



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE  
GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**MODALIDAD COMPLEXIVO PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO**

**DE**

**INGENIERO CIVIL**

**CASO DE ESTUDIO**

**DESEMPEÑO DE LOS BIODIGESTORES CON FILTROS DE LECHOS  
PLÀSTICO BACTERIANOS EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA  
RESIDUAL DOMESTICA DE UNA VIVIENDA DE UNA SOLA FAMILIA**

**AUTOR**

**JOSEPH CORONEL CEDEÑO**

**GUAYAQUIL**

**AÑO 2024**

# CERTIFICADO DE SIMILITUD

**Proyecto Coronel**

---

**INFORME DE ORIGINALIDAD**

---

<b>6%</b>	<b>3%</b>	<b>2%</b>	<b>4%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

**FUENTES PRIMARIAS**

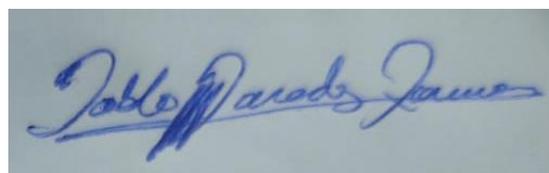
---

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil</b>	<b>3%</b>
	Trabajo del estudiante	
<b>2</b>	<b>repositorio.ug.edu.ec</b>	<b>1%</b>
	Fuente de Internet	
<b>3</b>	<b>idoc.pub</b>	<b>1%</b>
	Fuente de Internet	
<b>4</b>	<b>www.emapag-ep.gob.ec</b>	<b>1%</b>
	Fuente de Internet	

---

Excluir citas      Activo      Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía      Activo



# ÍNDICE

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.1.1. Antecedentes históricos .....	1
1.1.2. Antecedentes referenciales .....	2
1.2. Objetivos .....	4
1.2.1. Objetivo general .....	4
1.2.2. Objetivos Específicos.....	4
1.3. Planteamiento del problema .....	4
II. ANÁLISIS .....	6
2.1. Metodología.....	6
2.2. Análisis de la producción de lodos .....	7
2.2.1. Lodos residuales .....	7
2.2.2. Biodigestor.....	7
2.3. Criterios para comprobar la disminución del impacto ambiental.....	9
2.3.1. Límites referenciales según el TULSMA.....	11
III. PROPUESTA .....	14

3.1. Descripción.....	14
3.2. Objetivo .....	14
3.3. Identificación de costos .....	14
3.4. Desarrollo del plan piloto para la implementación .....	16
3.5. Proceso de implementación .....	16
3.5.1. Localización.....	16
3.5.2. Proceso de excavación para colocar el biodigestor.....	17
3.5.3. Proceso de colocación y relleno.....	18
3.5.4. Proceso de instalación de cámara para registro de lodos.....	19
3.5.5. Proceso de instalaciones hidráulicas .....	19
3.5.6. Construcción de una zanja de infiltración.....	20
3.6. Análisis de resultados del biodigestor aplicado para tratar la muestra de aguas residuales.....	20
3.7. Análisis de resultados del biodigestor utilizado en la muestra de lodos residuales.....	24
IV. CONCLUSIONES .....	26
4.1. Conclusiones.....	26
4.2. Recomendaciones .....	27
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
ANEXOS .....	33

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Parámetros de análisis de la producción de lodo.....	8
<b>Tabla 2</b>	Criterios referenciales de calidad del suelo .....	9
<b>Tabla 3</b>	Parámetros de análisis 2.....	10
<b>Tabla 4</b>	Tabla 8. límites de descarga al sistema de alcantarillado público .....	11
<b>Tabla 5</b>	Tabla 9. límites de descarga a un cuerpo de agua dulce .....	12
<b>Tabla 6</b>	Tabla 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua marina.....	13
<b>Tabla 7</b>	Costos de implementación .....	15
<b>Tabla 8</b>	Lista de los materiales.....	15
<b>Tabla 9</b>	Primera toma de muestras .....	21
<b>Tabla 10</b>	Segunda toma de muestras .....	22
<b>Tabla 11</b>	Análisis de lodos del biodigestor.....	25

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Distancia mínima recomendada al punto de descarga.....	17
<b>Figura 2</b>	Ángulo de excavación en relación al suelo .....	18
<b>Figura 3</b>	Colocación y relleno del biodigestor.....	18
<b>Figura 4</b>	Esquema de la caja de registro .....	19

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Cotización Análisis de lodos .....	33
<b>Anexo 2.</b> Criterios referenciales de la calidad que debe de tener el suelo.....	34
<b>Anexo 3.</b> Tabla 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público .....	35
<b>Anexo 4.</b> Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	36
<b>Anexo 5.</b> Tabla 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua marina .....	37

## I. INTRODUCCIÓN

En Ecuador, se distinguen claramente las áreas urbanas de las rurales, siendo estas últimas el escenario de diversas necesidades fundamentales. Entre estas, destaca la imperiosa demanda de sistemas de alcantarillado público. Ante esta carencia, muchas comunidades optan por la instalación de pozos sépticos como una solución para el tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, esta alternativa común conlleva riesgos, ya que, al ser compartida por múltiples familias en un mismo sector, la sobrecarga ocasional puede resultar en filtraciones de desechos que contaminan tanto el suelo como los cuerpos de agua cercanos.

En este contexto, es crucial reconocer las repercusiones negativas en la salud de los habitantes de estas zonas, quienes enfrentan regularmente problemas de salud derivados de la exposición a estos sistemas de tratamiento de aguas residuales. Por ende, surge la necesidad de proponer una alternativa ecológica que no solo proteja la salud de la población, sino que también promueva un entorno habitable y una calidad de vida digna. La implementación de biodigestores se plantea como una solución viable, ya que estos sistemas aprovechan los desechos orgánicos para la producción de gas natural o abono, al tiempo que reducen las emisiones contaminantes.

En este sentido, este estudio se centra en analizar la eficacia de la instalación de biodigestores que contengan filtros de lechos plástico-bacterianos, con el objetivo de controlar y monitorear las aguas residuales, considerando aspectos bacteriológicos, químicos y físicos. El propósito es mitigar el impacto ambiental causado por estos residuos. La eficacia del sistema se evaluará mediante la instalación inicial del biodigestor y la toma de muestras de agua tratada. Después de un período de 15 días, se implementarán los filtros de lechos plásticos, y se tomarán nuevas muestras después de otros 15 días para evaluar la efectividad del sistema.

### 1.1. Antecedentes

#### 1.1.1. Antecedentes históricos

Con el paso del tiempo, la humanidad ha mostrado un creciente interés en el

desarrollo de nuevas fuentes de energía para satisfacer necesidades que, debido a las condiciones territoriales, resultan difíciles de cubrir, especialmente para las poblaciones que residen en zonas rurales. En este contexto, se ha observado una búsqueda constante de energías accesibles y económicas, así como de métodos para gestionar los desechos orgánicos. Una solución que ha surgido para abordar ambas necesidades es el biodigestor (Kessler, 2020).

Los primeros indicios de procesos para la renovación de recursos se remontan a principios del siglo XX, con el tratamiento de aguas residuales. En 1900, se logró accionar motores de manera efectiva gracias a la producción de biogás. En 1904, se implementaron procesos combinados para tratar aguas residuales, incluyendo la purificación del agua y la producción de biogás. En 1906, se descubrió que el metano se formaba a partir de la combinación de hidrógeno, formiato y dióxido de carbono. Este hallazgo se produjo durante experimentos de recolección de acetato realizados por Sohngen, quien aplicó un proceso de dos fases para obtener este resultado. Además, Tanque Imhoff realizó un descubrimiento significativo al desarrollar un clarificador primario que funcionaba como un digestor anaeróbico en Ruhr, Alemania (Medina, 2010).

En el año de 1913, se originó por primera vez un digestor destinado a la fermentación sin  $O_2$ , conocida como anaeróbica, la cual se usaba para lograr abastecer los sistemas de calefacción. Aproximadamente, para mediados de 1920, se construyó una planta que se encargue de depurar las aguas contaminadas que producía biogás, por su parte, Alemania recolectaba este gas por medio de su servicio de gas público (Corona, 2007). Estos eventos marcaron el inicio del desarrollo e implementación de biodigestores para el tratamiento de aguas residuales.

### **1.1.2. Antecedentes referenciales**

Se ha realizado una considerable cantidad de investigaciones que abordan la efectividad de los biodigestores caseros en la depuración de aguas residuales. Un ejemplo de estas investigaciones es un análisis efectuado por estudiantes de Ingeniería Ambiental (Grijalva y Gualotuña, 2019), que se centró en evaluar el

rendimiento del estiércol de vaca en la generación de biogás. En este estudio, se diseñaron sistemas de biodigestores con diversas proporciones de desechos orgánicos y variaciones de temperatura, los cuales fueron evaluados en términos de su eficacia mediante la medición de los niveles de biometanización del estiércol.

Este estudio implementó tres configuraciones de biodigestores y descubrió que mantener una relación adecuada entre los sólidos totales y volátiles, así como asegurar una correspondencia entre la alcalinidad y la concentración de ácidos, favoreció la producción de gas. Se determinó que la proporción óptima para maximizar la generación de gas fue de tres partes de agua por cada parte de estiércol, en contraposición a la proporción habitualmente empleada de cuatro partes de agua (Grijalva & Gualotuña, 2019).

En otra línea de investigación, Peláez (2020) emprendió un estudio con el propósito de diseñar un biodigestor anaeróbico discontinuo destinado a la producción de biogás en áreas de escasos recursos económicos dentro del cantón Jipijapa. Este biodigestor fue concebido como una opción rentable y sostenible para comunidades que actualmente dependen de la quema de madera para satisfacer sus necesidades energéticas. El objetivo principal era ofrecer un combustible económico y renovable, al mismo tiempo que se contribuía al bienestar económico familiar mediante la implementación de biodigestores de fácil instalación y bajo costo. Los biodigestores elaborados con materiales reciclados demostraron ser eficientes al generar biogás en un lapso de tres meses (Peláez, 2020).

Adicionalmente, Guamanquispe y Perdomo (2018) propusieron un sistema que se encargue de tratar residuos sólidos mediante un biodigestor tubular en una granja avícola. Esta propuesta permitiría aprovechar los excrementos producidos en la granja como una fuente alternativa de energía, con el fin de disminuir gradualmente la dependencia de los combustibles fósiles.

Estos proyectos están dirigidos a áreas urbanas donde la infraestructura de alcantarillado es limitada o inexistente, lo que conduce a que las familias construyan pozos sépticos. Sin embargo, el incremento constante de las aguas residuales en

estas localidades puede plantear problemas de salud pública al filtrarse al suelo y convertirse en focos de contaminación.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Examinar la creación de un sistema de tratamientos de aguas residuales mediante un biodigestor con filtros de lechos plástico-bacterianos para aminorar la contaminación en el entorno causada por estos desechos.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- ❖ Caracterizar la producción de lodos, utilizando un biodigestor con filtros de lechos plástico bacteriano, mediante el análisis y medición.
- ❖ Analizar los criterios para comprobar la disminución del impacto en el medio ambiente tras la implementación del biodigestor en una vivienda unifamiliar.
- ❖ Proponer la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales elaborado por un biodigestor con filtros de lechos plástico bacteriano y zanja de infiltración.

## **1.3. Planteamiento del problema**

El problema abordado en esta investigación se refiere a la generación de sustancias contaminantes generada por la instalación de pozos o fosas sépticas en áreas donde la cantidad de residentes supera la capacidad de estos sistemas. Como una opción de solución a esta problemática, se propone la implementación de un sistema que incluya biodigestores equipados con filtros de lechos plástico-bacterianos para tratar las aguas residuales domésticas de viviendas ocupadas por una sola familia.

De acuerdo con Roy y Navaz (2017), los biodigestores con filtros compuestos por lechos plástico-bacterianos son dispositivos diseñados para tratar aguas residuales, donde se depositan desechos orgánicos como heces humanas, restos de comida y estiércol. Estos desechos son descompuestos mediante un proceso anaeróbico, es

decir, sin la presencia de oxígeno, lo que permite que los microorganismos presentes en los desechos consuman de manera progresiva el nitrógeno y el carbono, dando lugar a la emisión de gases como dióxido de carbono, dióxido de azufre, metano y monóxido de carbono.

Dentro del contexto global, los biodigestores se presentan como una alternativa para abordar los impactos negativos derivados del uso extendido de pozos sépticos, particularmente evidentes en áreas rurales. Sin embargo, la implementación de este tipo de sistemas a menudo se ve obstaculizada por la falta de conocimientos técnicos por parte de los habitantes locales y la limitada disponibilidad de financiamiento o subsidios. Para muchas comunidades, acceder a estos recursos de otras maneras podría comprometer su estabilidad económica (Alvarado & Guamán, 2022).

En el caso específico de Ecuador, se han implementado varios programas destinados a democratizar el uso de biodigestores, liderados principalmente por entidades gubernamentales como el Instituto de Investigación Geológico y Energético y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Estos programas promueven los biodigestores como una herramienta para mitigar el impacto negativo de los pozos sépticos y para aprovechar los desechos orgánicos, produciendo abono y gas natural. Este enfoque busca evitar la contaminación de fuentes hídricas cercanas.

El objetivo de este estudio es proporcionar una alternativa para el tratamiento de contaminantes como el agua residual mediante la instalación de biodigestores equipados con filtros de lechos plástico-bacterianos. Esta solución beneficiaría a los habitantes de zonas rurales al aprovechar las funciones de los filtros y obtener abono y gas natural, contribuyendo así a reducir los niveles de contaminación en sus hogares y en el entorno circundante.

Por lo tanto, la pregunta de investigación que se busca abordar es: ¿Cómo se puede reducir el porcentaje de contaminación ambiental en áreas rurales mediante la aplicación de biodigestores con filtros de lechos plástico-bacterianos en el tratamiento de aguas residuales domésticas de viviendas unifamiliares?

## II. ANÁLISIS

### 2.1. Metodología

Para el desarrollo de este estudio, se ha adoptado un enfoque que combina investigación exploratoria, descriptiva y explicativa, lo que permite examinar a fondo los aspectos clave del tema (Grande & Abascal, 2017). La investigación descriptiva, según Lara y Mejía (2022), implica analizar las herramientas de información mediante la observación directa. En este caso, la observación previa de las áreas circundantes a la parroquia San Juan reveló problemas asociados con la contaminación y las filtraciones de los pozos sépticos en los cuerpos de agua cercanos. Esto condujo a la identificación de la necesidad de implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales, específicamente mediante el uso de biodigestores.

En este estudio, se emplea una investigación de tipo descriptiva para identificar las características fundamentales del tema en estudio, como el impacto negativo de los pozos sépticos en las áreas rurales (García, 2016). Esta metodología es crucial para comprender la naturaleza del problema. Además, se recurre a la investigación explicativa para entender los componentes que influyen en el surgimiento del fenómeno y sus efectos ambientales (Otega, 2017).

Para llevar a cabo esta investigación, se emplea un método experimental, que permite comparar el comportamiento de diferentes grupos experimentales (Hernández & Samperio, 2018). La utilización de este método se justifica por su capacidad para analizar y contrastar patrones de comportamiento entre grupos.

Asimismo, este estudio adopta un enfoque mixto, que combina aspectos cualitativos y cuantitativos para comprender procesos complejos mediante la aplicación del empirismo y la metodología científica (Sanfeliciano, 2018). En el enfoque cuantitativo, se analizan los límites de descarga tanto de cuerpos de agua dulce como del sistema de alcantarillado, en relación con las descargas realizadas por las muestras extraídas de los pozos sépticos en la parroquia San Juan.

En la fase inicial del estudio, se emplea un enfoque cualitativo que se materializa a través de la observación directa en las cercanías de la parroquia rural llamada San

Juan. Esta observación permitió identificar aspectos vinculados al manejo inadecuado de las aguas residuales. Como técnica de recolección de datos, se utilizó la observación, la cual implica seleccionar y registrar comportamientos, patrones o información relevante para su posterior análisis.

## **2.2. Análisis de la producción de lodos**

### **2.2.1. Lodos residuales**

Los residuos semisólidos se generan como el resultado del tratamiento de aguas residuales, lo que resalta la importancia de abordar la contaminación que estos residuos pueden causar (Tene & Zambrano, 2023).

### **2.2.2. Biodigestor**

Por otra parte, los biodigestores juegan un papel bastante importante dentro del proyecto, es así como Moncayo (2017) lo describe como un elemento en el que se cargan efluentes que luego de ser fermentados se transforman y descargan como bioabono. Dentro de sus funciones se encuentra la producción de una digestión anaeróbica, donde los residuos orgánicos descompuestos por bacterias continúan siendo aprovechados por otras bacterias (Martí, 2019).

### **2.2.3. Filtros de lechos plástico bacteriano**

Los filtros de lechos bacterianos plásticos son un componente fundamental en el desarrollo de la investigación, según lo señalado por Salas (2018), ya que representan una de las tecnologías más antiguas en este campo, siendo considerados como el primer tipo de lecho bacteriano que incluía una distribución hidráulica. Estos filtros operan mediante la entrada de aguas residuales desde la parte de arriba del lecho bacteriano plástico, en el que las bacterias se adhieren al material de relleno, tal como lo describe Roberti (2018).

### **2.2.4. Análisis**

Para realizar la caracterización de la producción de lodos, es necesario contar con la colaboración de un laboratorio especializado. En este análisis se deben considerar

diversos indicadores, como la materia orgánica, el potencial de hidrógeno, los coliformes fecales y el carbono. En el presente caso de estudio, se estableció contacto con el Grupo Químico Marcos, ubicado en la vía a Daule, con quienes se cotizó el análisis. Se determinó que el costo incluido IVA de dicho análisis es de \$124.32 USD (Anexo 1).

Por lo tanto, es esencial proporcionar el concepto básico para los indicadores a considerar:

Tabla 1

*Parámetros de análisis de la producción de lodo*

<b>Parámetros de análisis</b>	
Ph (Potencia de hidrogeno)	Permite conocer los niveles de alcalinidad y acidez en el suelo. Este indicador es importante, debido a que por medio de este 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 cuales 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 capas de tejido animal o vegetal, que se encuentran en proceso de descomposición.

*Nota.* Parámetros del análisis de las muestras de lodo producido por el biodigestor. Adaptado de "Informe técnico del Grupo Químico Marcos".

Elaborado por: Coronel Cedeño (2024)

Para el análisis de caracterización de los lodos es crucial considerar los límites referenciales o permisibles. Algunos de estos límites se presentan en la tabla 2, mientras que los demás se pueden consultar en el anexo 2. Estos criterios están basados en la calidad del suelo establecida en la "Norma de calidad ambiental del

recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados". Es importante destacar que el cumplimiento de estos es obligatorio en todo el país.

Tabla 2

*Criterios referenciales de calidad del suelo*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades (Concentración en peso seco de suelo)</b>	<b>Valor</b>
<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

*Nota.* Tomado de Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados.

Elaborado por: Coronel Cedeño (2024)

### **2.3. Criterios para comprobar la disminución del impacto ambiental**

Para verificar la reducción del impacto ambiental luego de implementar el biodigestor,

se deben analizar determinados criterios que corresponden a los que se muestran a continuación:

Tabla 3

*Parámetros de análisis 2*

<b>Parámetros de análisis</b>	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	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 usa para medir el grado de contaminación.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	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.
Coliformes fecales	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.
Solidos Suspendidos Totales (SST)	La cantidad de residuos retenidos es 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.
Tensoactivos	Son componentes que ayudan a disolver o emulsionar sustancias insolubles en agua, aceites, grasas, suciedad.

*Nota.* Parámetros del análisis de las muestras de aguas residuales tratadas por el biodigestor. Adaptado de “INDUANÁLISIS”.

Elaborado por: Coronel Cedeño (2024)

### 2.3.1. Límites referenciales según el TULSMA.

El Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, es un decreto en el que se establecen los reglamentos para las descargas que se generan del sistema de alcantarillado, los cuales proponen valores establecidos para concentraciones (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2017). A través de este documento, se presentan las cantidades que las descargas de aguas residuales no deben exceder. Se establece que las descargas dirigidas al sistema de alcantarillado público deben cumplir con los valores decretados en la tabla 8, la cual se encuentra en el Registro Oficial No. 387 (2015), específicamente en la página 20 (Anexo 3). Estos parámetros son fundamentales para medir el desempeño de los biodigestores en el presente caso de estudio. A continuación, se muestran algunos de los límites permisibles de descarga al sistema de alcantarillado público:

Tabla 4

*Tabla 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público*

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/1	70
Explosivos inflamables	o Sustancias	mg/1	Cero
Alkil mercurio		mg/1	No detectable
Aluminio	Al	mg/1	5
Arsénico total	As	mg/1	0,1

*Nota.* Adaptado de “Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente”.  
Elaborado por: Coronel Cedeño (2024)

Dado que hay una falta de estudios sobre las fuentes hídricas que reciben las descargas dentro del sistema de alcantarillado, es necesario emplear los parámetros establecidos en la tabla número 9 del TULSMA (Anexo 4). Esta tabla proporciona valores para las descargas que se pueden realizar en cuerpos de agua dulce

(Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2017). Se presume que estos valores son adecuados para la situación de los pobladores de la parroquia en estudio, ya que una evaluación preliminar reveló que las aguas contaminadas de origen doméstico arriban un cuerpo cercano de agua dulce. Por consiguiente, se muestran algunos de los límites de descarga:

Tabla 5

Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/1	30
Alkil mercurio		mg/1	No detectable
Aluminio	Al	mg/1	5,0
Arsénico total	As	mg/1	0,1
Bario		mg/1	2,0

*Nota.* Adaptado de “Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente”.

Elaborado por: Coronel Cedeño (2024).

Según lo indicado por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2017), en el caso de descargar efluentes sobre cuerpos de agua marina, estas deben verificar que no excedan los límites máximos establecidos en la tabla 10 (Anexo 5). Es fundamental destacar que este tipo de descargas está prohibido en áreas de playa. Dentro de este grupo de descargas se incluyen las aguas residuales resultantes del faenamiento de mariscos y peces, independientemente del tipo de pesca, ya sea industrial o artesanal.

En cuanto a las descargas de líquidos procedentes de embarcaciones, existen restricciones adicionales, ya que no se permite su vertido en cuerpos receptores ni en los sistemas de alcantarillado. Para el tratamiento adecuado de este tipo de desechos, se establece que cada puerto debe contar con un sistema adecuado de recolección y disposición de desechos líquidos y sólidos (Ministerio de Ambiente, Agua y Transición

Ecológica, 2017).

Seguidamente, se exhiben algunos de los límites de descarga:

Tabla 6

Tabla 10. 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	Sustancias solubles en hexano	mg/l	30	30
Arsénico total	As	mg/l	0,5	0,5
Aluminio	Al	mg/l	5,0	5,0
Cianuro total	CN	mg/l	0,2	0,2

*Nota.* Adaptado de “Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente”.  
Elaborado por: Coronel Cedeño (2024).

### **III. PROPUESTA**

#### **3.1. Descripción**

Se propone el desarrollo de un sistema de tratamiento para las aguas residuales, considerando que en muchas zonas rurales no existen sistemas de alcantarillado mediante la implementación de un biodigestor tomando como base una familia que está ubicada Provincia de Los Ríos perteneciente a la parroquia San Juan, que habita específicamente en el recinto la Pitaya, jurisdicción del cantón Pueblo Viejo. La familia corresponde a Almeida Ríos, quienes se encuentran conectados a un sistema de pozo séptico, compartido por cinco familias.

El principal problema es que durante épocas de lluvia estos sistemas tienden a saturarse e incluso presentan filtraciones y bastante contaminación en cercanas fuentes hídricas. Por lo que el biodigestor se encargaría del tratamiento de aguas servidas, y el beneficio que ofrece es imposibilitar la saturación del sistema a causa de la constante evacuación de líquidos y el hecho de dejar solamente desechos sólidos, los cuales se descomponen paulatinamente, además, la familia no se encontrará expuesta a percibir olores desagradables gracias al hermetismo del biodigestor.

#### **3.2. Objetivo**

Determinar aspectos a considerar para implementar un sistema compuesto de un biodigestor con filtros de lechos plástico bacteriano y zanja de infiltración en un domicilio habitado por una sola familia para el tratamiento de aguas residuales.

#### **3.3. Identificación de costos**

Para el desarrollo del proyecto es necesario una planificación que evidencie los costos que se incluyen, dentro de la cotización se identifican los siguientes:

Tabla 7

*Costos de implementación*

<b>Elemento</b>	<b>Costo</b>
Tanque de biodigestor y accesorios	\$ 322.50 USD
Filtros de lechos plásticos-bacterianos	\$443.52 USD
Aplicación de filtros	\$198.00 USD
Análisis de muestras en el laboratorio	\$426.00 USD
Contratación de técnicos	\$120.00 USD

*Nota.* Adaptado de las cotizaciones realizadas.

Elaborado por: Coronel Cedeño (2024).

Tabla 8

*Lista de los 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>

*Nota.* Adaptado de Ferretería "García".

Elaborado por: Coronel Cedeño (2024).

Dentro de la planificación se identifican los costos para proceder a implementar el sistema, en el cual se requiere de \$1.399,02 USD.

### **3.4. Desarrollo del plan piloto para la implementación**

En esta sección se mostrará un plan que permita llevar a cabo la ejecución de los biodigestores en una zona rural con el propósito de disminuir los problemas que se presentan comúnmente en los sistemas de pozos sépticos de estas comunidades, dando como consecuencia contaminación y filtraciones en las fuentes hídricas que se encuentran cerca.

### **3.5. Proceso de implementación**

Es necesario describir las fases del proceso que se llevará a cabo para la implementación del biodigestor y las instalaciones y componentes que se requieren para un funcionamiento adecuado.

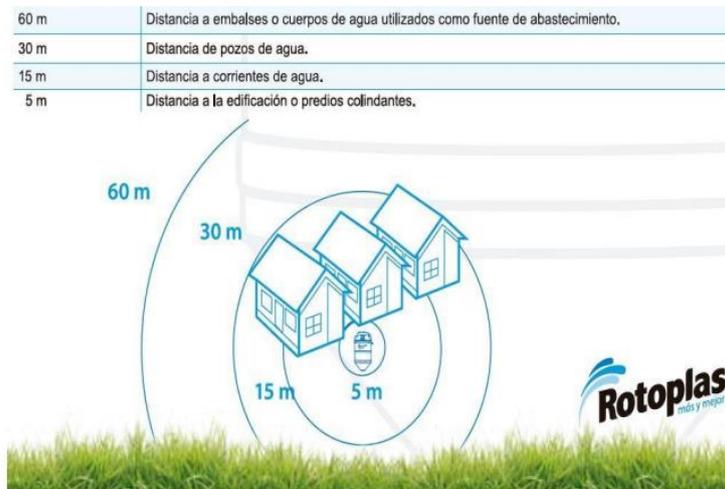
#### **3.5.1. Localización**

Es esencial tener en cuenta las recomendaciones del fabricante, que indican que el biodigestor no debe ser ubicado en áreas como patios, jardines o banquetas, ni en zonas propensas a expansiones en el terreno o paso de vehículos. Además, el terreno no debe ser pantanoso ni estar en zonas de relleno ni ser propenso a desbordamientos.

En cuanto a la distancia entre el biodigestor y el punto de descarga, existen diferentes alternativas dependiendo del criterio. Por ejemplo, se requiere una distancia mínima de 60 metros si se trata de cuerpos de agua dulce que sirven como abastecimiento a la población, 30 metros si hay pozos de agua, 15 metros en caso de ser una corriente de agua y 5 metros si se encuentra próximo a un predio.

En el presente análisis, el punto de descarga se encuentra a 5 metros de distancia del biodigestor, el cual fue instalado en un predio unifamiliar, sin que exista proximidad con ninguno de los factores mencionados anteriormente.

**Figura 1: Distancia mínima recomendada al punto de descarga**



Fuente: (Rotoplas, 2019)

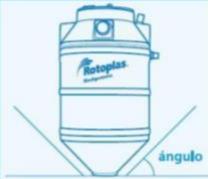
### **3.5.2. Proceso de excavación para colocar el biodigestor.**

Para la excavación se toman criterios del ángulo a considerar en relación a los diversos tipos de suelo, en caso de que el suelo sea blando el ángulo debe ir entre 45° y 60°, mientras que oscila entre 60° y 75° si es estable y el ángulo corresponderá a 90° si el suelo es duro.

Para este caso el terreno muestra un suelo estable, por lo que se opta a un ángulo de excavación que va de entre 60° y 75°. Además, durante la realización de la excavación se quitaron piedras con filos, pues representan una probabilidad de daño hacia el tanque del biodigestor, tomando en consideración las recomendaciones que facilita el fabricante, donde indica que se debe dejar una pendiente que impida el paso a deslaves.

También fue necesario bombear para extraer el agua, por lo que el nivel freático era elevado, para que así se pueda proceder con la instalación del biodigestor, pero antes se requiere compactar el suelo y finalmente instalarlo semienterrado.

**Figura 2: Ángulo de excavación en relación al 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	 Entre 45 y 60 grados	 Entre 60 y 75 grados	 90 grados

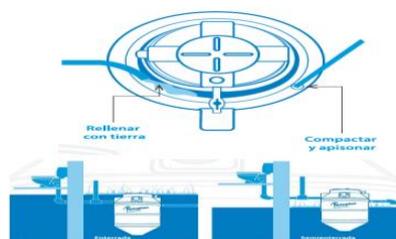
Fuente: (Rotoplas, 2019)

### 3.5.3. Proceso de colocación y relleno

En el momento de la colocación y el relleno en el proceso de instalación del biodigestor, es necesario tomar las precauciones debidas, para colocarlo se mantuvo una distancia correspondiente a 20 cm a la pared donde se realiza la excavación para así evitar que ocurran daños en las conexiones y se mantuvo una posición vertical.

Durante el proceso de rellenado, se comenzó agregando la tierra extraída hasta llegar a una altura de 30 centímetros. Posteriormente, se llenó el tanque del biodigestor con agua, y el proceso culminó cuando se alcanzó la profundidad requerida para enterrar el biodigestor. Sin embargo, fue necesario llenar el biodigestor antes de realizar el relleno, ya que no se observó un nivel freático elevado.

**Figura 3: Colocación y relleno del biodigestor**



Fuente: (Rotoplas, 2019)

### 3.5.4. Proceso de instalación de cámara para registro de lodos

El registro de lodos se dará mediante una cámara que se encargará de captar el lodo que es generado por el biodigestor, para la realización de este proceso primero se determinó la posición en la que debe ser instalada la válvula y luego se realizó una excavación para colocar este registro, el cual debe estar con una pendiente de 2% para la tubería y a una distancia de menos de 2 metros.

Esta cámara de registro se destaca por su impermeabilidad, ya que está equipada con una tapa que evita que se moje con la lluvia y que se seca fácilmente. El fabricante recomienda colocarla sobre calzas. Además, es importante que la cámara de registro tenga dimensiones que permitan la colocación de una cubeta.

**Figura 4: Esquema de la caja de registro**



Fuente: (Rotoplas, 2019)

### 3.5.5. Proceso de instalaciones hidráulicas

En la instalación hidráulica se emplearon tuberías de PVC. Para ensamblar tanto las tuberías de entrada y también realizar el mismo proceso en las de salida, para esto se requiere del uso de pegamento, el cual se debe emplear no solo para la unión de las tuberías, sino también para realizar el sellado de las mismas y prevenir la ocurrencia de filtraciones.

### **3.5.6. Construcción de una zanja de infiltración**

Es necesario construir una zanja de infiltración para permitir que el agua tratada sea aprovechada por la vegetación por medio del sistema de tratamiento analizado. Al diseñar la zanja, es importante tener en cuenta ciertos criterios. En primer lugar, se debe garantizar una separación de al menos 1 metro entre los niveles freáticos y el fondo de la zanja. Además, debido a las dimensiones del predio, se considera un ancho de 0.50 metros para la zanja. Se ha determinado que la longitud de la zanja debe ser de 3 metros y que debe mantenerse una distancia igual a la de cualquier árbol.

### **3.6. Análisis de resultados del biodigestor aplicado para tratar la muestra de aguas residuales**

Siguiendo los pasos descritos en los apartados anteriores, se procedió con la implementación del biodigestor y se permitió que este tratara las aguas residuales durante 15 días antes de tomar muestras de las aguas tratadas, las cuales fueron enviadas al laboratorio Ingeestudios.

Dentro del biodigestor, se manejó un caudal de 0.02 litros por segundo, correspondiente a un valor promedio para un establecimiento en el que viven 5 personas. Es importante señalar que se tomaron como referencia los límites establecidos por el Texto Unificado De Legislación Secundaria De Medio Ambiente (TULSMA, 2017) para el análisis de las muestras.

Luego de 15 días tras instalar el biodigestor en la vivienda de la familia considerada para el estudio se tomó la primera muestra. Esta mostró de entrada 735.7 mg/l de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y de salida 423.7 mg/l de DBO, lo que resultó en 42.4% de porcentaje de remoción de DBO. Este último está dentro del rango teórico de remoción de DBO, que va del 20% al 40%. Sin embargo, se observó que el nivel de DBO en la salida era tres veces mayor que el límite referencial de 100 mg/l, lo que sugiere una alta contaminación en el agua tratada.

En cuanto a la DQO, se registraron valores 1422 mg/l de entrada y valores de salida

de 1477 mg/l, además de un porcentaje de remoción de DQO de -3.86%, lo que indica que no hubo remoción de este parámetro en el biodigestor. El valor de DQO en la salida fue 6.3 veces mayor que el límite referencial de 200 mg/l.

En cuanto a la presencia de coliformes fecales, se encontraron 920,000 NMP/100 ml en la entrada y 110,000 NMP/100 ml en la salida, lo que resultó en un porcentaje de remoción del 88%. Aunque este porcentaje es alto, el valor de salida superó el límite referencial de 2000 NMP/100 ml, lo que indica una eficacia mínima del biodigestor en la reducción de los coliformes fecales.

En resumen, los resultados de la primera muestra muestran que el biodigestor no cumplió con los estándares establecidos en la tabla 9 del TULSMA (2017).

Tabla 9

*Primera toma de muestras*

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 %

*Nota.* Adaptado de los resultados expuestos por el laboratorio “INGEESTUDIO”.

Elaborado por: Coronel Cedeño (2024).

En cuanto a las grasas y aceites, se encontraron 17.6 mg/l en la entrada y 3.5 mg/l en la salida del biodigestor, lo que representa una remoción del 80.1%. Se observó que el uso de soporte plástico permitió la remoción de grasas y aceites, mientras que sin este soporte no hubo remoción alguna. El límite permisible de salida para este

parámetro es de 30 mg/l, y el valor obtenido está muy por debajo de este límite.

Respecto a los sólidos suspendidos totales, se registraron 700 mg/l en la entrada y 86 mg/l en la salida del biodigestor, con una remoción del 87.7%. Este porcentaje se encuentra dentro del rango esperado del 70% al 90%. El límite referencial para este parámetro es de 130 mg/l, y el valor obtenido está un 34% por debajo de este límite.

En cuanto a los tensoactivos, se registraron 0.93 mg/l en la entrada y 0.89 mg/l en la salida del biodigestor, con una remoción del 4.3%, lo que indica una remoción muy baja. El límite para este parámetro es de 0.5 mg/l en la salida, y el valor obtenido supera este límite en un 78%, lo que sugiere altos niveles de contaminación en estas emisiones.

Después de obtener estos resultados, se procedió con la instalación de los lechos plásticos bacterianos y se les permitió aproximadamente un mes para adaptarse antes de tomar nuevas muestras. En la segunda toma de muestras, se observó 735.7 mg/l de DBO de entrada, en el DBO de salida se presentó 176.5 mg/l y con respecto al porcentaje de remoción se evidencia el 76%. Este porcentaje fue mayor en un 42.4% en comparación con los resultados sin la presencia del lecho plástico interno, lo que sugiere una influencia positiva al agregar este lecho. Aunque hubo una reducción en el valor de DBO en la salida, todavía no se alcanzó el Límite Máximo Permisible (LMP) de descarga, lo que indica la necesidad de un tratamiento adicional antes de la descarga.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la segunda toma de muestras en referencia a la tabla del TULSMA número 9.

Tabla 10

*Segunda toma de muestras*

<b>Parámetro (Unidades)</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>	<b>Entrada de agua residual</b>	<b>Salida de agua residual</b>	<b>Porcentaje de remoción</b>
Demanda	DBO <sub>5</sub>	mg/l	100	735,7	176,5	76%

Parámetro (Unidades)	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible	Entrada de agua residual	Salida de agua residual	Porcentaje de remoción
Bioquímica de Oxígeno (5 días)						
Demanda	DQO	mg/l	200	1422	511	64,1%
Química de Oxígeno						
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	Sustancias 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%

*Nota.* Adaptado de los resultados expuestos por el laboratorio "INGEESTUDIO".  
Elaborado por: Coronel Cedeño (2024).

En cuanto a la DQO, se registró una entrada de 1422 mg/l, salida de 511 mg/l y remoción del 64.1%. Esto indica que el uso de soporte plástico permitió una remoción adecuada de este parámetro. Sin embargo, la DQO de salida aún no cumple con el límite máximo permisible, por lo que se requerirá realizar un tratamiento adicional antes de su descarga.

En cuanto a los coliformes fecales, se encontraron 920000 NMP/100 ml en la entrada, 940000 NMP/100 ml en la salida y un porcentaje de remoción negativo del 2.2%. Esto sugiere que la acción realizada por el biodigestor es mínima para reducir los coliformes fecales, por lo que se necesitará una desinfección final utilizando

materiales como pastillas de cloro o hipoclorito de calcio.

En cuanto a las grasas y aceites, se registraron 17.6 mg/l en la entrada, 3.5 mg/l en la salida y un porcentaje de remoción del 80.1%. Esto indica que el uso de soporte plástico permitió una remoción efectiva de estos compuestos, y el valor obtenido está muy por debajo del límite permisible.

En cuanto a los sólidos suspendidos totales, se encontraron 700 mg/l en la entrada, 48 mg/l en la salida y un porcentaje de remoción del 93.1%. Este porcentaje es más alto en comparación con el uso del medio de soporte plástico. El valor obtenido está un 63% por debajo del límite referencial.

En cuanto a los tensoactivos, se registraron 0.93 mg/l en la entrada, 3.54 mg/l en la salida y un porcentaje de remoción del -380%. Esto indica que el valor obtenido de la muestra supera el límite de descarga que se permite a un cuerpo de agua dulce, lo que sugiere niveles elevados de contaminación en estas emisiones.

En resumen, el estudio logró demostrar la eficiencia de un biodigestor con lechos plásticos bacterianos en el tratamiento llevado a cabo en aguas residuales de una vivienda habitada por una única familia, mostrando una reducción importante en los niveles de contaminación presentes.

### **3.7. Análisis de resultados del biodigestor utilizado en la muestra de lodos residuales**

El análisis reveló que la presencia de coliformes fue de 108 NMP/100 g, lo que representa un valor 46% menor al LMP de 200 NMP/100 g. Con respecto al pH, que debe estar en el rango de 6 a 8, se registró un nivel de 6.89, dentro del rango establecido.

Respecto al contenido de carbono, se establecen dos límites: uno de bajo impacto (1%) y otro de impacto severo (10%). El nivel de carbono fue de 0.74%, un 26% por debajo del límite de bajo impacto, lo que indica que está entre los límites permitidos y contribuye a reducir los efectos negativos en el medio ambiente.

Por último, se encontró un contenido de materia orgánica del 1.28%, mientras que el límite permisible es del 5%. Dado que el lodo generado por el biodigestor se utiliza como abono orgánico, estos resultados sugieren que el nivel es bajo con respecto a la materia orgánica.

En resumen, los resultados del análisis se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, lo que indica que el biodigestor está funcionando adecuadamente y contribuyendo a reducir los efectos negativos en el medio ambiente.

Tabla 11  
*Análisis de lodos del biodigestor*

<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 hidrogeno	EPA 9045D	Unidades de pH	6.89	6-8
Carbono	5310 B	%	0.74	1% bajo- severo 10%
Materia Orgánica	PEE-GQM- FQ-74	%	1,283	5%

*Nota.* Adaptado de resultados dados por el laboratorio "INGEESTUDIO".  
Elaborado por: Coronel Cedeño (2024).

## IV. CONCLUSIONES

### 4.1. Conclusiones

La conclusión refleja de manera precisa y concisa el logro del objetivo general del estudio: examinar la eficacia de un sistema de tratamiento de aguas contaminadas por el uso doméstico utilizando un biodigestor con filtros de lechos plásticos bacterianos. Destaca que esta implementación demuestra una alta eficiencia en la reducción de la carga contaminante de las aguas residuales, abarcando diversos parámetros de análisis. Es una declaración clara y contundente que resume el éxito del estudio en cumplir su propósito principal

También, se cumplió con el primer objetivo específico, pues se caracterizó la producción de lodos y se observó que por lo general el lodo es espeso y negro cuando se abre la válvula para pase al registro, este proceso puede tomar de 3 a 10 minutos, conteniendo 1.28% de fracciones de materia orgánica y un pH de 6.89 aproximado al neutro, por otra parte presenta de niveles de carbono un 0.74%, dado esto, se determinó que no se puede utilizar este lodo para abono, sin embargo, se puede reducir el impacto ambiental en el suelo debido al nivel de carbono.

Asimismo, se logró cumplir el segundo objetivo específico, puesto que se verificó la reducción del impacto ambiental por medio de la DBO, el cual corresponde a un parámetro que contribuye a conocer el nivel en el que se encuentra el agua contaminada, se determinó que es posible reducir la carga contaminante hasta antes de llegar al límite máximo permisible. Con respecto al aire, se presenta un mínimo el impacto gracias a la reducción de filtraciones que impiden la propagación de olores por descomposición y también se evidencia un mínimo en el impacto negativo sobre el suelo, dado que los lodos que se generaron poseen porcentajes de carbono menores al 1%.

Además, se consiguió alcanzar el tercer objetivo específico, ya que se consideraron las recomendaciones del fabricante para diseñar el biodigestor y fue instalado semienterrado con un ángulo entre 45° y 60° de excavación, por su parte, el registro de lodos fue instalado a una distancia considerable al biodigestor menor a 2 m. La

descripción detallada de la construcción de la zanja de filtración proporciona información clara sobre sus dimensiones y ubicación, así como su función en el tratamiento de las aguas residuales antes de pasar por el sistema de cloración y el biodigestor. Además, el análisis del costo de implementación del sistema ofrece transparencia sobre los gastos involucrados, desde el precio de los componentes hasta los honorarios del personal técnico y los análisis de laboratorio. Esta información es crucial para evaluar la viabilidad y la eficiencia económica del proyecto.

El análisis detallado del desempeño del biodigestor con filtros de lechos plásticos bacterianos proporciona una visión clara de su eficiencia en la reducción de la carga contaminante de las aguas residuales. A pesar de las mejoras en la reducción de DBO, DQO y la presencia de aceites y grasas, el alto nivel de coliformes fecales detectado indica la necesidad de implementar medidas adicionales, como un sistema de desinfección final, para garantizar que las aguas tratadas cumplan con los estándares de calidad requeridos antes de ser descargadas en el cuerpo de agua dulce. Este análisis completo permite una evaluación integral del sistema y orienta hacia posibles mejoras para su eficacia.

#### **4.2. Recomendaciones**

La recomendación de impulsar programas para la construcción de biodigestores en zonas rurales. Estos programas no solo contribuirían a mejorar la calidad del ambiente y la salud de los pobladores al tratar adecuadamente las aguas residuales, sino que también podrían promover la sostenibilidad al aprovechar la generación de desechos sólidos para la regeneración de suelos degradados.

El Estado ecuatoriano podría considerar ofrecer subsidios o incentivos financieros para facilitar la implementación de estos sistemas por parte de los pobladores rurales. Además, sería importante proporcionar capacitación y apoyo técnico para garantizar que los sistemas sean instalados y mantenidos adecuadamente.

Al promover la adopción de tecnologías de tratamiento de aguas residuales en áreas rurales, se estaría contribuyendo no solo a la mejora del medio ambiente y la salud pública, sino también al desarrollo sostenible de las comunidades rurales al brindarles

acceso a soluciones innovadoras y ecológicas para sus necesidades de saneamiento.

También, a las autoridades legales de la Parroquial Rural San Juan, se recomienda considerar una determinada cantidad de recursos económicos para que en base al estudio previamente realizado se implemente este tipo de sistema para la depuración de agua servidas, con el propósito de garantizar un entorno sano y preservar la salud para sus habitantes.

Al Ministerio de Ambiente, se recomienda llevar a cabo iniciativas que contribuyan a la posibilidad de diseñar biodigestores partiendo de materiales reciclados, con la finalidad de abaratar el costo de estos y facilitar el acceso a estos sistemas por parte de los habitantes de zonas rurales considerando que la economía no es buena en la mayoría de estas familias.

Se recomienda al Ministerio de Agricultura, crear estímulos para la obtención de lodos que estén digeridos por medio del sistema de biodigestores, para que sean aplicados para conseguir la remediación ambiental en suelos hayan sido afectados a causa de los procesos de degradación.

A la familia beneficiaria se recomienda utilizar responsablemente el sistema implementado, para así evitar lanzar papeles, desechos o cualquier material que provoque la obstrucción en la tubería, de la misma manera se aconseja evitar encender llamas en lugares cercanos al sistema, ya que, la liberación de gas metano se da por la descomposición de los desechos sólidos, el cual es inflamable y volátil.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, T., & Guamán, T. (2022). *Remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en un reactor aeróbico secuencial discontinuo usando medio de soporte plástico tratando agua residual doméstica [Trabajo de grado. Universidad Laica Vicente Rocafuerte]*. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/5287/1/T-ULVR-4280.pdf>
- Corona, I. (2007). *Biodigestores. Hidalgo [Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo]*. Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10722/Biodi>
- 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 [Tesis de grado. Universidad San Francisco de Quito]*. Obtenido de <http://192.188.53.14/bitstream/23000/5449/1/124462.pdf>
- Grande, I., & Abascal, E. (2017). *Fundamentos y Técnicas de investigación comercial (Décimo tercera ed.)*. Madrid. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=zbaaDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1>
- 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 [Trabajo de grado. 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 [Tesis de grado. 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*, 7(13).  
Obtenido de <https://doi.org/10.29057/icea.v7i13.3519>

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

Lara, R., & Mejía, N. (2022). *Prototipo de bloque utilizando viruta de madera, fibra de plástico de sorbete reciclado, ceniza volcánica para paredes en edificaciones [Trabajo de grado. Universidad Laica Vicente Rocafuerte]*. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/5635/1/T-ULVR-4585.pdf>

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

Medina, M. (Agosto de 2010). *Optimización del tratamiento de residuos provenientes de rastro mediante digestión anaeróbica para maximizar la producción de biogas [Tesis de posgrado. Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica]*. 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 del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2017). *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>

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

Otega, J. (2017). Cómo se genera una investigación científica que luego sea motivo de publicación. *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 [Tesis de grado. Universidad Estatal del Sur de Manabí]*. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2130/1/Presentacion%20%20Jos>

Registro Oficial. (4 de Noviembre de 2015). *Registro Oficial No. 387* . Obtenido de [https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento\\_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015\\_0.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf)

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

Rotoplas. (2019). *Manual Biodigestor*. Obtenido de <https://rotoplas.com.ar/wp-content/uploads/2019/07/Manual-Biodigestor.pdf>

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

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

Tene, I., & Zambrano, M. (2023). *Evaluación de lodos residuales de la planta de tratamiento de colta villa la unión, para la fabricación de ladrillos artesanales [Trabajo de grado. Universidad Nacional de Chimborazo]*. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/11356/1/Tene%20I.%2c%20Zambrano%20M.%20%282023%29%20EVALUACI%c3%93N%20DE%20LODOS%20RESIDUALES%20DE%20LA%20PLANTA%20DE%20TRATAMIENTO%20DE%20COLTA%20VILLA%20LA%20UNI%c3%93N%2c%20PARA%20LA%20FABRICACI%c3%93N%20DE%20>

TULSMA. (29 de Marzo de 2017). *Texto Unificado De Legislación Secundaria De Medio Ambiente. Anexo 1*. Obtenido de <https://www.cip.org.ec/attachments/article/1579/PROPUESTA%20ANEXO%2001.pdf>

## ANEXOS

### Anexo 1. Cotización Análisis de lodos

 <p><b>Grupo Químico Marcos</b> 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 style="text-align: center; font-size: small;">0406202101099131531400120010020000161420001614215</p>											
<p>R.U.C.: 0991315314001                  GRUPO QUIMICO MARCOS C. LTDA GRUQUIMAR                  Dv. 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: <b>FREIRE BURGOS JUAN ANDRES</b>                  RUC / CI: 1204158917 <span style="float: right;">Fecha Emisión: 04/06/2021</span></p>												
		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 / SIN                  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% <span style="float: right;">111.00</span></p> <p>SUBTOTAL 0% <span style="float: right;">0.00</span></p> <p>SUBTOTAL SIN IMPUESTO <span style="float: right;">111.00</span></p> <p>TOTAL DESCUENTO <span style="float: right;">0.00</span></p> <p>SUBTOTAL <span style="float: right;">111.00</span></p> <p>IVA 12% <span style="float: right;">13.32</span></p> <p>VALOR TOTAL <span style="float: right;">124.32</span></p>										
<p>Src: CIENTO VEINTICUATRO, 32/100 US DOLARES AMERICANOS.</p>												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Forma de Pago</th> <th style="width: 15%;">Valor</th> <th style="width: 15%;">Plazo</th> <th style="width: 30%;">Tiempo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO</td> <td style="text-align: right;">124.32</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">dias</td> </tr> </tbody> </table>		Forma de Pago	Valor	Plazo	Tiempo	OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	124.32	5	dias			
Forma de Pago	Valor	Plazo	Tiempo									
OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	124.32	5	dias									

## Anexo 2. Criterios referenciales de la calidad que debe de tener el 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	50
<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 3.** Tabla 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	70,0
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	<b>No detectable</b>
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN	mg/l	1,0
Ci nc	Zn	mg/l	10,0
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	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	Cr <sup>6+</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Mangane so total	Mn	mg/l	10,0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Niquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60,0
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	20,0
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	220,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600,0
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	400,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

Anexo 4. Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Est. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	50,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	100,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
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		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendedos Totales	SST	mg/l	80,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	1000
Sulfuros	S <sup>-2</sup>	mg/l	0,5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

**Anexo 5.** Tabla 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua marina

TABLA 10. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA MARINA				
Parámetros	Expresado como	Unidad	Limite máximo permisible	
			(A) DESCARGAS EN ZONA DE ROMPIENTES	(B) DESCARGAS MEDIANTE EMISARIOS SUBMARINOS
Aceites y Grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0	30,0
Arsénico total	As	mg/l	0,5	0,5
Aluminio	Al	mg/l	5,0	5,0
Cianuro total	CN	mg/l	0,2	0,2
Cinc	Zn	mg/l	10,0	10,0
Cobre	Cu	mg/l	1,0	1,0
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, 0	400
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/ l	400, 0	600
Hidrocarburos Totales de Petróleo.	TPH	mg/l	20, 0	20,0
Ma t e r i a flotante	Visibles		Ausencia	Ausencia
Me r c u r i o total	Hg	mg/l	0,01	0,01
Nitrógeno Total kjedahl	N	mg/l	40,0	40,0
Potencial de hidrógeno	pH		6-9	6-9
Sólidos Suspendidos Total es	SST	mg/ l	250, 0	250, 0
Sulfuros	S	mg/l	0,5	0,5
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	µg/l	50,0	50,0
Compuestos Organofosforados	Organofosforados total e s	µg/l	100, 0	100, 0
Carbamatos	Especies totales	mg/l	0,25	0,25
Temperatura	oC		< 35	< 35
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5

\* La apreciación del color se es tima sobre 10 cm de diluida.