



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCION**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACION  
PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**TEMA**

**“DESEMPEÑO DE LOS BIODIGESTORES CON FILTROS DE  
LECHOS PLÁSTICO BACTERIANOS EN EL TRATAMIENTO  
DEL AGUA RESIDUAL DOMESTICA DE UNA VIVIENDA  
UNIFAMILIAR”**

**TUTOR**

**ING. PABLO MARIO PAREDES RAMOS.**

**AUTORES**

**ELVIS CICERÓN CHÁVEZ GARCÉS**

**JUAN ANDRÉS FREIRE BURGOS**

**GUAYAQUIL**

**2021**

<b>REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>	
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS</b>	
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b> Desempeño de los biodigestores con filtros de lechos plástico bacterianos en el tratamiento del agua residual domestica de una vivienda unifamiliar	
<b>AUTOR/ES:</b>  Freire Burgos Juan Andrés  Elvis Cicerón Chávez Garcés	<b>REVISORES O TUTORES:</b>  Ing. Pablo Mario Paredes Ramos
<b>INSTITUCIÓN:</b>  Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	<b>Grado obtenido:</b>  Ingeniero Civil
<b>FACULTAD:</b>  Facultad de Ingeniería Industria y Construcción	<b>CARRERA:</b>  Ingeniería Civil
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b> 2021	<b>N. DE PAGS:</b>  116
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b> Arquitectura y Construcción	
<b>PALABRAS CLAVE:</b> Biodigestor, Lechos plásticos bacterianos, gas natural, contaminación, eficiencia.	
<b>RESUMEN:</b>  En el Ecuador, las zonas rurales experimentan problemas relacionados con los servicios básicos, en este caso se aborda la problemática de servicio de alcantarillado, mismo que es suplido con la construcción de pozos sépticos, los cuales sirven como medio de evacuación de aguas servidas, sin embargo, estos tienden a saturarse, provocando filtraciones tanto de olores como de aguas a la	

<p>superficie causando afectaciones a la salud y al medio ambiente, ya que estas filtraciones contaminan el suelo y los cuerpos de agua dulce más cercanos, motivo por el cual, se plantea al biodigestor como una alternativa sostenible para el tratamiento de aguas residuales, puesto que, este convierte los desechos sólidos en gas natural o en abono orgánico, según la necesidad del usuario, no obstante, este estudio se enfoca en su capacidad de tratamiento de aguas servidas, motivo por el cual se estableció que el objetivo general es “Determinar la eficiencia del biodigestor implementando en su interior filtros de lechos plástico bacterianos a través del monitoreo y evaluación de las aguas residuales, en función de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, para mitigar la contaminación ambiental que causan estas aguas”. Para el desarrollo del estudio se empleó el método experimental a través del cual, se realizó la toma de una muestra de agua, antes y después de la implementación de lechos plásticos, con lo cual se obtiene que este sistema es eficiente en cuanto a la reducción de la carga polutiva del agua tratada con el biodigestor.</p>		
<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b> Freire Burgos Juan Andrés  Chávez Garcés Elvis Cicerón	<b>Teléfono:</b> 0986775266  0967603827	<b>E-mail:</b> juancito-1@hotmail.es  elvis_chavezgarces@yahoo.com
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	<b>MSC. Ing. Alex Salvatierra Espinoza, DECANO</b> <b>Teléfono:</b> (04) 259 6500 <b>Ext. 241, DECANATO</b> <b>E-mail:</b> asalvatierrae@ulvr.edu.ec	

Quito: av. Whympner e7-37 y Alpallana edificio Delfos, teléfonos (593-2)2505660/1, y en la av. 9 de octubre 624y Carrión, edificio Prometeo, teléfonos 2569898/9 fax (5932)2509054

# Certificado de Anti plagio Académico

## TESIS FINAL

---

### INFORME DE ORIGINALIDAD

---

<b>7</b> %	<b>6</b> %	<b>1</b> %	<b>2</b> %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

### FUENTE QUE CONTIENE COINCIDENCIAS

---

<b>25</b>	<b>ecuador.unfpa.org</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
-----------	--	----------------

---

< 1%

★ **ecuador.unfpa.org**  
Fuente de Internet

---

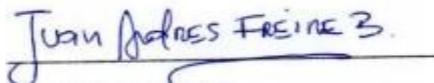
  
\_\_\_\_\_  
**MSC.PABLO MARIO PAREDES RAMOS.**  
**TUTOR**

## **Declaración de Autoría y Cesión de Derechos Patrimoniales**

Los estudiantes egresados Juan Andrés Freire Burgos y Elvis Cicerón Chávez Garcés, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, desempeño de los biodigestores con filtros de lechos plástico bacterianos en el tratamiento del agua residual domestica de una vivienda unifamiliar, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores



**JUAN ANDRÈS FREIRE BURGOS**

**C.I.1204158917**



**ELVIS CICERÒN CHÀVEZ GARCÈS**

**C.I.1205960071**

## **Certificación de Aceptación del Tutor**

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación Desempeño de los biodigestores con filtros de lechos plástico bacterianos en el tratamiento del agua residual domestica de una vivienda unifamiliar doméstica, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de ingeniería industria y construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### **CERTIFICO:**

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: Desempeño de los biodigestores con filtros de lechos plástico bacterianos en el tratamiento del agua residual domestica de una vivienda unifamiliar, presentado por los estudiantes JUAN ANDRÈS FREIRE BURGOS Y ELVIS CICERÒN CHAVÈZ GARCÈS como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.



**Ing. PABLO MARIO PAREDES RAMOS, MSC**

**C.I. 0911828150**

## **Agradecimiento**

Gracias a Dios por darme fortaleza y sabiduría y permitirme realizar mis sueños, en especial a mis padres Andrés y Lupita quienes con su ejemplo me enseñaron a ser perseverante y no decaer, a mi padre quien fue mi principal apoyo incondicional para el desarrollo de este proyecto de investigación, a mi tutor Ing. Pablo Mario Paredes Ramos por guiarme y brindarme sus conocimientos a lo largo del desarrollo de mi tesis.

**Juan Andrés Freire Burgos**

## **Agradecimiento**

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme dado la sabiduría necesaria para culminar con éxito esta importante etapa de mi vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo que me supo brindar mi familia y en especial a mis hijos que son los que motivan a seguir adelante, que sin duda alguna han sabido demostrar el amor y aprecio incondicional que guardan hacia mí, siempre corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mi abuela y bisabuela que estuvieron presente en las primeras etapas de mi vida, siendo motivo de alegría e inspiración, compartiendo sus enseñanzas y guiándome por el buen camino para ser de mí una persona de bien.

Al Ing. Pablo Paredes Ramos por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de este proyecto.

Gracias a cada una de las personas que me ayudaron directa o indirectamente a lo largo de mi carrera y en la elaboración de este proyecto.

**Elvis Cicerón Chávez Garcés**

## **Dedicatoria**

Con mucho cariño y de manera especial le dedico esta tesis a mi padre Andrés Freire que está en el cielo gozando de la presencia de Dios y a quien extraño todos los días de mi vida, a mi querida madre Lupita Burgos ya que fue un pilar fundamental en este proceso de mi vida profesional en ella tengo un gran ejemplo de superación y su gran corazón me llevan a admirarla cada día más. A mi familia por brindarme su apoyo y sus buenos consejos.

**Juan Andrés Freire Burgos**

## **Dedicatoria**

Dedico con todo mi corazón esta tesis a Dios por haberme permitido llegar hasta este momento tan especial y a mis padres por haber estado conmigo en cada paso que he dado en mi vida, forjándome como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes, gracias por el apoyo incondicional, la confianza brindada y la paciencia que han sabido tenerme en cada momento de mi vida, nada de esto hubiese sido posible sin ustedes.

Su ayuda fue fundamental, estuvieron desde el principio hasta el final en el desarrollo de mi formación profesional, siempre motivándome a seguir adelante, el camino no fue fácil, pero siempre estuvieron allí ayudándome, dedicándome su tiempo, dándome consejos, compartiendo su experiencia y sabiduría, por eso y mucho más esta dedicatoria es para ustedes.

Gracias madre y padre.

**Elvis Cicerón Chávez Garcés**

# Contenido

Resumen.....	XVIII
Abstract .....	XIX
Introducción .....	1
Capítulo I.....	3
1. Diseño de la investigación .....	3
1.1. Tema.....	3
1.2. Planteamiento del Problema.....	3
1.2.1. Árbol del problema .....	5
1.3. Formulación del Problema .....	5
1.4. Sistematización del Problema .....	6
1.5. 1. Objetivo General .....	6
1.6. Justificación.....	7
1.7. Delimitación del Problema.....	8
1.8. Hipótesis o Idea a Defender .....	9
1.8.1. Variables. ....	9
1.9. Línea de Investigación Institucional/Facultad.....	9
Capítulo II .....	10
2. Marco Teórico.....	10
2.1. Marco Teórico .....	10
2.1.1. Antecedentes históricos.....	10
2.1.2. Antecedentes Referenciales. ....	14
2.1.3. Biodigestores.....	19
2.1.4. Filtros plásticos de lechos bacterianos. ....	27
2.1.5. Biogás.....	34
2.1.6. Parroquia San Juan.....	36
2.2. Marco Conceptual .....	37

2.3.	Marco Legal.....	40
2.3.1.	Constitución del Ecuador .....	40
2.3.2.	Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica .....	44
2.3.3.	Código Orgánico Organización Territorial Autonomía Descentralización.....	45
2.3.4.	Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA) .....	46
Capítulo III.....		52
3.	Metodología de la investigación .....	52
3.1.	Metodología.....	52
3.1.1.	Método experimental. ....	52
3.2.	Tipo de investigación .....	53
3.2.1.	Investigación exploratoria.....	53
3.2.2.	Investigación descriptiva.....	54
3.2.3.	Investigación explicativa.....	55
3.3.	Enfoque .....	56
3.3.1.	Enfoque cuantitativo. ....	56
3.3.2.	Enfoque cualitativo. ....	56
3.4.	Técnica e instrumentos .....	57
3.5.	Elaboración de planta piloto .....	57
3.6.	Iniciación .....	58
3.7.	Planificación .....	58
3.8.	Organización .....	60
3.9.	Ejecución .....	61
3.9.1.	Localización del biodigestor. ....	61
3.9.2.	Excavación para la colocación del biodigestor. ....	62
3.9.3.	Colocación y relleno del biodigestor.....	62
3.9.4.	Instalación del registro de lodos.....	63

3.9.5. Instalaciones hidráulicas para el biodigestor.....	63
3.9.6. Zanja de infiltración. ....	63
3.10. Cierre .....	63
Capítulo IV.....	65
4. Análisis de los resultados.....	65
4.1. Análisis de resultados de la muestra de aguas residuales tratadas con el biodigestor. ....	65
4.2. Análisis de resultados de la muestra de lodos residuales originados a partir del biodigestor. ....	69
Conclusiones .....	72
Recomendaciones.....	74
Bibliografía .....	75
Anexos .....	80

## Índice de Tabla

<b>Tabla 1.</b> Línea de investigación institucional ULVR.....	9
<b>Tabla 3.</b> Rendimiento de los sustratos en la producción de biogás. ....	36
<b>Tabla 4.</b> límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....	47
<b>Tabla 5.</b> Descargas del sistema de alcantarillado en cuerpos de agua dulce (A) .....	48
<b>Tabla 6.</b> Descargas del sistema de alcantarillado en cuerpos de agua dulce (B).....	49
<b>Tabla 7.</b> Límites de descarga a un cuerpo de agua marina.....	50
<b>Tabla 8.</b> Lista de materiales.....	59
<b>Tabla 9.</b> Cuadro de dimensiones. ....	61
<b>Tabla 10.</b> Dimensiones y peso de la caja de registro.....	61
<b>Tabla 11.</b> Resultados de la prueba No.1. (Sin medio de soporte plástico en el interior del biodigestor).....	66
<b>Tabla 12.</b> Resultados de la prueba No.2. (Con medio de soporte plástico en el interior del biodigestor).....	68
<b>Tabla 13.</b> Análisis de caracterización de lodos del biodigestor de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.....	71

## Índice de Figuras

<b>Figura 2.</b> Árbol del Problema.....	5
<b>Figura 3.</b> Evolución de los biodigestores.....	10
<b>Figura 4.</b> Antecedente referencial No. 1.....	14
<b>Figura 5.</b> Antecedente referencial No. 2.....	15
<b>Figura 6.</b> Antecedente referencial No. 3.....	16
<b>Figura 7.</b> Antecedente referencial No.4.....	17
<b>Figura 8.</b> Antecedente referencial No.5.....	18
<b>Figura 9.</b> Definición sistematizada del biodigestor.....	21
<b>Figura 10.</b> Ventaja del biodigestor.....	22
<b>Figura 11.</b> Desventaja del biodigestor.....	23
<b>Figura 12.</b> Estructura del biodigestor.....	24
<b>Figura 13.</b> Estructura del biodigestor.....	25
<b>Figura 14.</b> Diferencias entre el biodigestor de domo fijo y biodigestor tubular.....	27
<b>Figura15.</b> Historia de los filtros plásticos de lecho bacteriano.....	29
<b>Figura 16.</b> Diagrama de flujo clásico de la tecnología de Lechos Bacterianos.....	30
<b>Figura 17.</b> Ventajas de los filtros plásticos de lecho bacteriano.....	31
<b>Figura 18.</b> Desventajas de los filtros plásticos de lecho bacteriano.....	31
<b>Figura 19.</b> Experiencias internacionales sobre la implementación de los biodigestores.....	32
<b>Figura 20.</b> Composición del biogás.....	34
<b>Figura 21.</b> Sustancias que pueden ser sometidas a fermentación.....	35
<b>Figura 22.</b> Constitución – Ambiente Sano.....	40
<b>Figura 23.</b> Constitución del Ecuador – Sectores Estratégicos.....	41
<b>Figura 24.</b> Delegaciones para la administración y prestación de servicios públicos.....	42
<b>Figura 25.</b> Constitución del Ecuador – Principios Ambientales.....	43
<b>Figura 26.</b> Constitución del Ecuador - Biosfera, ecología urbana y energías alternativas.....	44
<b>Figura 27.</b> Disposiciones fundamentales de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica.....	45
<b>Figura 28.</b> Competencias ambientales de los GADs.....	46

<b>Figura 1.</b> Políticas específicas de los objetivos 6 y 7 del Plan Nacional de Desarrollo. .....	51
<b>Figura 29.</b> Ventajas y desventajas de la observación.....	57
<b>Figura 30.</b> Plano de la implementación del biodigestor con lechos plásticos bacterianos en la casa de la familia Almeida – Ríos.....	60
<b>Figura 31.</b> Parámetros del análisis de las muestras de aguas tratadas por el biodigestor. .....	65
<b>Figura 32.</b> Parámetros del análisis de las muestras de lodo generado por el biodigestor. .....	70

## Índice de Anexos

Anexo 1. Mapa político de la Parroquia rural San Juan.....	80
Anexo 2. Actividad económica principal.....	81
Anexo 3. Cotizaciones del tanque del biodigestor – Megakiwi.....	82
Anexo 4. Cotización del tanque del biodigestor – Comercial Ginatta.....	83
Anexo 5. Cotización de filtros de lechos plásticos bacterianos – SOLUAQUA .....	84
Anexo 6. Cotización de servicio de análisis de calidad del agua – Laboratorio Ingeestudio. ....	85
Anexo 7. Esquema del biodigestor Rotoplas .....	87
Anexo 8. Esquema de la caja de registro .....	88
Anexo 9. Distancia mínima recomendada al punto de descarga.....	89
Anexo 10. Ángulo de excavación en función al tipo de suelo. ....	90
Anexo 11. Colocación y relleno del biodigestor .....	91
Anexo 12. Resultados de la muestra tomada tras implementación del biodigestor. ..	92
Anexo 13. Resultados de la muestra tomada tras implementación de los filtros de lechos plásticos bacterianos. ....	93
Anexo 14. Cotización Análisis de lodos generados por el biodigestor – Grupo Químico Marcos.....	94
Anexo 15. Los criterios referenciales de calidad del suelo.....	95
Anexo 16. Análisis de lodos generados por el biodigestor con filtros de lechos plásticos bacteriano. ....	96

## **Resumen**

En el Ecuador, las zonas rurales experimentan problemas relacionados con los servicios básicos, en este caso se aborda la problemática de servicio de alcantarillado, mismo que es suplido con la construcción de pozos sépticos, los cuales sirven como medio de evacuación de aguas servidas, sin embargo, estos tienden a saturarse, provocando filtraciones a tanto de olores como de aguas a la superficie causando afectaciones a la salud y al medio ambiente, ya que estas filtraciones contaminan el suelo y los cuerpos de agua dulce más cercanos, motivo por el cual, se plantea al biodigestor como una alternativa sostenible para el tratamiento de aguas residuales, puesto que, este convierte los desechos sólidos en gas natural o en abono orgánico, según la necesidad del usuario, no obstante, este estudio se enfoca en su capacidad de tratamiento de aguas servidas, motivo por el cual se estableció que el objetivo general es “Determinar la eficiencia del biodigestor implementando en su interior filtros de lechos plástico bacterianos a través del monitoreo y evaluación de las aguas residuales, en función de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, para mitigar la contaminación ambiental que causan estas aguas”. Para el desarrollo del estudio se empleó el método experimental a través del cual, se realizó la toma de una muestra de agua, antes y después de la implementación de lechos plásticos, con lo cual se obtiene que este sistema es eficiente en cuanto a la reducción de la carga polutiva del agua tratada con el biodigestor.

### **Palabras claves:**

Biodigestor, Lechos plásticos bacterianos, gas natural, contaminación, eficiencia.

## **Abstract**

In Ecuador, rural areas experience problems related to basic services, in this case the problem of sewerage service is addressed, which is supplied with the construction of septic tanks, which serve as a means of evacuating sewage, without However, these tend to become saturated, causing leaks of both odors and water to the surface causing health and environmental effects, since these leaks contaminate the soil and the nearest bodies of fresh water, which is why, The biodigester is proposed as a sustainable alternative for wastewater treatment, since it converts solid waste into natural gas or organic fertilizer, according to the user's need, however, this study focuses on its treatment capacity of sewage, which is why it was established that the general objective is "To determine the efficiency of the biodigester by implementing filter beds of bacterial plastic beds through the monitoring and evaluation of wastewater, based on physical, chemical and bacteriological parameters, to mitigate the environmental pollution caused by these waters ". For the development of the study, the experimental method was used through which, a water sample was taken, before and after the implementation of plastic beds, with which it is obtained that this system is efficient in terms of reduction of the pollutant load of the water treated with the biodigester.

Keywords:

Biodigester, Bacterial plastic beds, natural gas, pollution, efficiency.

## **Introducción**

En las zonas rurales del Ecuador, una de las necesidades más visibles es el alcantarillado, no obstante, como solución para dicho problema, los habitantes construyen pozos sépticos que sirven como medio de evacuación de aguas servidas, cabe mencionar que lo más común es que estos sistemas presten servicio a más de una familia dentro del mismo sector, motivo por el cual es muy común observar que estos se saturen y se experimenten filtraciones de aguas servidas, las cuales tienden a contaminar el suelo o inclusive los cuerpos de agua más cercanos.

Tomando en consideración que los habitantes de estas zonas experimentan afectaciones en su salud producto de las emisiones de estos sistemas de evacuación de aguas servidas, se decide plantear una alternativa ecológica que no solo les permita preservar su salud, sino también les permita gozar de una vida digna y un entorno saludable, esta alternativa es el biodigestor, que es un sistema que se encarga de aprovechar los desechos sólidos para obtener gas natural o inclusive abono orgánico, a la vez que reduce las cargas tóxicas de las emisiones.

Con base en la situación antes descrita se establece que el objetivo general del presente estudio es “Determinar la eficiencia del biodigestor implementando en su interior filtros de lechos plástico bacterianos a través del monitoreo y evaluación de las aguas residuales, en función de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, para mitigar la contaminación ambiental que causan estas aguas”. Para poder evidenciar la eficiencia del sistema se pretende realizar la instalación de un biodigestor, para posteriormente, realizar la toma de muestras de aguas tratadas, para luego, 15 días realizar la aplicación de filtros de lechos plásticos, donde tras 15 días se tomarán nuevas pruebas que permita conocer cuán efectivo es este sistema.

Como se puede apreciar el presente estudio, está relacionado con dos de los objetivos del PND, por un lado, se relaciona con el primer objetivo, ya que esto permite solucionar el problema de filtraciones de manera que los habitantes no estén expuestos a malos olores o al contacto directo con estos residuos, de manera que puedan tener una vida digna y por otro lado, se precautela la salud del entorno, puesto que, evitando las filtraciones se reduce la contaminación tanto del suelo como de los cuerpos de agua dulce más cercanos.

Para del desarrollo de este estudio, se recurre al método experimental, esto debido a que el biodigestor constituye un sistema de tratamiento de aguas servidas que será sometido a prueba, para lo cual, tras su implementación se tomarán muestras del agua, las cuales serán analizadas por un laboratorio especializado donde se verificará la calidad del agua, quince días después se implementarán filtros plásticos, los cuales tienen como función reducir la carga tóxica, acción que será demostrada con la toma de una nueva muestra, que será tomada quince días después de su aplicación.

Es preciso mencionar que este estudio contará con un total de 4 capítulos, mismos que tendrán una secuencia lineal y que serán descritos a continuación:

El primer capítulo, constituye la columna vertebral del estudio, en este se describe de manera estructural la problemática objeto de estudio, de manera que, tras conocer las especificaciones de la misma, se presenten los objetivos a seguir para establecer una posible solución.

El segundo capítulo, contiene las conceptualizaciones de términos inherentes a la temática abordada, así como también, la citación de estudios relacionados que se desarrollaron en años anteriores y casos exitosos de aplicación de biodigestores tanto a nivel mundial como a nivel nacional.

En el tercer capítulo, se realizará la selección de la metodología más adecuada para el desarrollo del estudio, donde se identificarán procesos, instrumentos y enfoques que permitan aplicar de manera práctica la teoría revisada en apartados anteriores.

En el cuarto capítulo, se procede a describir el proceso de implementación de un biodigestor y las gestiones realizadas para verificar su eficiencia con respecto al tratamiento de aguas residuales. Para finalizar se redactarán las conclusiones, que harán énfasis al cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados y las recomendaciones que se orientan en evocar la participación tanto de organismos competentes como de los habitantes de la zona.

# Capítulo I

## 1. Diseño de la investigación

### 1.1. Tema

“Desempeño de los biodigestores con filtros de lechos plástico bacterianos en el tratamiento del agua residual domestica de una vivienda unifamiliar”

### 1.2. Planteamiento del Problema

En el presente apartado se realizará la determinación del problema objeto de estudio, donde se tiene la contaminación ocasionada por la construcción de pozos sépticos en lugares donde la concentración de habitantes excede la capacidad de los mismos, como alternativa de solución para dicha problemática se plantea la implantación de biodigestores con filtros de lechos plástico bacterianos en el tratamiento del agua residual domestica de una vivienda unifamiliar.

Se considera necesario contar con una definición base de los biodigestores con filtros de lechos plástico bacterianos, para el desarrollo del proyecto, con lo cual, estos se definen como un sistema de tratamiento de aguas residuales, dentro de los cuales quedan contenidos los desechos orgánicos tales como heces humanas, restos de comida y estiércol, mismos que se descomponen por acción anaeróbica, es decir, no existe interacción alguna con el oxígeno, lo que hace que las bacterias presentes en estos deshechos consuman progresivamente el carbono y el nitrógeno, para dar origen a emisiones gaseosas compuestas por metano, anhídrido carbónico, monóxido de carbono y anhídrido sulfuroso. (Roy & Navaz, 2017)

A nivel mundial, los biodigestores constituyeron una alternativa para combatir las afectaciones causadas por la construcción de pozo sépticos, en el caso de zonas rurales en Argentina las aguas servidas o efluentes, transportan purines a través de dicho sistema a una fosa, de la cual a través de un bombeo estos finalmente son evacuados a una laguna carente de impermeabilización. En estas zonas no se ha realizado la implementación del sistema de biodigestores, por falta de una capacidad técnica por parte de los pobladores y por el poco acceso a financiamientos o subsidios, puesto que, conseguir el recurso por otras vías supone comprometer su bienestar económico o su producción.

En el Ecuador existen programas de democratización de biodigestores, mismos que son impulsados por entes públicos como el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y el Instituto de Investigación Geológico y Energético, mismo que no solo lo plantean como

una herramienta para reducir el impacto provocado por la construcción de pozos sépticos, sino también como una manera de aprovechar desechos orgánicos para obtener gas natural y abono, sin contar que a través de estos se evita que estos restos lleguen a las fuentes hídricas más cercanas.

El problema de la investigación es la contaminación del medio ambiente en zonas rurales ocasionada por el mal manejo de aguas residuales, como se mencionó anteriormente en el Ecuador dichas zonas carecen de servicio de alcantarillado, lo que motiva a los pobladores a crear sistemas de evacuación de aguas servidas, mismos que tienden a colapsar cuando la concentración de viviendas es alta, sin contar que muchas veces estas aguas desembocan en fuentes hídricas tales como ríos, esteros o lagos cercanos.

Una de las causas de impacto ambiental en cuestión es la contaminación de fuentes hídricas, que de por sí constituye una problemática en el país, puesto que, es muy común que se realicen estudios y se encuentren rastros de heces fecales en el agua, esto convierte a estos cuerpos de agua en foco de propagación de infecciones, lo cual es caótico tomando en consideración el cambio acelerado que muestran las enfermedades virales.

La contaminación en cuestión en ciertos casos es provocada por la filtración de agua putrefacta proveniente de los pozos sépticos, los cuales, si bien son una manera de evitar el contacto directo con heces y desechos orgánicos, este escenario es factible para zonas rurales donde no existen muchas viviendas, sin embargo, es muy común que existan dichas filtraciones por el hecho de que más de 100 familias pueden estar conectadas al mismo pozo.

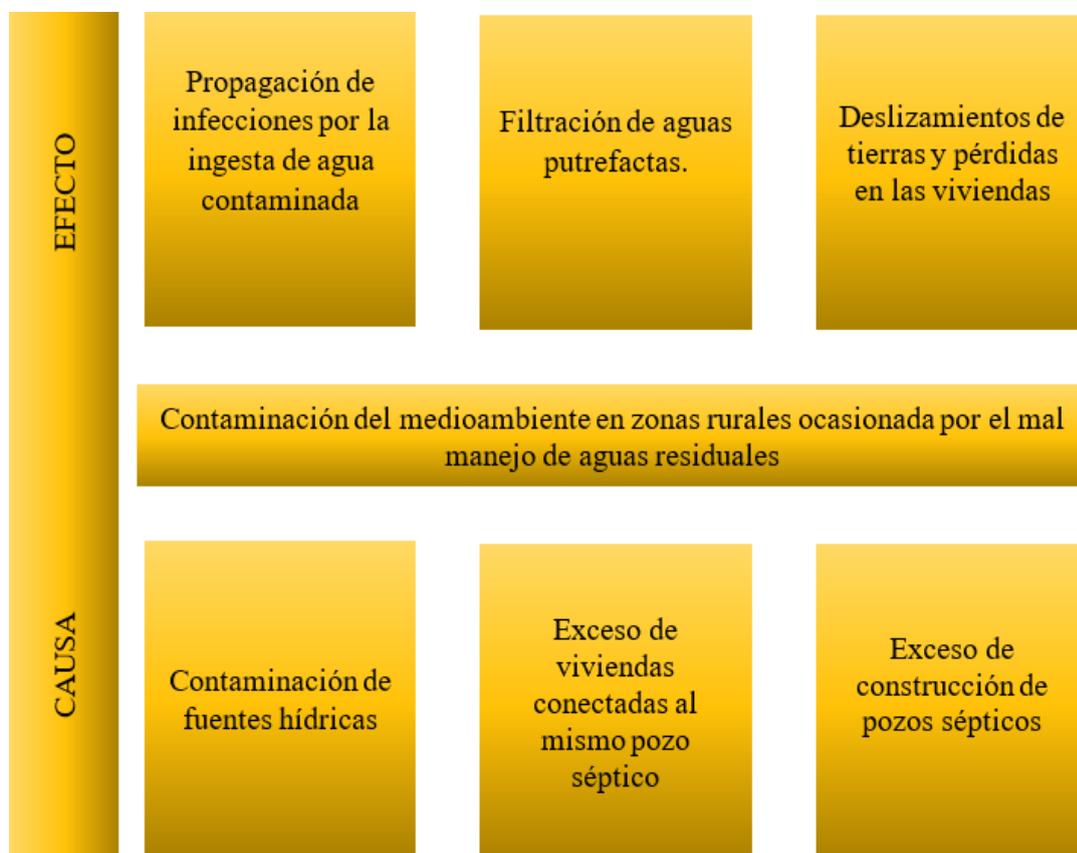
También existen casos en los cuales hay un exceso de construcciones de pozos sépticos, causan siniestros en zonas rurales, entre los cuales pueden darse deslizamientos de tierras en época de lluvia en zonas donde existen construcciones sobre pendientes o incluso el hundimiento de las viviendas, esto ocasionado por filtraciones y por el impacto que esta casusa en el suelo, dejando tanto pérdidas materiales como humanas.

Se puede apreciar que la necesidad a satisfacer es la del saneamiento ambiental, que es un proceso que en zonas urbanas alcanza valores de hasta \$ 150.000 USD, mientras que en zonas rurales el valor tiende a incrementar debido a factores climáticos y la ubicación geográfica que en muchos casos genera complicaciones en cuanto al acceso del contingente necesario.

En este caso es posible ofrecer una alternativa para el tratamiento de aguas residuales o efluentes, a través de la implementación de biodigestores con filtros de lechos plástico bacterianos, mediante los cuales, los habitantes de zonas rurales, además de evitar la contaminación de sus viviendas y el entorno, puedan obtener gas natural y abono, como producto de las funciones propias de los filtros.

### 1.2.1. Árbol del problema

A continuación, se presenta el planteamiento del problema de manera esquematizada, para lo cual, se recurre a la utilización de esquema científico del árbol del problema en el cual podrá observarse el problema central, con los factores que propiciaron su aparición y los efectos que este ocasiona en la sociedad y el entorno:



**Figura 1.** Árbol del Problema. Adaptado “Uso del Biogás en la industria Pecuniaria” y Elaborado por Chávez & Freire (2021)

### 1.3. Formulación del Problema

¿En qué porcentaje se reduce la contaminación ambiental en zonas rurales, frente a una inminente implementación de biodigestores con filtros de lechos plástico bacterianos en el tratamiento del agua residual domestica de una vivienda unifamiliar?

## **1.4. Sistematización del Problema**

### **Pregunta principal**

¿Cuál es el nivel de eficiencia de los biodigestores con filtro en cuanto a la reducción del impacto ambiental causado por filtraciones de aguas residuales a fuentes hídricas en zonas rurales?

### **Pregunta principal**

¿Cuáles serían los parámetros que deben tomarse en consideración para evaluar la eficiencia de los biodigestores con filtro?

¿Implementar un Sistema de tratamiento compuesto por un biodigestor con filtros de lechos plástico bacteriano, sería más eficiente si en simultaneo se aplica una zanja de filtración?

¿Cuáles serían las características esenciales de la producción de lodo de un biodigestor?

¿Cuál sería el costo de implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales a través de biodigestores con filtro de lecho plástico bacterianos?

¿Qué impacto tendría la implementación del sistema en la polución del agua, aire y suelo?

## **1.5. Objetivos de la Investigación.**

### **1.5.1. Objetivo General**

Determinar la eficiencia del biodigestor implementando en su interior filtros de lechos plástico bacterianos a través del monitoreo y evaluación de las aguas residuales, en función de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, para mitigar la contaminación ambiental que causan estas aguas.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- ❖ Implementar un Sistema de tratamiento compuesto por un biodigestor con filtros de lechos plástico bacteriano y zanja de infiltración para verificar y evaluar los criterios de diseño de ambos componentes.
- ❖ Caracterizar la producción de lodos, utilizando un biodigestor con filtros de lechos plástico bacteriano, mediante el análisis y medición.

- ❖ Evaluar la eficiencia de remoción y desempeño del biodigestor implementando en su interior filtros de lechos plástico bacterianos en el tratamiento de aguas residuales domésticas, mediante el análisis y medición de parámetros, fisicoquímicos (sólidos suspendidos, DBO, DQO, detergentes (tensoactivos), aceites y grasas) y bacteriológicos (coliformes fecales).
- ❖ Verificar la reducción del impacto ambiental en el área de influencia directa, analizando la calidad del agua, aire y suelo, una vez implementado un biodigestor con filtro de lecho plástico bacteriano en tratamiento del agua residual domestica de una vivienda unifamiliar.
- ❖ Determinar el costo de implementación de un Sistema de tratamiento compuesto de un biodigestor con filtros de lechos plástico bacteriano y zanja de infiltración en una vivienda unifamiliar.

## **1.6. Justificación**

En el Ecuador, la contaminación de fuentes hídricas es una problemática persistente, ya que es muy común observar restos orgánicos e inorgánicos flotar en el agua o reposar en las orillas, conforme se realizan más asentamientos humanos, el impacto ambiental se empieza a generar en mayor proporción. En el presente proyecto se abarca un tema controversial como es el manejo de aguas servidas, que, para el caso de zonas marginales dentro del área urbana o zonas rurales, es muy fácil evidenciar la falta de un sistema de alcantarillado, lo que motiva a los habitantes a construir sistemas de pozos sépticos, los cuales en ciertos casos desembocan en los cuerpos de agua más cercanos, debido a que estos sistemas difícilmente absorben o neutralizan la carga polutiva generada por las heces de humanos, estiércol y restos de alimentos.

Se considera conveniente desarrollar el presente estudio, debido a que se podría conocer la experiencia de los habitantes de zonas rurales a nivel nacional, para posteriormente diseñar un proyecto de saneamiento ambiental a través del cual, sea posible adaptar nuevos conceptos o enfoques del área de sostenibilidad ambiental, de manera que se pueda dar un tratamiento responsable a los desechos y así reducir la contaminación en cuerpos de agua receptores.

Se considera importante desarrollar el presente estudio, debido a que es muy común que en zonas rurales las poblaciones se vean afectadas por Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA) o inclusive por infecciones ocasionadas por parásitos, esto debido a que aun cuando

se construyen pozos sépticos para evitar el contacto con desechos orgánicos, estos tienden a colapsar y filtrar agua putrefacta, con lo cual se convierte en un foco de infección. No obstante, se considera que la mejor alternativa para frenar dicha necesidad es la aplicación de filtros de lechos plástico bacterianos en el tratamiento del agua residual domestica de una vivienda unifamiliar, mecanismos que, por un lado, permite depurar el efluente hasta el punto en que se reduzca la carga polutiva, mientras que, por otro lado, permite disponer de los desechos sólidos, para obtener gas natural o abono orgánico según cual sea la necesidad.

Entre los beneficiarios del presente proyecto, se pueden observar cómo beneficiario directo todas las familias de zonas rurales que hacen uso del sistema de pozo séptico, además de las empresas que se dedican a la comercialización de estos sistemas, mientras que de manera directa se benefician el sector agropecuario, puesto que, con la separación de desechos sólidos, es posible disponer de estos para elaborar abono orgánico y finalmente esta la sociedad en general que al reducir el impacto ambiental podrá gozar de un ambiente saludables y un buen vivir.

Con el presente estudio se pretende brindar una solución a la necesidad de un sistema de tratamiento de aguas residuales, para lo cual, la posible solución son los biodigestores y los filtros de lechos plástico bacterianos en el tratamiento del agua residual domestica de una vivienda unifamiliar, que brinda sostenibilidad ambiental debido a que reduce el impacto ambiental y permite aprovechar los residuos para mediante la descomposición aislar ciertos gases que permiten que estas personas accedan a gas natural de manera que puedan reducir la combustión de leña, también permite obtener abono orgánico, lo que supone nutrir el suelo y reducir el impacto causado por el uso de pesticidas y agroquímicos.

### **1.7. Delimitación del Problema**

**Campo:** Sostenibilidad ambiental.

**Área:** Ingeniería Civil.

**Aspecto:** Investigación de tipo experimental

**Tema:** “Desempeño de los biodigestores con filtros de lechos plástico bacterianos en el tratamiento del agua residual domestica de una vivienda unifamiliar”

**Delimitación espacial:** Parroquia rural San Juan

**Delimitación temporal:** 2020 - 2021

**Tiempo:** Periodo 2020.

**Espacio:** Zonas rurales, Los Ríos, Babahoyo, Ecuador.

### 1.8.Hipótesis o Idea a Defender

La implementación de biodigestores con filtros de lechos plástico bacterianos en el tratamiento del agua residual domestica de una vivienda unifamiliar, constituyen una alternativa efectiva para reducir la contaminación de fuentes hídricas en zonas rurales.

#### 1.8.1. Variables.

**Variable dependiente:** Contaminación ambiental en zonas rurales, por filtraciones de pozos sépticos.

**Variable independiente:** Filtros de lechos plástico bacterianos en el tratamiento del agua residual domestica de una vivienda unifamiliar.

### 1.9.Línea de Investigación Institucional/Facultad.

#### *Tabla 1.*

*Línea de investigación institucional ULVR*

<b>Dominio</b>	<b>Línea institucional</b>	<b>Línea de Facultad</b>
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de la construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energía renovable.	Territorio, ambiente y innovadores para la construcción	medio y material para la construcción Territorio

Adaptado de ULVR. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

## Capítulo II

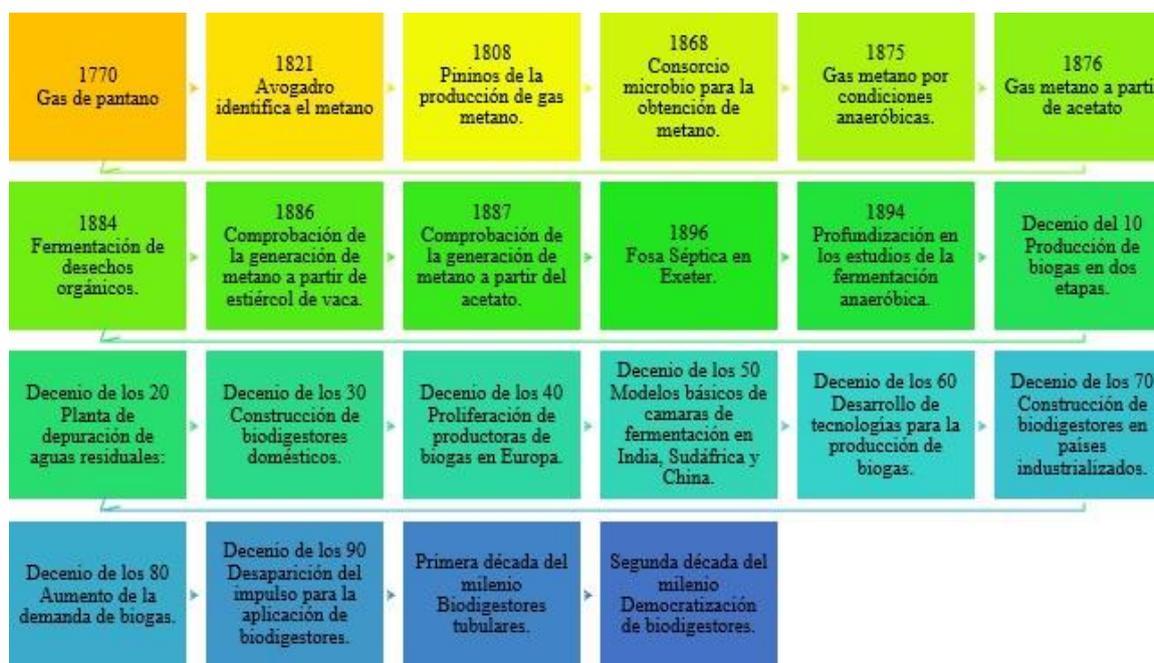
### 2. Marco Teórico

#### 2.1. Marco Teórico

En el presente apartado se concentrará la parte teórica del proyecto, es decir, se brindará una conceptualización para los términos inherente a la temática abordada, que en este caso la aplicación de un sistema de biodigestor, es preciso mencionar que, como punto de partida, se tendrán los antecedentes, para posteriormente analizar términos como biodigestor, biogás, digestión anaeróbica, entre otros.

##### 2.1.1. Antecedentes históricos.

A través de los años, el hombre se fue interesando cada vez más en desarrollar nuevas fuentes de energías, mismas que sirvan para cubrir necesidades que por cuestiones de condiciones territoriales, son difíciles de cubrir, como es el caso, de la población rural, que está en una búsqueda constante de energías a las que puedan acceder fácilmente y a menor costo, otra necesidad que subyace es el manejo de desechos orgánicos, combinando ambas necesidades, el medio para satisfacerlas es el biodigestor, el cual se encarga de descomponer desechos sólidos tales como heces, estiércol y residuos de comidas, el gas resultante de dicha composición da origen al biogás que sirva como energía o como gas natural. Cabe mencionar que este artefacto paso por un proceso de evolución, mismo que será revisado a continuación:



**Figura 2.** Evolución de los biodigestores. Adaptado “Alessandro Volta: Una pila de vida” y elaborado por Chávez & Freire (2021).

En 1770 se desarrolló una investigación sobre el comportamiento del gas de pantano, misma que era dirigida por el italiano Volta, quien fue pionero en estudios relacionados con la electricidad, en su interés por la descomposición de los gases, consigue aislar el gas metano o gas de pantano, como era conocido en aquella época, para recolectarlo crear el gas para alumbrado posteriormente. (Kessler, 2020)

Avogadro, quien fue un físico y químico de origen italiano, a través de su famosa ley de los gases ideales, que afirmaba que, a presión y temperatura iguales, los cuerpos gaseosos guardan proporcionalidad con su peso atómico, esto a la postre desembocaría con el descubrimiento del gas metano ( $\text{CH}_4$ ), cabe mencionar que dicha ley se cumple indiferentemente del gas que se está analizando. (Martínez, 2012)

En el siglo XIX, toman protagonismo los científicos de origen francés, puesto que, empiezan las investigaciones de digestión anaeróbicas, con la intención de suprimir el olor característico de aguas residuales, obteniendo como resultados, la identificación de ciertos microorganismos con funciones esenciales en el proceso de fermentación.

A inicios del siglo XIX, específicamente en 1808, se empezó a investigar maneras de descomponer el gas metano, partiendo de residuos orgánicos, con especial énfasis, en el estiércol generado por la ganadería, los pininos de la producción de gas metano aparecen por parte del investigador Hymphry Davy. En 1868, Beauchamp consigue identificar la importancia de un consorcio microbiano, para la conversión del etanol en gas metano, además de que la formación de productos derivados de la fermentación de los desechos estaba en dependencia de los niveles de sustrato.

Posteriormente, en 1875 de la mano de Propoff, se descubre que el biogás solo se consigue mediante condiciones anaeróbicas. Herter, descubre un año después, en 1876, que el acetato característico de las aguas residuales, puede producir por partes iguales tanto metano como dióxido de carbono, de manera estequiométrica.

Varios años después, en 1884 Louis Pasteur y Gavon, quien era su estudiante, concebían la idea de la fermentación de desechos orgánicos, con lo cual se obtenía el biogás, para esto, asistieron a los establos de Paris, con la finalidad de recolectar estiércol de caballo y así poder juntarlos en un digestor de un metro expuesto a una temperatura de 35 grados Celsius, con lo cual, se obtenía una energía aprovechable para distintos fines, entre los cuales Pasteur acoto que se podría conseguir la iluminación de todo Paris.

En 1886, el ruso Omelianski, decide comprobar la generación de gas metano a partir del estiércol de vaca, un año más tarde, Hoppe – Seyler aplica una comprobación a la generación de metano a partir del acetato. En 1896, Donal Cameron, diseña una fosa séptica en la ciudad de Exeter – Inglaterra, con la cual, a través de biodigestores, que se encargaban de fermentar el lodo cloacal de dicha ciudad y así obtener gas para suministrar de energía el sistema de alumbrado público de la ciudad.

En la presentación de los trabajos de Gayon en 1894, Pasteur expresa que se debe profundizar en los estudios de la fermentación anaeróbica, señalando que el gas obtenido podría servir para dotar de iluminación y calefacción a la población, es aquí donde empieza el estudio de las energías renovables, cabe mencionar que la propuesta de Pasteur, no fueron tomadas en serio, ya que públicamente el periódico “Le Figaro”, se burló de las mismas y los trabajos para mejorar la iluminación de la ciudad de Paris no se ejecutaron. (Historia Biogás 6, 2012)

En 1900, con el nivel de producción de biogás de la época, ya era posible accionar un motor de la manera más eficaz. En 1904, se aplica dos procesos combinados, en el tratamiento de aguas residuales, por un lado, la purificación del agua, mientras que, por otro lado, está la producción de biogás. Se descubre en 1906, que el metano se formaba a partir de materiales como el formato, el hidrogeno y el dióxido de carbono, el origen de este hallazgo es la recolección de acetato realizada por Sohngen, mismo que aplico un proceso de dos fases con lo cual obtuvo dicho resultado, otro hallazgo es el Tanque Imhoff que funcionaba como Clarificador primario, básicamente era un digestor anaeróbico, construido en Ruhr- Alemania. (Medina, 2010)

En 1913, aparece el primer digestor de fermentación anaeróbica utilizado para alimentar sistemas de calefacción. En 1920, se crea una planta de depuración en aguas residuales, a través del cual se obtenía biogás, el cual a su vez era recolectado por el servicio de gas público de Alemania. (Corona, 2007)

En la República Popular China, en 1930 empieza a impulsar la construcción de biodigestores destinados para hogares de zonas rurales, cabe mencionar que el problema no era satisfacer la demanda energética sino más bien dar solución a una crisis sanitaria. (Avila, 2016)

En 1940, después de la Segunda Guerra Mundial, se propagaron por toda Europa, las fábricas de biogás, mismo que era empleado para accionar tractores y autos en aquella época.

Cabe mencionar que este gas también era empleado para alimentar plantas domésticas, para vehículos municipales e incluso se dio casos en los cuales las ciudades los suministraban en la red de gas comunal. A finales de la década de los 40's se descubre que, en cuanto a la producción de biogás, las heces de vaca rinden cien veces más que las heces fecales generadas por las comunidades urbana. (Avila, 2016)

En la década de los 50's, se desarrollan modelos básicos de cámaras de fermentación en la India, los cuales son denominados biodigestores, a través de los cuales se obtenía biogás y abono, en este y países como China y Sudáfrica, la falta de recursos económicos, estas tecnologías se replicaron y se desarrollaron hasta el punto de que actualmente existen aproximadamente tres millones de biodigestores, los cuales permiten generar producciones locales y en volumen. (Baéz & Benítez, 2015)

En el decenio del 60, con mucha notoriedad se impulsó el desarrollo de tecnologías para la producción de biogás, donde se aprovechaba el estiércol bovino, con la intención de satisfacer la demanda energética y la obtención de abono orgánico. (Medina, 2010)

En la década de los 70's, mediante iniciativas gubernamentales, se empieza la construcción de biodigestores en países industrializados, en este caso, los programas no son alentados para cubrir necesidades sino más bien para preservar o fomentar el cuidado del medioambiente, con lo cual, los biodigestores y los productos obtenidos a través de este, se convirtieron en una alternativa para estabilizar los lodos residuales.

En la década de los 80's, la implementación de biodigestores vuelve a tomar protagonismo como alternativa de recuperación energética y fuente de abono orgánico en zonas de explotación agropecuaria y agroindustrial. La demanda del biogás y demás productos generados a través de la digestión anaeróbica aumentó, hasta el punto de crear un aproximado de 75 plantas productoras. (Corona, 2007)

A inicios de la década de los 90's, en Latinoamérica, el impulso para la implementación de biodigestores desapareció por considerar que no eran sostenibles y que no existían registros de experiencias previas, el problema radica en que se requería una alta inversión para implementar biodigestores de última tecnología que eran los de domo fijo, además de que no se dio seguimiento a los biodigestores implementados anteriormente.

En la primera década del nuevo milenio, la implementación de biodigestores, cobró fuerza, en esta oportunidad de aplicaron biodigestores tubulares, este proceso se replicó a lo

largo la región, permitiendo el registro de experiencias previas diversas, además que bajo esta iniciativa aumenta el nivel de sostenibilidad que una década atrás era inexistente.

En la segunda década se habla de democratización de biodigestores donde estos son adquiridos a bajo costo por los productores, no obstante, países como Bolivia tuvieron problemas para generar un mercado de biodigestores, en este caso puntual, se alcanzó a instalar alrededor de 750 biodigestores domésticos de tipo tubular, a través del cual se alimentaban los sistemas de calefacción de los predios.

### 2.1.2. Antecedentes Referenciales.

A continuación, se procede a realizar una revisión bibliográfica con la intención de verificar la disponibilidad de experiencias previas en cuanto al estudio del desempeño de los biodigestores domésticos en el tratamiento de aguas residuales. Como primer antecedente referencial se tiene un estudio realizado por estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental, de la Escuela Politécnica Nacional, los cuales se enfocaron en la “Evaluación de la eficiencia de producción de biogás en biodigestores tubulares con estiércol bovino mediante la modificación de temperatura y carga orgánica”. (Grijalva & Gualotuña, 2019)

En este proyecto se buscaba medir el rendimiento del estiércol bovino en la producción de biogás, para lo cual, diseñaron sistemas de biodigestores, con diferentes temperaturas y cantidades de desechos orgánicos, con estas acciones se enfocaron en la determinación de la eficiencia los biodigestores, para lo cual es necesario conocer los niveles biometanización del estiércol. A continuación, se presentan los hallazgos encontrados en esta investigación:

<b>Evaluación de la eficiencia de producción de biogás en biodigestores tubulares con estiércol bovino mediante la modificación de temperatura y carga orgánica</b>	La caracterización del estiércol bovino presentó una relación de SV/ST que indicaba que existía suficiente materia orgánica capaz de biodegradarse para posteriormente convertirse en biogás, sin embargo, la relación entre la alcalinidad total (AT) y la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) indicó que el sistema tendía acidificarse afectó en la cantidad de biogás producido en los sistemas de biodigestores.
	La caracterización del estiércol bovino estabilizado por otro lado presentó una relación de SV/ST y una relación de AGV/AT, que indicaban que la capacidad buffer del estiércol estabilizado aseguraba que el proceso fuera estable, por lo que la cantidad de biogás generado en los BPM en las rondas no se vieron afectadas por inhibiciones de acidificación.
	Su configuración influyó en dicha cantidad ya que constaba de 3 biodigestores conectados en serie, además de la suministración de una fuente de calor en la parte media de la estructura, la cual aseguraba que la temperatura de operación en dicha parte fuese de 37 °C.
	El tener conectado varios biodigestores en vez de operar en una sola estructura incrementa aproximadamente al doble el valor de SBP.
	El trabajar con una relación de estiércol/agua de 1:3, en vez de una de 1:4 y la suministración de calor fue favorable para este parámetro.

**Figura 3.** Antecedente referencial No. 1. Adaptado de “Evaluación de la eficiencia de producción de biogás en biodigestores tubulares con estiércol bovino mediante la modificación de temperatura y carga orgánica”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

En el estudio se instaló tres sistemas de bio digestores, cabe mencionar que para un buen rendimiento se requiere de una relación ente solidos volátiles y solidos totales en conjunto con una relación entre la concentración de ácidos y la alcalinidad, para que la producción de gas sea favorable. Consiguieron obtener una mayor generación de gas usando una parte de estiércol y tres de agua, que es una parte menos de agua, ya que lo normal son cuatro partes.

El segundo antecedente referencial, es un proyecto desarrollado por estudiantes de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, el mismo consiste en el “Diseño de un biodigestor anaeróbico discontinuo para la producción de biogás en zonas de bajos recursos económicos de Jipijapa”. El motivo por el cual se desarrolló este estudio es proveer de energías renovables y combustible económico, ya que este cantón existe zonas donde los habitantes para obtener energías aplican la combustión de madera, lo que supone que los biodigestores actúen como medida paliativa para el impacto generado por dicha combustión. (Peláez, 2020)

Con la intención de colaborar a la economía familiar de cierta parte de la población del cantón Jipijapa, se diseñaron biodigestores, caracterizados por la facilidad para instalarlos, además de poseer un precio asequible, para que través de la degradación de los desechos sólidos, estas familias puedan obtener gas natural y así reducir el impacto que estas generan con la combustión de madera. A continuación, se presentan los hallazgos encontrados en esta investigación:

<b>Diseño de un biodigestor anaeróbico discontinuo para la producción de biogás en zonas de bajos recursos económicos de Jipijapa</b>	El bioigestor era de tipo discontinuo, con capacidad para 20 galones y dividido en dos partes para separar solidos de los fluidos.
	La produccion de biogas favorecia la demanda energeticas de la zona.
	El proyecto es factible y permite que las familias de la zona tengan acceso a una fuente de energia renovable.
	Es necesaria un profundizacion en el tema para asi mejorar tanto el rendimiento de los biodigestores como la calidad del gas.

**Figura 4.** Antecedente referencial No. 2. Adaptado de “Diseño de un biodigestor anaeróbico discontinuo para la producción de biogás en zonas de bajos recursos económicos de Jipijapa”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

En este caso los biodigestores implementados fueron construidos a partir de materiales reciclados como por ejemplo un tanque de presión con capacidad para 20 galones, el cual

fue modificado para que pueda separar componentes solidos de los líquidos, además este fue revestido con materiales aislantes para evitar la entrada de microorganismos extraños al proceso de digestión anaeróbica, lo que en tres meses supuso la obtención de biogás.

Cabe mencionar que esto supone que las familias cuenten con el acceso a fuente de energía renovable, no obstante, es necesario desarrollar estudios más profundos, en los cuales se experimentó con diferentes componentes, con la finalidad de identificar uno que permita producir mayor cantidad de biogás, además de mejorar de a poco la calidad del mismo.

El tercer antecedente referencial, es producto de un estudio realizado por estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, los cuales formularon una propuesta tecnológica que consistía en la “Implementación de un biodigestor para generar biogás a partir del excremento de la gallina en la granja avícola aves del Cotopaxi” (Guamanquispe & Perdomo, 2018)

Según los autores. la generación de excremento en la avícola es considerable, no obstante, esta no es aprovechada de ninguna forma, lo que motiva a los autores a proponer un sistema de tratamiento de desechos sólidos a través de un biodigestor tubular, lo que les permitiría acceder a una fuente de energía alternativas, que permita reemplazar progresivamente la utilización de combustibles fósiles. A continuación, se presentan los hallazgos encontrados en esta investigación:

<b>Implementación de un biodigestor para generar biogás a partir del excremento de la gallina en la granja avícola aves del Cotopaxi</b>	En la granja avícola Aves del Cotopaxi existe gran acumulación de excremento de gallina, la cual no tiene una disposición final, debido a que en la granja no se conoce alternativas de aprovechamiento de la misma, lo que produce emanaciones de gases contaminante.
	La producción de biogás dependerá netamente de la temperatura promedio de trabajo del biodigestor, que oscila entre los 20 a 25°C, que ayuda a la descomposición de la materia orgánica suministrada.
	El biodigestor permitirá obtener la cantidad de biogás necesaria para abastecer de energía térmica al galpón de crianza.
	La granja redujo gastos en el consumo de GLP, y obtuvo ingresos extras por el biofertilizante extraído producto de la digestión anaeróbica del excremento
	Reduccion de emanaciones de gas metano al ambiente y mejoras en el tratamiento de la biomasa.

**Figura 5.** Antecedente referencial No. 3. Adaptado de “Implementación de un biodigestor para generar biogás a partir del excremento de la gallina en la granja avícola aves del Cotopaxi”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

En este proyecto, la problemática eran las emanaciones de gases provenientes de la descomposición del excremento de gallina, lo cual se debe al desconocimiento de métodos de aprovechamiento de estos residuos. La producción de biogás, estará en función a la temperatura en la que operan los biodigestores, que en este caso oscilaban entre los 20 y 25 grados Celsius, entre los beneficios están el suministro de energía térmica para el galpón de crianza, la reducción del consumo de GLP, la obtención de fertilizante y la reducción en las emisiones de gas metano.

Es preciso mencionar que en este caso la implementación de biodigestores más que como una medida de estabilización de la demanda energética, es usado como una alternativa para brindar sostenibilidad a las actividades de la avícola, puesto que, reduce sus emisiones a través del aprovechamiento de los desechos sólidos, sin embargo, los autores recomiendan desarrollar procesos que permitan incrementar el rendimiento de la biomasa que en este caso es el excremento de gallina.

El cuarto antecedente referencial, corresponde a un proyecto realizado por estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, donde se plantea la “Implementación de un biodigestor para la producción de biogás”, de este proyecto se beneficia una hacienda, mismas que se dedica a la crianza de ganado bovino, el objetivo es generar biogás para así sustituir la electricidad y el GLP. A continuación, se presentan los hallazgos encontrados en esta investigación:

<b>Implementación de un biodigestor para la producción de biogás</b>	<p>Las excretas de ganado bovino no son aprovechados adecuadamente en los corrales y ordeños de las diferentes haciendas que se dedican a trabajar con la ganadería y producción de leche, las mismas que son desviadas a quebradas y ríos contaminando el medio ambiente.</p>
	<p>El biogás podrá ser utilizado para iluminación y energía térmica para la calefacción de agua y cocción de alimentos.</p>
	<p>el biodigestor tubular es el más adecuado para las zonas rurales porque su tipo de material nos facilita su instalación y su mantenimiento, nos permite manejar presiones constantes y es fácil de reparar.</p>
	<p>El dimensionamiento del biodigestor se lo debe de realizar tomando en cuenta los parámetros ambientales y las características de la biomasa a utilizar ya que de estos parámetros depende su correcto funcionamiento.</p>

**Figura 6.** Antecedente referencial No.4. Adaptado de “Implementación de un biodigestor para la producción de biogás”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

En este proyecto el problema abordado fue la falta de aprovechamiento de los desechos orgánicos generados en los corrales de una hacienda dedicada a la crianza de ganado bovino, donde dichos desechos terminaban en los afluentes más cercanos, generando un impacto negativo al medioambiente. Como medida paliativa se tiene la implementación de un biodigestor, de manera que los residuos, se descompongan en este, generando biogás.

Con el biogás generado, se podrán activar las luminarias y los sistemas de calefacción de la hacienda, cabe mencionar que, debido a la zona, los autores emplearon un biodigestor tubular, esto debido a lo fácil que es instalarlo y darle mantenimiento, el desempeño de este sistema estará en función de la cantidad de biomasa.

Por último, el quinto antecedente referencial, es un proyecto de titulación realizado por estudiantes de Ingeniería Civil, de la Universidad San Francisco de Quito, el proyecto contempla “Diseño de un Biodigestor para el mejoramiento de las aguas residuales en la parroquia de Tumbaco ejemplificado en los barrios Tola Chica, Tola Grande y Santa Rosa”. (García, 2016)

El presente proyecto se aplica en barrios urbanos donde el servicio de alcantarillado es casi inexistente, haciendo que, las familias construyan pozos sépticos, no obstante, las aguas residuales generadas por los hogares que conforman estos asentamientos tienden a aumentar progresivamente, hasta el punto en que, emanan del suelo y se convierten en focos de infecciones. A continuación, se presentan los hallazgos encontrados en esta investigación:

<b>Diseño de un Biodigestor para el mejoramiento de las aguas residuales en la parroquia de Tumbaco ejemplificado en los barrios Tola Chica, Tola Grande y Santa Rosa</b>	<p>La cantidad de aguas residuales que se forman por la actividad industrial, agropecuaria y asentamientos se incrementa de forma acelerada.</p>
	<p>El diseño de un biodigestor es una solución ambiental sostenible y económica pues permite un tratamiento primario de aguas negras para que no contaminen los ríos de este lugar, especialmente el río San Pedro y Chiche que predominan en esta zona.</p>
	<p>Utilizar la materia orgánica del estiércol, de la biomasa mediante un biodigestor o un relleno sanitario es permitir que nuestras generaciones futuras tengan una mejor calidad de vida con un ambiente menos contaminado.</p>
	<p>el biodigestor realice un tratamiento primario y a la vez anaerobio, un tratamiento anaerobio es recomendable pues es más económico ya que no necesita suministrar grandes cantidades de energía para introducir oxígeno en lagunas aireadas, además no requiere de mayores espacios.</p>

**Figura 7.** Antecedente referencial No.5. Adaptado de “Diseño de un Biodigestor para el mejoramiento de las aguas residuales en la parroquia de Tumbaco ejemplificado en los barrios Tola Chica, Tola Grande y Santa Rosa”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

En términos generales, la problemática a solucionar es el incremento del volumen de las aguas residuales emitidas en la Parroquia Tumbaco, donde como posible solución se plantea la implementación de los biodigestores, a través del cual se pueda brindar tratamiento primario, para así reducir su carga toxica y por ende el impacto a afluentes cercanos como son el rio San Pedro y Chiche.

Los autores plantean la utilización del biodigestor como una manera de garantizar a las generaciones futuras un ambiente sano y mejorar las condiciones de vida, además plantean que la mejor manera de generar gas, es a través de digestión anaeróbica, esta no requiere de mucha energía para la inyección de oxígeno ni grandes espacios, lo que es ideal, para situaciones en las cuales no se cuenta con el recurso económico necesario.

Como se puede apreciar a lo largo del apartado de revisaron un total de cinco estudios en los cuales se dieron diferentes usos a los biodigestores, donde no solo se plantea como unidad de tratamiento de desechos orgánicos, sino como una alternativa ecología para remediar el impacto ambiental causado por las actividades diarias del ser humano.

En este caso se considera que estos proyectos guardan relación con el estudio que se pretende desarrollar debido, a que todos plantean el tratamiento de residuos, para la obtención de producto como lo son el biogás o el abono orgánico, además de que la gran mayoría fue aplicada en zonas rurales, donde existen necesidades tales como falta de alcantarillado, energía y gas natural.

### **2.1.3. Biodigestores.**

Tomando en consideración que la temática abordada son los biodigestores, se considera necesario contar con una conceptualización, motivo por el cual a continuación se realizará una revisión bibliográfica, en la cual se presentarán conceptualizaciones brindadas por diferentes autores para posteriormente compactarlas y generar una conceptualización inédita bajo la cual se desarrollará el presente estudio.

Un biodigestor es un recipiente con tapa hermética, en el cual se carga desechos sólidos tales como heces, aguas residuales o restos de alimentos, los cuales reciben la denominación de afluentes, mismos que tras ser fermentados son transformados y descargados como bioabono o biol, a estos se los denomina efluentes. Cabe mencionar que estos incorporan un mecanismo que les permite recolectar el gas generado por la descomposición, para así usarlo como alternativa energética, a este se le denomina biogás y es obtenido por digestión anaeróbica. (Moncayo, 2017)

Como se puede apreciar en esta definición se resalta el tratamiento de desechos a través del biodigestor, a los desechos los denominan afluentes, los cuales después de ser tratados son denominados efluentes, entre estos constan el bioabono y el biogás, que son productos de alto impacto para zonas rurales o inclusive sectores productivos como el agropecuario.

Un biodigestor es un contenedor cerrado de manera hermética, su nombre técnico es reactor, dentro de este se cargan materiales tales como estiércol, heces fecales, restos de alimentos, los que se descomponen a través de un proceso de digestión anaeróbica, lo que permite obtener biogás, que para zonas rurales donde el acceso a la electricidad es limitado, podría suponer una alternativa energética para alimentar el alumbrado público, también se obtiene abono orgánico que para la agroindustria supondría un ahorro en fertilizantes. (OKDIARIO , 2018)

Con respecto a la definición antes brindada, cabe mencionar que esta es proporcionada por una página web que fomenta el ecologismo, motivo por el cual, se resalta el biogás como una energía alternativa, para satisfacer la demanda energética insatisfecha que comúnmente aqueja a las poblaciones rurales, además de que resalta la reducción en el uso de fertilizantes, si se aprovecha el abono orgánico generado por el biodigestor.

El biodigestor es una cámara en el cual se disponen los desechos orgánicos generados en el predio, como pueden ser el estiércol, heces humanas y restos de vegetales o frutas, mismos que sometidos a un proceso de fermentación, que se denomina digestión anaeróbica, se convierten en productos como bioabono, biol que es un fertilizante de tipo orgánico y biogás. (Roy & Navaz, 2017)

Con respecto a la definición antes brindada, define a este sistema como una cámara en la cual reposan los desperdicios, mientras se someten a un proceso de fermentación, se hace referencia a los predios, pero es preciso mencionar que estos en el caso de las zonas rurales, no cuentan con un pozo séptico para cada casa, lo que supone que cada familia deberá conseguir los recursos necesarios para implementarlo, donde se considera que lo más viable es el biodigestor tubular.

Tomando en consideración las definiciones antes brindadas, se concluye que un biodigestor es una cámara o reactor que debe brindar un tratamiento a los desechos orgánicos generados por un predio en el cual este incorporado, el mismo debe ser hermético y estar revestido con materiales aislante para evitar la emanación de gases o fluidos, además también brinda soluciones efectivas a las familias que invirtieron recursos en su adaptación

y lo más importante es amigable con el medio ambiente, puesto que, este puede fabricarse incluso con materiales reciclados.

Para que este funcione, debe suministrarse desechos orgánicos como estiércol, heces fecales o restos de comida. A pesar de que este no es un invento nuevo, se requiere de apoyo de instituciones gubernamentales para profundizar su rendimiento en temas como el rendimiento de los productos derivados que este puede generar y brindarle acceso a financiamiento a familias radicadas en zonas rurales.

Al hablar de biodigestores como un medio de tratamiento de desechos, no solo se considera evitar que estos lleguen a las fuentes hídricas más cercanas, puesto que, si bien separa los restos sólidos de los fluidos, reduciendo la carga tóxica de estos últimos, el aprovechamiento de los sólidos genera biogás y biol, con lo cual se atiende la demanda insatisfecha de energía y fertilizante. Por tales motivos el biodigestor entre otras cosas es útil como planta de tratamiento de aguas residuales y como planta productora de biogás y biol. A continuación, se presenta la conceptualización de biodigestores de manera sistematizada:

<b>Debe</b>	<b>Necesita</b>	<b>Considera</b>	<b>Es útil</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brindar tratamiento a los desechos orgánicos generados por el predio en el cual se implementó.</li> <li>• Ser hermético y revestido de materiales aislantes.</li> <li>• Brindar soluciones efectivas a las necesidades de los consumidores.</li> <li>• Llevarse de manera sostenible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ser alimentado con desechos tales como estiércol, heces fecales y restos de alimentos.</li> <li>• Impulsado por parte de instituciones gubernamentales.</li> <li>• Ser analizado a profundidad.</li> <li>• Acceso a financiamiento o para las familias de zonas rurales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las necesidades insatisfechas en zonas rurales, en aspectos tales como energía y fertilizantes.</li> <li>• Reducción del impacto ambiental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta de tratamiento de aguas residuales.</li> <li>• Producción de biogás y biol.</li> </ul>

**Figura 8.** Definición sistematizada del biodigestor. Adaptado de “Conceptualización de biodigestores”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

### 2.1.3.1. Ventajas y desventajas del biodigestor.

En términos generales las ventajas de usar biodigestores, son la reducción de impacto ambiental, por la tala de árboles y la combustión de la madera, de este hecho subyace otra ventaja que brindar mayor comodidad a los campesinos, puesto que, ya no será necesario que salgan a recolectar madera. Los biodigestores poseen una estructura se encuentran dividida en dos partes con la finalidad de separar sólidos de fluidos, los sólidos tras el tratamiento se convierten en fertilizantes.

Emplear los biodigestores supone poder producir biogás. Las aguas residuales al ser tratadas con biodigestores reducen la carga toxica y por ende su impacto al medio ambiente, puesto que además reducen la intensidad de los olores, esto ayuda a mantener un control de organismos patógenos. A continuación, se presentan otras ventajas de implementar biodigestores:

	Es una energía renovable y sustentable.
	Aprovecha la producción natural del biogás.
	Es posible utilizar los productos secundarios como abono o fertilizante.
	Evita el uso de leña local, así reduciendo la presión sobre los recursos forestales.
	Fomenta el desarrollo sustentable.
	Redirige y aprovecha los gases de efecto invernadero producidos por los vertederos y granjas industriales, lo cual reduce la huella de carbono de estos establecimientos y disminuye su contribución al cambio climático.
<b>Ventaja del biodigestor</b>	Cumple con la normatividad nacional e internacional.
	Impide la contaminación de mantos acuíferos.
	Crea empleos especializados.
	Crea la posibilidad de incursionar un proyecto de vanguardia.
	Al depositar los residuos en un depósito hermético, se soluciona decididamente el problema de los insectos, la rotura de bolsas de residuos. Se evita la contaminación de las napas de agua. En el campo, se eliminan en un 80% los olores indeseables provenientes de las heces de animales, con el importante valor agregado de la drástica reducción de las enfermedades causadas por roedores e insectos.

**Figura 9.** Ventaja del biodigestor. Adaptado de “Los biodigestores, importancia y beneficios”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

Las desventajas de los biodigestores son la proximidad que deben tener al predio para así recolectar el sustrato, en climas fríos se verá afectado su desempeño, puesto que, para la

obtención de productos a partir de sustratos, es necesario mantenerlo a una temperatura de 35°C, la posibilidad de que este explote es un riesgo latente, cargar los desechos supone un trabajo físico constante.

El tratamiento de los desechos es un proceso lento, además de que los costos en que se incurre suelen ser altos, así como se genera biogás, también puede generar gases dañinos para el ser humano como pueden ser ácido sulfhídrico y dióxido de silicio, sin contar de que requieren un suministro de agua para ser mezclada con los sustratos. A continuación, se presentan otras desventajas de implementar biodigestores:

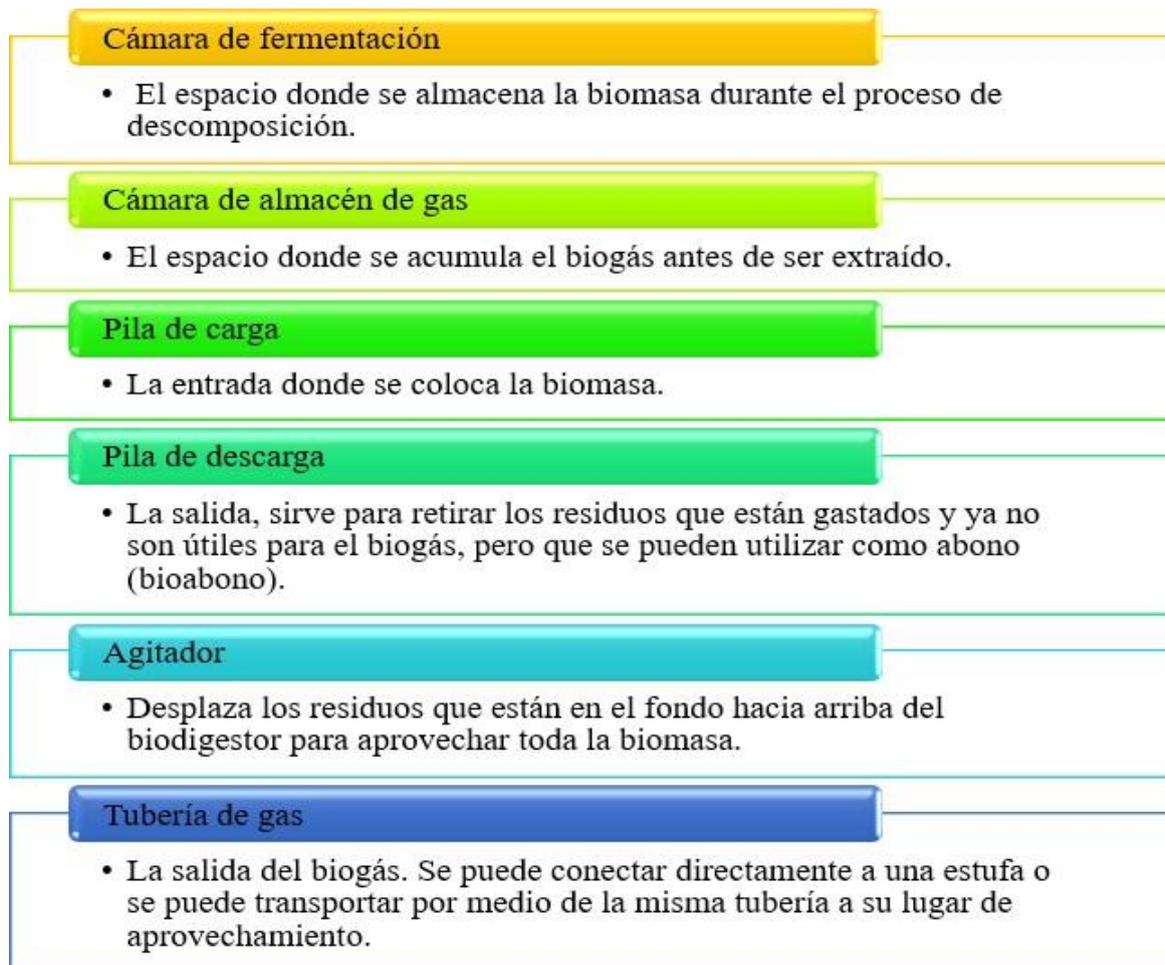
<b>Desventajas de implementar biodigestores</b>	Es posible que, como subproducto, se obtenga SH <sub>2</sub> , el cual es tóxico y corrosivo, dependiendo del sustrato de partida y de la presencia o no de bacterias sulfato reductoras. La presencia de SH <sub>2</sub> hace que se genere menos CH <sub>4</sub> , disminuyendo la capacidad calorífica del biogás y encarece el proceso por la necesidad de depurarlo.
	Dependiendo del modelo, requieren de mucho cuidado sobre todo cuando son construidos con plásticos, ya que éstos pueden ser fácilmente cortados y quedar inutilizados.
	Los beneficios de los biodigestores no han sido lo suficientemente difundidos.
	Puesta en Marcha, debido a la baja velocidad de crecimiento de los microorganismos, en el proceso anaeróbico la puesta en marcha de este tratamiento es lenta.
	Los costos de operación y mantención no son altos, solo requiere personal capacitado, para que realicen las labores de mantención, que por lo general no son muy frecuentes.

**Figura 10.** Desventaja del biodigestor. Adaptado de “Ventajas y desventajas de un biodigestor”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

### **2.1.3.2. Estructura de un biodigestor.**

La estructura de un biodigestor puede variar dependiendo de tipo, no obstante, existen elementos presentes en este sistema, indiferentemente del modelo, como lo son la cámara de fermentación que es donde se deposita el afluente que será procesado, la cámara de almacenamiento de gas, que es donde se recolecta el biogás producido, la pila de carga que es por donde ingresa la carga de afluente, la pila de salida es donde se retiran los afluentes ya convertidos en efluentes útiles como abono orgánico.

También se incorpora un agitador cuya función es impulsar los residuos que reposan en el fondo para que puedan ser aprovechados y una tubería de gas, a través de esta sale el biogás y puede estar conectada de manera directa con la estufa. A continuación, se presenta de manera resumida los elementos que conforman un biodigestor:



**Figura 11.** Estructura del biodigestor. Adaptado de “Los biodigestores, importancia y beneficios”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

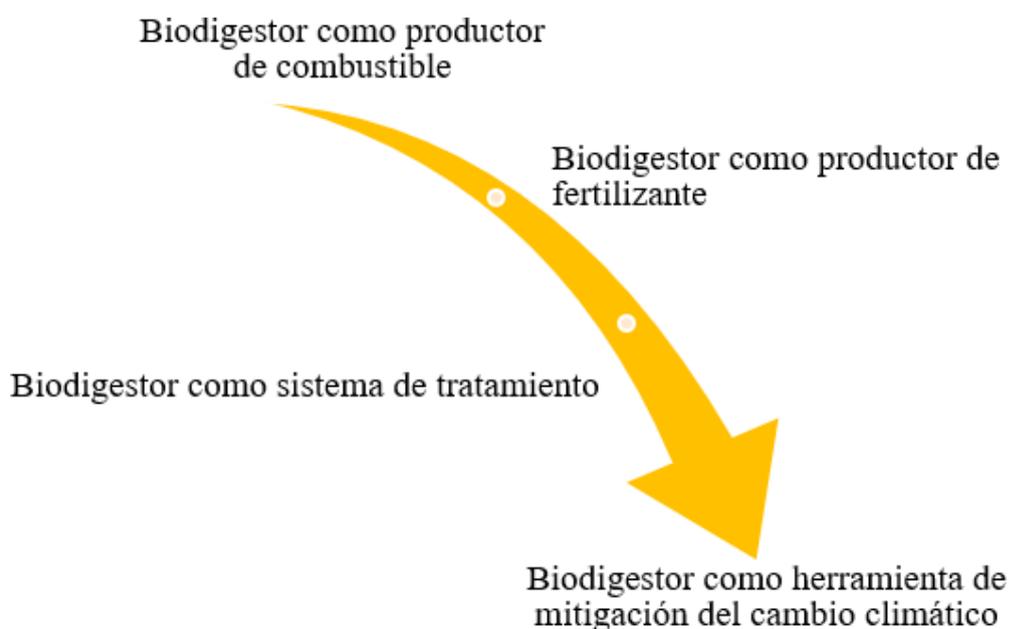
### ***2.1.3.3. Aplicaciones del biodigestor.***

Los biodigestores son un sistema caracterizado por su versatilidad, puesto que, como se mencionó anteriormente, generan grandes beneficios, entre sus aplicaciones esta la producción de combustibles, como es el caso de biogás, que además de ser usado en cocinas también puede ser empleado como energía alternativa para accionar maquinarias o inclusive el alumbrado. En términos generales, impulsa la soberanía energética del recinto o establecimiento en el cual fue implementado.

Una vez obtenido el biogás, los restos son retirados y son utilizados para la producción de fertilizante, cabe recalcar que en el pasado no se daba importancia a este producto, sin embargo, con la aparición del biol, esta aplicación fue ganando protagonismo, cabe mencionar que este permite la resiliencia del suelo y la reducción progresiva de la dependencia de productos agroquímicos, lo que, supone una producción sostenible, lo que supone incorporar valor a la cosecha.

Cabe recordar que la aplicación básica del biodigestor es brindarles un tratamiento a residuos orgánicos, de manera que una vez estabilizadas las emisiones de agua hayan reducido su carga contaminante en casi 90%, en dicho proceso una vez separados los sólidos, estos generan biogás y los restos ya aprovechados se convierten en fertilizante orgánico.

El biodigestor aplicado como alternativa de remediación ambiental, podría reducir la emisión de gases de invernadero, debido que este sistema, captura el gas metano generado por el estiércol de animales de crianza, para aprovecharlo como biogás, para lo cual, pasa por un proceso de transformación a CO<sub>2</sub> y agua. No obstante, este no es el único efecto, con el uso del biogás, ya no es necesario talar árboles para obtener leña, lo que supone que se reduce la combustión, además también se sustituye al gas licuado. Debido a que el biogás es empleado como energía renovable y el biol como fertilizante, el uso del biodigestor supone una gran aportación para la reducción la huella de carbono.



**Figura 12.** Estructura del biodigestor. Adaptado de “Los biodigestores, importancia y beneficios”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

#### **2.1.3.4. Funcionamiento del biodigestor.**

Dentro del biodigestor se produce una digestión anaeróbica, la cual, pasa por etapas y un sin número de bacterias que a la postre conformarán el consorcio bacteriano, cabe mencionar que este proceso asemeja una cadena productiva, ya que, los residuos orgánicos descompuesto por un conjunto de bacterias, serán tratados por otro conjunto de bacterias como materia prima, de la misma manera seguirá siendo degradada y aprovechada por otras bacterias.

Cabe mencionar que, del estiércol de los animales, se origina el consorcio bacteriano y que dicho estiércol, se convierte en sustrato listo para ser cargado en el biodigestor, en el caso de restos de alimentos y heces fecales, estas no cuentan con el consorcio bacteriano necesario para activar la digestión anaeróbica, no obstante, estas pueden ser digeridas a través de un proceso de co-digestión, que supone cargar en combinación con estiércol. (Martí, 2019)

La digestión anaeróbica estará en dependencia de factores como son la temperatura y el tiempo, donde la mínima es de 35°C, que supone una digestión más rápida, si los niveles de temperatura son más bajos, la descomposición será considerablemente lenta. Cabe mencionar que, si bien se reduce el tiempo de descomposición a temperaturas más altas, esto conlleva a elevar la inversión e incurrir en servicios de mantenimientos con mayor frecuencia.

#### **2.1.3.5. Tipos de biodigestor.**

En lo que respecta a biodigestores es posible identificar dos tipos, el primero que es el de domo fijo, su denominación se a que son edificaciones a base de cemento y ladrillo, su mantenimiento es más caro, además de que se requiere de mano de obra para el traslado de grandes magnitudes de sustrato, no obstante, su vida útil puede llegar hasta los 20 años.

Estos biodigestores, cuentan con una división, por un lado están un tanque enterrado, que es donde se efectúa el proceso de digestión anaeróbica, el motivo por el cual este se encuentra enterrado y con gran hermetismo, es que, se mantiene a la temperatura del suelo, por otro lado, está un tanque semi-enterrado, mismos que sirve como compensación, se lo encuentra abierto, esto debido a que conforme se acumule gas en el tanque enterrado, los lodos residuales serán expulsados al tanque semi-enterrado, de manera que según como se consuma el gas, los lodos residuales retornarán al tanque enterrado. Este tipo de biodigestores, son muy eficientes en climas cálidos o tropicales, de manera que la digestión anaeróbica es acelerada, todo lo contrario, a climas fríos donde se experimenta la ralentización de este proceso. (Martí, 2019)

El segundo tipo de biodigestor es el tubular, mismo que se construye con materiales plásticos, comúnmente tiene forma de cilindro alargado y reposan semi-enterrados, el material más común para construirlo es el polietileno de dos capas que tienen una vida útil de entre 5 y 7 años o también pueden ser de geo membrana cuya vida útil oscila entre los 10 y 15 años

A diferencia de los biodigestores de domo fijo, estos pueden funcionar a la misma temperatura del suelo, al menos, la parte inferior que está cubierta por la tierra, sin embargo, la parte descubierta puede calentarse, con los rayos solares, motivo por el cual, se emplean materiales aislantes en las paredes del biodigestor para prevenir la pérdida del calor adquirido durante el día.

Una manera de conservar dicho calor, es aplicar un invernadero, mismo que también aumentará la temperatura y protegerá al biodigestor, es muy común ver estos en zonas donde el clima es frío, esto brinda versatilidad en cuanto a la implementación. Para la digestión anaeróbica requieren de una mezcla de una parte de estiércol y tres de agua. A continuación, se presentan las diferencias entre estos dos tipos de biodigestores:

<b>Domo Fijo</b>	<b>Tubular</b>
	
<input type="checkbox"/> Su vida útil es de 20 años al ser construido en ladrillo y cemento	<input type="checkbox"/> La tecnología más conocida en Latino América
<input type="checkbox"/> Usan poca agua en la carga (estiércola: agua 1:1) respecto a los biodigestores tubulares	<input type="checkbox"/> Se pueden adaptar a clima frío de los andes con calefacción solar pasiva
<input type="checkbox"/> No ocupan espacio en la finca al estar enterrados y no es necesario sistema de protección	<input type="checkbox"/> Instalación rápida (1 o 2 días) después de cavado la zanja
<input type="checkbox"/> Alcanza presiones de biogás muy superiores (1 m de columna de agua) a los biodigestores tubulares	<input type="checkbox"/> Cualquier productor capacitado puede ser instalador de biodigestores tubulares
<input type="checkbox"/> Es una tecnología ampliamente validada a nivel internacional (Asia y África)	<input type="checkbox"/> El coste del transporte de materiales es bajo y por ser piezas ligeras y estar prefabricado.

**Figura 13.** Diferencias entre el biodigestor de domo fijo y biodigestor tubular. Adaptado de “Experiencias Latinoamericanas en la implementación de estrategias para democratizar los biodigestores entre pequeños y medianos productores”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

#### **2.1.4. Filtros plásticos de lechos bacterianos.**

En el presente apartado se procederá a brindar una conceptualización base sobre los filtros plásticos de lechos bacterianos, así como también explicar características esenciales tales como los antecedentes de este mecanismo, su funcionamiento y las ventajas, esto con la finalidad de conseguir la internalización de los conocimientos inherentes a este mecanismo.

#### ***2.1.4.1. Historia.***

Los filtros plásticos de lechos bacterianos son considerados como una de las tecnologías más antiguas, puesto que, existen vestigios de la depuración de efluentes a través de lechos de arena, grava y hasta con el suelo, sin embargo, en 1891, en la ciudad de Massachusetts, se construyó, lo que sería el primer lecho bacteriano, mismo que contaba con una distribución hidráulica. (Salas, 2018)

“En el decenio de los 30, las plantas de tratamiento empiezan a usar por primera vez un proceso denominado como recirculación” (Montiel, 2001). Para el decenio del 40, al menos el 60% de las plantas de tratamiento radicadas en los Estados Unidos, ya habían implementado los lechos bacterianos en sus procesos, a medianos de este periodo, aparece la primera fórmula para diseñar lechos bacterianos, misma que llegó de la mano de la National Research Council (NRC), posteriormente empezarían a aparecer una serie de estudios sobre la cinética y el comportamiento de los diferentes rellenos, mismos que en la actualidad son conocidos como lechos bacterianos o filtros percoladores. (Salas, 2018)

En 1950 fueron utilizados por primera vez los medios plásticos. En el decenio del 60, los filtros biológico se dejaron de utilizar de manera progresiva, hasta que a principios del decenio del 70, aparecen las plantas de lodo activado, esto debido a que surge la necesidad de mejorar la calidad de los efluentes, no obstante, para finales de este decenio, los altos costos de energía eléctrica, avances en cuanto al diseño de los filtros, que incluían una mayor altura del filtro y mayor capacidad de carga, generó un interés por la aplicación de filtros rociadores. (Montiel, 2001)

En el decenio de los 80, el desarrollo de la tecnología relacionada con los filtros plásticos de lecho bacteriano, recibe mayor impulso, puesto que, se empiezan a evaluar la reacción de estos al someterse a diferentes niveles de riesgo, sin contar, que se empiezan implementar distribuidores rotativos motorizados, dentro de su diseño convencional.

En el decenio de los 90, de la mano del Dr. David Manz, catedrático de la Universidad de Calgary (Canadá), aparece el filtro de bioarena, que es un equivalente al de plástico, no obstante, para la implementación de este sistema se requiere de personal técnico capacitado para evitar un funcionamiento deficiente, cabe mencionar que esta tecnología es una evolución de los filtros lentos de arena, que fueron empleados en civilizaciones antiguas. (Roberti, 2018)

En la actualidad, los filtros plásticos de lecho bacteriano, toman un rol protagónico en cuanto, al procesamiento de aguas residuales, puesto que, en su mayoría estas son depositadas en cuerpos de agua dulce. El papel de estos filtros es reducir la carga contaminante del agua. A continuación, se presenta de manera resumida la historia de los filtros:



**Figura 14.** Historia de los filtros plásticos de lecho bacteriano. Adaptado de “Lechos bacterianos: una tecnología robusta, pero un tanto olvidada”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

#### **2.1.4.2. Definición.**

Son un sistema a través del cual se brinda tratamiento a aguas residuales, generada tanto por recintos industriales como de municipios, con poblaciones de entre 500 y 5000 habitantes, cabe menciona que la función de estos sistemas es reducir la carga contaminante de estas aguas, de manera que puedan volver a ser reutilizadas. (Salas, 2018)

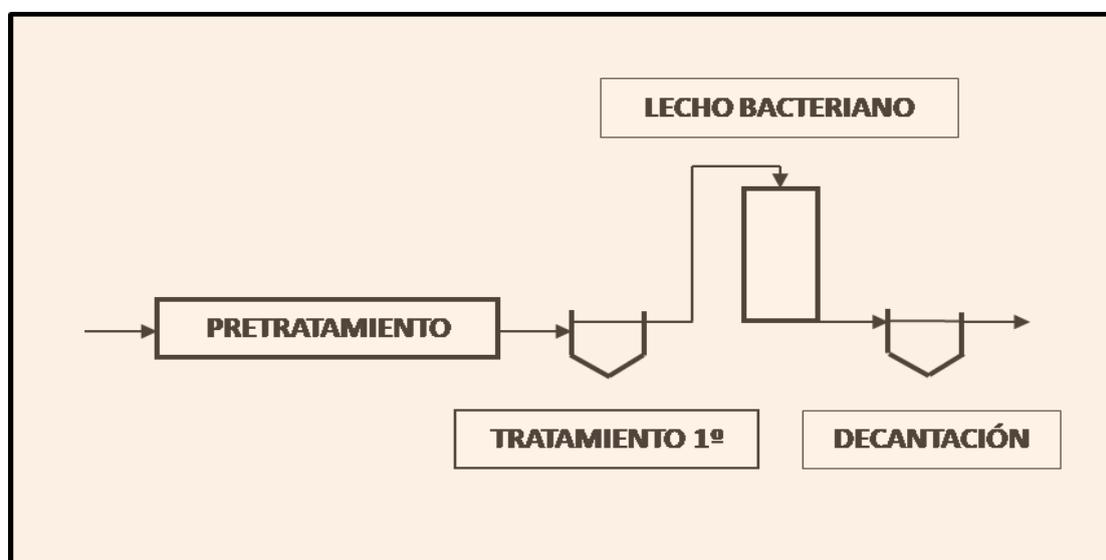
#### **2.1.4.3. Funcionamiento.**

Tomando en consideración que, en el presente proyecto, se implementará un biodigestor, a través del cual se consigue la depuración de manera anaeróbica, es preciso mencionar que para conseguirlo se requiere de factores básicos tales como aguas residuales, que constituyen

el alimento, las bacterias que como se mencionó anteriormente son los comensales y el aire que es oxígeno.

El funcionamiento radica en el ingreso de las aguas residuales por la parte superior del filtro plástico de lecho bacteriano, donde las bacterias empiezan a incorporarse al material de relleno, para conseguir el tercer factor que es el aire, la parte inferior del filtro se abre permitiendo la aireación a través de un proceso llamado chimenea. Tras darse la etapa de pretratamiento de aguas residuales, son sometidos a un tratamiento primario para posteriormente ser canalizadas a la parte superior del lecho. (Salas, 2018)

A continuación, se presenta el diagrama de flujo del proceso de depuración de aguas residuales a través de los filtros plásticos de lechos bacteriano:

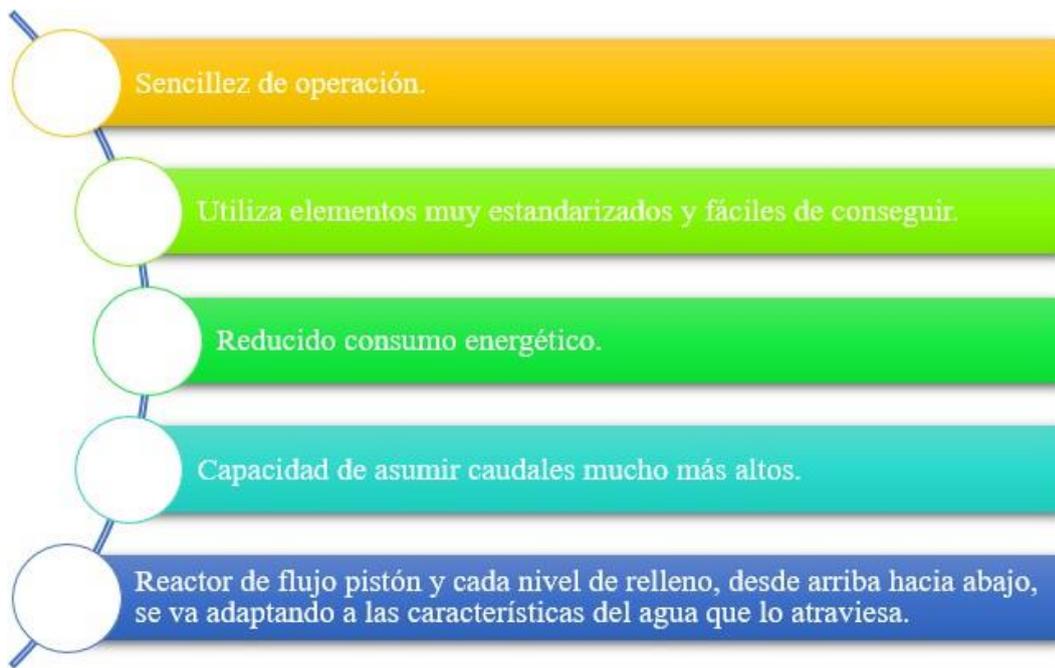


**Figura 15.** Diagrama de flujo clásico de la tecnología de Lechos Bacterianos. Adaptado de “Lechos bacterianos: una tecnología robusta, pero un tanto olvidada”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

Finalmente, luego de los tratamientos antes mencionados, estas aguas junto a fragmentos de biopelículas que se desprenden del relleno, atraviesan por una última etapa, la cual se denomina decantación, que es donde emergen aguas ya tratadas en su totalidad. (Salas, 2018)

#### **2.1.4.4. Ventajas.**

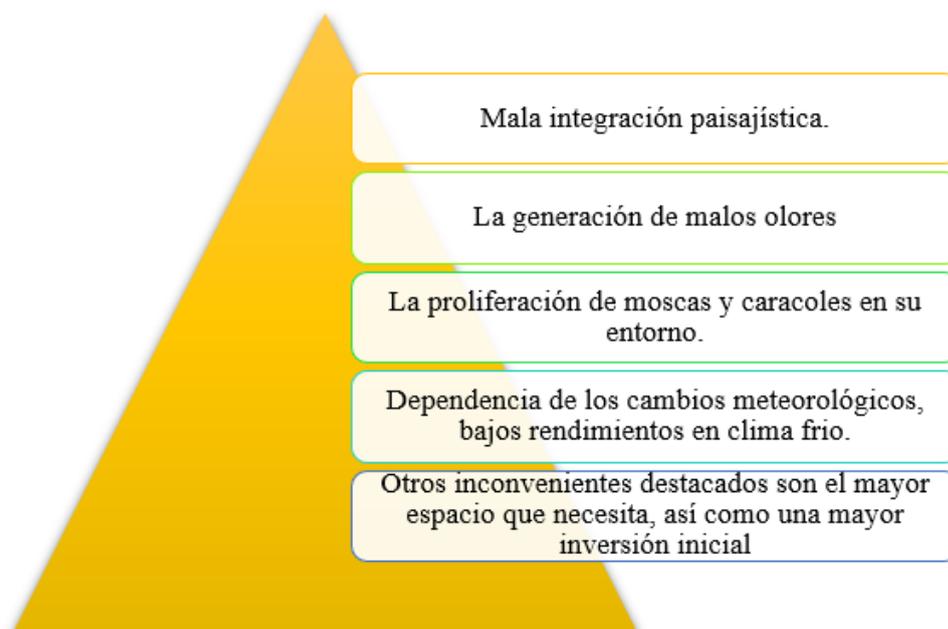
Las ventajas de los filtros plásticos son la facilidad para maniobrarlos, además de lo fácil que es conseguir repuestos. Otro factor clave es que no requieren de altos consumos de energía, no se ven afectados en épocas de lluvias, gracias a que pueden abastecerse para dar tratamiento a caudales engrandecidos por factores climáticos. A continuación, se presentan un conjunto de ventajas de estos sistemas:



**Figura 16.** Ventajas de los filtros plásticos de lecho bacteriano. Adaptado de “Lechos bacterianos: una tecnología robusta, pero un tanto olvidada”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

#### 2.1.4.5. Desventajas.

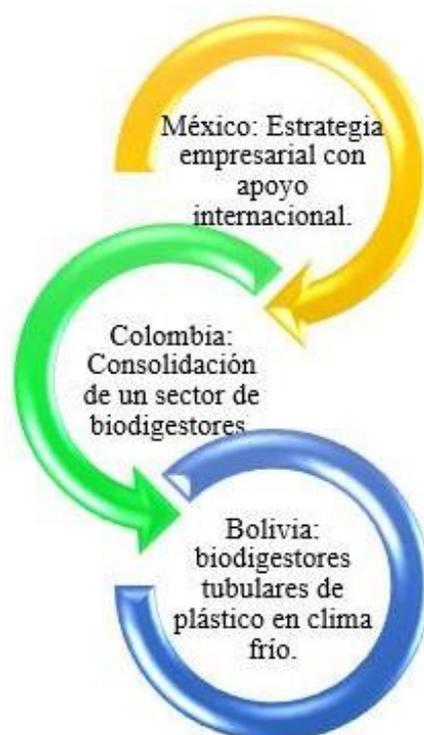
Entre las principales desventajas se encuentra el motivo principal por el cual no se ha regularizado la aplicación de estos filtros, que es, que, tras su construcción, no existe una variables o mecanismo que permita conocer si las dimensiones de este son escasas o no, en pocas palabras es difícil cambiar el volumen del lecho. A continuación, se presenta las desventajas de estos sistemas:



**Figura 17.** Desventajas de los filtros plásticos de lecho bacteriano. Adaptado de “Lechos bacterianos: una tecnología robusta, pero un tanto olvidada”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

#### 2.1.4.6. Experiencias de la implementación del Biodigestor a nivel mundial.

Las experiencias de implementación de los biodigestores a nivel mundial, las cuales tienen diferentes enfoques, en el presente apartado, se revisarán experiencias previas, donde resaltan los casos de México donde fueron aplicados como estrategia empresarial, Colombia donde consiguieron concebir un nuevo sector que es el de los biodigestores y Bolivia donde se potenció la aplicación de estos sistemas en climas fríos. A continuación, se presentan las experiencias objeto de estudio:



**Figura 18.** Experiencias internacionales sobre la implementación de los biodigestores. Adaptado de “Experiencias Latinoamericanas en la implementación de estrategias para democratizar los biodigestores entre pequeños y medianos productores”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

En lo que respecta a la implementación de biodigestores México, obtuvo resultados similares a los de planes nacionales de otros países, con la particularidad de que no cuentan con planes de esta estirpe, anualmente se instalan un aproximado de 1000 sistemas, esto gracias a labores coordinadas del Instituto Internacional de Investigación del Arroz (IRRI) y la empresa BIOBOLSA, cabe mencionar que los sistemas implementados son de tipo tubular con geomembrana.

Los biodigestores implementados en México, contaron con subsidio por parte instituciones nacionales e internacionales, el mismo oscila entre el 40% y 50% y en caso

especiales alcanzo el 80%. El consorcio conformado por IIRRI y BIOBOLSA, en la actualidad se encuentra en proceso de expansión abarcando países de África y Asia.

En Colombia, el desarrollo de sistemas de biodigestores y su difusión es consistente, hasta el punto en que se consolidó un nuevo sector, donde los principales beneficiarios son los actores del sector agropecuario, debido a la magnitud de las implementaciones se publicó un manual de instalación, que la postre se convertiría en la piedra angular de la democratización de biodigestores en dicho país, en donde el ente regulador que es la Red Colombiana de energía de la Biomasa de Colombia (REDBIOLCOL). (Martí, 2019)

En Bolivia se impulsó la implementación de biodigestores en zonas frías, para lo cual se aplicó una campaña de promoción y difusión financiada por el Gobierno de Alemania (GIZ) y El Centro Internacional de Métodos Numéricos en la Ingeniería (CIMNE), los resultados de esta iniciativa fueron la implementación de 750 biodigestores tubulares.

#### ***2.1.4.7. Experiencia de la implementación del biodigestor en el Ecuador.***

En el Ecuador ya existen experiencias previas sobre la implementación de biodigestores, sin embargo, estas no fueron lo suficientemente consistente como para impulsar un proceso de democratización de estos sistemas por parte del sector público, dos factores que influyen para que este proceso no se dé, son el subsidio al gas, que permite es de fácil acceso y la cobertura de servicio de energía eléctrica.

Existen pequeños vestigios de democratización de biodigestores, donde las iniciativas provienen del sector agropecuario, quienes realizan sus actividades económicas con un enfoque ecológico, estas experiencias tuvieron lugar en provincias como Imbabura, Pichincha, Azuay, Napo y El Oro, cabe destacar que se implementaron biodigestores tubulares y que las iniciativas fueron consideradas exitosas. (Martí, 2019)

Dentro del territorio nacional existen empresas proveedoras de biodigestores con geomembrana, además también existen agentes no profesionales que prestan servicios de instalación de biodigestores de plástico, esta situación resulta alentadora, puesto que, en las experiencias antes mencionadas no existía este factor en la fase inicial de los programas de impulso de biodigestores.

A nivel nacional existe la REDBIOEC, donde se aglomeran actores relacionados con la promoción y difusión de biodigestores, está compuesto por un aproximado de 100 personas, entre sus iniciativas constan la realización de congresos sobre energías renovables, talleres

de instalación de sistemas de tipo tubular, mismos que se dieron en Imbabura y posteriormente se replicaron en provincias como Azuay y Guayas, estos talleres están dirigidos a productores agropecuarios.

### 2.1.5. Biogás.

Este un producto obtenido a partir de la fermentación de sustratos que pueden ser desechos orgánicos, dispuesto en un biodigestor en condiciones donde la ausencia de oxígeno, impulsa la interacción de microorganismos tales como consorcios bacterianos. Al menos el 65% de este gas está compuesto por metano. Es preciso mencionar que, por cada kilo de sustrato, se obtienen entre 400 l y 700 l de biogás, lo que equivale, a tres horas para cocinar alimentos.

Con la finalidad de profundizar en el tema, a continuación, se presenta la composición del biogás:



**Figura 19.** Composición del biogás. Adaptado de “Biodigestores, biofiltros y pulperos”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

Como se mencionó anteriormente el biogás se obtiene a través de un proceso de fermentación a temperaturas de 30°C a 40°C para casos donde el consorcio bacteriano es de tipo mesófilo, mientras que para casos donde la fermentación se da a temperaturas que oscilan entre 50°C y 60°C, se considera que el consorcio es de tipo termófilo.

Independientemente del tipo de consorcio bacteriano la materia prima en términos generales son el estiércol, las heces fecales y restos de comida, no obstante, profundizando los residuos que pueden servir como sustrato, existe una amplia diversidad de sustancias, entre las cuales constan las siguientes:



**Figura 20.** Sustancias que pueden ser sometidas a fermentación. Adaptado de “Biodigestores – Biogás en la actividad Rural”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

#### **2.1.5.1. Generación del Biogás según el sustrato.**

Como se mencionó anteriormente la producción de biogás estará en función del sustrato, teniendo en consideración que el estiércol, cuenta con mejor rendimiento que las heces fecales o los restos de alimentos, esto debido a que en estos se encuentran consorcios bacterianos que descomponen estos residuos de manera rápida.

Según un estudio comparativo en el cual se mide el rendimiento de los sustratos en cuanto a la producción de biogás, mismo que fue realizado por el Programa de Servicios Agrícolas Provinciales (PROSAP), que es una institución gubernamental de Argentina, por cada tonelada de aceites usados se puede generar 800 m<sup>3</sup> de biogás, siendo este sustrato el de mayor rendimiento dentro de su análisis comparativo. A continuación, se presentan la tabla de rendimiento por sustratos:

**Tabla 2.**  
Rendimiento de los sustratos en la producción de biogás.

Sustrato	Biogás Resultante (m3 gas / Tsustrato)
Estiércol liq. vacuno	25
Estiércol liq. porcino	36
Suero lácteo	55
Orujo de cerveza	75
Restos remolacha	75
Residuos licores	80
Restos vegetales	110
Restos orgánicos	120
Maíz de ensilaje	200
Grasas flotantes	400
Aceites usados	800

Adaptado de “Biodigestores – Biogás en la actividad Rural”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

### 2.1.6. Parroquia San Juan.

Esta parroquia pertenece a la jurisdicción del cantón Pueblo Viejo, la misma se encuentra ubicada al sur del cantón, la misma cuenta con una población conformada por 18.427 habitantes, esto según cifras del Censo de Población y Vivienda del año 2010. Cabe mencionar que esta es una parroquia rural, compuesta por 23 recintos, dos pueblos y seis barrios claramente identificados en la cabecera cantonal. *Véase anexo 1*

En esta parroquia la actividad económica más importante es la agropecuaria, misma que concentra el 56.16% de la Población Económicamente Activa (PEA), lo que equivale al 3737 habitante, seguida del comercio al por mayor y menor, que alberga el 10.54% de la PEA, lo que es igual a 701 habitantes. (GAD Parroquial de San Juan, 2015) *Véase anexo 2*

Como se mencionó anteriormente el biodigestor, es una alternativa para dar tratamiento a aguas residuales originada en los hogares que carecen de acceso al servicio de alcantarillado, pero que en su afán de evitar el contacto directo con dichos residuos optaron por implementar pozos sépticos. En este caso la parroquia San Juan, es una comunidad que carece servicio de alcantarillado, así como también de plantas de tratamiento de aguas servida, cabe mencionar que existen sectores como el Recinto La María 1 y Juana de Oro,

donde si existen estos servicios, sin embargo, esto solo es posible debido a su proximidad con la cabecera cantonal.

Según cifras del Censo de la Población y Vivienda, realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), en el año 2010, en dicha parroquia existen un total de 4816 viviendas, de las cuales solo el 5.69% tiene acceso al servicio de alcantarillado, el 77.3% están conectadas a pozos sépticos, 2.62% emplean letrinas y menos del 1% descargan las excretas en el caudal de los ríos. (GAD Parroquial de San Juan, 2015)

Factores como el uso indiscriminado de agroquímicos y la carencia de un sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, provocaron que estos afluentes se filtren en el suelo y las fuentes hídricas cercanas, lo que generó focos infecciosos y daños a la salud de los habitantes. Esta situación puede remediarse se implementan sistema de biodigestores para brindarle tratamiento a las aguas servidas, de manera que el efluente tenga una carga toxica reducida.

## **2.2. Marco Conceptual**

**Afluentes.** - Son aquellos materiales que ingresan al biodigestor para ser tratados, a través del proceso de digestión anaeróbica.

**Efluentes.** - Son los materiales o productos que salen del biodigestor posterior al tratamiento aplicado, estos tienen una carga polutiva reducida.

**Heces fecales.** - Es una materia compuesta entre otras cosas por alimentos que no fueron digeridos, en las mismas se encuentran bacterias y células que dan revestimiento a los intestinos.

**Estiércol.** - Este término se usa para referirse al excremento de los animales, mismo que es utilizado como abono orgánico, puesto que este es rico en nitrógeno y componentes orgánicos.

**Rendimiento.** - Es la utilidad de determinada cosa en relación al trabajo necesario para conseguirla, además se toma en consideración aspectos tales como inversión, costos y gasto.

**Metano.** - Es un gas presente en el estiércol, este es incoloro pero inflamable, su representación química es CH<sub>4</sub>.

**Biogás.** - Es un gas obtenido a partir de la fermentación de materias orgánicas tales como el estiércol, heces fecales, aceites y restos de comida.

**Biol.-** Es un fertilizante que se obtiene posterior a la captura del biogás, cuando se retiran materia orgánica y esta es dispuesta como fertilizante.

**Sustrato.** - Son materiales que sirven como base para alimentar el sistema digestión anaeróbica de los biodigestores.

**Biodigestores.** - Son sistemas que dan tratamiento a materias orgánicas con los cual, reducen su carga toxica, sin embargo, esto pueden generar productos como gas y fertilizantes a través del mismo proceso.

**Biodigestor de domo fijo.** - Se denomina de domo fijo, porque se construyen a base de cemento y ladrillos, estos tienen vidas útiles de por lo menos 20 años y pueden dar tratamiento a grandes cantidades de desechos orgánicos.

**Biodigestor tubular.** - Se denomina tubular porque tienen forma cilíndrica, estos pueden estar contruidos en materiales plásticos o por geomembranas.

**Aguas residuales.** - Son agua que experimentaron alteraciones por influencia de organismos patógenos.

**Lodos residuales.** – Son residuos semisólidos originados a partir del tratamiento de aguas residuales.

**Energía renovable.** - Son aquellas que se obtienen a través de la explotación de recursos naturales interminables, cabe mencionar que estas son una alternativa para contrarrestar el calentamiento global.

**Sostenibilidad.** - Es realizar una actividad de manera responsable si perjudicar el bienestar de la sociedad en el largo plazo.

**Demanda energética.** - Es la cantidad de energía solicitada por los actores de una determinada población en un periodo de tiempo en específico.

**Carga polutiva.** - Es la cantidad de organismos contaminantes que puede tener una emisión o descarga de desechos orgánicos.

**Materia orgánica.** - Son materiales ricos en nutrientes, hidrogeno, oxigeno entre otros y que son beneficiosas para el crecimiento de las plantas.

**Biomasa.** - Es un material orgánico obtenido a partir del tratamiento de aguas y lodos residuales.

**Digestión anaeróbica.** - Es un proceso en el cual, se carga materia orgánica en el digestor, para posteriormente ser sometida a temperaturas de entre 35°C y 60°C, en un ambiente libre de oxígeno, de manera que se dé una descomposición acelerada por acción de los consorcios bacterianos.

**Fermentación.** - Consiste en la oxidación de materiales, cabe mencionar que para aplicar este proceso no es necesario el oxígeno.

**Pozo séptico.** - Son sistemas de eliminación de excrementa, empleados como alternativa para zonas en las cuales no existe el servicio de alcantarillado.

**Fuentes hídricas.** - Son cuerpos de agua, que son explotado por el ser humano ya sea para la generación de energía o por el consumo personal, esta denominación se aplica indiferentemente si son aguas superficiales o subterráneas.

**Necesidades insatisfechas.** - Es un término empleado para identificar males que aquejan a la sociedad, en términos generales se emplea para obtener la caracterización de la pobreza en un territorio determinado.

**Soberanía energética.** - Es un derecho que se otorga a los habitantes, que consiste en la selección del tipo de energía que mejor convenga a sus principios.

**Resiliencia.** - Es la capacidad de recuperación posterior a los estragos causados por un fenómeno en particular.

**Impacto ambiental.** - Son alteraciones acusada por la ejecución actividades productivas o incluso por acción de fenómenos naturales.

**Ácido sulfhídrico.** - Es un gas inflamable, que tiene como características esenciales un gusto dulce y olor a huevos en estado de descomposición, puede ser venenoso en grandes cantidades.

**Dióxido de silicio.** – Es un componente insoluble en agua y con escasa disponibilidad biológica.

**PVC.** - Es un material caracterizado por su alta versatilidad, es empleado para la elaboración de productos de ferretería.

## 2.3. Marco Legal

En el presente apartado se desarrollarán relaciones entre el tema propuesto y la legislación ecuatoriana vigente, esto con el afán de sustentar de manera legal, el diseño de una propuesta, de manera que en el ejercicio de la misma no se vulneren los derechos de los ciudadanos que conforman la parroquia San Juan.

### 2.3.1. Constitución del Ecuador

La relación que guarda el tema propuesto con la Constitución de la República del Ecuador, es amplia, tiene su punto de partida en el Título II donde se mencionan Derechos, entre los cuales constan el Derecho del Buen Vivir, que se ubican en segundo capítulo, donde en su segunda sección se menciona el ambiente sano, mismo que es explicado en el artículo 15, donde se deja en constancia que el Estado promueve el uso de energías alternativa, con la finalidad de alcanzar la soberanía energética, pero sin comprometer, la soberanía alimentaria o los derechos al agua. (Asamblea Constituyente, 2008)

A continuación, con la intención de promover un correcto entendimiento se presenta, el fragmento legal en cuestión de manera textual:

<b>Título II</b>	<b>Art. 15.-</b> El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.
<b>Derechos</b>	
<b>Capítulo segundo</b>	
<b>Derechos del buen vivir</b>	Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.
<b>Sección segunda</b>	
<b>Ambiente sano</b>	

*Figura 21.* Constitución – Ambiente Sano. Adaptado de “Constitución del Ecuador”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

En cuanto al Título VI sobre el Régimen de Desarrollo, se menciona que la autoridad del Estado sobre los sectores estratégicos, mismo que define como aquellos que pudieran influir en factores socioeconómicos, dentro de estos constan la energía en todas sus formas y el agua. (Asamblea Constituyente, 2008)

Se toma en consideración este articulado, debido a que en este caso tanto el agua como la energía, son parte del estudio en cuestión, tomando en consideración que se busca reducir el impacto de las aguas residuales en las fuentes hídricas y que en dicha gestión de manera adyacente se obtiene gas, que es una energía renovable.

A continuación, con la intención de promover un correcto entendimiento se presenta, el fragmento legal en cuestión de manera textual:

<b>Título VI</b> <b>Régimen de</b> <b>Desarrollo</b>  <b>Capítulo</b> <b>quinto</b> <b>Sectores</b> <b>estratégicos,</b> <b>servicios y</b> <b>empresas</b> <b>públicas</b>	<b>Art. 313.-</b> El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.
	Los sectores estratégicos, de decisión y control exclusivo del Estado, son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social.
	Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas, las telecomunicaciones, los recursos naturales no renovables, el transporte y la refinación de hidrocarburos, la biodiversidad y el patrimonio genético, el espectro radioeléctrico, el agua, y los demás que determine la ley.

*Figura 22.* Constitución del Ecuador – Sectores Estratégicos. Adaptado de “Constitución del Ecuador”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

Dentro del Título VI, se pone de manifiesto que el Estado es responsable de proveer servicios básicos entre los cuales figuran saneamiento y alcantarillado, cabe mencionar que en zonas rurales el alcantarillado es poco común y por ende también el de saneamiento, puesto que si bien los habitantes de estas zonas recurren a los pozos sépticos, que son una forma de sustituir el alcantarillado, esto no supone que no deba realizarse un saneamiento, pero la realidad es que no se realizan por cuestiones de accesibilidad, por lo que, es común que en dichas zonas los habitantes deban convivir con filtraciones.

En el artículo 315, se deja constancia de que, para la administración de los sectores estratégicos, el Estado constituirá entes o empresas públicas mismas que contarán con autonomía financiera y económica, además de que, en temas de participación o prestación de servicios, la mayor participación accionaria corresponderá al estado. (Asamblea Constituyente, 2008)

Es preciso mencionar que, para cuestiones de administración, control o prestación de servicios públicos, el Estado podrá delegar tanto a organismos públicos o empresas mixtas, mientras que de manera excepcional estos roles podrán ser cumplidos por el sector privado u organizaciones de la Economía Popular y Solidaria (EPS). Cabe mencionar que las delegaciones realizadas estarán sujetas a los intereses de la nación, se deberá respetar los límites y plazos dispuesto en la legislación específica para cada sector estratégico. (Asamblea Constituyente, 2008)

A continuación, con la intención de promover un correcto entendimiento se presenta, el fragmento legal en cuestión de manera textual:

<p><b>Título VI</b>  <b>Régimen de Desarrollo</b>  <b>Capítulo quinto</b>  <b>Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas</b></p>	<p><b>Art. 314.-</b> El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley. El Estado garantizará que los servicios públicos y su provisión respondan a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad. El Estado dispondrá que los precios y tarifas de los servicios públicos sean equitativos, y establecerá su control y regulación.</p>
	<p><b>Art. 315.-</b> El Estado constituirá empresas públicas para la gestión de sectores estratégicos, la prestación de servicios públicos, el aprovechamiento sustentable de recursos naturales o de bienes públicos y el desarrollo de otras actividades económicas.</p> <p>Las empresas públicas estarán bajo la regulación y el control específico de los organismos pertinentes, de acuerdo con la ley; funcionarán como sociedades de derecho público, con personalidad jurídica, autonomía financiera, económica, administrativa y de gestión, con altos parámetros de calidad y criterios empresariales, económicos, sociales y ambientales. Los excedentes podrán destinarse a la inversión y reinversión en las mismas empresas o sus subsidiarias, relacionadas o asociadas, de carácter público, en niveles que garanticen su desarrollo. Los excedentes que no fueran invertidos o reinvertidos se transferirán al Presupuesto General del Estado. La ley definirá la participación de las empresas públicas en empresas mixtas en las que el Estado siempre tendrá la mayoría accionaria, para la participación en la gestión de los sectores estratégicos y la prestación de los servicios públicos.</p>
	<p><b>Art. 316.-</b> El Estado podrá delegar la participación en los sectores estratégicos y servicios públicos a empresas mixtas en las cuales tenga mayoría accionaria. La delegación se sujetará al interés nacional y respetará los plazos y límites fijados en la ley para cada sector estratégico. El Estado podrá, de forma excepcional, delegar a la iniciativa privada y a la economía popular y solidaria, el ejercicio de estas actividades, en los casos que establezca la ley.</p>

*Figura 23.* Delegaciones para la administración y prestación de servicios públicos. Adaptado de “Constitución del Ecuador”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

En el Título VII se delinea el Régimen del Buen Vivir, donde se trata la Biodiversidad y los recursos naturales, en el segundo capítulo, mismo que en su primera sección se refiere a la naturaleza y ambiente, donde se pone de manifiesto los principios ambientales. En este caso la relación radica en el hecho de que se busca reducir el impacto de las aguas residuales en los cuerpos hídricos cercanos.(Asamblea Constituyente, 2008)

A continuación, con la intención de promover un correcto entendimiento se presenta, el fragmento legal en cuestión de manera textual:

	<b>Art. 395.-</b> La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:
<b>Título VII</b>	1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.
<b>Régimen del Buen Vivir</b>	
<b>Capítulo segundo</b>	2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.
<b>Biodiversidad y recursos naturales</b>	
<b>Sección primera</b>	3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.
<b>Naturaleza y ambiente</b>	
	4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.

*Figura 24.* Constitución del Ecuador – Principios Ambientales. Adaptado de “Constitución del Ecuador”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

Dentro del mismo capítulo segundo, en la séptima sección se hace referencia a la biosfera, ecología urbana y energías alternativa, se describe al Estado como promotor del desarrollo, aplicación de energías renovables, que supongan un impacto mínimo al medio ambiente, riesgo para la soberanía alimentaria o el derecho al agua. Por otro lado, en el artículo 415, se resaltan responsabilidad tanto del Gobierno Central como de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), de desarrollar programas que colaboren entre otras cosas al tratamiento y de desechos sólidos y líquidos. (Asamblea Constituyente, 2008)

A continuación, con la intención de promover un correcto entendimiento se presenta, el fragmento legal en cuestión de manera textual:

---

<b>Título VII</b>	<b>Art. 413.-</b> El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.
<b>Régimen del Buen Vivir</b>	
<b>Capítulo segundo</b>	
<b>Biodiversidad y recursos naturales</b>	
<b>Sección séptima</b>	<b>Art. 415.-</b> El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo, que permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e incentiven el establecimiento de zonas verdes. Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos. Se incentivará y facilitará el transporte terrestre no motorizado, en especial mediante el establecimiento de ciclo vías.
<b>Biosfera, ecología urbana y energías alternativas</b>	

---

*Figura 25.* Constitución del Ecuador - Biosfera, ecología urbana y energías alternativas. Adaptado de “Constitución del Ecuador”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

### **2.3.2. Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica.**

Tomando en consideración que con los biodigestores es posible generar gas natural, el cual es empleado como energía alternativa, motivo por el cual, se establece la relación entre el tema propuesto y esta ley, misma que sirve como instrumento de regulación para la participación del sector público y privado en la generación de energía eléctrica, además de la promoción de proyectos de generación de energías renovables. (Asamblea Nacional, 2018)

“En el artículo 3 de dicha ley, se brindan conceptualización para energía renovable, que son aquellas que al generarse no presentan rendimientos marginales decrecientes, como la biomasa, que es la materia prima para alimentar a los biodigestores” (Asamblea Nacional, 2018). A continuación, con la intención de promover un correcto entendimiento se presenta, el fragmento legal en cuestión de manera textual:

---

**Título I**  
**Disposiciones**  
**Fundamentales**

Art. 1.- Objeto y alcance de la ley.- La presente ley tiene por objeto garantizar que el servicio público de energía eléctrica cumpla los principios constitucionales de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad, calidad, sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia, para lo cual, corresponde a través del presente instrumento, normar el ejercicio de la responsabilidad del Estado de planificar, ejecutar, regular, controlar y administrar el servicio público de energía eléctrica. La presente ley regula la participación de los sectores público y privado, en actividades relacionadas con el servicio público de energía eléctrica, así como también la promoción y ejecución de planes y proyectos con fuentes de energías renovables, y el establecimiento de mecanismos de eficiencia energética.

---

Art. 3.- Definiciones. - Para efectos de aplicación de la presente ley, se tendrán en cuenta las definiciones generales siguientes:

---

9. Energías renovables: Son las procedentes de fuentes que no disminuyen por efecto de su utilización: hidráulica, eólica, solar, geotérmica, biomasa, mareomotriz, nuclear y otras.

---

10. Energías renovables no convencionales: Se consideran como energías renovables no convencionales a las fuentes: solar, eólica, geotérmica, biomasa, mareomotriz, hidroeléctrica de capacidades menores, en los términos y condiciones establecidas en la normativa, y otras que se llegaren a definir en la regulación respectiva.

---

*Figura 26.* Disposiciones fundamentales de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica. Adaptado de “Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

### **2.3.3. Código Orgánico Organización Territorial Autonomía Descentralización.**

“En esta ley se deja constancia de que la prestación de servicios alcantarillado y la depuración de aguas residuales son de competencia exclusiva de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD)” (Asamblea Nacional, 2010). El motivo por el cual se trae a colación esta legislación, es que, en el presente proyecto se analiza el impacto de las filtraciones de aguas residuales a las fuentes hídricas cercanas, situación que podría evitarse si el GAD Parroquial de San Juan del cantón Pueblo Viejo.

Cabe mencionar que los GADs, tienen competencia en la gestión ambiental, motivo por el cual estos deben desarrollar programas de gestión integral de desechos sólidos y líquidos, que permitan eliminar filtraciones de aguas residuales a las fuentes hídricas más a las poblaciones, es decir, las emisiones registradas en la Parroquia San Juan, son responsabilidad

del GAD Parroquial, puesto que, los pozos sépticos desembocan en ríos cercanos. (Asamblea Nacional, 2010)

A continuación, con la intención de promover un correcto entendimiento se presenta, el fragmento legal en cuestión de manera textual:

**Código Orgánico  
Organización  
Territorial  
Autonomía  
Descentralización.**

---

**Art. 55.-** Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal. - Los gobiernos autónomos descentralizados municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley;

d) Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

---

**Art. 136.-** Ejercicio de las competencias de gestión ambiental. - De acuerdo con lo dispuesto en la Constitución, el ejercicio de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza a través de la gestión concurrente y subsidiaria de las competencias de este sector, con sujeción a las políticas, regulaciones técnicas y control de la autoridad ambiental nacional, de conformidad con lo dispuesto en la ley....

Los gobiernos autónomos descentralizados municipales establecerán, en forma progresiva, sistemas de gestión integral de desechos, a fin de eliminar los vertidos contaminantes en ríos, lagos, lagunas, quebradas, esteros o mar, aguas residuales provenientes de redes de alcantarillado, público o privado, así como eliminar el vertido en redes de alcantarillado.

Los gobiernos autónomos descentralizados regionales y provinciales, en coordinación con los consejos de cuencas hidrográficas podrán establecer tasas vinculadas a la obtención de recursos destinados a la conservación de las cuencas hidrográficas y la gestión ambiental; cuyos recursos se utilizarán, con la participación de los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales y las comunidades rurales, para la conservación y recuperación de los ecosistemas donde se encuentran las fuentes y cursos de agua.

---

*Figura 27.* Competencias ambientales de los GADs. Adaptado de “Código Orgánico Organización Territorial Autonomía Descentralización”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

#### **2.3.4. Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA).**

“En este cuerpo legal se plantean las regularizaciones para las descargas del sistema de alcantarillado, en la mismas se plantean valoraciones establecidas para concentraciones correspondientes a valores medios diarios” (Ministerio de Ambiente , 2017). Como se puede apreciar se establecen valores medios para las aguas residuales, en este caso los parámetros para medir el tratamiento el desempeño de los biodigestores. A continuación, se presentan límites de descarga al sistema de alcantarillado público:

**Tabla 3.**  
límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	70
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	1
Cinc	Zn	mg/l	10
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Hierro total	Fe	mg/l	25
Manganeso total	Mn	mg/l	10
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables	SD	ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	220
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600,0
Sulfatos	- 2 SO <sub>4</sub>	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1
Temperatura	oC		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1

Adaptado de “Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

No siempre se cuenta con estudios preliminares, motivo por el cual, en casos de falta de estudios en fuentes hídricas receptoras de descargas del sistema de alcantarillado, se debe aplicar los parámetros contemplados en la tabla 9, de este cuerpo legal, la cual presenta valoraciones para las descargas en cuerpos de agua dulce, cabe mencionar que esta evaluación deberá contar con el aval de la Autoridad Ambiental competente y que las

concentraciones presentadas corresponden a valores medios generados en un día. (Ministerio de Ambiente , 2017)

Se considera que estos parámetros se ajustan a la realidad de los habitantes de la parroquia San Juan, ya que en una observación previa fue posible observar que las aguas residuales desembocaban a un cuerpo de agua dulce cercano. A continuación, se presentan límites de descarga del sistema de alcantarillado a cuerpos de agua dulce:

**Tabla 4.**  
*Descargas del sistema de alcantarillado en cuerpos de agua dulce (A).*

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2
Boro Total	B	mg/l	2
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo	mg/l	0,1
	ECC		
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real <sup>1</sup>	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: ene-20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	100

Adaptado de “Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

**Tabla 5.***Descargas del sistema de alcantarillado en cuerpos de agua dulce (B).*

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5
Fluoruros	F	mg/l	5
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	2
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
	- 2		
Sulfatos	SO <sub>4</sub>	mg/l	1000
Sulfuros	S- 2	mg/l	0,5
Temperatura	oC		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1

Adaptado de “Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

Para el caso descargas de efluentes en cuerpos de agua marina, estas deberán cumplir con los límites máximos establecidos en la columna A de la tabla 10, estas descargas están prohibidas en zonas de playa, dentro de estas descargas se contemplan aguas residuales producto del faenamiento de peces y marisco, indiferentemente de tipo de pesca que puede ser artesanal o industrial. (Ministerio de Ambiente , 2017)

Otra restricción se da con respecto a las descargas de líquido proveniente de embarcaciones, mismas que no podrán hacerlo en los sistemas de alcantarillado o cuerpos receptores, puesto que, para el tratamiento de estos desechos se dispuso que cada puerto cuente con un sistema de recolección y desecho de residuos sólidos y líquidos. (Ministerio de Ambiente , 2017)

A continuación, se presentan límites de descarga a un cuerpo de agua marina:

**Tabla 6.**  
*Límites de descarga a un cuerpo de agua marina*

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible	
			(A) Descargas en zona de rompientes	(B) Descargas mediante emisarios submarinos
Aceites y Grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	30	30
Arsénico total	As	mg/l	0,5	0,5
Aluminio	Al	mg/l	5	5
Cianuro total	CN-	mg/l	0,2	0,2
Cinc	Zn	mg/l	10	10
Cobre	Cu	mg/l	1	1
Cobalto	Co	mg/l	0,5	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000	2000
Color	Color verdadero	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20	* Inapreciable en dilución: 1/20
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5	0,5
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	200	400
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	400	600
Hidrocarburos Totales de Petróleo.	TPH	mg/l	20	20
Materia flotante	Visibles		Ausencia	Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,01	0,01
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	40	40
Potencial de hidrógeno	pH		6-9	6-9
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	250	250
Sulfuros	S	mg/l	0,5	0,5
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	µg/l	50	50
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	µg/l	100	100
Carbamatos	Especies totales	mg/l	0,25	0,25
Temperatura	°C		< 35	< 35
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5

Adaptado de “Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

\*La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestradiluida.

Este estudio, guarda relación con el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2017 – 2021 – Toda una vida, el cual establece como primer eje de acción los “Derechos para todos durante toda una vida”, mismo que contiene al objetivo 1 que es “Garantizar una vida digna con iguales oportunidades para todas las personas” y el objetivo 3, que consiste en “Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones”. (SENPLADES , 2017)

A continuación, con la intención de fomentar un correcto entendimiento se presentan las políticas contenidas en los objetivos antes mencionados a fin de que se pueda apreciar la relación entre el presente estudio y el PND:

**Objetivo 1: Garantizar una vida digna con iguales oportunidades para todas las personas**



1.6 Garantizar el derecho a la salud, la educación y al cuidado integral durante el ciclo de vida, bajo criterios de accesibilidad, calidad y pertinencia territorial y cultural.

1.8 Garantizar el acceso a una vivienda adecuada y digna, con pertinencia cultural y a un entorno seguro, que incluya la provisión y calidad de los bienes y servicios públicos vinculados al hábitat: suelo, energía, movilidad, transporte, agua y saneamiento, calidad ambiental, espacio público seguro y recreación

1.11 Impulsar una cultura de gestión integral de riesgos que disminuya la vulnerabilidad y garantice a la ciudadanía la prevención, la respuesta y atención a todo tipo de emergencias y desastres originados por causas naturales, antrópicas o vinculadas con el cambio climático.

**Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones**



3.4 Promover buenas prácticas que aporten a la reducción de la contaminación, la conservación, la mitigación y la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global.

3.6 Impulsar la generación de bioconocimiento como alternativa a la producción primario-exportadora, así como el desarrollo de un sistema de bioseguridad que precautele las condiciones ambientales que pudieran afectar a las personas y otros seres vivos.

3.9 Liderar una diplomacia verde y una voz propositiva por la justicia ambiental, en defensa de los derechos de la naturaleza.

**Figura 28.** Políticas específicas de los objetivos 6 y 7 del Plan Nacional de Desarrollo. Adaptado de “Plan Nacional de Desarrollo Toda Una Vida 2017 – 2021”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

## Capítulo III

### 3. Metodología de la investigación

#### 3.1. Metodología

Para empezar con el desarrollo del presente capítulo, se precisa seleccionar la metodología más adecuada tanto para la recolección como para la adaptación de información a este estudio, cabe mencionar que la metodología de la investigación combina la teoría y la práctica, debido a que estas delimitan los procedimientos y estrategias para proceder con el desarrollo de la investigación, pero es el investigador es quien suministra estas directrices adaptándolas a sus necesidades y a la realidad del entorno en el cual se realiza la investigación.

##### 3.1.1. Método experimental.

Este método consiste en tener el dominio de las variables, con la finalidad de poder delimitar la interacción entre estas, en términos generales, es una metodología a través de las cuales se establecen comparaciones sobre el comportamiento de dos o más grupos experimentales. (Hernández & Samperio, 2018)

Se considera que es preciso aplicar el método experimental en el presente estudio, debido a que se parte de las premisas sobre las bondades del biodigestor, mismo que reduce la carga contaminante de las aguas residuales, para lo cual, se realizará la evaluación mediante estándares de descargas del sistema de alcantarillado establecidos por la Autoridad Ambiental a nivel nacional, en el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA).

Este método permite el desarrollo de una exploración a las inmediaciones de la parroquia San Juan, para a través de la observación característica de esta metodología, generar nuevas teorías, enfoques o incluso premisas sobre la temática abordada. Es preciso indicar que la observación constituye el primer paso de este método, en este paso se registran patrones de comportamientos o muestras, los cuales son analizados y posteriormente contrastados.

En este caso, se tomará una muestra de los efluentes, para someterla a un análisis minucioso y determinar si esta cumple con los requerimientos mínimos para que estas puedan ser descargadas en los cuerpos de agua dulce más cercanos, para dicha verificación, será necesario contrastar los resultados obtenidos con los valores medios establecidos.

El segundo paso del método experimental, es la generación de una explicación o de una teoría basada en los hechos registrados, lo que supone que una vez obtenidos los resultados y contrastados con los estándares ambientales, y posteriormente generar una explicación concluyente sobre el resultado, tomando en consideración que una de las premisas de este sistema es que brinda tratamiento a aguas residuales y desechos orgánicos.

### **3.2. Tipo de investigación**

A continuación se procede con la determinación del tipo de investigación que se aplicará en el presente estudio, es preciso mencionar que, este será tomando como criterios claves, la profundidad de la investigación, la disponibilidad de información o estudios preliminares que sirvan como apalancamiento para la elaboración de una propuesta e incluso también se toman en consideración el nivel de dominio que se tiene sobre el tema propuesto, de manera que se apliquen las estrategias y procedimientos necesarios para gestar información.

#### **3.2.1. Investigación exploratoria.**

La investigación exploratoria es considerada la etapa previa a la realización del tipo de investigación, esto debido a que, tomando en consideración de que la temática abordada no está plenamente definida, permite a través de una observación, obtener el conocimiento necesario para poder diseñar las herramientas de gestión de información necesarias para posteriormente incorporarlas al estudio, es preciso mencionar que los resultados que se obtiene a partir de este tipo de investigación no son concluyentes. (Grande & Abascal, 2017)

El motivo por el cual se aplica la investigación exploratoria es que de manera preliminar se realizó una observación previa a las inmediaciones de la parroquia San Juan, en la cual fue posible evidenciar problemáticas ocasionadas por las filtraciones de los pozos sépticos y el impacto negativo de estas en los cuerpos de agua más cercanos, con lo cual fue posible determinar que la necesidad a satisfacer es un sistema de tratamiento de aguas residuales que en este caso serán los biodigestores.

La investigación exploratoria se enfoca en analizar el “como”, debido a que busca la manera de apalancar el estudio que se está desarrollando, cabe mencionar que los resultados obtenidos, de manera adicional aportan en cierta forma en aspectos tales como el “qué” o el “por qué”. Los resultados obtenidos a partir de esta investigación se convertirán en hipótesis, a través de las cuales se dará pie a estudios posteriores, donde será posible profundizar el estudio de la temática abordada.

En la investigación exploratoria, la perspectiva de los actores inherente en la temática aborda, es una prioridad. Toman en consideración el conocimiento y dominio del tema por parte del investigador, debido a que este deberá adaptar los instrumentos de recolección de información a sus necesidades, de manera que con los resultados que se pudieran obtener se puedan generar conceptualizaciones inéditas e innovadoras. Su flexibilidad radica en que no responde a una estructura o pasos secuenciales de manera que el investigador aplicará los procesos de la manera más conveniente, y que este encuentre una solución a problemas que no fueron identificados en investigaciones anteriores.

Las herramientas de recolección de información que mejor se relacionan con este tipo de investigación es la encuesta, entrevista, focus Group y la observación, en este caso, como se mencionó anteriormente se aplicó la observación como estudio preliminar, no obstante, se aplicará también como estudio cuantitativo para diagnosticar las condiciones de las descargas del sistema de alcantarillado en las fuentes hídricas cercanas a las parroquias.

### **3.2.2. Investigación descriptiva.**

La investigación descriptiva permite identificar y enumerar las características esenciales del fenómeno objeto de estudio, cabe mencionar que su análisis se enfoca en el “que”, es decir permite conocer la naturaleza del fenómeno en cuestión más no en los factores endógenos o exógenos que lo originaron. Esta investigación es básicamente la base para el diseño de la investigación, ya que a partir de este se formulan las preguntas claves y se procede con el tratamiento de la información recabada. (García, 2016)

El motivo por el cual se decide aplicar la investigación descriptiva, es conocer las especificaciones sobre la naturaleza del problema, que en este caso es el mal manejo de las aguas residuales, lo que impacta de manera negativa al medioambiente en zonas rurales como es el caso de la Parroquia San Juan, donde se emplean pozos sépticos como sistema de eliminación de desechos orgánicos pero que tienden a ser poco eficientes puesto que estos suelen filtrar.

Una de las características de este tipo de investigación es el enfoque cuantitativo, puesto que, propicia la gestión de información cuantificable, que en este caso serán las valoraciones obtenidas del análisis a las descargas del sistema de alcantarillado o en este caso de los pozos sépticos a los cuales están conectados las viviendas de la parroquia San Juan, es preciso mencionar que otra de sus características es que la información recolectada e interpretada en este estudio, puede ser reutilizada y sometida a otras herramientas de investigación con la

finalidad de apalancar estudios posteriores y así profundizar el estudio de la temática abordada.

Finalmente se tiene que a través de este estudio se puede establecer comparaciones como la que se pretende aplicar en el presente estudio, donde se tomarán muestras de aguas residuales sin tratamiento, para ser comparadas con muestras de aguas residuales tratadas a partir de un biodigestor, la herramienta de recolección de información más acorde a este tipo de investigación es la observación cualitativa, que este caso será el análisis tomado para verificar las condiciones de las aguas residuales, las cuales deberán presentar valores que no superan los límites establecidos por el (TULSMA).

### **3.2.3. Investigación explicativa.**

La investigación explicativa, subyace de las falencias de la investigación descriptiva que es la explicación de los factores que propiciaron la aparición del fenómeno objeto de estudio y las afectaciones que este genera en el entorno, de manera que este permite internalizar la temática abordada, de manera que se cubra a detalle la falta de información, es preciso mencionar que esta se enfoca en el estudio del “por qué”, de manera que el investigador pueda obtener idea generalizada que sirva como punto de partida para el desarrollo de un estudio.(Ortega, 2017)

Se aplica este tipo de investigación debido a que para el desarrollo de la propuesta era de vital importancia conocer cómo se originó este problema, que como ya se sabe es el mal manejo de aguas residuales y como afecta a la sociedad, que en este caso es las enfermedades causadas por el impacto de las filtraciones de aguas residuales en los cuerpos de agua dulce más cercanos.

Este tipo de investigación adolece de la falta de generación de conclusiones, no obstante, permite una fácil comprensión de la temática abordada, emplea de manera complementaria recursos tales como artículos científicos, permite delinear que el investigador prevea los cambios que pudieran darse en el entorno y da pie a que un estudio pueda ser replicado, tomando en consideración las variaciones que puede experimentar el entorno en el cual este se desarrollará.

Los medios a través de los cuales se puede recolectar información a través de este tipo de investigación entrevista, focus Group y la revisión bibliográfica, para el presente estudio se considera que lo más aplicar esta última alternativa, donde como fuente principal se tiene

artículos revistas científicas, proyectos de titulación realizados en periodos anteriores y fragmentos de periódicos.

### **3.3. Enfoque**

El enfoque de una investigación comprende la aplicación de procesos minuciosos que mezclan la metodología científica y el empirismo, a para generar mayor profundidad a los estudios o incrementar el conocimiento existente sobre una temática en específico, es preciso mencionar que tanto el enfoque cualitativo como el cuantitativo, aplican la observación como herramienta de gestión de información.

#### **3.3.1. Enfoque cuantitativo.**

El enfoque cuantitativo supone ejecutar una serie de pasos secuenciales y su análisis sirve como comprobación de criterios, de manera que se empieza por la determinación del problema, en su segunda etapa se formula la hipótesis de la investigación, para después empezar con la experimentación que es donde se toman las muestras objeto de estudio, mismas que serán sometidas a análisis, a partir del cual se obtendrán las conclusiones. (Sanfeliciano, 2018)

El motivo por el cual se recurre a este enfoque, en primer lugar, es porque, se aplica el método analíticos, mismos con el que se encuentra concatenado, además de la necesidad de estimar el cumplimiento de los estándares ambientales dispuesto para las descargas en el sistema de alcantarillado y de las descargas en los cuerpo de agua dulce, para lo cual se aplicará un instrumento estandarizado y aceptado en el territorio nacional como son los límites de descargas en cuerpos de agua dulce y los límites de descargas en el sistema de alcantarillado, que será adaptado a las descargas realizadas a los pozos sépticos de la parroquia San Juan.

#### **3.3.2. Enfoque cualitativo.**

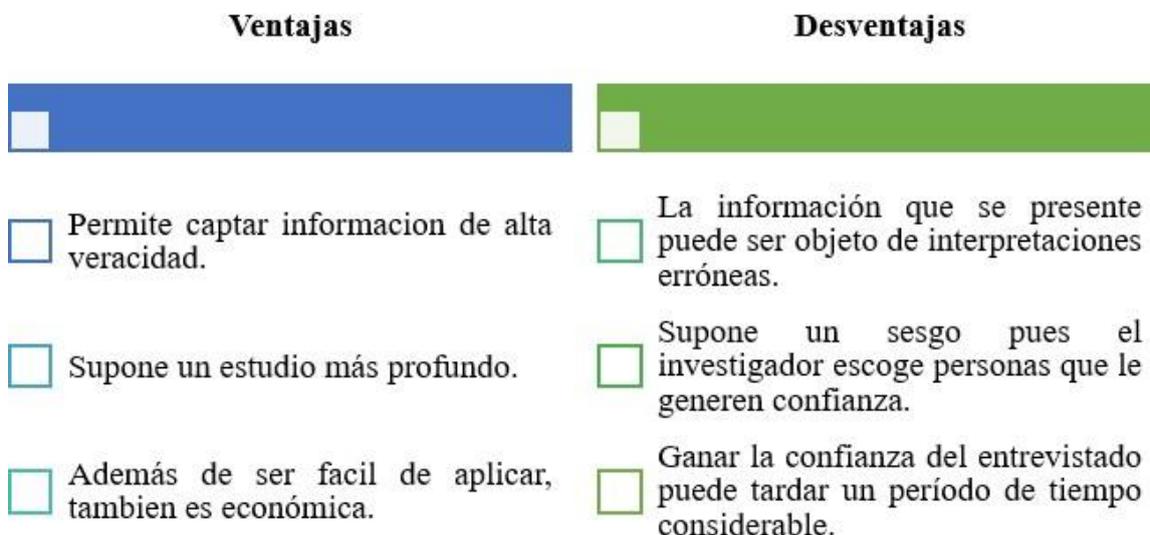
A diferencia del enfoque cuantitativo este no sigue un proceso secuencial, a través de este la generación de premisas puede darse a lo largo del proceso de gestión de información, así como también durante la sistematización y análisis de datos. Este está concatenado con el método inductivo y la investigación exploratoria, de manera que se aplica de manera preliminar al cuantitativo, con la finalidad de pulir las preguntas formuladas e incorporar aquellas que abarquen aspectos que no fueron tomados en consideración anteriormente. (Sanfeliciano, 2018)

La presente investigación contará con este tipo de enfoque debido a que en la etapa preliminar se aplicó una observación en las inmediaciones de la parroquia rural San Juan, a través de la cual fue posible captar aspectos tales como el mal manejo de las aguas residuales, la reacción de los pobladores frente a esta problemática y los estragos ocasionados, además es preciso mencionar que, mediante este enfoque fue posible aplicar un diagnóstico sobre el desarrollo de los sucesos antes mencionado, a partir del cual, se determinó que la solución es implementar biodigestores, para reducir la carga toxica de las aguas residuales.

### 3.4. Técnica e instrumentos

La observación es un sistema de gestión de información que consiste en seleccionar patrones, comportamientos o datos que se desea analizar, para lo cual, es preciso contar con una idea clara de que es lo que se desea observar, para posteriormente brindar una descripción estructura sobre el fenómeno que se observa y una explicación debidamente sustentada sobre los hallazgos encontrados.

A continuación, se presentan las ventajas y desventajas de aplicar la observación:



**Figura 29.** Ventajas y desventajas de la observación. Adaptado de “Necesidad de una revolución educativa en México”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

### 3.5. Elaboración de planta piloto

En el presente apartado se desarrollará el plan piloto para la implementación de los biodigestores, en un predio rural, esto con la finalidad de reducir los problemas de saturación de los sistemas de pozos sépticos, que son muy comunes en estas comunidades, donde se puede apreciar filtraciones y contaminación en las fuentes hídricas cercanas.

### **3.6. Iniciación**

Tomando en consideración que en las zonas rurales no existe sistema de alcantarillado, se decide tomar contacto con una familia del recinto la Pitaya perteneciente a la parroquia San Juan que es jurisdicción del cantón Pueblo Viejo de la Provincia de Los Ríos, a la cual, se le planteó la implementación de un biodigestor como un sistema de tratamiento de aguas servidas.

En este caso la familia Almeida Ríos, se encontraba conectada a un sistema de pozo séptico, el cual compartían con otras cinco familias, cabe mencionar, estos sistema en épocas de lluvias tienden a saturarse hasta el punto de evidenciarse filtraciones y contaminación a las fuentes hídricas cercanas, en este caso se presenta como uno de los beneficios del biodigestor, el tratamiento de aguas servidas, cabe mencionar que este sistema no se satura debido a que constantemente se evacuan los líquidos dejando solo desechos sólidos, mismos que se descomponen paulatinamente, sin contar que debido al hermetismo del biodigestor, la familia no estará expuesta a la emisión de hedores.

### **3.7. Planificación**

En esta etapa se decide realizar una planificación sobre el desarrollo de las actividades inherentes a la implementación del biodigestor, en primer lugar, se estableció una fecha de inicio de los trabajos de excavación, mismos que se realizaron el sábado 27 de febrero del 2021, labores que se extendieron hasta el día siguiente domingo 28 de febrero del 2021.

Cabe mencionar que para la implementación de un biodigestor se requieren materiales, mano de obra e inclusive la contratación de un laboratorio especializado en el análisis de la calidad del agua. En lo que respecta a la compra del biodigestor se determinó que el tanque debía ser de 600 litros, posteriormente se realizaron dos cotizaciones, una en Mega kiwi donde el tanque biodigestor presentaba un valor de \$ 376.92 USD incluido el IVA. Para visualizar la cotización *véase Anexo 3*.

Por otro lado, la segunda cotización se realizó en Comercial Ginatta, en este caso el tanque del biodigestor, presentaba un valor de \$ 322.50 USD, incluido el IVA, con la diferencia que en su oferta incluye accesorios tales como aros pet y caja de registro de lodos, motivo por el cual, se consideró esta oferta como la más favorable para el presente estudio. Para visualizar la cotización *véase Anexo 4*.

Con la finalidad de potenciar la eficiencia del biodigestor en cuanto al tratamiento de aguas residuales, se precisa colocar filtros de lechos plásticos bacterianos, mismos que serán

colocados en el interior del biodigestor, en este caso se consideró la aplicación de los filtros, cuyo valor es de \$ 198.00 USD, estos fueron adquiridos en SOLUAQUA, donde en la cotización se registró un valor de \$ 443.52 USD, incluido el IVA. Para visualizar la cotización *véase Anexo 5*.

Tomando en consideración que se busca evidenciar la eficiencia del biodigestor con filtros de lechos bacterianos, se precisa realizar la toma de muestras, mismas que deberán ser sometidas a análisis, para lo cual se requiere ayuda especializada, en este caso se realizó una cotización en el laboratorio Ingeestudios, que se dedica al análisis de la calidad del agua, y es un laboratorio acreditado por la SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriano) el valor de sus servicios es de \$ 426.00 USD. Para visualizar la cotización *véase Anexo 6*.

Adicionales a los valores antes mencionados se realizó la compra de materiales de ferretería, necesarios para la instalación del biodigestor en el predio en cuestión, así como también la contratación de técnicos, cuyos honorarios ascienden a \$ 120.00 USD. A continuación, se presenta la lista de materiales con su respectivo valor, cabe mencionar que los valores incluyen IVA:

**Tabla 7.**  
*Lista de materiales.*

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unit</b>	<b>Total</b>
Tubería PVC 4"	1	\$ 6,00	\$ 6,00
Tubería PVC 2"	4	\$ 3,00	\$ 12,00
Uniones PVC 4"	2	\$ 4,50	\$ 9,00
Codos PVC 4"	1	\$ 2,50	\$ 2,50
Reductor de 4" a 2"	1	\$ 3,50	\$ 3,50
T PVC 2"	1	\$ 4,00	\$ 4,00
Codo PVC 2"	2	\$ 1,00	\$ 2,00
Calipega	2 u	\$ 3,50	\$ 7,00
Tablas de encofrado	6 u	\$ 4,00	\$ 24,00
Cuartones	2 u	\$ 2,50	\$ 5,00
Tiras	4 u	\$ 2,00	\$ 8,00
Clavos	2lb	\$ 2,00	\$ 4,00
<b>Valor total</b>			<b>\$ 87,00</b>

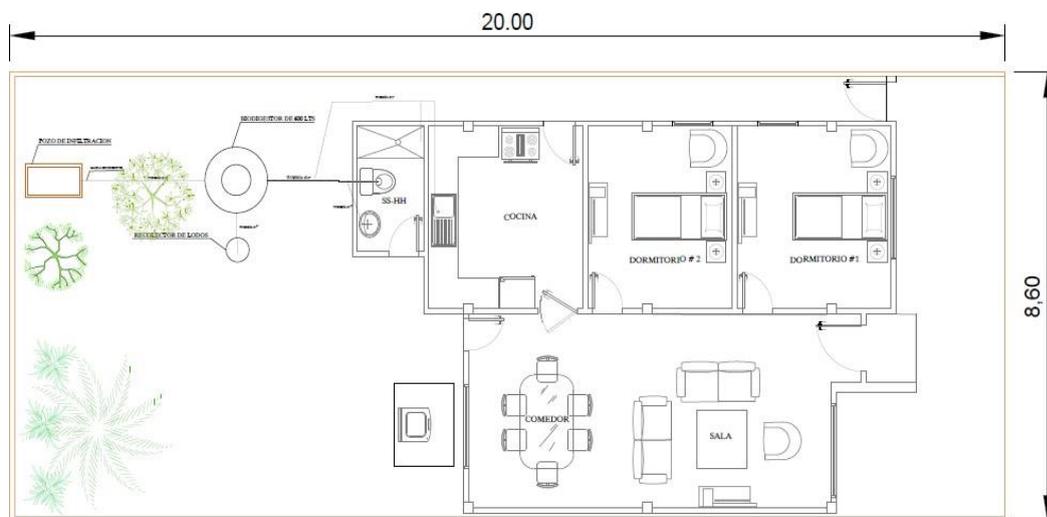
Adaptado de Ferretería "García". Elaborado por Chávez & Freire (2021).

Como se pudo apreciar en esta fase de identificaron los costos inherentes para una inminente implementación donde la inversión requerida para la implementación del biodigestor, es de \$1.399,02 USD, cabe mencionar que esta será cubierta con fondos propios.

### 3.8. Organización

En esta fase, se procede a realizar una organización del proyecto, esta en cuanto a los planos de la instalación del biodigestor con filtros de lechos bacterianos, lo que permitió definir la extensión del terreno, la superficie bajo la cual se realizarán los trabajos para en base a este poder identificar la cantidad de los materiales. Es preciso mencionar que el diseño del plano se realizó en el software de diseño AutoCAD. Sin más que acotar a continuación se presenta el plano en cuestión:

#### CASA DE LA FAMILIA ALMEIDA - RÍOS



**Figura 30.** Plano de la implementación del biodigestor con lechos plásticos bacterianos en la casa de la familia Almeida – Ríos. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

Otro punto a tratar son las especificaciones técnicas del biodigestor Rotoplas de 600lt, donde se tiene que sus características esenciales son, que no se requiere de equipos especiales para la limpieza de lodo, trae incorporado un filtro anaeróbico, lo que supone que no se requiere de electricidad o químicos para el tratamiento del agua. El biodigestor este hecho de polietileno de alta densidad y es hermético gracias a su tapa superior clic.

En cuanto a la capacidad del biodigestor Rotoplas 600lt, para usuarios de zonas rurales, el consumo diario por usuario es de 130lt por 5 personas. A continuación, se presenta el cuadro de dimensiones del biodigestor:

**Tabla 8.**  
*Cuadro de dimensiones.*

Referencia	RP - 600l
A	1,60m
B	0,86m
C	0,25m
D	45°
E	18°
F	4°
G	1,33m
H	2°
I	1,27m
J	2°
K	1,15m

Adaptado de “Ficha técnica de biodigestor Rotoplas”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

Para visualizar el esquema del biodigestor *véase Anexo 7.*

Es preciso mencionar que el biodigestor cuenta con una caja de registro en la cual, se receipta el lodo, esta permite transportar a lugares lejanos el lodo contenido e incluso retirarlo con facilidad. A continuación, se presentan las dimensiones y peso de la caja de registro:

**Tabla 9.**  
*Dimensiones y peso de la caja de registro.*

A	54 cm
B	48 cm
C	72 ± 4cm
D	42 cm
Peso	4,4 ± 0,05 kg

Adaptado de “Ficha técnica de biodigestor Rotoplas”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

Para visualizar el esquema de la caja de registro *véase Anexo 8.*

### 3.9. Ejecución

En esta fase se procede a describir el proceso de implementación del biodigestor y los diferentes componentes e instalaciones necesarias para su correcto funcionamiento:

#### 3.9.1. Localización del biodigestor.

Para la ejecución del proyecto se procede con la implementación donde se toma en consideración recomendaciones dadas por el fabricante, donde se establece que se debe evitar colocar el biodigestor en zonas donde se dé el paso a vehículos o donde se pudieran dar posibles expansiones en el predio o construcciones tales como banquetas, jardines o

patios. En cuanto al terreno se tomó en consideración que no se trate de terrenos pantanosos, zonas de relleno, que este no sea proclive a inundaciones.

Con respecto a las distancias mínimas para el punto de descarga, existen diferentes criterios, para el caso de cuerpos de agua dulce que sirvan para abastecer a la población se recomienda una distancia de 60 m, en caso de existir pozos de agua el punto de descarga debe situarse a 30 metros de distancia, 15 m si se trata de una corriente de agua y 5m si está cerca de un predio. *Véase Anexo 9*

En el caso de este estudio, el biodigestor fue instalado en un predio unifamiliar y no se registraba cercanía con ninguno de los factores antes mencionados, motivo por el cual se determina que el punto de descarga estará situado a 5 m del predio en cuestión.

### **3.9.2. Excavación para la colocación del biodigestor.**

En cuanto al criterio de excavación se plantea un ángulo de excavación en función a los diferentes tipos de suelo, este oscila entre 45° y 60° si el suelo es blando, si es estable el ángulo estará entre 60° y 75°, finalmente si el suelo es duro, el ángulo será de 90°. *Véase Anexo 10*

En este caso el terreno dentro del predio, presenta suelo estable, motivo por el cual se recurre a un ángulo de excavación de entre 60° y 75°, entre las recomendaciones que provee el fabricante, esta dejar una pendiente que no de paso a deslaves, durante la excavación se eliminaron piedras que presentaban filos, ya que constituyen una probabilidad de daño del tanque del biodigestor.

Debido a que el nivel freático era alto, fue necesario extraer el agua bombeándola, de manera que sea posible proceder con la instalación del biodigestor, previo a la instalación del biodigestor fue necesario compactar el suelo, en este caso se lo instalo semienterrado.

### **3.9.3. Colocación y relleno del biodigestor.**

Al momento de colocar el biodigestor, se tomó las precauciones necesarias para evitar dañar las conexiones y manteniendo una posición vertical, manteniendo una distancia de 20cm con la pared de la excavación. Para el relleno es necesario, empezar incorporando la tierra extraída, hasta alcanzar una altura de 30cm, para luego llenar de agua el tanque del biodigestor en los mismos 30 cm, el proceso se repetirá hasta el punto de alcanzar la profundidad en la que estará enterrado el biodigestor, no obstante, tomando en consideración

que se experimentó un alto nivel freático fue necesario llenar el biodigestor previo al relleno.

*Véase Anexo II*

#### **3.9.4. Instalación del registro de lodos.**

Es preciso mencionar que esta cámara captará el lodo que pudiera generar el biodigestor, para este caso es necesario determinar la posición en la cual se instalará la válvula y posteriormente se realizó una excavación en la cual se colocará este registro, mismo que deberá estar a una distancia que no supere los 2m, con una pendiente de 2% para la tubería.

Este registro se caracteriza por su impermeabilidad y contar con una tapa permeable, de manera que evite que este se humedezca con la lluvia y se pueda secar, la recomendación del fabricante es colocarla sobre calzas. El registro debe contar con una dimensión que posibilite la colocación de una cubeta.

#### **3.9.5. Instalaciones hidráulicas para el biodigestor.**

La instalación hidráulica requirió de tuberías PVC, para el ensamblado de la tubería tanto de entrada como de salida, fue necesario pegarlas con pegamento, mismos que no solo las une, sino que también las sella evitando posibles filtraciones.

#### **3.9.6. Zanja de infiltración.**

Se recurre a la construcción de una zanja de infiltración con la intención de que la vegetación pueda aprovechar el agua tratada mediante el sistema de biodigestor con filtros de lechos plásticos bacterianos. Entre los criterios para el diseño de la zanja se consideró mantener una separación de al menos 1 metro entre el fondo y los niveles freáticos, en cuanto al ancho de la zanja se consideró un ancho de 0.50 m debido a la dimensión del predio, en cuanto a la longitud de la zanja se determinó que esta fuera de 3 metros y guardará una distancia de 3 metros de cualquier árbol.

#### **3.10. Cierre.**

Cuando se culminó con las instalaciones hidrosanitarias y la instalación del biodigestor, se pudo constatar que este cuenta con una funcionalidad del 100% y posterior a las pruebas realizadas al agua tratada mediante este sistema se puede evidenciar una reducción en la carga tóxica de la misma.

Es preciso abrir la válvula del biodigestor para que a través de estas fluyan los lodos que se acumulan, esta acción debe realizarse cada año y luego de realizada se debe asegurar que

esta quede cerrada hasta el próximo periodo. El lodo debe reposar en el registro al menos 2 meses para estar completamente seco.

Cabe mencionar que el agua tratada por el biodigestor con filtros de lechos plásticos bacterianos, desemboca en la zanja de infiltración para posteriormente, recalar en un canal de aguas lluvia, tomando en consideración que esta agua contiene una carga toxica dentro de los límites permisibles para su desfogue en cuerpos de agua dulce, esto según las directrices del TULSMA.

## Capítulo IV

### 4. Análisis de los resultados

#### 4.1. Análisis de resultados de la muestra de aguas residuales tratadas con el biodigestor.

Tras la implementación del biodigestor, se dio un periodo de espera de 15 días para permitir que este brinde tratamiento a las aguas residuales y proceder con la toma de muestras de aguas tratadas, misma que fue remitida al laboratorio Ingeestudios, se procedió a analizar ciertos indicadores entre los cuales resaltan los siguientes:

<b>Parametros de análisis</b>	<b>DBO es la Demanda Bioquímica de Oxígeno.</b>	Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se utiliza para medir el grado de contaminación.
	<b>DQO es la Demanda Química de Oxígeno</b>	Es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica por medios químicos y convertirla en CO <sub>2</sub> y H <sub>2</sub> O.
	<b>Coliformes fecales</b>	La presencia de bacterias coliformes es un indicio de que el agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición.
	<b>Sólidos Suspendidos Totales (SST)</b>	La cantidad de residuos retenidos en un filtro de fibra de vidrio con tamaño de poro nominal de 0.45 micras y hace referencia al material particulado que se mantiene en suspensión en las corrientes de agua superficial y/o residual
	<b>Tensoactivos</b>	Son componentes que ayudan a disolver o emulsionar sustancias insolubles en agua; aceites, grasas, suciedad

**Figura 31.** Parámetros del análisis de las muestras de aguas tratadas por el biodigestor. Adaptado de “INDUANÁLISIS”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

El caudal que se manejó en el interior del biodigestor fue de 0,02 l/s, el cual es un caudal promedio para una vivienda de 5 personas. Cabe mencionar que para el análisis de la muestra se parte de los límites referenciales de las Descargas del sistema de alcantarillado en cuerpos de agua dulce, establecidos por el TULSMA, la primera muestra tomada aproximadamente

15 días después de la instalación del biodigestor en el predio de la familia Almeida Ríos, presenta una DBO de entrada de 735.7 mg/l y una DBO de salida de 423.7 mg/l, con un porcentaje de remoción de DBO de 42.4 %, este porcentaje coincide con lo que se indica en la literatura técnica que está entre el 20 al 40 % de remoción de DBO. En lo que se refiere al cumplimiento de la DBO de salida se observa que es tres veces mayor al límite referencial que es de 100mg/l, lo que supone que el agua contiene altos niveles de contaminación.

En lo que respecta a la DQO, presenta una DQO de entrada de 1422 mg/l y una DQO de salida de 1477 mg/l, con un porcentaje de remoción de DQO negativo -3,86 %, es decir no existe ningún tipo de remoción de este parámetro en el biodigestor implementado. En lo que se refiere al cumplimiento de la DQO de salida el límite referencial es de 200 mg/l, mientras que el resultado de la muestra es de 1477 mg/l, que es 6.3 veces mayor.

La presencia de coliformes fecales de entrada es de 920000 NMP/100 ml y los coliformes fecales de salida es de 110000 NMP/100 ml, con un porcentaje de remoción de coliformes fecales de 88 %. En lo que se refiere al cumplimiento de los coliformes fecales de salida el límite referencial es de 2000 NMP/100 ml, sin embargo, en la muestra se registra 110000 NMP/100 ml, lo cual, indica que la acción del biodigestor para reducir coliformes fecales es mínima. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la primera muestra con respecto a la tabla No.9, contenida en el TULSMA:

**Tabla 10.**

*Resultados de la prueba No.1. (Sin medio de soporte plástico en el interior del biodigestor).*

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible TULSMA	Entrada de agua residual	Salida de agua residual	Porcentaje de remoción
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	100	735,7	423,7	42,4 %
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200	1422	1477	-3,86 %
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000	920000	110000	88 %
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130	700	86	87,7 %
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30	17,6	35,6	-202,3%
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,93	0,89	4,3 %

Adaptado de resultados emitidos por el laboratorio "INGEESTUDIO". Elaborado por Chávez & Freire (2021).

La presencia de aceites y grasas de entrada es de 17,6 mg/l y los aceites y grasas de salida es de 35,6 mg/l, con un porcentaje de incremento de 202,3 %, es decir no existe ningún tipo de remoción de este parámetro en el biodigestor. En lo que se refiere al cumplimiento este parámetro a la salida es el 19% superior al límite permisible que es de 30 mg/l.

Los sólidos suspendidos totales de entrada son de 700 mg/l y a la salida del biodigestor registra 86 mg/l, con un porcentaje de remoción de 87,7 %, lo cual ratifica lo que se indica en la literatura técnica que este porcentaje de remoción se encuentra entre un 70 a 90 %. En lo que se refiere al cumplimiento este parámetro a la salida es 86 mg/l que es 34% menor al límite referencial que es de 130 mg/l.

Finalmente aparecen los tensoactivos, que a la entrada con un valor de 0,93 mg/l y a la salida del biodigestor registra un valor de 0,89 mg/l, con un porcentaje de remoción de 4,3 %, el cual es un valor bien bajo. En lo que se refiere al cumplimiento este parámetro a la salida es de 0.89 mg/l, que rebaza en un 78%, el límite que es de 0.5 mg/l. Los que supone que supone que estas emisiones tienen altos niveles de contaminación. **Véase Anexo 12**

Posterior a la recepción de los resultados se procedió a instalar los lechos plásticos bacterianos, a los cuales se les dio un periodo de adaptación de aproximadamente un mes, con la finalidad de realizar la toma de nuevas muestras. Con la DBO de entrada de 735.7 mg/l y una DBO de salida de 176.5 mg/l, con un porcentaje de remoción de DBO de 76 %, este porcentaje supera el 42,4 % encontrado sin el lecho plástico interno lo cual induce a pensar la influencia positiva de adicionar este lecho. En lo que se refiere al cumplimiento de la DBO de salida se observa que, aunque hubo una reducción el valor obtenido a la salida todavía no alcanza a cumplir con el límite máximo permisible de descarga, por lo cual se requerirá igualmente de un tratamiento posterior previo a su descarga. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la segunda muestra con respecto a la tabla No.9, contenida en el TULSMA:

**Tabla 11.**

Resultados de la prueba No.2. (Con medio de soporte plástico en el interior del biodigestor).

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible TULSMA	Entrada de agua residual	Salida de agua residual	Porcentaje de remoción
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	100	735,7	176,5	76 %
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200	1422	511	64,1 %
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000	920000	940000	-2,2 %
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130	700	48	93,1 %
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30	17,6	3,5	80,1 %
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,93	3,54	-380 %

Adaptado de resultados emitidos por el laboratorio “INGEESTUDIO”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

En lo que respecta a la DQO, presenta una DQO de entrada de 1422 mg/l y una DQO de salida de 511 mg/l, con un porcentaje de remoción de DQO de 64,1 %, es decir a diferencia de cuando no se usa soporte plástico donde no había remoción de este parámetro en este caso si existe y es un buen porcentaje de remoción. En lo que se refiere al cumplimiento de la DQO de salida se observa que, aunque hubo una reducción el valor obtenido a la salida todavía no alcanza a cumplir con el límite máximo permisible de descarga, por lo cual se requerirá igualmente de un tratamiento posterior previo a su descarga.

La presencia de coliformes fecales de entrada es de 920000 NMP/100 ml y los coliformes fecales de salida es de 940000 NMP/100 ml, con un porcentaje de remoción negativo de coliformes fecales de 2,2 %. En lo que se refiere al cumplimiento de los coliformes fecales de salida el límite referencial es de 2000 NMP/100 ml, sin embargo, en la muestra se registra 940000 NMP/100 ml, lo cual, indica que la acción del biodigestor para reducir coliformes fecales es mínima, y es necesario una desinfección final usando ya sea cloro en pastillas, o hipoclorito de calcio.

La presencia de aceites y grasas de entrada es de 17,6 mg/l y los aceites y grasas de salida es de 3,5 mg/l, con un porcentaje de remoción de 80,1 %, es decir a diferencia de cuando no se usa medio de soporte plástico en donde no existe ningún tipo de remoción, si se observa remoción de aceites y grasas usando medio de soporte plástico. En lo que se refiere al

cumplimiento este parámetro a la salida es de 3,5 mg/l muy por debajo al límite permisible que es de 30 mg/l.

La concentración de sólidos suspendidos totales de entrada es de 700 mg/l y a la salida del biodigestor registra 48 mg/l, con un porcentaje de remoción de 93,1 %, el cual es mayor al encontrado cuando no se usa el medio de soporte plástico de 87,7 %. En lo que se refiere al cumplimiento este parámetro a la salida es 48 mg/l que es 63 % menor al límite referencial que es de 130 mg/l.

Finalmente aparecen los tensoactivos, que a la entrada con un valor de 0,93 mg/l y a la salida del biodigestor registra un valor de 3,54 mg/l, con un porcentaje de remoción que se incrementa a 380 %. En lo que se refiere al cumplimiento este parámetro a la salida es de 3,54 mg/l, con lo que no cumpliría con el límite de descarga a un cuerpo de agua dulce que es de 0.5 mg/l. Los que supone que estas emisiones tienen altos niveles de contaminación.

#### ***Véase Anexo 13***

Como se mencionó anteriormente la finalidad de este estudio era evidenciar la eficiencia de un biodigestor con lechos plásticos bacterianos con respecto al tratamiento de aguas residuales de una vivienda unifamiliar, donde se puede evidenciar una reducción significativa en los niveles de contaminación de las mismas.

#### **4.2. Análisis de resultados de la muestra de lodos residuales originados a partir del biodigestor.**

Para proceder con este análisis fue necesario tomar contacto con un laboratorio especializado que en este caso es el Grupo Químico Marcos, mismo que está ubicada vía a Daule, dentro del análisis se tomará en consideración indicadores tales como potencial de hidrogeno, carbono, coliformes fecales y materia orgánica. En este caso el costo de dicho análisis es de \$124.32 USD, incluido el IVA, cabe mencionar que este valor fue financiado con fondos propios. ***Véase Anexo 14***

Para proceder con este análisis es preciso contar con una conceptualización base para cada uno de los indicadores que se tomaran en consideración:

<b>Parámetros de análisis</b>	pH (Potencial de hidrogeno)	Este permite conocer los niveles de alcalinidad y acidez en el suelo. Este indicador es importante debido a que se tiene control de la actividad química y biológica, que interviene en el crecimiento de las plantas.
	Coliformes Fecales NMP/G En base seca	Nivel de contaminación ocasionada por elementos en descomposición.
	Carbono	Es un componente de la materia orgánica, las cual al ser segregada en el suelo combate el impacto generado por el aumento del CO <sub>2</sub>
	Materia orgánica	Es una parte del suelo donde se concentran capaz de tejido animal o vegetal, que ese encuentran en proceso de descomposición.

**Figura 32.** Parámetros del análisis de las muestras de lodo generado por el biodigestor. Adaptado de “Informe técnico del Grupo Químico Marcos”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

Para empezar con el análisis de caracterización de los lodos generados por el biodigestor con filtros de lechos plásticos, es preciso contar con límites permisibles o límites referenciales, donde se tienen los criterios referenciales de calidad del suelo, estipulados en “Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados”, cabe mencionar que el respeto de los parámetros estipulados en la misma, son de carácter obligatorio en todo el territorio nacional. *Véase anexo 15*

En lo que respecta a la presencia de coliformes, el análisis arroja que existen 108 NMP/100 g, este resultado está 46% menor al Límite Máximo Permisible (LMP), el cual es de 200 NMP/100 g. En cuanto a los niveles de pH, el LMP, presenta un rango que va de entre 6 – 8, en este caso, los resultados del análisis muestran un nivel de 6.89 en el pH, el cual cumple con el rango previamente indicado.

El carbono presenta dos límites uno de bajo impacto que es de 1% y el segundo que es considerado como severo y se ubica en 10%, en este caso el nivel de carbono encontrado en el lodo generado con el biodigestor, es de 0.74%, que es 26% menor al límite de efecto bajo, es decir, que está dentro de lo permitido y que colabora con la reducción de afectaciones ambientales en el entorno.

Finalmente, está el nivel de materia orgánica, se registra que este es de 1.28%, en este caso se establece como límite permisible 5%, puesto que, se parte de que el biodigestor, genera como producto final, lodo que sirve como abono orgánico, en este caso el nivel deseable es de 5%, pero los resultados permiten evidenciar que el nivel de materia orgánica es bajo. (Molina, 2020)

A continuación, se presentan los resultados del análisis en contraste con los límites máximos permisibles:

**Tabla 12.**

Análisis de caracterización de lodos del biodigestor de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.

<b>Parámetro (Unidades)</b>	<b>Método</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Coliformes fecales	9222 D	NMP/100 g	108	200
Potencial de Hidrógeno	EPA 9045D	Unidades de pH	6.89	6-8
Carbono	5310 B	%	0.74	1 % bajo - 10% severo
Materia Orgánica	PEE-GQM-FQ- 74	%	1,283	5%

Adaptado de “Informe técnico del Grupo Químico Marcos”. Elaborado por Chávez & Freire (2021).

## Conclusiones

Se cumple con el objetivo general de la investigación debido a que se pudo determinar mediante el monitoreo y evaluación de aguas residuales tratadas con un biodigestor con filtros de lechos plásticos bacterianos, que este sistema presenta altos niveles de eficiencia en cuanto a la reducción de la carga contaminante de estas aguas, tomando en consideración parámetros físicos, químicos y bacteriológicos.

Se cumple con el primer objetivo específico, puesto que, para el diseño del biodigestor se tomaron en consideración recomendaciones del fabricante donde, se establece que este debe estar a 5m del predio y a 60 de cuerpos de agua dulce, este fue instalado semienterrado, se empleó un ángulo de excavación de entre 45° y 60°, el registro de lodos, se instaló a una distancia del biodigestor que no supera los 2m. Para la descarga del agua tratada se construyó una zanja de infiltración en la cual serán descargadas las aguas residuales, mismas que deberán pasar por un sistema de cloración que se encuentra entre la zanja y el biodigestor. La zanja cuenta con un ancho de 0.50 m y una longitud de 3 m, su fondo está un metro distante del nivel freático.

Se cumple con el segundo objetivo específico, debido a que se puede observar que normalmente el lodo es espeso y negro, al momento de abrir la válvula para que el lodo digerido pase al registro, esto puede tardar entre 3 y 10 minutos, este se caracteriza por contener fracciones de materia orgánica de 1.28%, y un pH se aproxima al neutro, en este caso este es de 6.89, mientras que por otro lado, presenta 0.74% de niveles de carbono, con lo cual, se puede decir que este lodo, no puede ser usado para abono, sin embargo, debido al nivel de carbono, permite reducir el impacto ambiental en el suelo.

Se cumple con el tercer objetivo específico puesto que, se pudo determinar que la eficiencia de remoción y desempeño del biodigestor implementando en su interior filtros de lechos, puesto que, posterior a su implementación la DBO, paso de 423.7 mg/l a 176.5 mg/l, la DQO se redujo de 1477 mg/l a 511 mg/l, la presencia de tensoactivos aumentó a 3.54 mg/l, las grasas y aceites se redujeron de 35,6 a 3,5 mg/l, no obstante, se evidencia todavía un alto nivel de coliformes fecales a la salida, lo cual hace necesario que se implemente un sistema de desinfección final previo a la descarga al cuerpo de agua dulce.

Se cumple con el cuarto objetivo específico, puesto que, a través de la DBO que es un parámetro que sirve para conocer el nivel de contaminación de las aguas, se pudo determinar que este sistema tiene el potencial para reducir la carga contaminante hasta muy cerca de cumplir con el límite máximo permisible de descarga a un cuerpo de agua dulce. En lo que respecta al aire, el impacto es mínimo debido a que reduciéndose la posibilidad de filtraciones se evitan hedores producto de la descomposición y finalmente el impacto en el suelo es mínimo, puesto que, los lodos generados cuentan con niveles de carbono menores al 1%.

Se cumple con el quinto objetivo específico, puesto que, fue posible determinar que el costo de implementación de un Sistema de tratamiento compuesto de un biodigestor con filtros de lechos plástico bacteriano y zanja de infiltración en una vivienda unifamiliar, asciende a \$1.399,02 USD, donde el biodigestor tiene el valor de \$322,50 USD, el valor de los filtros de lechos plásticos bacterianos es de \$ 443,52 USD, para la implementación de este sistema se requirió contratar personal técnico cuyos honorarios eran de \$120,00 USD, además de la compra de materiales por un valor de \$87,00 USD, finalmente está el costo de los análisis realizados por un laboratorio especializado cuyo valor es de \$426,00 USD. Como se indicó anteriormente, el caudal promedio tratado fue de 0,02 l/s, si se descuenta el valor de los análisis del laboratorio (los cuales se pueden hacer para varias viviendas), se tiene que el costo total sería \$ 973,02, es decir, en el caso de un tratamiento de 1 l/s (400 personas) usando esta tecnología costaría aproximadamente \$ 48.000.

## **Recomendaciones**

Se recomienda al Estado ecuatoriano, desarrollar planes para el impulso de sistemas de evacuación de aguas servidas mediante la implementación de biodigestores con lechos plásticos bacterianos, donde se brinde subsidios para que los habitantes de zonas rurales, puedan gozar de un ambiente sano y aprovechar los desechos sólidos como medio para recuperar suelos afectados por la degradación.

Se recomienda al Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural San Juan y al gobierno autónomo descentralizado municipal, San Francisco de Pueblo Viejo, destinar los recursos económicos necesarios, para que, con base en el presente estudio se replique la implementación de estos sistemas de tratamiento de agua servidas, con la finalidad de que se preserve la salud de sus habitantes y se garantice un entorno sano.

Se recomienda al Ministerio de Ambiente, desarrollar iniciativas que posibiliten el diseño de biodigestores a partir de materiales reciclados, de manera que se abarate el costo de los mismos y así los habitantes de zonas rurales puedan acceder a este sistema, tomando en consideración que la economía de esta familia en su mayoría no es buena.

Se recomienda al Ministerio de Agricultura, crear incentivos para la producción de lodos digeridos mediante el sistema de biodigestores, de manera que estos sean empleados como medio de remediación ambiental para suelos que se ven afectados por la degradación del suelo.

Se recomienda a la familia beneficiaria hacer un uso responsable del sistema de biodigestor con filtros de lechos plásticos bacterianos, de manera que eviten lanzar papeles o cualquier material que pueda obstruir la tubería, así como también evitar encender llamas cerca del sistema, puesto que, la descomposición de los desechos sólidos hace que se libere gas metano, el cual es volátil e inflamable.

## Bibliografía

- Andrade, F., & Oscar, A. (Junio de 2018). Método inductivo y su refutación deductista. *SciELO - Scientific electronic library online*, XIV(63), 117-122. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1990-86442018000300117](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442018000300117)
- Asamblea Constituyente. (2008). *Constitución del Ecuador*. Montecristi : Ediciones Legales.
- Asamblea Nacional. (2010). *Código Orgánico Organización Territorial Autonomía Descentralización*. Quito: Oficio No. PAN-FC-010-1431.
- Asamblea Nacional. (2018). *Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica*. Quito: Registro Oficial Suplemento 418.
- Aula Natural . (15 de Diciembre de 2015). *¿Qué es un tensoactivo?* Obtenido de Aula Natural : <https://aula-natural.com/que-es-un-tensoactivo/>
- Avila, C. (2016). *Uso de Biodigestores en la industria Pecunaria*. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/66337/tesina-cav-1016.pdf?sequence=1>
- Baéz, G., & Benítez, D. (2015). *Diseño y construcción de un biodigestor tipo campana flotante con la utilización de desechos porcinos para la Finca “El Recuerdo”*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/11470/3/UPS-KT01209.pdf>
- Corona, I. (2007). *Biodigestores*. Hidalgo: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10722/Biodigestores.pdf?sequence=1>
- Fernández, M. (Marzo - Agosto de 2017). Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las centrífugas. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, LI(2), 70 - 73. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223154251011.pdf>
- GAD Parroquial de San Juan. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015 - 2019*. Pueblo Viejo. Obtenido de <http://app.sni.gob.ec/sni->

link/sni/PORTAL\_SNI/data\_sigad\_plus/sigadplusdocumentofinal/1260023860001\_PDyOT%20SAN%20JUAN%20ACTUALIZACION%202015\_18-05-2016\_08-12-31.pdf

García, G. (2016). *Diseño de un Biodigestor para el mejoramiento de las aguas residuales en la parroquia de Tumbaco ejemplificado en los barrios Tola Chica, Tola Grande y Santa Rosa*. Quito: Universidad San Francisco de Quito. Obtenido de <http://192.188.53.14/bitstream/23000/5449/1/124462.pdf>

García, G. (2016). *Investigación comercial* (Cuarta ed.). Madrid : ESIC. Obtenido de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=GoTuDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA215&dq=investigacion+descriptiva+&ots=yRPQCVG\\_IE&sig=JOs-sgevbY5aF7mqjSLDDIZVeXE#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=GoTuDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA215&dq=investigacion+descriptiva+&ots=yRPQCVG_IE&sig=JOs-sgevbY5aF7mqjSLDDIZVeXE#v=onepage&q&f=false)

Grande, I., & Abascal, E. (2017). *Fundamentos y Técnicas de investigación comercial* (Décimo tercera ed.). Madrid : ESIC. Obtenido de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=zbaaDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA19&dq=investigacion+exploratoria+&ots=U1YM3MEHuf&sig=\\_vV4OdIjhIesJKYutYSPSial4Tw#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=zbaaDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA19&dq=investigacion+exploratoria+&ots=U1YM3MEHuf&sig=_vV4OdIjhIesJKYutYSPSial4Tw#v=onepage&q&f=false)

Grijalva, M., & Gualotuña, M. (2019). *Evaluación de la eficiencia de producción de biogás en biodigestores tubulares con estiércol bovino mediante la modificación de temperatura y carga orgánica*. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21229/1/CD%2010743.pdf>

Guamanquispe, L., & Perdomo, L. (2018). *Implementación de un biodigestor para generar biogás a partir del excremento de la gallina en la granja avícola aves del Cotopaxi*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5389/1/PI-000779.pdf>

Hernández, S., & Samperio, T. (Diciembre de 2018). Enfoques de la Investigación. *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA*, VII(13), 1-36. doi: <https://doi.org/10.29057/icea.v7i13.3519>

*Historia Biogás* 6. (14 de Mayo de 2012). Obtenido de Energia Biogas: <https://energiabiogas.wordpress.com/2012/05/14/historia-biogas-6/>

Jaya, F. (2017). *Estudio de los sólidos suspendidos en el agua del Río Tabacay y su vinculación con la cobertura vegetal y usos del suelo en la microcuenca*. Cuenca:

Universidad de Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28542/1/Trabajo%20de%20titulacion%20n.pdf>

Kessler, L. (28 de Mayo de 2020). *Alessandro Volta: Una pila de vida*. Obtenido de Afinidad Electrica : <https://afinidadelectrica.com/2020/05/28/alessandro-volta-una-pila-de-vida/>

La Manna, L., & Rostagno, C. (2016). Determinaciones de granulometría en suelos volcánicos: comparación entre distintos métodos analíticos. *Repositorio Institucional CONICET Digital*, XXXIV(2), 355-364. Obtenido de [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/47079/CONICET\\_Digital\\_Nro.fcd06b75-58e6-4fec-9513-628cff673bfc\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/47079/CONICET_Digital_Nro.fcd06b75-58e6-4fec-9513-628cff673bfc_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Martí, J. (2019). *Experiencias Latinoamericanas en la implementación de estrategias para democratizar los biodigestores entre pequeños y medianos productores*. Quito: Climate Technology Centre and Network (CTCN)-UNFCCC. Obtenido de [https://www.ctcn.org/system/files/dossier/3b/del\\_1.2\\_biodigestores\\_latinoamerica\\_espanol.pdf](https://www.ctcn.org/system/files/dossier/3b/del_1.2_biodigestores_latinoamerica_espanol.pdf)

Martínez, N. (05 de Julio de 2012). *Avogadro, el gran científico italiano del siglo XIX*. Obtenido de Afinidad electrica : <https://afinidadelectrica.com/2020/05/28/alessandro-volta-una-pila-de-vida/>

Medina, M. (2010). *Optimización del tratamiento de residuos provenientes de rastro mediante digestión anaeróbica para maximizar la producción de biogas*. Querétaro: CONACYT. Obtenido de <https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/347/1/Optimizaci%C3%B3n%20del%20tratamiento%20de%20residuos%20provenientes%20de%20rastro%20mediante%20digesti%C3%B3n%20anaerobia%20para%20maximizar%20la%20producci%C3%B3n%20de%20biog%C3%A1s>.

Ministerio de Ambiente . (2017). *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente*. Quito: LEXIS FINDER.

Molina, E. (5 de Junio de 2020). *Análisis de suelos y su interpretación* . Obtenido de Animo Grow:

<http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>

Moncayo, G. (06 de Junio de 2017). *¿Qué es un biodigestor?* Obtenido de Aqua Limpia : <https://www.aqualimpia.com/2017/08/09/que-es-un-biodigestor/>

Montiel, J. (2001). *Los filtros biológicos aerobios como una alternativa para aumentar la eficiencia de las lagunas de oxidación*. Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/76593773.pdf>

OKDIARIO . (25 de Julio de 2018). *¿Qué es y cómo funciona un biodigestor?* Obtenido de OKDIARIO : <https://okdiario.com/curiosidades/que-como-funciona-biodigestor-2777614>

Orellana, P. (13 de Diciembre de 2020). *Método analítico*. Obtenido de Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/metodo-analitico.html#>

Ortega, J. (2017). *Cómo se genera una investigación científica que luego sea motivo de publicación*. *Journal of the Selva Andina Research Society*, Journal of the Selva Andina Research Society. Obtenido de [http://www.scielo.org.bo/pdf/jsars/v8n2/v8n2\\_a08.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/jsars/v8n2/v8n2_a08.pdf)

Peláez, J. (2020). *Diseño de un biodigestor anaeróbico discontinuo para la producción de biogás en zonas de bajos recursos económicos de Jipijapa*. Manabí: Universidad Estatal del Sur de Manabí. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2130/1/Presentacion%20%20Jos%20c3%a9%20Miguel%20Pel%20c3%a1ez%20Merch%20c3%a1n.pdf>

Roberti, L. (2 de Diciembre de 2018). *Tecnología de Agua y Saneamiento*. Obtenido de SSWM: <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/filtraci%C3%B3n-de-bioarena>

Roy, E., & Navaz, M. (2017). *Biodigestores, biofiltros y pulperos*. Cajamarca: Ingeniería sin fronteras. Obtenido de <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2017/04/Informe-t%C3%A9cnico-sistemas-tratamiento-y-aprovechamiento-residuos-caf%C3%A9.pdf>

Salas, J. (5 de 11 de 2018). *Lechos bacterianos: una tecnología robusta, pero un tanto olvidada*. Obtenido de iagua: <https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-salas/lechos-bacterianos-tecnologia-robusta-pero-tanto-olvidada>

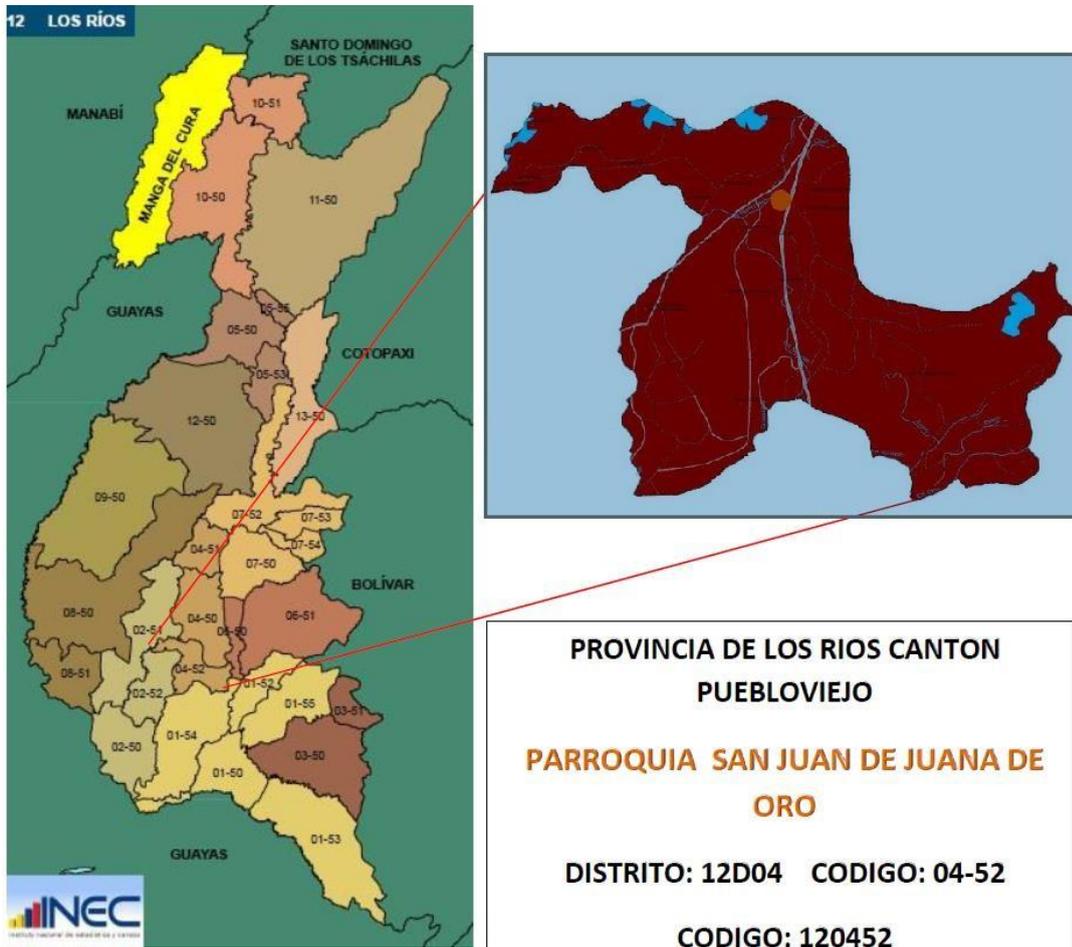
Sanfeliciano, A. (10 de Septiembre de 2018). *Diseños de investigación: enfoque cualitativo y cuantitativo*. Obtenido de La mente es maravillosa : <https://lamenteesmaravillosa.com/disenos-de-investigacion-enfoque-cualitativo-y-cuantitativo/>

SENPLADES . (2017). *Plan Nacional de Desarrollo Toda Una Vida 2017 – 2021*. Quito : Ediciones Legales .

Significados.com. (10 de Diciembre de 2019). *Método inductivo*. Obtenido de Significados.com: <https://www.significados.com/metodo-inductivo/>

## Anexos

Anexo 1. Mapa político de la Parroquia rural San Juan.



*Anexo 2. Actividad económica principal*



Anexo 3. Cotizaciones del tanque del biodigestor – Megakiwi

COMERCIAL KYWI S.A.  
 RUC 1790041220001  
 Matriz : AV. 10 DE AGOSTO N24-59 Y LUIS CORDERO  
 QUITO Telf: 023987900  
 AGENCIA 33 (MEGA SAMBORONDON) Telf: 044545531 044545581  
 Sucursal : KM 9 VIA SAMBORONDON CIUDAD CELESTE  
 Señor(es):FREIRE BURGOS JUAN  
 Código: 888885-000000  
 Dirección: SAUCES 2  
 Ciudad : GUAYAQUIL Telf. :0967085221

CONTRIBUYENTE ESPECIAL-RESOL. SRI 5368  
 P R O F O R M A D O L A R E S  
 DOCUMENTO SIN VALOR COMERCIAL  
 GUAYAQUIL

RUC : 1204158917  
 Vend: USUARIO CONSULTAS  
 Fecha de Emision 04/FEB/2021 PAG. 1/1

CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	P.UNITARIO	TOTAL
191949	TANQUE BIODIGESTOR 600LT C/ACC ROTOPLAS	1	376,92	376,92

SUBTOTAL 376,92  
 DESCUENTO 0,00  
 TOTAL 376,92

Vta.tarifa 12%	Vta.tarifa 0%	Total Vta.Neta	IVA Tar. 12%	IVA Tar. 0%	TOTAL A PAGAR
336,54	0,00	336,54	40,38	0,00	376,92

Esta proforma tiene validez solo con el nombre, firma del vendedor y sello de COMERCIAL KYWI S.A.  
 En el caso de existir cambios de precios por nuestros proveedores y/o modificaciones cambiarias oficiales que afecten al costo de la mercadería, nos veremos obligados a actualizar precios en el momento de la facturación previo su conocimiento.

Los precios unitarios de esta proforma \*\* SI incluyen I.V.A. \*\*  
 GUAYAQUIL , 04 de FEB 2021

FREIRE BURGOS JUAN

FIRMA : \_\_\_\_\_  
 ESTABLECIMIENTO

FIRMA : \_\_\_\_\_  
 CLIENTE

Anexo 4. Cotización del tanque del biodigestor – Comercial Ginatta.



COMERCIAL GINATTA S.A.  
 RUC 0990003831001  
 Teléfono.: 5008800  
 C.C Plaza Proyecto Local 8, Junto al Municipio  
 de Samborondon  
 Guayaquil - Ecuador  
 rpenia@comercialginatta.com  
 ventaginatta@comercialginatta.com

Cliete: COMERCIAL GINATTA SA  
 RUC/CI: 0990003831001  
 Dirección: AV JUAN TANCA MARENGO KM 2 S Y AGUSTIN F. TARQUI (GUAYAQUIL)  
 Obra:  
 Teléfono: 46026520  
 Fecha: Guayaquil, 18-febrero-2021

COTIZACION No.: 218001105

COMERCIAL GINATTA S. A. se complace en presentar la siguiente oferta, según su requerimiento

CANT	UM	ITEM	DESCRIPCION	PVP	%Dcto	PVP-DES	SUBTOTAL
1	UN	04400	<u>ROTOPLAS BIODIGESTOR 600LT NAC FULL EQUIPO</u> MARCA : ROTOPLAS CAPACIDAD: 600LTRS MEDIDAS: 1,44ALT. X 0,96 mtrs DIAM. INCLUYE ACCESORIOS AROS DE PET CAJA DE REGISTRO DE LODOS * (Aplica solo para capacidades de 600lt y 1300lt.)	350,00	5	332,50	332,50

Total Bruto:	\$ 350,00
Descuento:	\$ 17,50
Subtotal:	\$ 332,50
Iva 12%:	39,90
TOTAL:	\$ 372,40

Condiciones de la Oferta

VALIDEZ DE LA OFERTA: 16 DIAS

Juan Andres Freire

ATENTAMENTE:  
 PEÑA DE JANON ROSA DELIA  
 ASESOR (A) DE PROYECTOS

Anexo 5. Cotización de filtros de lechos plásticos bacterianos – SOLUAQUA



FACTURA

No.001-002-000000363

Emisor: SOLUCIONES AQUICOLAS S.A.  
 RUC: 0992629509001  
 Matriz: Av. Samborondón km 14.5- ALMAX 2- Mz 4  
 Oficina 2  
 Correo: contabilidad@soluaqua.com  
 Teléfono: 0982707250  
 Obligado a llevar contabilidad: SI  
 Agente de Retención  
 Resolución Nro. NAC-DNCRASC20-00000001

Número de Autorización:  
 1802202101099262950900120010020000003631637307916

Fecha y hora de Autorización:  
 18/02/2021 11:30:12

Ambiente: PRODUCCION

Emisión: NORMAL

Clave de Acceso:



1802202101099262950900120010020000003631637307916

Razón Social: FREIRE BURGOS JUAN ANDRES

RUC/CI: 1204158917001

Dirección: Babahoyo

Teléfono: 0967085221

Fecha Emisión: 18/02/2021 Guía Remision: 001-002-000000041

Correo: Elvis\_chavezgarces@yahoo.com, Tercero civila11@hotmail.com

Código Principal	Cantidad	Descripción	Detalles Adicionales	Precio Unitario	Descuento	Total
0703003	2.00	FILTRO MBBR (CADA SACO 0.1M <sup>3</sup> )		198.0000	\$0.00	\$396.00

Información Adicional

Descripción: JUAN BURGOS FACT# 363 FILTRO MEDIA MBBR  
 Tiempo de Entrega: INMEDIATO

Formas de pago

Otros con Utilización del Sistema Financiero: \$443.52 0 días

Subtotal Sin Impuestos:	\$396.00
Subtotal 12%:	\$396.00
Subtotal 0%:	\$0.00
Subtotal No Objeto IVA:	\$0.00
Descuentos:	\$0.00
ICE:	\$0.00
IVA 12%:	\$47.52
Servicio 19%:	\$0.00
Valor Total:	\$443.52

Anexo 6. Cotización de servicio de análisis de calidad del agua – Laboratorio Ingeestudio.

	COTIZACIÓN	2021-018
---	------------	----------

RUC: 0992794879001  
 Validez de la oferta: 30 días  
 Guayaquil, 10 de marzo del 2021

RUC/C.I.:  
 Sr. (ee):  
 Atención: **Juan Freire**  
 Dirección:  
 Ciudad.

SERVICIOS DE ANÁLISIS <sup>1</sup>					
PARÁMETRO	MÉTODO	PROCEDIMIENTO	PRECIO/ ANÁLISIS (USD)	CANTIDAD	TOTAL (USD)
**DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/l) <sup>2</sup>	SM 5220 D PE 1.4	PE 1.4	\$25.00	3	\$75.00
**Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	\$25.00	3	\$75.00
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	Método gravimétrico	PE 1.8	\$22.00	3	\$66.00
Coliformes fecales	Standards methods for the examination of waters and wastewater – Método de Tubos múltiples 9221 E 9221 C y 9223 B	PE 1.23	\$25.00	3	\$75.00
tensoactivos	Hach	PE	\$15.00	3	\$45.00
Aceite y Grasas	Soxhlet	PE 1.23	\$30.00	3	\$90.00
<b>Subtotal</b>					<b>\$426.00</b>
<b>Descuento 10%</b>					<b>\$42.60</b>
<b>Subtotal</b>					<b>\$383.40</b>
<b>IVA 12%</b>					<b>\$46.01</b>
<b>Total</b>					<b>\$426.00</b>

NO INCLUYE TOMA DE MUESTRA  
 INFORMACIÓN ADICIONAL:

TIPO DE MUESTRA

Agua cruda  Agua de pozo  Agua residual  Agua potable   
 Otra: \_\_\_\_\_

ORIGEN DE LA MUESTRA

Proporcionada por el cliente  Tomada por el Laboratorio

NOTAS:

\*\* Parámetro acreditado

1 El cliente NO proporciona normativa de referencia para comparativa de resultados

2 El parámetro de DBO5 es medido en un periodo de 5 días SM 5210 B PE

**CONDICIONES GENERALES:**

A. La(s) muestra(s) que ingresen al laboratorio, proporcionadas por el cliente/solicitante, debe(n) seguir las recomendaciones establecidas a continuación:

*Acorde a normas nacionales e internacionales. En caso de muestreo por parte del cliente, el mismo es responsable de su manejo, preservación y envío hasta nuestras instalaciones. De ser el caso, favor aplicar las siguientes recomendaciones:*

- *Enviar en un volumen de muestra recomendable de 1 LT por punto*
- *Para ensayos subcontratados enviar un volumen de muestra adicional de 1 LT por punto.*
- *Envasar en recipientes plásticos o de vidrio sellados y bien etiquetados*
- *Refrigerar*
- *Proteger de la luz solar durante el transporte*
- *Enviar la muestra al laboratorio inmediatamente una vez muestreado o hasta un máximo de 6 horas*

B. Las muestras proporcionadas por el cliente/solicitante que ingresan al laboratorio, luego de las 15:00 horas son consideradas muestras del día siguiente

C. Las muestras una vez analizadas, son almacenadas en el laboratorio por un periodo de 4-5 días a partir de la emisión del informe de resultados, cuando sea aplicable.

D. Para la realización del trabajo, el cliente/solicitante declara haber leído, entendido y aceptado todas las condiciones indicadas en la presente oferta, a través de los siguientes medios: emisión de orden de compra o de servicio a nuestro favor, remisión con la firma del cliente en la cotización, aprobación de la cotización vía correo electrónico, ingreso de muestras, pago de factura.

E. En el caso de requerir los servicios de toma de muestra, notificar con 24 horas de anticipación.

F. En el caso de retiro de muestras, notificar 24 horas de anticipación.

G. INGEEESTUDIOS S.A. no hace responsable de las actividades de subcontratación de ensayos, cuando éstos son seleccionados por el cliente/solicitante.

**FORMAS DE PAGO:**

Previo a la realización del trabajo, el cliente/solicitante deberá abonar el 50% del costo total de la oferta, en efectivo, ya sea por depósito, transferencia electrónica o cheque a nombre de INGEEESTUDIOS S.A.

**TIEMPOS DE ENTREGAS:**

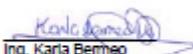
El tiempo de entrega de los informes de resultados será de 7-10 días laborales a partir de la recepción de la(s) muestra(s) y pago final del servicio.

**CONFIDENCIALIDAD E IMPARCIALIDAD :**

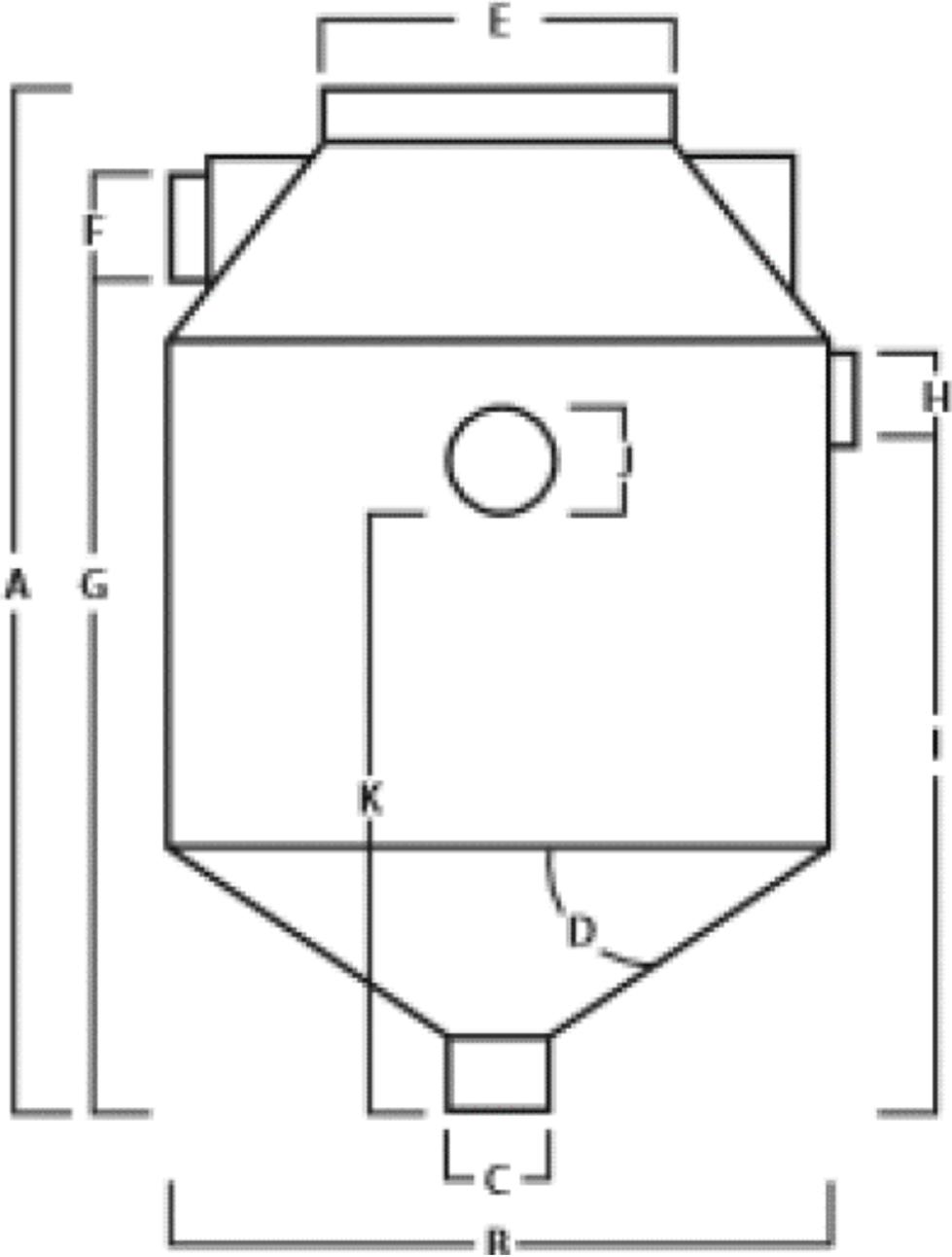
INGEEESTUDIOS S.A. declara estar libre de presiones comerciales, financieras, laborales, u otras que pueda afectar la imparcialidad del servicio. Así mismo, el laboratorio se hace responsable de todas las actividades necesarias para la realización del presente trabajo, incluyendo los subcontratos, previamente aceptados.

INGEEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.

Atentamente,

  
Ing. Karla Bermeo  
Asistente de Calidad  
Ingeestudios S.A.

Anexo 7. Esquema del biodigestor Rotoplas



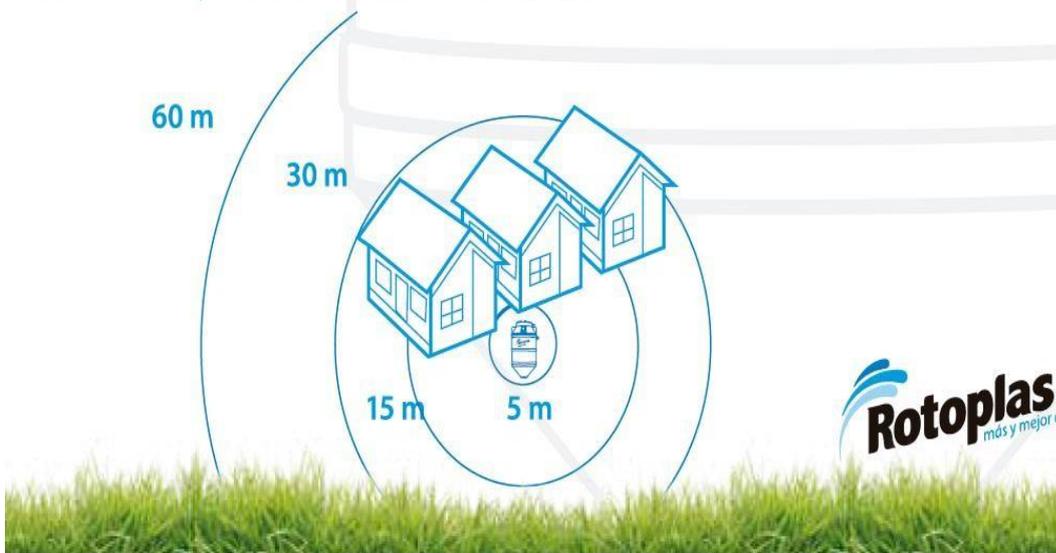
Anexo 8. Esquema de la caja de registro



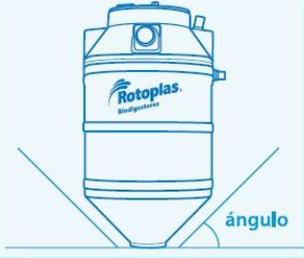
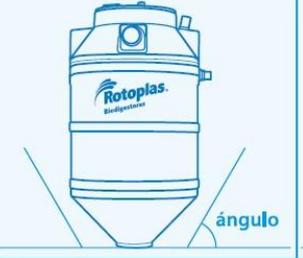
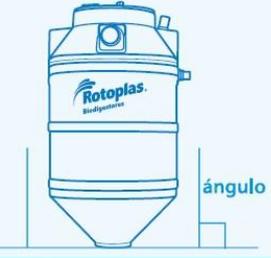
Anexo 9. Distancia mínima recomendada al punto de descarga.

### Distancias mínimas recomendadas al punto de descarga

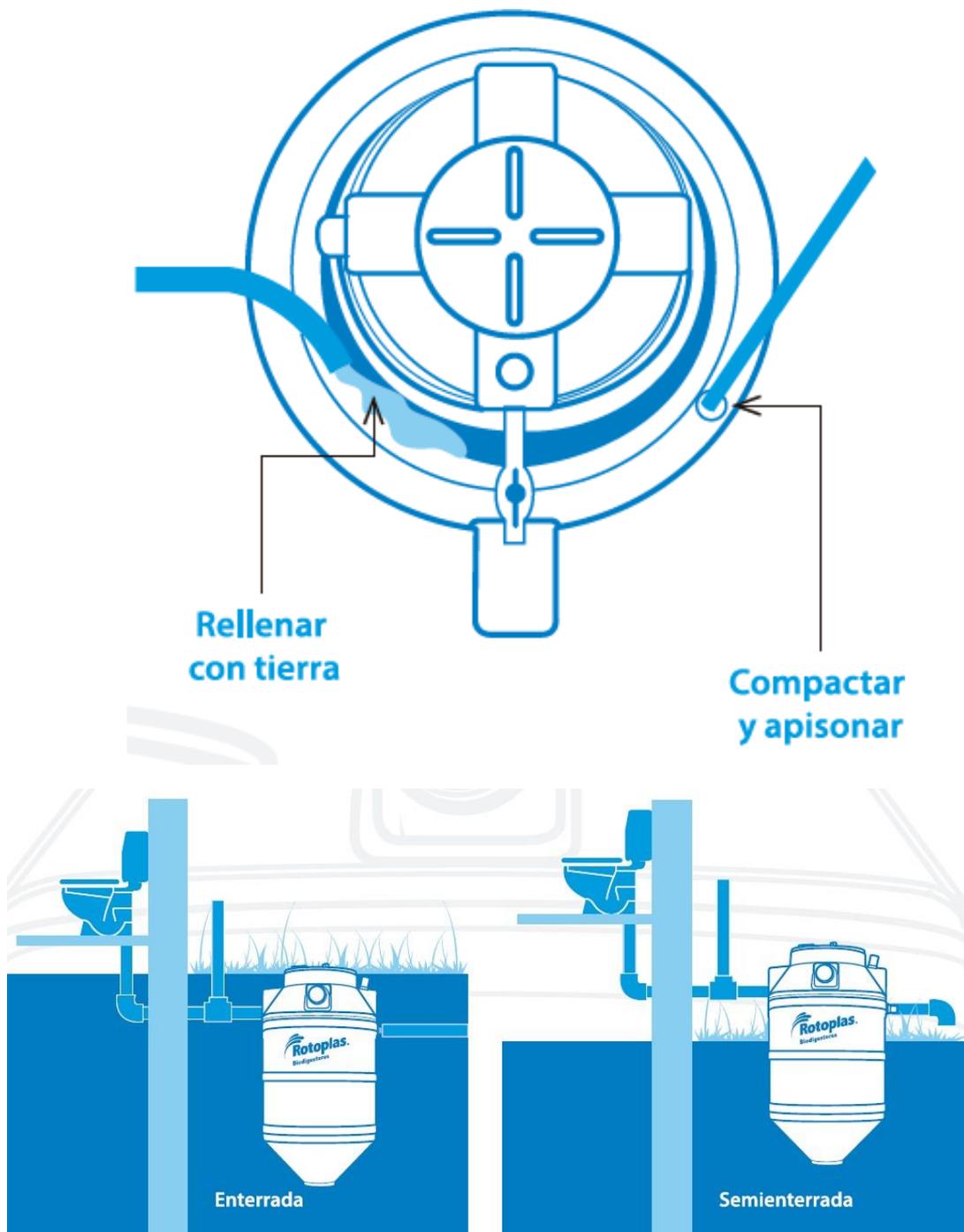
60 m	Distancia a embalses o cuerpos de agua utilizados como fuente de abastecimiento.
30 m	Distancia de pozos de agua.
15 m	Distancia a corrientes de agua.
5 m	Distancia a la edificación o predios colindantes.



*Anexo 10. Ángulo de excavación en función al tipo de suelo.*

Expansión	Alto-Medio	Bajo	Nulo
Tipo de suelo	Suelo plástico blando o rocoso inestable	Suelo estable o tepetate	Suelo duro roca
Ángulo de excavación	 <p>ángulo</p>	 <p>ángulo</p>	 <p>ángulo</p>
	Entre 45 y 60 grados	Entre 60 y 75 grados	90 grados

Anexo 11. Colocación y relleno del biodigestor



Anexo 12. Resultados de la muestra tomada tras implementación del biodigestor.



INFORME DE RESULTADOS							No.0082-21
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 2021/03/19 <b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b> Empresa : INDEPENDIENTE Dirección : Babahoyo Solicitado por : Ing. Juan Freire		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b> Tipo de Muestra : Simple Identificación de la muestra : Agua residual (Salida) (Agua residual) Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2175:2013 Fecha de Toma : 2021/03/12 Responsable toma de muestra : El Cliente Hora : 08:00 simple Fecha de Ingreso : 2021/03/12					
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b> F.Inicio del Análisis : 2021/03/12 T°C : 24,1 F.Fin del Análisis : 2021/03/17 %H : 69,5							
RESULTADOS							
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia	
**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	423.7	12%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100	
**Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	1477	15%	SM 5220 D PE 1.4	PE 1.4	200	
Coliformes Fecales	NMP/100ml	110000	-	Standard Methods 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos múltiples)	PE 1.23	2,000	
Sólidos Totales (SST)	mg/l	86.0	-	Standard methods - Método gravimétrico	PE 1.8	130	
Aceites y Grasas	mg/l	35.6	-	Standard methods 5520 D Extracción por Soxhlet	PE 1.12	30	
Tensoactivos	mg/l	0.89	-	HACH - Método 8028 Cristal violeta	PE 1.6	0,6	

  
**Ing. Mario Márquez**  
 Jefe del Laboratorio

**NOTAS:**

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
  2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
  3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAB.
  4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
  5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo I - Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del ambiente 2015)
- (\*\*) Parámetro incluido en el alcance de acreditación solicitado al SAB (Servicio de Acreditación Ecuatoriano).  
 (U\*) Incertidumbre de medida

Anexo 13. Resultados de la muestra tomada tras implementación de los filtros de lechos plásticos bacterianos.



INFORME DE RESULTADOS							No.0128-21
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 2021/04/21 <b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b> Empresa : INDEPENDIENTE Dirección : Babahoyo Solicitado por : Ing. Juan Freire		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b> Tipo de Muestra : Simple Identificación de la muestra : Agua residual (Salida) (Agua residual) Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013 Fecha de Toma : 2021/04/12 Responsable toma de muestra : El Cliente					
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b> F.Inicio del Análisis : 2021/04/12 TPC : 27,8 F.Fin del Análisis : 2021/04/17 %H : 61,1		Hora : 08:00 simple Fecha de Ingreso : 2021/04/12					
RESULTADOS							
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia	
**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	176,5	12%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100	
**Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	511	15%	SM 5220 D PE 1.4	PE 1.4	200	
Coliformes Fecales	NMP/100ml	940000	-	Standard Methods 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos múltiples)	PE 1.23	2.000	
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/l	48,0	-	Standard methods - Método gravimétrico	PE 1.8	130	
Acetres y Grasas	mg/l	3,50	-	SM 5520 D Extracción por Goldfish	PE 1.32	30	
Tensoactivos	mg/l	3,54	-	HACH - Método 8028 Cristal violeta	PE 1.6	0,6	

Elaborado: Ingeestudios, ROBERTO ESPINOSA MARCHANTE GALLARDO  
 Fecha: 2021/04/28 a las 12:00:00  
 Ubicación: Informe de resultados  
 Ubicación: Babahoyo

**Ing. Mario Márquez**  
 Jefe del Laboratorio

**NOTAS:**

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo.
  2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
  3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
  4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
  5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo I - Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del ambiente 2016)
- (\*) Parámetro incluido en el alcance de acreditación solicitado al SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriano).  
 (U\*) Incertidumbre de medida

Anexo 14. Cotización Análisis de lodos generados por el biodigestor – Grupo Químico Marcos.

 <p>Grupo Químico Marcos Laboratorio Ambiental Acreditado ISO 17 025</p>		<p><b>FACTURA</b> No. <b>001-002-000016142</b> NÚMERO DE AUTORIZACIÓN 0406202101099131531400120010020000161420001614215 FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN 04/06/2021 15:39:59 AMBIENTE: PRODUCCION EMISIÓN: NORMAL CLAVE DE ACCESO</p>  <p>0406202101099131531400120010020000161420001614215</p>		
<p>R.U.C.: 0991315314001 GRUPO QUIMICO MARCOS C. LTDA GRUQUIMAR Dr. Matriz: KM. 11,5 VIA DAULE C.C. P.CALIF. II BLD-41 Teléfonos: 042-103390(2) / 042-103825(35) Página Web: www.grupoquimicomarcos.com Contribuyente Especial Resolución Nro.: NO OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI Agente de Retención Resolución No. 1</p>				
<p>Razón Social / Nombres y Apellidos: FREIRE BURGOS JUAN ANDRES RUC / CI: 1204158917</p>		<p>Fecha Emisión: 04/06/2021</p>		
Cant	Descripción	Precio Unitario	Descuento	Precio Total
1	POTENCIAL DE HIDROGENO	15.0000	0.00	15.00
1	CARBONO	30.0000	0.00	30.00
1	COLIFORMES FECALES	26.0000	0.00	26.00
1	MATERIA ORGANICA	40.0000	0.00	40.00
<p><b>Información Adicional</b> DIRECCION Tarquí / S/N TELEFONO 2596500 MAILCLIENTE juancito-1@hotmail.es SERVICIO Servicio de Análisis Ambientales de los Parámetros Solicitados Ordenes De Trabajo 83809 OBSERVACION .</p>		<p>SUBTOTAL 12% 111.00 SUBTOTAL 0% 0.00 SUBTOTAL SIN IMPUESTO 111.00 TOTAL DESCUENTO 0.00 SUBTOTAL 111.00 IVA 12% 13.32 VALOR TOTAL 124.32</p>		
<p>Son: CIENTO VEINTICUATRO, 32/100 US DOLARES AMERICANOS.</p>				
Forma de Pago	Valor	Plazo	Tiempo	
OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	124.32	5	dias	

Anexo 15. Los criterios referenciales de calidad del suelo

Parámetro	Unidades (Concentración en peso seco de suelo)	Valor
<b>Parámetros Generales</b>		
Conductividad	dS/m	2
pH		6 a 8
Relación de Adsorción de Sodio (Índice SAR)		4
<b>Parámetros inorgánicos</b>		
Arsénico (inorgánico)	mg/kg	5
Azufre (elemental)	mg/kg	250
Bario	mg/kg	200
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	1
Cadmio	mg/kg	0.5
Cobalto	mg/kg	10
Cobre	mg/kg	30
Cromo Total	mg/kg	20
Cromo VI	mg/kg	2.5
Cianuro (libre)	mg/kg	0.25
Estaño	mg/kg	5
Flúor (total)	mg/kg	200
Mercurio	mg/kg	0.1
Molibdeno	mg/kg	2
Níquel	mg/kg	20
Plomo	mg/kg	25
Selenio	mg/kg	1
Vanadio	mg/kg	25
Zinc	mg/kg	60
<b>Parámetros orgánicos</b>		
Benceno	mg/kg	0.05
Clorobenceno	mg/kg	0.1
Etilbenceno	mg/kg	0.1
Estireno	mg/kg	0.1
Tolueno	mg/kg	0.1
Xileno	mg/kg	0.1
PCBs	mg/kg	0.1
Clorinados Alifáticos (cada tipo)	mg/kg	0.1
Clorobencenos (cada tipo)	mg/kg	0.05
Hexaclorobenceno	mg/kg	0.1
Hexaclorociclohexano	mg/kg	0.01
Fenólicos no clorinados (cada tipo)	mg/kg	0.1
Clorofenoles (cada tipo)	mg/kg	0.05
Hidrocarburos totales	mg/kg	0.5
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) cada tipo	mg/kg	0.1

Anexo 16. Análisis de lodos generados por el biodigestor con filtros de lechos plásticos bacteriano.



**INFORME DE ENSAYOS**  
N° 83809-1



8380905312021000000 Ilima

---

**FREIRE BURGOS JUAN ANDRÉS**  
Representante Legal: ---  
Dirección: Tarqui / S/N, Tel. 2596500  
Atención : Ing. Juan Andres Freire

Guayaquil, 2021-06-08

---

**DATOS DE LA MUESTRA**

**Punto e identificación de la Muestra:** Lodo del biodigestor de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas

**Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra:** 2021/05/31 / 08:30 / La Pitaya - Parroquia San Juan - Cantón Pueblo Viejo

**Fecha/Hora Recepción Muestras:** 2021/05/31 / 11:39

**Matriz de la muestra:** Lodos

---

**INORGANICOS NO METALES**

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Potencial de Hidrógeno (1)	6,89	Unidades de pH	0,22	EPA 9045D	2021/05/31 NS

**MICROBIOLOGÍA**

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Coliformes fecales (1)	108	NMP/100 g	---	9222 D	2021/05/31 SP

**FISICOQUIMICOS**

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Carbono (1)	0,74	%	---	5310 B	2021/06/08 FM
Materia Orgánica (1)	1,283	%	0,313	PEE-GQM-FQ-74	2021/06/04 JV

**SIMBOLOGÍA:**

---	E.P.A. Environmental Protection Agency	V.M.B. Valor Máximo Referencial
<LD Menor al Límite Detectable	P.E.E. Procedimiento específico de ensayo de GQM	C.C. Criterios de Calidad
N.E. No efectuado	G.R. Grados de Restricción	V.M. Valor Máximo
S.M. Standard Methods	L.M.P. Límite Máximo Permisible	V.M.P. Valor Máximo Permisible
U K=2 Incertidumbre Nivel de Confianza 95,45%	V.L.P. Valor Límite Permisible	

**NOMENCLATURA:**

(1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.  
 (2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM  
 (3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.  
 (4) Parámetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en [www.acreditacion.gob.ec](http://www.acreditacion.gob.ec)

**IMPORTANTE:**  
 Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.  
**DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:**  
 La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a GQM previo a su monitoreo o recepción.  
 Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.

Parque California 2 Local D-41 Km. 11,5 vía a Daule  
 042-103390(2) / 042-103825(35) / 0998-286653  
[www.grupoquimicomarcos.com](http://www.grupoquimicomarcos.com)  
 Guayaquil - Ecuador

MC7.801-03

Página 1 de 2



**FREIRE BURGOS JUAN ANDRES**  
 Representante Legal: —  
 Dirección: Tarqui / S/N, Tel. 2596500  
 Atención : Ing. Juan Andras Freire

Guayaquil, 2021-06-08

**DATOS DE TOMA / RECEPCIÓN DE MUESTRA**

<b>Punto e Identificación de la Muestra:</b>	Lodo del biodigestor de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas
<b>Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra:</b>	2021/05/31 / 08:30 / La Pitaya - Parroquia San Juan - Cantón Pueblo Viejo
<b>Fecha/Hora Recepción Muestras:</b>	2021/05/31 / 11:39
<b>Matriz de la muestra:</b>	Lodos
<b>Responsable de Toma de Muestra / Tipo de Muestra:</b>	CLIENTE / Juan Freire - Elvis Chávez / Puntual
<b>Duración de Actividad:</b>	---
<b>Coordenadas Geográficas:</b>	---
<b>Norma Técnica Aplicada:</b>	No Aplica
<b>Temperatura de Recepción de Muestra (Equipo):</b>	8,5 °C / El-174
<b>Condiciones Ambientales del Monitoreo:</b>	CUANDO EL MUESTREO ES REALIZADO POR GQM, LOS DATOS SE REGISTRAN EN SU ACTA DE TOMA DE MUESTRAS QUE ESTA A DISPOSICIÓN DEL CUENTE.

Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

**MEMORIA FOTOGRÁFICA**



Digitally signed by  
**FERNANDO LUIS MARCOS VACA**  
 Date: 2021-06-08 20:18:59-05:00

**Q.F. FERNANDO MARCOS V.**  
 Director Técnico

Digitally signed by  
**LAURA MERCEDES YANQUI MOREIRA**  
 Date: 2021-06-08 20:18:59-05:00

**Q.F. LAURA YANQUI M.**  
 Coordinadora de calidad

**¡IMPORTANTE!**

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

**INCERTIDUMBRE DE MUESTRO/TOMA DE MUESTRA:**

En caso de ser requerida, se encuentra disponible como una desviación de repetibilidad.

**DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:**

La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionado por el cliente a GQM previa a su monitoreo o recepción. Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.