grania, 2014).

### 1.4.6. Parámetros a considerar en una planta de biogás

- Volumen del digestor
- Volumen de la cámara de fermentación.
- Volumen de la campana en el cual se almacenará la cantidad máxima del gas.
- Volumen de carga, que es la cantidad total de materia diluida que entra al digestor por día.
- Tiempo de retención es el parámetro que indica la cantidad de tiempo en días que permanece el material dentro del digestor.
- Temperatura Ambiente

## 1.5. Producción del biogás

El biogás es una mezcla de metano, dióxido de carbono y otros gases que es generador por la degradación microbiana y de materiales orgánicos de origen vegetal, animal con ausencia del aire denominada digestión anaerobia. Por lo que diremos que la digestión anaerobia es un medio muy efectivo de generar energía a partir de residuos como el estiércol en un 30%, agua residual, alimentos y otros desechos orgánicos húmedos. Aquí

se produce gas metano a través de la aplicación de la tecnología básica de la digestión anaerobia, este se utilizará como un insumo energético para la calefacción, generación de energía eléctrica o un combustible (*Sierra Hugo, 2017*).

### **1.5.1. Variables para producir biogás**

Para obtener biogás en un biodigestor tipo tubular, es necesario tener en cuenta ciertas variables que afectan su producción. Estas variables incluyen la temperatura, el tiempo de retención, la concentración de carga orgánica, los agentes promotores de la digestión anaeróbica, el pH, la alcalinidad, los nutrientes y la relación carbono/nitrógeno (C/N).

#### **1.5.1.1. Temperatura y Periodo de retención.**

La temperatura será una de la variable más indispensable para la valoración de la producción del biogás ya que el grupo de bacterias llegaran a degradar la materia orgánica con una mayor temperatura, esta tendrá una mayor digestivo y producción de biogás en menor tiempo y por lo contrario si existe una menor temperatura, menor será la producción del biogás y mayor tiempo de retención para obtener el biogás.

Por ello según, (Herrero, 2019) nos da a conocer una tabla con una relación de temperatura y el periodo de retención.

*Tabla 1. La variable temperatura y el tiempo de retención*

<b>Temperatura</b>	<b>Tiempo de Retención (TR)</b>
<b>35°C</b>	25-30 días
<b>30°C</b>	30-40 días
<b>25°C</b>	35-50 días
<b>20°C</b>	50-65 días
<b>15°C</b>	65-90 días
<b>10°C</b>	90-125 días

*Fuente:* (Herrero, 2019)

#### **1.5.1.2. Alcalinidad y pH**

En el proceso de digestión anaerobia vamos a ver a los actores principales en este proceso son el grupo de bacterias las misma que tiene alta sensibilidad a un cambio de pH, por lo que se recomienda en los trabajos experimentales en el trabajar con un rango de 6,5 a 8,5 de pH (Huebner, 2022). Por ello no es recomendado tener un pH menor o mayor a lo establecido ya que el proceso anaerobio se va a detener. (Parra-Orobio1, 2014).

### **1.5.1.3. Nutrientes**

En el proceso de digestión anaerobia, se debe considerar a varios elementos que se consideran muy importantes como el níquel (Ni), el molibdeno (Mb), el boro (B), el zinc (Zn), el hierro (Fe), el cobalto (Co), el selenio (Se), el wolframio (W) y el manganeso (Mn) (Moreno, 2011). Estos micro elementos desempeñan un papel crucial en la digestión anaerobia, ya que su disponibilidad puede afectar significativamente el rendimiento del biodigestor (Huebner, 2022).

La presencia adecuada de estos microelementos es esencial para el crecimiento y la actividad de los microorganismos que realizan la fermentación anaerobia. Si un biodigestor presenta un bajo rendimiento sin una causa aparente, es importante verificar la disponibilidad de estos microelementos en el sistema. En algunos casos, puede ocurrir una precipitación de estos microelementos, lo que impide que sean aprovechados por los microorganismos presentes en el biodigestor (Moreno, 2011).

Por lo tanto, asegurar la disponibilidad adecuada de estos microelementos en el biodigestor es fundamental para garantizar un funcionamiento eficiente y optimizar la producción de biogás (Moreno, 2011).

### **1.5.1.4. Agentes promotores de la Digestión Anaerobia**

Los agentes que promueven la degradación del sustrato y aumentan la producción de biogás pueden incluir sales inorgánicas, enzimas, urea y carbonato de calcio. Sin embargo, es importante tener en cuenta que también existen inhibidores que pueden afectar negativamente a los microorganismos involucrados en el proceso de digestión anaerobia (Flores, M, & L, 2008).

Estos inhibidores pueden estar presentes en forma de altas concentraciones de ácidos volátiles, amoniaco libre y, en algunos casos, metales pesados (Guilcapi, 2016). Estas

sustancias pueden tener un impacto adverso en la actividad microbiana y limitar la eficiencia de la producción de biogás (Flores, M, & L, 2008).

Por lo tanto, es necesario controlar cuidadosamente la presencia de inhibidores y minimizar su impacto en el biodigestor. Esto se puede lograr mediante el monitoreo regular de los niveles de estos compuestos y la implementación de medidas adecuadas para mitigar su efecto negativo, como dilución del sustrato, ajuste del pH y adición de agentes neutralizantes si es necesario (Guilcapi, 2016).

#### **1.5.1.5. Concentración de Carga Orgánica**

En el proceso de obtención de biogás, se sugiere alcanzar una concentración óptima de sustrato del 8% al 10% (Chavez Jacome & Velasco Olave, 2015). Esta concentración es importante tenerla en cuenta al diseñar el biodigestor, ya que, si no se cumple o se excede, puede resultar en un mal funcionamiento del sistema debido a la falta o exceso de materia orgánica necesaria para la producción de biogás. Por lo tanto, es crucial asegurarse de mantener una concentración adecuada de sustrato para garantizar un rendimiento eficiente y óptimo del biodigestor (Huebner, 2022).

#### **1.5.1.6. Relación C/N**

Se puede afirmar que cualquier tipo de materia orgánica tiene el potencial de generar biogás, y esto dependerá de la composición y características del residuo en particular (Moreno, 2011). Es fundamental tener una relación adecuada entre carbono y nitrógeno (C/N) en el sustrato que se introduce en el biodigestor, ya que esto favorece el desarrollo óptimo de los microorganismos que participan en su descomposición (Moreno, 2011). Por lo tanto, es crucial mantener un equilibrio adecuado de C/N para asegurar un proceso eficiente de degradación en el biodigestor.

## **2. MATERIALES Y METODOS**

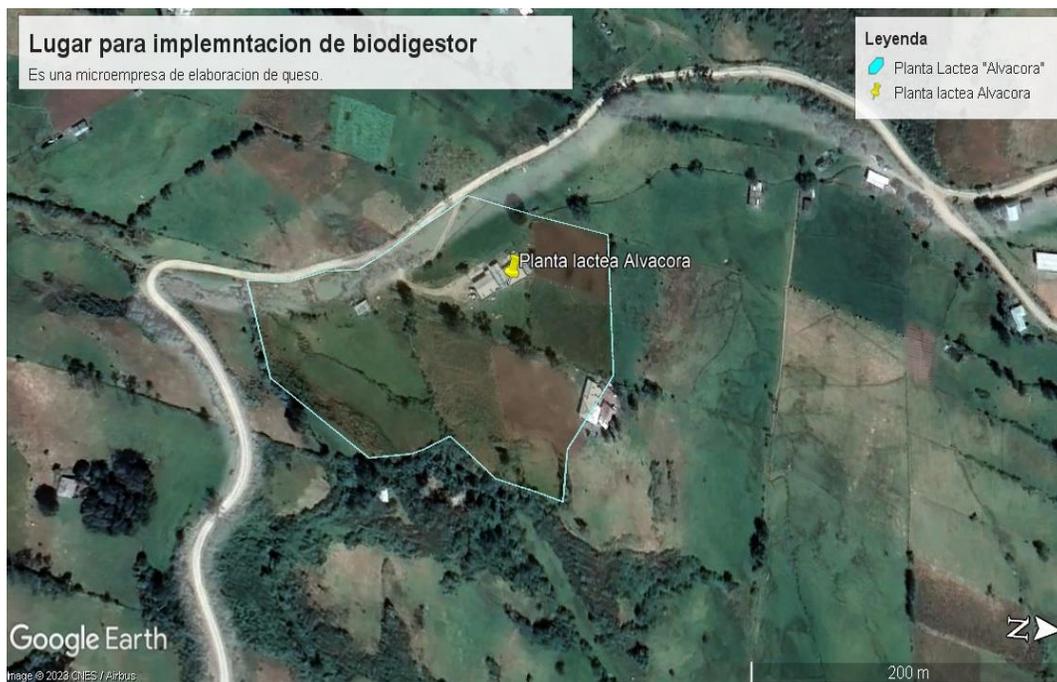
### **2.1. Ubicación del lugar de ensaño**

El presente trabajo experimental tuvo su desarrollo en la comunidad de Zhuya perteneciente al Cantón Cañar y Provincia del Cañar, tiene una población de 500 habitantes según el último

censo nacional, su temperatura ambiente varía de 20 a 31°C, la precipitación media anual es 1045 mm. Lluvia durante 59 días por año, la humedad media es del 84% y el Índice UV es 3.

## 2.2. Descripción del lugar de ensayo

La planta de lácteos Alvacora es una micro-empresa que tiene como objeto la elaboración y comercialización de queso, manjar y yogurt, la misma se encuentra ubicada en la comunidad de Zhuya que pertenece a la Parroquia Gualleturo.



*Ilustración 10. Localización de la planta "Alvacora"*

## 2.3. Materiales para el emplazamiento del Biodigestor

### 2.3.1. Herramientas de Campo

- Pala
- Pico
- Barreta
- Cierra

- SERRUCHO
- Martillo
- Nivel
- Metro
- Vailejo

### **2.3.2. Herramienta de Oficina**

- Computadora
- Calculadora
- Esferos
- Hojas

### **2.3.3. Materiales y Herramienta del emplazamiento del biodigestor**

- Bolsa de Geomembrana de PVC PERMAX de 1000 micras, (9 metros de largo y 2 metros de diámetro)
- 3 tubos PVC (3 metros) de 4"
- Plástico color negro (  $48m^2$  )
- Ligas (boyas de la llanta de automóviles)
- 56 Bloques
- $1m^3$  de arena Gruesa
- $0.50 m^3$  de Arena fina
- $1m^3$  de arena Graba
- 2 Codos PVC de 4"
- 4 Tuvo de  $\frac{3}{4}$ "
- 1 llave de espera  $\frac{3}{4}$ "
- Manguera de  $\frac{3}{4}$ " (5 m)
- 4 Libras de clavos de 5"
- 4 Sacos de Cemento
- Cinta de pH

#### **2.3.4. Análisis de la carga**

Abarca la evaluación de residuos agrícolas, desechos de alimentos, estiércol animal y otros, mediante este análisis, se podrá determinar el tamaño y la capacidad adecuada del biodigestor.

#### **2.3.5. Cálculo del volumen del biodigestor.**

El cálculo del volumen del biodigestor se basa en la cantidad de material orgánico disponible y el tiempo de retención necesario para lograr la digestión anaeróbica. Parámetros como la relación carbono/nitrógeno, la temperatura óptima de digestión y la producción estimada de biogás deben ser considerados durante este proceso.

#### **2.3.6. Diseño del sistema de alimentación**

El biodigestor de tipo tubular requiere de un sistema de alimentación apropiado para introducir el material orgánico dentro del digestor. Esto puede incluir una entrada en la parte superior del tubo, junto con un sistema de mezcla para garantizar una distribución uniforme del sustrato.

#### **2.3.7. Diseño del sistema de recolección de biogás**

Es fundamental diseñar un sistema de recolección de biogás eficiente para el biodigestor de tipo tubular. Esto podría implicar la instalación de tuberías de recolección en la parte superior del tubo, con el fin de capturar el biogás generado durante el proceso de digestión anaeróbica.

#### **2.3.8. Consideraciones estructurales**

El diseño del biodigestor de tipo tubular también debe tener en cuenta aspectos estructurales, como la selección de materiales resistentes y duraderos, así como la instalación de soportes adecuados. Además, es necesario considerar las cargas de diseño y las condiciones ambientales en las que operará el biodigestor.

Estos son algunos de los métodos comunes utilizados en el diseño de un biodigestor de tipo tubular. Es importante tener en cuenta que el diseño puede variar según las necesidades y las condiciones específicas de cada proyecto. Se recomienda consultar fuentes especializadas y contar con el apoyo de expertos en el campo para obtener orientación adicional y asegurar un diseño óptimo del biodigestor.

## 2.4. Calculo y diseño de un biodigestor tipo tubular

Este diseño se realizó a través de la materia orgánica disponible como podemos (Ver en la tabla 2).

**Tabla 2.** Estiércol bovino y cobayo producido

	<b>Estiércol bovino 11</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Estiércol cobayo (45)</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>Carga de excreta</b>	26.74	Kg	9.61	kg
<b>Producción total de excretas</b>	208.8	Kg	32.85	Kg
<b>Total</b>			<b>241.65 Kg de estiércol</b>	

### 2.4.1. Carga del Biodigestor

La carga de diaria se hizo con una relación estiércol- agua de 1:3 (Martín-Herrero, 2008) y los cálculos se hicieron considerando:

**Estiércol bovino:**

$$CD = (PT * C. d. r) + PT$$

$$CD = ( 208.8 x 3) + 208.8$$

$$CD = 784.96L$$

La carga de diaria será la relación estiércol- agua de 1:9 (Martín-Herrero, 2008), este llegará a garantizar el flujo que debe tener el Biodigestor, por lo que para realizar el cálculo se realizará de manera que se muestra a continuación:

- **Estiércol cobayo**

$$CD = (PT * C.d.r) + PT$$

$$CD = (32.85 \times 9) + 32.85$$

$$CD = 673.20L$$

- **Total, de la carga del Estiércol de las dos especies**

E calculó con la mezcla de las dos especies:

$$CD_T = CD_V + CD_C$$

$$CD_T = 784.96 + 673.96$$

$$CD_T = 1458.16 L$$

$$CD_T = 1.45m^3$$

#### **2.4.2. Tiempo de Retención**

Este parámetro depende de la temperatura del lugar, por lo que se consideró un tiempo de retención de 22 días (Herrero, 2019) (Con una temperatura promedio de 26°C)

#### **2.4.3. Volumen del Biodigestor**

Al determinar el tiempo de retención se podrá calcular e volumen del biodigestor como se detallará:

$$V_L = CD * \text{Tiempo de retencion}$$

$$V_L = 1.45m^3 * 22\text{dias}$$

$$V_L = 29 m^3$$

- **Fase gaseosa al 25%**

Se calculó a través del volumen del biodigestor por el porcentaje gaseoso (0.25) dividido para el porcentaje liquido (0.75)

$$V_G = Vt * 0.25$$

$$V_G = (V_G + 29) * 0.25$$

$$V_G - 0,25V_G = 6.35$$

$$V_G = \frac{6.35}{0.75}$$

$$V_G = 8.47m^3$$

- **Volumen total**

$$V_T = V_L + V_G$$

$$V_T = 25.4 + 8.47$$

$$V_T = 33.87m^3$$

*El volumen total del biodigestor será de 33.87m<sup>3</sup>*

#### **2.4.4. Producción de Biogás**

Por cada 1 kilogramo de estiércol bovino se obtiene 35 l/kg y de cobayo 3 l/kg de biogás (Herrero, 2019).

$$\textit{Produccion de Biogas} = \frac{\textit{Estiercol Producido} \times \textit{F.P gas por kg}}{1 \textit{ kilogramo de estiercol}}$$

$$\textit{Produccion de Biogas} = \frac{241.65 \textit{ kg} \times 38 \textit{ litros}}{1 \textit{ kg}}$$

$$\textit{Produccion de Biogas} = 9182.7 \textit{ litros}$$

$$\textit{Produccion de Biogas} = \frac{9182.7 \textit{ litros}}{1000m^3}$$

$$\textit{Produccion de Biogas} = 9.18 m^3$$

#### **2.4.5. Tamaño del Biodigestor**

Se consideró una funda de geomembrana cilíndrica con un ingreso y salida ( $\pi \times r^2 \times L$ ) (Martín-Herrero, 2008).

La parte eficaz ( $\pi \times r^2$ ) es el radio que tendrá nuestro biodigestor, posteriormente con los valores obtenidos calcularemos la longitud que se calculó con la siguiente relación: ( $L = V_T / ((\pi \times r^2))$ ) y así obtenerlo (Herrero, 2019).

El diámetro de nuestro biodigestor será de 2m y así poder tener una longitud no es muy elevada y así calculamos la longitud.

$$L = \frac{V_T}{(\pi \times r^2)}$$

$$L = \frac{33.87m^3}{(3.14 \times 1.1^2)}$$

$$L = 8.91m$$

En la longitud deberá ser un tamaño redondeado por lo que los 8.91m se llegará a redondear a los 9m de longitud.

#### 2.4.6. Tamaño de la zanja

De acuerdo con el tamaño del biodigestor, para este caso 2m (Martín-Herrero, 2008) para dimensionar la zanja del biodigestor (Tab. 3)

**Tabla 3.** *Tabla. - tamaño de la zanja con respecto al diámetro del biodigestor*

#### DISEÑO PARA LA ZANJA SEGÚN SU DIAMETRO (d)

<b>d(m)</b>	1.28	1.43	1.59	1.74	<b>2</b>
<b>a(m)</b>	0.7	0.8	0.9	1.0	<b>2.5</b>
<b>b(m)</b>	0.9	1.0	1.1	1.2	<b>2.3</b>
<b>h(m)</b>	1.0	1.1	1.2	1.3	<b>1.4</b>

**Fuente:** (Herrero, 2019)

De acuerdo con el autor se recomienda utilizar un Angulo de 60° en la zanja para un mejor acoplamiento

#### 2.4.7. Análisis comparativo entre el GLP y el biogás

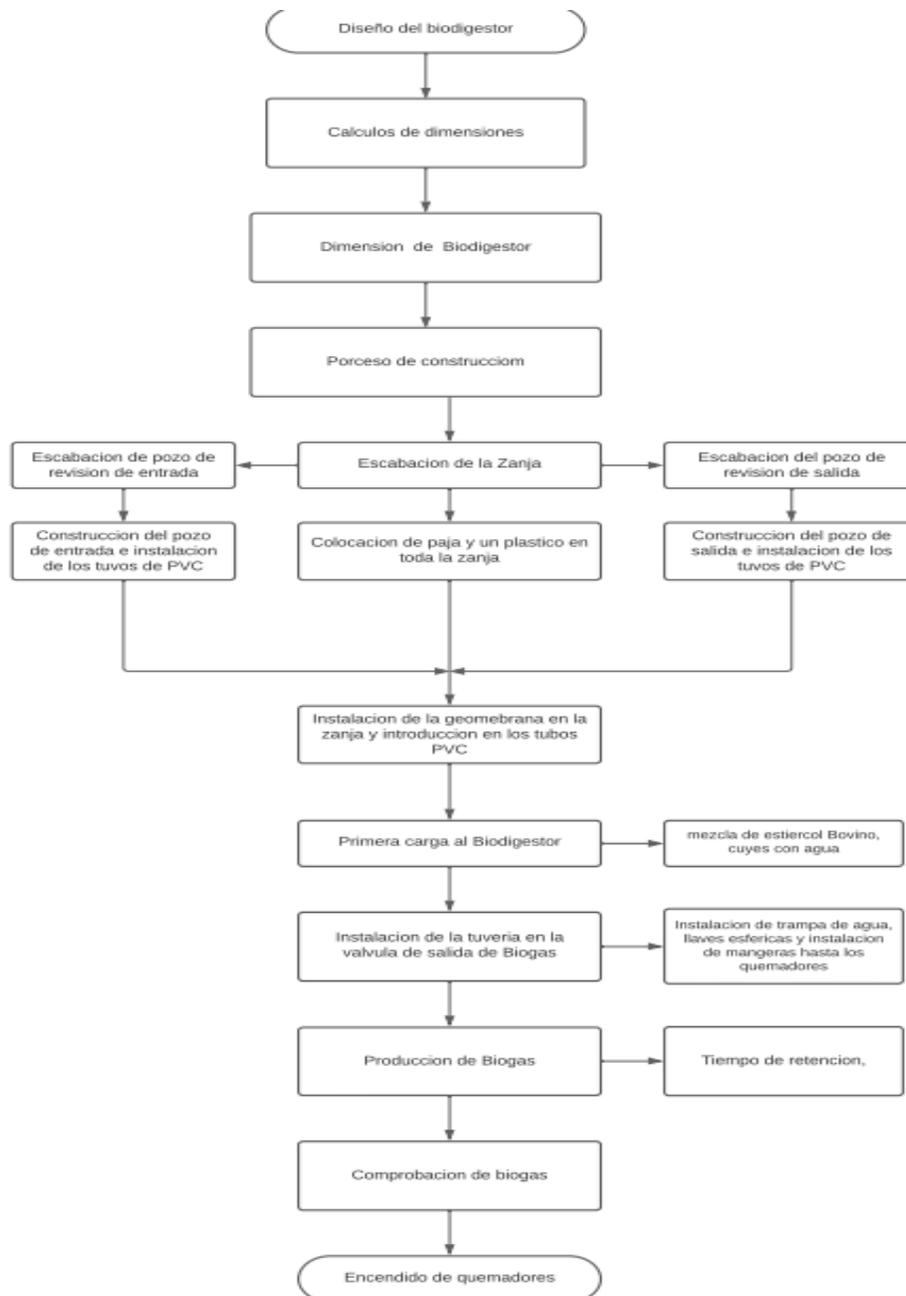
Una cocina industrial dispone de un sistema de cañerías, y la capacidad de quema del GLP dependerá de las características de los quemadores ( 50 a 500  $m^3/h$ ), pero por la cantidad del volumen de los cilindros de GLP es de 9 a 45 kg con una densidad del gas de 550  $kg/m^3$ . Por lo que un cilindro de GLP tendrá un volumen de disposición de 0.081  $m^3/h$  con un rango de 0.0067  $m^3/h$  como máximo y 0.0017  $m^3/h$  como mínimo.

Para el caso del biogás, se adecuaron los quemadores en un rango estimado de 0.0057  $m^3/h$  de acuerdo con el volumen de biogás producido. Este biogás se condujo por un sistema de tuberías y llaves de esfera para abastecer a 12 quemadores. Es importante mencionar que la producción de biogás se usó en un caldero de la planta de procesamiento de lácteos ALVACORA.

#### **2.4.8. Socialización**

A través de la socialización se dio a conocer este tipo de tecnología a la comunidad de Zhuya con el propósito de promover el desarrollo y el emprendimiento

## 2.4.9. Resumen del diseño y emplazamiento de un biodigestor tipo tubular



*Ilustración 11. Diagrama de flujo de biodigestor tipo tubular*

El diagrama de flujo nos llega a describir el proceso que se realizó para el emplazamiento del biodigestor tipo tubular de geomembrana a través de un orden cronológico.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. Ubicación geográfica del lugar de ensayo**

El desarrollo del trabajo práctico en campo se hizo en la comunidad de Zhuya colindante a la planta de lácteos “Alvacora” que se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas 2°34'60" S y 79°1'60" W. Como punto de referencia tenemos al bosque protector Zhuya perteneciente a la misma comunidad, ubicada a 3227 m.s.n.m y a 17 km del cantón Cañar.

*Tabla 4. Datos geográficos*

#### **UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LA COMUNIDAD DE ZHUYA**

<b>Latitud</b>	-2.5833333
<b>Longitud</b>	-79.0333333
<b>UFI</b>	-935161
<b>UNI</b>	-1383268
<b>UTM</b>	QT11
<b>JOG</b>	SA17-12

#### **3.2. Características del Biodigestor**

El Biodigestor se emplazó teniendo como una fuente de alimentación materia orgánica (241.65kg de estiércol) con una estimación de producción de, 9.18 m<sup>3</sup> de biogás.

##### **3.2.1. Cálculo de estiércol bovino**

El estiércol se obtuvo de 11 cabezas de ganado: 6 vacas, 1 toro, 2 vaconas y 2 terneros, los mismo que producen un total de 208.8 kg de estiércol

**Tabla 5. Producción de estiércol bovino**

<b>Bovinos</b>	<b>Número</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Cantidad de estiércol por día (kg)</b>	<b>Producción diaria de estiércol por etapa (kg)</b>
<b>Vacas</b>	6	410	20.50	123.0
<b>Toros</b>	1	500	25	25
<b>Torete o becerro</b>	2	280	28	56
<b>Terneros</b>	2	60	2.4	4.8
<b>TOTAL</b>	<b>11</b>			<b>208.8 Kg estiércol</b>

### 3.2.2. Producción de estiércol de cobayo

Para el caso del estiércol de *Cavia porcellus* se consideró un peso de 32.85 kg que se obtuvo de un total de 45 animales, entre hembras, machos y gazapos

**Tabla 6. Producción de estiércol del *Cavia porcellus* por etapa**

<b>Especificación</b>	<b>Población</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Cantidad de estiércol día (kg)</b>	<b>Producción diaria de estiércol por etapa (kg)</b>
<b>Hembra</b>	29	1.2	0.8	23.2
<b>Machos</b>	3	1.5	0.95	2.85
<b>Hembra menor a 1 año</b>	5	0.5	0.9	4.5
<b>Machos menores a 1 año</b>	5	0.8	0.4	2
<b>Crías</b>	3	0.5	0.1	0.3
<b>TOTAL</b>	<b>45</b>			<b>32.85 Kg de estiércol</b>

### 3.2.3. Funcionamiento del Biodigestor

Para el funcionamiento del Biodigestor se utilizó las siguientes variables como fueron: Volumen de agua que se utiliza, el volumen de la mezcla de la relación Estiércol- Agua, la temperatura del lugar, tiempo de retención y concentración de carga orgánica.

**Tabla 7. Valoración del funcionamiento para la producción de Biogás**

<b>Variables para el funcionamiento del Biodigestor</b>	
Volumen de agua (m <sup>3</sup> )	1.45
Volumen del agua (l)	1450
Relación Estiércol- Agua teórico Bos taurus	(1:3)
Relación Estiércol- Agua teórico Cavia porcellus	(1-9)
Temperatura (°C)	26
Tiempo de retención	22
Concentración de carga Orgánica	8.2

Por lo que las variables para la obtención del biogás se necesitó una carga diaria de **1.45m<sup>3</sup>** de la relación estiércol del Bos taurus y Cavia porcellus con agua, por lo que en el proceso de obtención de biogás.

### 3.2.4. Variables y producción de biogás

*Tabla 8. Variables*

<b>Valoración del biogás producido</b>		
<b>Valoración</b>	<b>Obtención</b>	<b>Unidades</b>
<b>Tiempo de retención</b>	22	días
<b>Temperatura</b>	26	°C
<b>Producción de Biogás</b>	9.18	$m^3$

Para la obtención de biogás se tomó como variable de la temperatura ambiente, la misma que fue de 26°C, por ello el tiempo de retención fue de 22 días. Con ello se obtuvo 9.18  $m^3$  de biogás, desde el 11 de junio al 02 de julio del año en curso.

### 3.2.5. Usos del Biogás

*Tabla 9. Descripción*

<b>Uso del Biogás</b>		
Biogás disponible	9.18 $m^3$	
Utilizado en	1 Quemador	3 Quemadores
Cocina industrial	0.12 $m^3/h$	0.36 $m^3/h$
Cocina Industrial	0.12 $m^3/h$	0.36 $m^3/h$
Total consumido en 1 hora	0.24 $m^3/h$	0.72 $m^3/h$
Total consumido en 12 horas	2.88 $m^3/h$	8.64 $m^3/h$

De acuerdo con los resultados, el biogás que se obtuvo se está utilizando para el funcionamiento de 2 cocinas industriales y 2 calderos de la planta de lácteos.

La cantidad de biogás que se utilizó fue de 4.08  $m^3/h$  para el funcionamiento de un total de 12 quemadores en un tiempo de 6 horas con una quema de gas de 0.0057  $m^3/h$  de manera constante (LEGÑA, 2015).

De acuerdo con los resultados (Tab. 10)  $9.18 m^3$  de biogás se utilizó en el funcionamiento de 2 cocinas industriales de 3 quemadores cada una, que requieren de ( $0.75 m^3 / h$ ) para su funcionamiento por quemador.

### 3.2.6. Socialización

Se hizo a una parte de la población a través de la plataforma zoom con el apoyo de la señora presidente de la comunidad de Zhuya Nelba Guamán C.I. 0302895081; esta socialización tuvo como propósito promover el desarrollo y el emprendimiento a través del uso de energías renovables y procesos amigables con el medio ambiente

#### Análisis costo beneficio

El biogás como se mencionó anteriormente servirá para remplazar el GLP y de acuerdo con los resultados se tendría los siguientes beneficios:

**Tabla 10.** *Análisis económico*

	<b>Beneficios de biogás</b>	
Costo GLP	34 cilindros GLP	+\$120
Descuento del biogás	$9.18 m^3$ del Biodigestor	- \$98
Total		\$ 28

#### **4. CONCLUSIONES**

Se pudo comprobar la eficiencia del estiércol animal (bovino-cobayo) en la generación de biogás, además de la importancia del diseño para el emplazamiento de biodigestores tipo tubular, para nuestro caso de estudio, un biodigestor de geomembrana PVC PERMAX de 1000 micras de longitud 9 metros y 2 metros de diámetro. El mismo se emplazó en una zanja de 9.15 metros de largo con un ancho de 2.10 metros con una cuña de 60°

El biodigestor produce  $9.18m^3$  de biogás, con 241.65 kg de estiércol con un relación estiércol - agua de 1:3 y 1:9, con una temperatura de 26 °C el tiempo de producción de biogás se estimó en 22 días. La capacitación se hizo a la población estudiantil de la Unidad Educativa Uruguay con el propósito de dar a conocer el funcionamiento, producción y beneficios de la producción de biogás

## **5. RECOMENDACIONES**

- Elaboración de una cubierta de protección del sistema de producción de biogás
- Purificar el biogás mediante el uso de trampas, con el propósito de mejorar su aprovechamiento
- Almacenar el biogás para el aprovechamiento óptimo del mismo
- Utilizar el biol y bioabono en campo como enmienda en los suelos para mejorar su producción

## 6. REFERENCIAS

- Acosta, & Obaya. (2005). *La digestión anaerobia, aspectos teóricos*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/2231/223120659006.pdf>
- Almanza, F. (2016). *Construcción y Evaluación de un biodigestor modelo chino mejorado para zonas andinas*. Obtenido de [http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/bioenergia/cusco\\_cedepac/construccion\\_evaluacionfredy\\_almanza.pdf](http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/bioenergia/cusco_cedepac/construccion_evaluacionfredy_almanza.pdf)
- Anijiofor-Ike, C. a. (2022). *Tratamiento anaerobio de aguas residuales*. Obtenido de Aerobic and Anaerobic Sewage Biodegradable Processes: The Gap Analysis: <https://flowen.com.pe/tratamiento-anaerobio-de-aguas-residuales/>
- Apolo Valarezo, G. M. (2019). *Diseño y emplazamiento de un biodigestor para el aprovechamiento de biogas en la granja de explotación porcina "Mis tres Marias" Arenillas-El Oro-Ecuador*. Cuenca-Ecuador.
- Barrera, G. (2017). *Diseño de biodigestores para la producción de biogás*. Obtenido de <https://bibliotecadigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/4881/1/Proyecto%20de%20Graduaci%C3%B3n%20-%20Barreto%2C%20Guillermo%20-%20Dise%C3%B1o%20de%20Biodigestores.pdf>
- Bonilla, & Lemus. (2012). *Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático*. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v3n2/v3n2a6.pdf>
- Borrero , C. (2017). *Abonos Orgánicos*. Obtenido de [http://www.infoagro.com/abonos/abonos\\_organicos\\_guaviare.htm](http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos_guaviare.htm)
- Campos, E., & Flotats, X. (2004). *Procesos biológicos: La digestión anaerobia y el compostaje*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/304771327\\_Procesos\\_biologicos\\_La\\_digestion\\_anaerobia\\_y\\_el\\_compostaje](https://www.researchgate.net/publication/304771327_Procesos_biologicos_La_digestion_anaerobia_y_el_compostaje)
- Chavez Jacome, J., & Velasco Olave, J. (2015). *MODELACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MICROPLANTA DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A*

*PARTIR DE BIOMASA RESIDUAL PARA EL LABORATORIO DE ENERGÍAS RENOVABLES DEL DEMEC DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE. SANGOLQUÍ: UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS.*

Cuasquer, R. (2013). *Efectos de la aplicación de tres niveles de abonos orgánicos en el cultivo de haba (Vicia faba L.) en la zona de cuesaca, provincia del Carchi*. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/464/6/T-UTBFACIAG-AGR-000079.pdf>

Durazno Coronel, A. D. (2018). *Valoración de estiércol Bovino y porcino en la producción de biogas en un biodigestor de producción por etapas*. Ups.

*Energías Caseras*. (28 de Noviembre de 2009). Obtenido de Clasificación de Biodigestores: <https://energiacasera.com/2009/09/17/clasificacion-de-biodigestores/>

FAO. (2012). *MANUAL "BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA EL PRODUCTOR HORTOFRUTÍCOLA"*. Santiago de Chile: Proyecto TCP/PAR/3303.

*Ficha técnica Biodigestores*. (s.f.). Obtenido de <https://www.produccion-animal.com.ar/Biodigestores/03-biodigestores.pdf>

Flores, R., M, & L. (2008). *Estimación de la generación de energía a partir de biomasa para proyectos del programa de mecanismo de desarrollo limpio*. Revista Mexicana de ingeniería química, 7(1), 35-39.

Florez Serrano, J. (2009). *Agricultura ecológica. Manual y guía didáctica*. Ediciones Mundi-Prensa.

García, K. (2009). *Codigestión Anaeróbica de estiércol y lodos de depuradora para producción de biogás*. Obtenido de <https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/7413/VERSION%20FINAL.pdf?sequence=1>

*Genera tu propia Energía*. (2012). Obtenido de [https://autoconsumo.minenergia.cl/?page\\_id=524#:~:text=Los%20biodigestores%20de%20mezcla%20completa,%2C%20no%20violenta%2C%20mediante%20agitadores.](https://autoconsumo.minenergia.cl/?page_id=524#:~:text=Los%20biodigestores%20de%20mezcla%20completa,%2C%20no%20violenta%2C%20mediante%20agitadores.)

- Genia Bioenergy. (2019). Obtenido de <https://geniabioenergy.com/biogas-y-biodigestores-tipos-ventajas-y-beneficios/>
- Grania, E. (2014). *Granja integral, autosuficiente*. Editorial Grania.
- Guaman, V. (2010). *Evaluación de tres fuentes orgánicas (Ovinos, Cuy y Gallinaza) en dos híbridos de cebolla (Allium cepa)*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/957/1/T-UTC-1253.pdf>
- Guilcapi, L. (2016). *DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS GENERADO POR LAS EXCRETAS DE GANADO VACUNO, EN EL CRIADERO "JERSEY CHUGLLI*. Riobamba, Ecuador.
- Haro, Patiño, Mendoza, Palmay, Yaulema, Echeverría, & Brito. (2016). *Generación de biogás a partir de estiércol de ganado a nivel de finca en el oriente ecuatoriano*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/313844990\\_GENERACION\\_DE\\_BIOGAS\\_A\\_PARTIR\\_DE\\_ESTIERCOL\\_DE\\_GANADO\\_A\\_NIVEL\\_DE\\_FINCA\\_EN\\_EL\\_ORIENTE\\_ECUATORIANO](https://www.researchgate.net/publication/313844990_GENERACION_DE_BIOGAS_A_PARTIR_DE_ESTIERCOL_DE_GANADO_A_NIVEL_DE_FINCA_EN_EL_ORIENTE_ECUATORIANO)
- Hernando, A. a. (2020). *Gestión ambiental para la implementación de Biodigestores Anaeróbicos reductores de residuos contaminantes en el medioambiente de los departamentos de la Región Norte y Central de Colombia*.
- Herrero, J. M. (2019). *BIODIGESTORES TUBULARES, GUIA DE DISEÑO Y MANUAL DE INSTALACIONES*. Atribución-CompartirIgual 4.0 Internacional.
- Huebner, r. C. (2022). *cost assessment of biodigester implementation and biogas-produced energy*. *Eneharía agrícola*.
- Ignacio, R. (2014). *Efecto de la aplicación de diferentes tipos de abono orgánicos*. Obtenido de [http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3834/Ignacio\\_Tesis\\_Titulo\\_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3834/Ignacio_Tesis_Titulo_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- IQR. (2020). ¿Qué es un biodigestor?
- Jorge Adrián Ortiz Moreno, O. R. (2014). *LA ECOTECNOLOGÍA EN MÉXICO*. IMAGIA.

- Martín-Herrero, J. (2008). *Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación*. GIZ.
- Mejía Sánchez, G. M. (1996). *DIGESTIÓN ANAEROBIA (serie)*. Mexico: UADY.
- Miranda, R. (s.f.). Biodigestores Continuos y Discontinuos. (pág. 4). Universidad Estatal Amazonica, Ciencia de la Tierra, Tratamiento de Residuos.
- Moreno, P. M. (2011). *MANUAL DE BIOGAS*. Santiago-Chile: “Chile: Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables”.
- Moretta Marfetán, A. O. (2011). *Estudio de un sistema de energía renovable para la producción de biogás a partir de excretas de ganado porcino para disminuir el consumo de gas*. (U. T. Mecánica., Ed.) Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/2152>
- Nations, F. a. (2018). *ENFRENTANDO EL CAMBIO CLIMÁTICO A TRAVÉS DE LA GANADERÍA: UNA EVALUACIÓN GLOBAL DE LAS EMISIONES Y OPORTUNIDADES DE MITIGACIÓN*. Food & Agriculture Org.
- Organizacion de las Naciones Unidas , P. Y. (2019). *Estudio del empleo verde, actual y potencial, en el sector de bioenergías: Análisis cualitativo y cuantitativo Provincia de Santa Fe*. Santa fe-Argentina: Food & Agriculture Org.
- Parra Huertas, R. A. (11 de 12 de 2015). *Digestión anaeróbica: mecanismos biotecnológicos en el tratamiento de aguas residuales y su aplicación en la industria alimentaria\**. Obtenido de Scierlo: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-04552015000200014](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552015000200014)
- Parra-Orobio1, B. A. (2014). INFLUENCIA DEL pH SOBRE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA DE BIORRESIDUOS DE ORIGEN MUNICIPAL. *Scielo*, 10.
- PÉREZ-BRAVO, S. G.-V.-P. (2017). Evaluación del potencial de generación de estiércol como materia prima para la. *Revista de Sistemas Experimentales*, 7.

- Pinos, García, Peña, Rendón, González, & Tristán. (2012). *Impactos y Regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de américa*. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v46n4/v46n4a4.pdf>
- Ramos Castellano, P., & Ramos Criado, P. A. (2002). *Medio ambiente, calidad ambiental*. España: Universidad de Salamanca.
- Raposo, Rubia, D., Fernández, & Borja. (2012). *Anaerobic digestion of solid organic substrates in batch mode: An overview relating to methane yields and experimental procedures*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.09.008>
- Savedra, A., & Marcelo. (2017). *Diseño de un biodigestor Tubular para zonas rurales de la región Piura*. Obtenido de [http://www.perusolar.org/wpcontent/uploads/2017/12/Gar-Rafael\\_biodigestor.pdf](http://www.perusolar.org/wpcontent/uploads/2017/12/Gar-Rafael_biodigestor.pdf)
- Sierra Hugo, G. D. (2017). *Purificación y usos del biogás*. Barcelona- España: Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona.
- SPAHR, D. A. (2019). *Relevamiento, evaluación y optimización de biodigestores*. Obtenido de [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/95534/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/95534/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

## 7. ANEXOS



*Anexos 1. Delimitación de la zanja del biodigestor*



*Anexos 2. Excavación del de la Zanja con un dimensión de 1x1 metros*



*Anexos 3. Elaboración de la zanja para la tubería PVC*



*Anexos 4. Adecuamiento del terreno para elaboración de pozo de revisión de ingreso*



**Anexos 5.** Excavación con la una inclinación de 60°, para que la zanja se acople al biodigestor



**Anexos 6.** Pegado de bloques para el pozo de revisión



**Anexos 7.** Pozo de revisión, enlucido para evitar filtraciones



**Anexos 8.** Incremento de tamaño en la parte inferior y superior, con el Angulo de 60° y un ancho de 2.10 metros en la parte inferior y 2.50 metros en la parte superior



*Anexos 9. Biodigestor emplazado con primera carga*



*Anexos 10. Acoplamiento de llave de esfera a la válvula de salida de la bolsa de geomembrana*



*Anexos 11. División de sistema de gas y trampa de agua*



*Anexos 12. Llave de esfera de metal para utilizar el biogás*



*Anexos 13. Manguera que conduce el biogás; para la cocina y lo mechero de las calderas*



*Anexos 14. Ingreso y reguladores de oxígeno para el gas, el mismo que será utilizado para el Biogás.*



*Anexos 15. Obtención de llama por combustión del biogás*



*Anexos 16. Biol que se obtuvo de la primera, por desplazamiento*

**Anexos 17. Oficio de capacitación para elabora manjar y yogurt de leche, Para el dueño de la Planta láctea "Alvacora"**

Zhuya, 06 de julio del 2023

Señor

José Alvacora

Dueño de la planta láctea Alvacora

Presente

Yo, Nelba Abigail Guamá Tixi presento de la comunidad de Zhuya portador de la cédula de ciudadanía N° 0302895081, solicito de la manera más comedida a su usted que se nos pueda brindar educación en la elaboración de yogurt y manjar de leche, para que los alumnos de la Unidad Educativa Uruguay, este será en beneficio de fomentar a los alumnos a desarrollar emprendimiento y así disminuir el exceso de migración de la comunidad en la población adolescente y de la misma manera solicitar el uso de caldera de gas para dicho emprendimiento.

Por la favorable atención que se digne dar al presente anticipo mi agradecimiento.



Atentamente

Nelba Abigail Guamá Tixi

C.I. 0302895081

Zhuya

**Anexos 18. Oficio de capacitación y pedido del Biodigestor para alumnos de la Unidad Educativa Uruguay**

Zhuya, 06 de julio del 2023

Señor

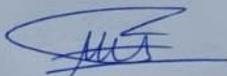
José Luis Ochoa

Dueño de la planta láctea Alvacora

Presente

Yo, Nelba Abigail Guamá Tixi presento de la comunidad de Zhuya portador de la cédula de ciudadanía N° 0302895081, solicito de la manera más comedida a su usted que se nos pueda dar a conocer el uso del biodigestor que produce gas para el uso en la elaboración de yogurt y manjar de leche, para que los alumnos de la Unidad Educativa Uruguay, como un programa de emprendimiento y concientización nombrado "Crea tu emprendimiento y di no al migración" este será en beneficio de fomentar a los alumnos a desarrollar emprendimiento y así disminuir el exceso de migración de la comunidad en la población adolescente.

Sabiendo su espíritu de colaborar y ante la favorable atención que se digne dar al presente anticipo mi agradecimiento.



Atentamente

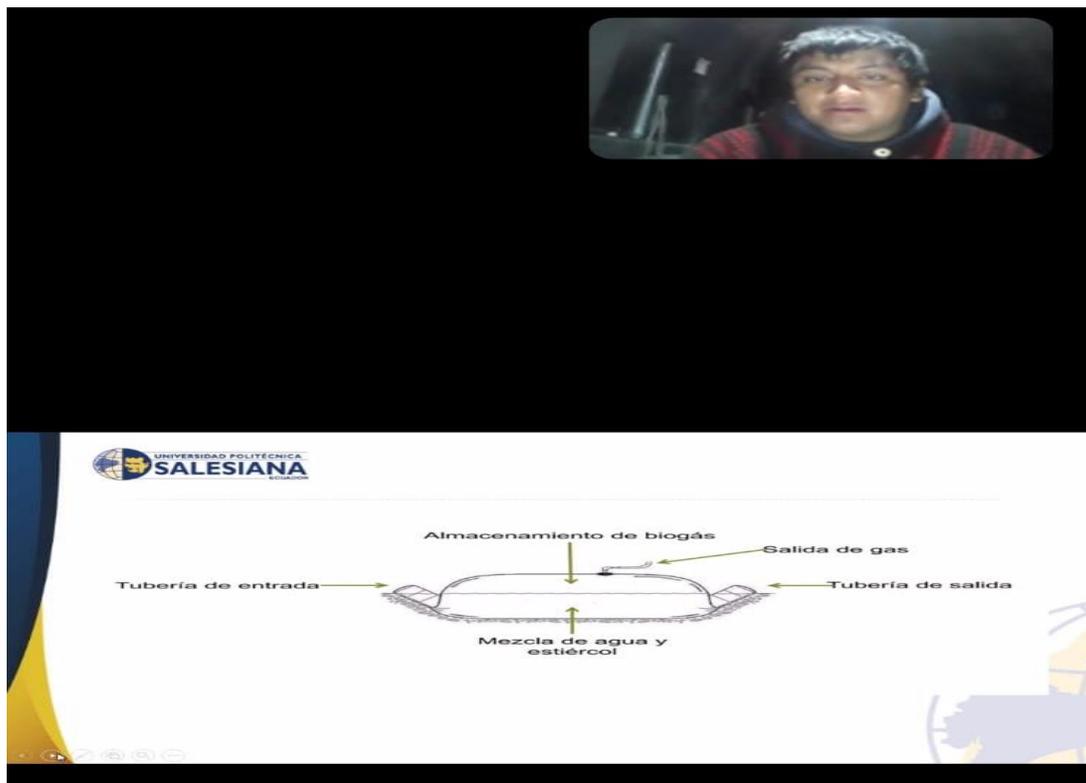
Nelba Abigail Guamá Tixi

C.I. 0302895081

Zhuya



*Anexos 19. Captura sobre el funcionamiento del biodigestor*



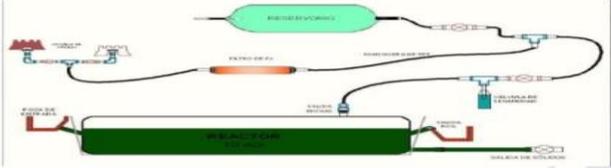
*Anexos 20. Capacitación Producción de biogás*



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**Variables a considerar**

- Temperatura
- Materia orgánica
- Tiempo de retención



*Anexos 21. Capacitación Producción de biogás*

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**Beneficios ambientales**

- Evita los malos olores generados por la descomposición de la materia orgánica
- Se evita la contaminación de los suelos y el agua
- Se produce un excelente fertilizante orgánico que ayuda a la mejora de los rendimientos de los cultivos agrícolas
- No se produce humo; este es uno de los males que afectan la salud de las amas de casa que cocinan con leña
- Se disminuye la deforestación al reemplazar la leña por el biogás
- Disminuye la presencia de insectos en las fincas

**Beneficios para el bienestar familiar**

- Las reparaciones del biodigestor son sencillas y su mantenimiento es barato
- Es una inversión de bajo costo para la familia; muchos materiales se pueden obtener de su finca y gran parte de la mano de obra la aporta la familia
- Es una inversión para muchos años. Según datos, los materiales utilizados en la construcción del biodigestor, garantizan que será una actividad que dura hasta 30 años y más.
- Es muy rápido para cocinar
- Cualquier miembro de la familia puede colaborar en la preparación de los alimentos
- Mejora la economía familiar ya que reduce los costos (ya no se necesita leña o gas) y mejora los rendimientos con el abono orgánico



Jose Ochoa

**Nelba Guaman**

**Nelba Guaman**



**Evelin**

**Samsung SM-N...**

*Anexos 22. Beneficios del Biogás y aprovechamiento a comparación del GLP*

Preguntas Respuestas **12** Configuración

12 respuestas [+ Vinculo a Hojas de cálculo](#) 

Se aceptan respuestas

Resumen **Pregunta** Individual

**NOMBRE**  
12 respuestas

Freddy
Gabriela Padilla
Bryan Calle
Lupita Vasquez
Nube Chima
Karen
Edwin Ortiz
Bayron Alvacora
Evelin Abigail Tixi Ortiz

*Anexos 23. Encuestados para capacitación*

**TIENE CONOCIMIENTO ACERCA DE. \***  
**¿QUE ES UN BIODIGESTOR ?**

- Tengo conocimiento
- Desconozco
- Sé un poco sobre el tema

**¿SABE QUE ES EL BIOGÁS? \***

- Tengo conocimiento
- Desconozco
- Sé un poco sobre el tema

**¿SABE CÓMO SE PRODUCE EL BIOGÁS? \***

- Tengo conocimiento
- Desconozco
- Sé un poco sobre el tema

*Anexos 24. Encuesta a los estudiantes para tener un punto de inicio*

---

**LE GUSTARÍA SABER SOBRE LOS BIODIGESTORES** \*

Sí

No

---

**¿DESEARÍA TENER UNA CAPACITACIÓN SOBRE COMO PRODUCIR BIOGÁS?** \*

Sí

No

---

**¿DESEARÍA TENER UNA CAPACITACIÓN SOBRE "EL APROVECHAMIENTO DE BIOGÁS PARA USO"?** \*

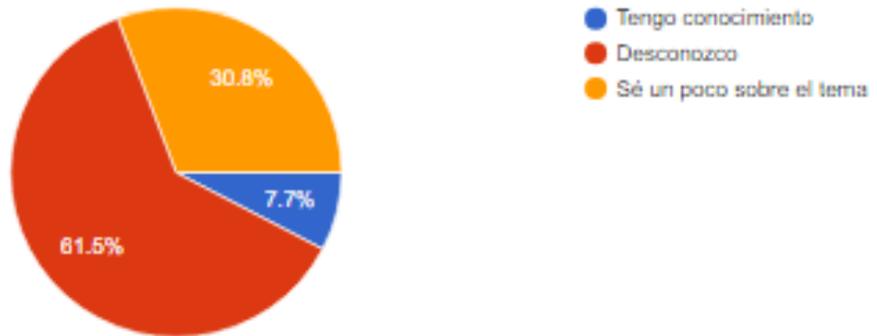
Sí

No

*Anexos 25. Encuesta a los estudiantes para tener un punto de inicio*

**TIENE CONOCIMIENTO ACERCA DE.  
¿QUE ES UN BIODIGESTOR ?**

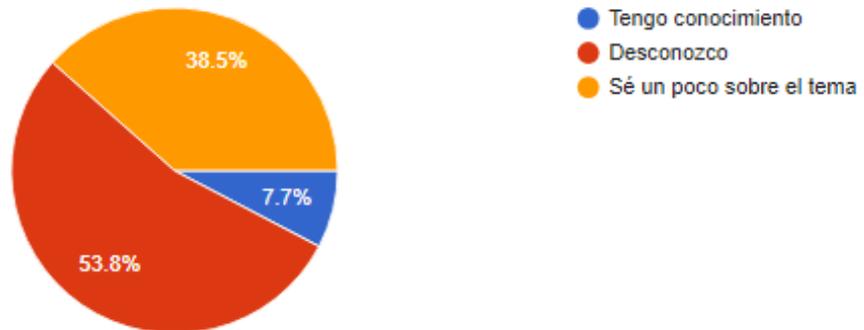
13 respuestas



*Anexos 26. Grafica de tabulación de la pregunta 1 de la encuesta*

**¿SABE QUE ES EL BIOGÁS?**

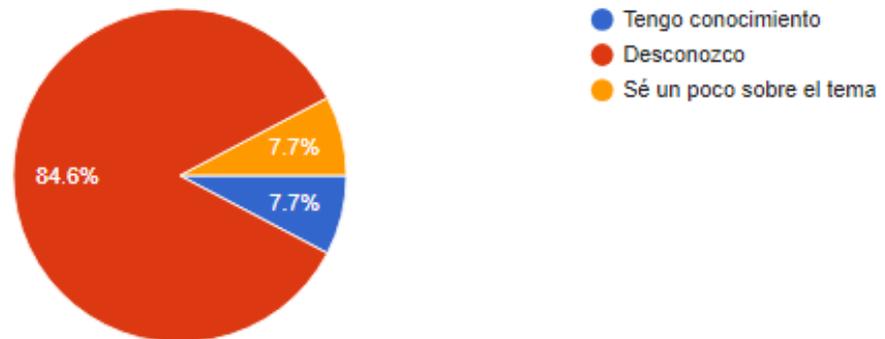
13 respuestas



*Anexos 27. Grafica de tabulación de la pregunta 2 de la encuesta*

### ¿SABE CÓMO SE PRODUCE EL BIOGÁS?

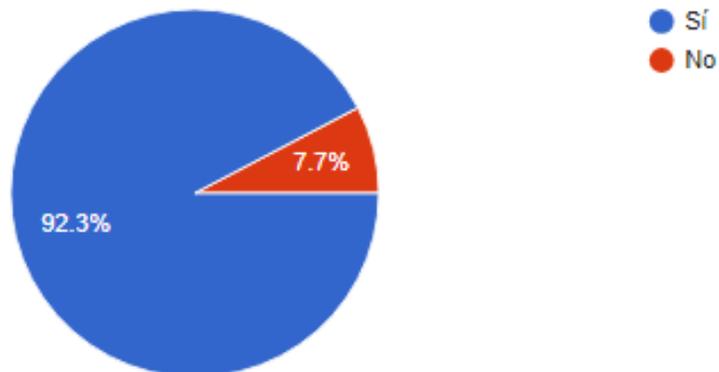
13 respuestas



*Anexos 28. Grafica de tabulación de la pregunta 3 de la encuesta*

### LE GUSTARÍA SABER SOBRE LOS BIODIGESTORES

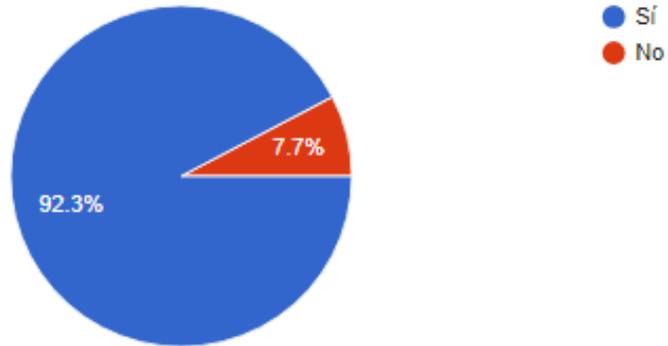
13 respuestas



*Anexos 29. Grafica de tabulación de la pregunta 4 de la encuesta*

### ¿DESEARÍA TENER UNA CAPACITACIÓN SOBRE COMO PRODUCIR BIOGÁS?

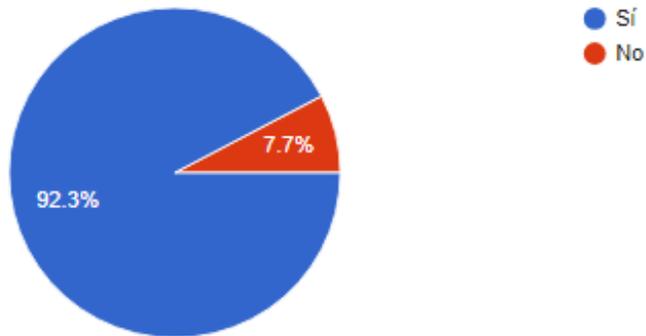
13 respuestas



*Anexos 30. Grafica de tabulación de la pregunta 5 de la encuesta*

### ¿DESEARÍA TENER UNA CAPACITACIÓN SOBRE "EL APROVECHAMIENTO DE BIOGÁS PARA USO"?

13 respuestas



*Anexos 31. Grafica de tabulación de la pregunta 6 de la encuesta*