



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

**Determinación de la eficiencia de sistemas plásticos compactos  
utilizados para el tratamiento de aguas residuales domésticas –  
Parte II.**

**AUTORES:**

**Mendoza Zambrano, Tommy Alejandro  
Suárez Saigua, Madeleine Kelly**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERO CIVIL**

**TUTOR:**

**Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina M.Sc.**

**Guayaquil, Ecuador**

**12 de septiembre del 2023**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

### CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Mendoza Zambrano, Tommy Alejandro** y **Suárez Saigua, Madeleine Kelly**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR (A)

f.   
Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f.  El modo de electrónicamente por:  
STEFANY ESTHER  
ALCIVAR BASTIDAS

Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther M.Sc.

Guayaquil, a los 12 días del mes de septiembre del año 2023



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, **Mendoza Zambrano, Tommy Alejandro**  
**Suárez Saigua, Madeleine Kelly**

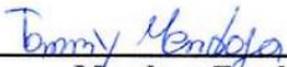
**DECLARO QUE:**

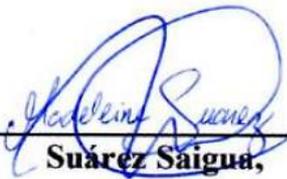
El Trabajo de Titulación, **Determinación de la eficiencia de sistemas plásticos compactos utilizados para el tratamiento de aguas residuales domésticas – Parte II** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 12 días del mes de septiembre del año 2023**

**LOS AUTORES:**

f.   
\_\_\_\_\_  
**Mendoza Zambrano,**  
**Tommy Alejandro**

f.   
\_\_\_\_\_  
**Suárez Saigua,**  
**Madeleine Kelly**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

### AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Mendoza Zambrano, Tommy Alejandro**  
**Suárez Saigua, Madeleine Kelly**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Determinación de la eficiencia de sistemas plásticos compactos utilizados para el tratamiento de aguas residuales domésticas – Parte II**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 12 días del mes de septiembre del año 2023

LOS AUTORES:

f.   
\_\_\_\_\_  
**Mendoza Zambrano,**  
**Tommy Alejandro**

f.   
\_\_\_\_\_  
**Suárez Saigua,**  
**Madeleine Kelly**

# REPORTE



CERTIFICADO DE ANÁLISIS  
magister

## MENDOZA TOMMY- MADELEINÉ SUAREZ\_FINAL

4%  
Similitudes



< 1% Texto entre comillas  
0% similitudes entre comillas  
2% Idioma no reconocido

Nombre del documento: MENDOZA TOMMY-  
MADELEINÉ SUAREZ\_FINAL.docx  
ID del documento: 763c9cf8ba7a625cfd251497a221420d61c40501  
Tamaño del documento original: 15,81 MB

Depositante: Clara Catalina Glas Cevallos  
Fecha de depósito: 21/9/2023  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 21/9/2023

Número de palabras: 20.419  
Número de caracteres: 136.224

Ubicación de las similitudes en el documento:



### Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://repositorio.ucsg.edu.ec">repositorio.ucsg.edu.ec</a> <a href="http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/20823/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-483.pdf">http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/20823/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-483.pdf</a> 13 fuentes similares	3%		Palabras idénticas: 3% (728 palabras)
2	<a href="http://localhost:8080/xmlui/bitstream/3317/14448/3/T-UCSG-PRE-ING-IC-351.pdf.txt">localhost   Evaluación de un sistema Wetland con caña guadua para el tratamient...</a> <a href="http://localhost:8080/xmlui/bitstream/3317/14448/3/T-UCSG-PRE-ING-IC-351.pdf.txt">http://localhost:8080/xmlui/bitstream/3317/14448/3/T-UCSG-PRE-ING-IC-351.pdf.txt</a> 10 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (171 palabras)
3	<a href="http://localhost:8080/xmlui/bitstream/3317/8033/3/T-UCSG-PRE-MED-553.pdf.txt">localhost   Incidencia de patologías rinosinuales en pacientes adultos que acude...</a> <a href="http://localhost:8080/xmlui/bitstream/3317/8033/3/T-UCSG-PRE-MED-553.pdf.txt">http://localhost:8080/xmlui/bitstream/3317/8033/3/T-UCSG-PRE-MED-553.pdf.txt</a> 9 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (132 palabras)
4	<a href="http://repositorio.ucsg.edu.ec">repositorio.ucsg.edu.ec</a> <a href="http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/14448/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-351.pdf">http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/14448/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-351.pdf</a> 7 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (121 palabras)
5	<a href="http://repositorio.espam.edu.ec">repositorio.espam.edu.ec</a>   Calidad del agua del estero Maconta afectada por des... <a href="http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1778/3/TIC_IA04D.pdf.txt">http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1778/3/TIC_IA04D.pdf.txt</a> 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (43 palabras)

TUTOR (A)

f.   
Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina M.Sc.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios y a mis padres por darme su apoyo y fortaleza a lo largo de la carrera.

A mi novia por ser un pilar fundamental y siempre brindarme su apoyo y palabras de ánimo.

A mi compañera y amiga Madeleine Suárez por compartir estos años desde el principio de nuestros estudios hasta la finalización de este trabajo de investigación.

A la ingeniera Clara Glas por su guía en el desarrollo de este trabajo.

- Tommy Mendoza Zambrano-

## **AGRADECIMIENTO**

Al pilar más importante, a mi amada familia, que siempre me impulsa a más.

A mi mamá, por darme su apoyo y cariño incondicional durante estos cinco años.

A mi hermano, por siempre darme consejos, por ser un ejemplo y una guía a seguir.

A mi papá, por su apoyo y sus constantes ánimos.

A Kayserthree, mi mascota, por acompañarme siempre en las noches de estudio y por tanto amor durante estos 12 años que ha estado conmigo.

A mi compañero y buen amigo Tommy Mendoza, por todos estos años de amistad y por acompañarme en la realización de este trabajo.

A la Ing. Clara Glas, por su dedicación, guía y consejos como tutora y maestra a lo largo de la universidad.

A todos mis profesores, por sus enseñanzas y conocimientos.

A mis amigos, por brindarme su amistad durante estos años. Gracias a ustedes me llevo en el corazón buenos e inolvidables recuerdos.

Y principalmente a Dios, por permitirme culminar mi etapa universitaria.

- Madeleine Suárez Saigua –

## **DEDICATORIA**

A mi persona, que a pesar de los altibajos que presenta la vida siempre supo demostrar la fortaleza necesaria para seguir adelante.

- Tommy Mendoza Zambrano-

## **DEDICATORIA**

Le dedico este trabajo a todas las personas que me acompañaron y me mostraron su apoyo a lo largo de la carrera, especialmente a mi familia, y a mí por este gran logro que con mucho esfuerzo y dedicación he podido conseguir.

- Madeleine Suárez Saigua –



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f.

**Ing. Federico von Buchwald de Janon, Ph.D.**

DECANO DE LA FACULTAD

f.

**Ing. Nancy Varela Terreros, Ph.D.**

DOCENTE DE LA CARRERA

f.



Firmado electrónicamente por:  
**STEFANY ESTHER  
ALCIVAR BASTIDAS**

**Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther M.Sc.**

OPONENTE

## INDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>XIX</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XX</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
ANTECEDENTES.....	2
OBJETIVOS .....	3
1.1.1. <i>Objetivo general</i> .....	3
1.1.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	3
ALCANCE .....	3
METODOLOGÍA.....	3
<b>CAPITULO I: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
1.2.    ORIGEN Y COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	4
1.2.1. <i>Aguas residuales domésticas</i> .....	4
1.3.    PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS.....	5
1.3.1. <i>Parámetros físicos</i> .....	5
1.3.1.1. Olor.....	5
1.3.1.2. Color.....	5
1.3.1.3. Temperatura .....	5
1.3.1.4. Turbidez .....	6
1.3.1.5. Sólidos.....	6
1.3.2. <i>Parámetros Químicos</i> .....	6
1.3.2.1. Oxígeno disuelto .....	7
1.3.2.2. Potencial de Hidrógeno.....	7
1.3.2.3. Conductividad .....	8
1.3.2.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ).....	8
1.3.2.5. Demanda Química de Oxígeno .....	8
1.3.2.6. Nitrógeno.....	9
1.3.2.7. Nitrito .....	9
1.3.2.8. Nitrato.....	9
1.3.2.9. Alcalinidad .....	10

1.3.2.10	.Fósforo .....	10
1.3.2.11	.Cloruros .....	10
1.3.3	<i>Parámetros Biológicos</i> .....	10
1.3.3.1.	Coliformes fecales .....	11
1.4	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	12
1.4.2	<i>Pretratamiento</i> .....	13
1.4.3	<i>Tratamiento Primario</i> .....	14
1.4.4	<i>Tratamiento secundario</i> .....	14
1.4.4.1.	Lagunas de Oxidación.....	15
1.4.4.2.	Pozo séptico – Filtro anaeróbico .....	15
1.4.5	<i>Tratamiento Terciario</i> .....	17
1.4.6	<i>Tratamientos biológicos</i> .....	17
1.5	TRATAMIENTOS COMPACTOS.....	18
1.5.1	<i>Biodiscos de flujo rotatorio</i> .....	21
1.5.2	<i>Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente (UASB)</i> .....	23
1.5.3	<i>Sistema de Oxidación total</i> .....	25
1.5.4	<i>Biorreactor de membrana (MBR)</i> .....	26
1.5.5	<i>Reactor secuencial de lodos activados (SBR)</i> .....	27
1.5.6	<i>Filtro percolador</i> .....	29
1.6	MARCO NORMATIVO AMBIENTAL DEL ECUADOR.....	31
<b>CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN .....</b>		<b>32</b>
2.1.	DESCRIPCIÓN DEL BIOTANQUE SÉPTICO INTEGRADO.....	32
2.1.1.	<i>Dimensiones del biotankue séptico integrado</i> .....	33
2.1.2.	<i>Componentes del biotankue séptico integrado</i> .....	33
2.1.2.1.	Zona de sedimentación.....	34
2.1.2.2.	Filtro biológico de rosetones .....	35
2.1.2.3.	Filtro de grava .....	36
2.1.2.4.	Cloración .....	37
2.1.2.4.	Filtro de carbón activado.....	38
2.1.3.	<i>Funcionamiento interno del biotankue séptico integrado</i> .....	38
2.1.4.	<i>Instalación</i> .....	41
2.2.	DESCRIPCIÓN DE LAS UBICACIONES DE LOS BIOTANQUES SÉPTICOS INTEGRADOS .....	42

2.2.1. Biotanque Séptico Integrado Millenium Village .....	43
2.2.2. Biotanque Séptico Integrado OMARSA .....	45
2.2.3. Biotanque Séptico Integrado Piladora de Cesa .....	46
2.2.4. Biotanque Séptico Integrado CDI San Francisco de Cajas.....	47
2.2.5. Biotanque Séptico Integrado CDI Urku Sisa .....	48
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....</b>	<b>50</b>
3.1. CRONOGRAMA DE TOMA DE MUESTRAS.....	50
3.2. MATERIALES .....	52
3.2.1. Materiales en campo .....	52
3.2.2. Materiales en laboratorio .....	53
3.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	57
3.3.1. Descripción de los métodos.....	57
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>64</b>
4.1. RESULTADOS DE LABORATORIO.....	64
4.2. COMPARACIÓN DE RESULTADOS.....	70
4.3. PLAN DE MANTENIMIENTO .....	79
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>81</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>90</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Esquema de los diferentes procesos de tratamiento. ....	13
<b>Figura 2</b>	Tratamiento general de los Biodiscos.....	22
<b>Figura 3</b>	Contactador biológico rotativo-biodiscos.....	22
<b>Figura 4</b>	Filtro anaerobio de flujo ascendente.....	24
<b>Figura 5</b>	Tanque compacto de filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (UASB).....	24
<b>Figura 6</b>	Depurador mediante oxidación.....	25
<b>Figura 7</b>	Depurador por oxidación para 10 personas. ....	26
<b>Figura 8</b>	Biorreactor de Membrana. ....	27
<b>Figura 9</b>	Sistema SBR compacto.....	28
<b>Figura 10</b>	Sistema SBR para 50 personas. ....	29
<b>Figura 11</b>	Filtro Biológico Percolador Compacto.....	30
<b>Figura 12</b>	Vista del biotank séptico integrado de 2000 y 4000 litros.....	32
<b>Figura 13</b>	Detalle del rosetón plástico.....	35
<b>Figura 14</b>	Vista interna del biotank séptico integrado de 2000 litros.....	39
<b>Figura 15</b>	Foto de biotank séptico integrado de 2000 litros ubicado en la Piladora Cesa. ....	39
<b>Figura 16</b>	Vista en planta del biotank séptico integrado de 1200 litros con serpentín. ....	40
<b>Figura 17</b>	Foto de biotank séptico integrado de 1200 litros ubicado en el CDI Urku Sisa. ....	40
<b>Figura 18</b>	Ubicación en Google Maps del biotank séptico integrado en Millenium Village. ....	44
<b>Figura 19</b>	Ubicación en Google Maps del biotank séptico integrado en Omarsa.	45

<b>Figura 20</b> Ubicación en Google Maps del biotanque séptico integrado en Piladora de Cesa.....	46
<b>Figura 21</b> Ubicación en Google Maps del biotanque séptico integrado CDI San Francisco de Cajas.....	47
<b>Figura 22</b> Ubicación en Google Maps del biotanque séptico integrado CDI Urku Sisa.....	48
<b>Figura 23</b> Visita realizada al biotanque de Millenium Village.....	90
<b>Figura 24</b> Visita realizada al biotanque de la Piladora de Cesa.....	90
<b>Figura 25</b> Visita realizada al biotanque de OMARSA.....	91
<b>Figura 26</b> Toma de muestras del efluente en la Piladora de Cesa.....	91
<b>Figura 27</b> Análisis en campo de parámetros físicos con el Biólogo Edison Alvarado.....	92
<b>Figura 28</b> Etiquetado de muestras para análisis en laboratorio.....	93
<b>Figura 29</b> Toma de muestra del efluente del CDI Urku Sisa.....	93
<b>Figura 30</b> Toma de muestra en filtro de grava del CDI San Francisco de Cajas.....	94
<b>Figura 31</b> Toma de muestra en filtro de carbón activado del CDI Urku Sisa.....	94
<b>Figura 32</b> Uso de embudo para introducir el agua residual en las botellas plásticas.....	95
<b>Figura 33</b> Toma de muestras en el CDI Urku Sisa.....	95
<b>Figura 34</b> Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Efluente M1 Piladora de Cesa.....	96
<b>Figura 35</b> Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Efluente M2 Piladora de Cesa.....	97
<b>Figura 36</b> Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Efluente M3 Piladora de Cesa.....	98

<b>Figura 37</b> Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Efluente MC Piladora de Cesa.....	99
<b>Figura 38</b> Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Efluente CDI San Francisco de Cajas.....	100
<b>Figura 39</b> Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Carbón Activado CDI San Francisco de Cajas.....	101
<b>Figura 40</b> Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Cloración CDI San Francisco de Cajas.....	102
<b>Figura 41</b> Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Grava CDI San Francisco de Cajas.....	103
<b>Figura 42</b> Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Sedimentador CDI San Francisco de Cajas.....	104
<b>Figura 43</b> Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Efluente CDI Urku Sisa.....	105
<b>Figura 44</b> Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Carbón Activado CDI Urku Sisa.....	106
<b>Figura 45</b> Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Cloración CDI Urku Sisa.....	107
<b>Figura 46</b> Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Grava CDI Urku Sisa.....	108
<b>Figura 47</b> Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Sedimentador CDI Urku Sisa.....	109
<b>Figura 48</b> Resultados del laboratorio de calidad de aguas – Segundo muestreo Efluente Piladora de Cesa.....	110
<b>Figura 49</b> Concentración típica de un agua residual doméstica.....	111
<b>Figura 50</b> Tabla de límites de descarga a un cuerpo de agua marina.....	112
<b>Figura 51</b> Tabla de parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego. ...	113

<b>Figura 52</b> Tabla de límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. ....	114
<b>Figura 53</b> Ficha técnica del biotanco séptico. ....	115

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Composición típica de las aguas residuales domésticas. ....	12
<b>Tabla 2</b> Dimensiones del biotanco séptico integrado de acuerdo con su capacidad volumétrica. ....	33
<b>Tabla 3</b> Cuadro con las características generales del rosetón plástico. ....	36
<b>Tabla 4</b> Características físicas y químicas de las pastillas de cloro al 90%. ....	37
<b>Tabla 5</b> Cuadro resumen de los lugares de los biotancos sépticos integrados. ....	43
<b>Tabla 6</b> Cuadro de toma de muestras en la Piladora de Cesa. ....	50
<b>Tabla 7</b> Cuadro de toma de muestras en la Región Sierra. ....	51
<b>Tabla 8</b> Listado de materiales usados en campo. ....	53
<b>Tabla 9</b> Cuadro de equipos, materiales y reactivos usados en laboratorio. ....	54
<b>Tabla 10</b> Resultados de las tomas de efluente de la Piladora de Cesa. ....	64
<b>Tabla 11</b> Resultados del primer muestro del efluente compuesto de la Piladora de Cesa. ....	65
<b>Tabla 12</b> Resultados del segundo muestreo de la Piladora de Cesa. ....	67
<b>Tabla 13</b> Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del Biotanco Séptico Integrado CDI Urku Sisa. ....	68
<b>Tabla 14</b> Parámetros físicos, químicos bacteriológicos del Biotanco Séptico Integrado CDI San Francisco de Cajas. ....	69
<b>Tabla 15</b> Comparativo del primer muestreo del efluente de Piladora de Cesa con los límites permitidos por la norma ambiental. ....	71

<b>Tabla 16</b> Comparativo del efluente del segundo muestreo de Piladora de Cesa con los límites permitidos por la norma ambiental. ....	73
<b>Tabla 17</b> Comparativo del efluente del CDI Urku Sisa con los límites permitidos por la norma. ....	75
<b>Tabla 18</b> Comparativo del efluente del CDI San Francisco de Cajas con los límites permitidos por la norma. ....	77

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación evalúa la eficiencia de un tratamiento de aguas residuales domésticas usando sistemas plásticos compactos, comúnmente implementados en poblaciones rurales pequeñas, las cuales no cuentan con un sistema de alcantarillado sanitario. Basándonos en el análisis de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, se determina la eficiencia de estos sistemas, con el fin de ser utilizados en el futuro como una alternativa viable.

Para esto, se monitorearon y se tomaron muestras en los distintos sistemas plásticos compactos, en la Región Costa y en la Región Sierra del país. Con las muestras correspondientes, se utilizó el Manual “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” en los análisis de laboratorio correspondientes usando los métodos establecidos del manual para determinar los parámetros de estudio.

Con estos parámetros se obtuvo la eficiencia y los resultados de los parámetro físico, químico y bacteriológicos de los biotanco sépticos integrados compactos. Una vez obtenidos los resultados, se los comparo con la norma ambiental vigente del libro VI anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA) y se hizo un análisis de estos resultados para determinar su funcionalidad y como mejorarla mediante un plan de mantenimiento.

**Palabras claves:** tratamientos de aguas residuales, sistemas plásticos compactos, biotanco séptico integrado

## **ABSTRACT**

The present research work evaluates the efficiency of a domestic wastewater treatment using compact plastic systems, commonly implemented in small rural populations that lack a sanitary sewer system. Based on the analysis of physical, chemical, and bacteriological parameters, the efficiency of these systems is determined with the aim of being used in the future as a viable alternative.

To achieve this, monitoring and sampling were carried out in various compact plastic systems in the Coastal and Sierra regions of the country. The corresponding samples were subjected to laboratory analysis using the methods established in the "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" manual to determine the study parameters.

With these parameters, the efficiency and the results of the physical, chemical, and bacteriological parameters of the integrated compact septic tanks were obtained. Once the results were obtained, they were compared to the current environmental standard in Annex 1 of Book VI of the Unified Text of Secondary Environmental Legislation (TULSMA), and an analysis of these results was conducted to determine their functionality and how to improve it through a maintenance plan.

Keywords: wastewater treatment, compact plastic systems, integrated septic biotank

## INTRODUCCIÓN

### Antecedentes

El tratamiento de las aguas residuales o aguas servidas durante los últimos años se ha convertido en una necesidad, en un requerimiento de importancia por parte de los distintos entes públicos del país. El impacto ambiental que generan, al no ser tratadas adecuadamente, es muy alta y afecta directamente a los recursos hídricos o cuerpos de agua cerca de las zonas de descargas y de los cuales disponemos durante nuestras actividades cotidianas. Los lagos, ríos, mares, entre otros, se han visto severamente afectados por la mala gestión y mal control de estas aguas contaminantes; su aspecto, calidad e incluso los organismos que habitan en él.

Preservar nuestros recursos, nuestro ambiente, nuestro ecosistema, es necesario para mantener nuestra calidad de vida actual y de las futuras generaciones, y así mantener a nuestro planeta libre de los altos niveles de contaminación; y una vez tratadas, poder reutilizarlas como reemplazo de aguas de riego, en procesos industriales o fines recreativos.

No todos los tratamientos de aguas residuales dan los mismos resultados ni son utilizados en todos los sistemas, varían dependiendo de las características, uso, procedencia y factores propios de la zona. Es más común ver estos tratamientos de aguas residuales en grandes poblaciones, donde existen PTARD o SDARD complejos; a diferencia de las poblaciones pequeñas, en donde no existen estas alternativas de tratamientos y buscan tratamientos más prácticos y económicos, y se consiga un tratamiento adecuado en la descarga de agua y que no se contamine a los recursos hídricos.

## **Objetivos**

### ***1.1.1. Objetivo general***

Determinar las eficiencias en sistemas plásticos compactos utilizados para el tratamiento de AARRDD para poblaciones pequeñas, con base en determinación de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos.

### ***1.1.2. Objetivos específicos***

- Investigar en la literatura los procesos y funcionamientos de otros sistemas plásticos compactos.
- Coordinar puntos de toma de muestra en efluentes y en los puntos internos del sistema plástico compacto de investigación.
- Evaluar las eficiencias de los sistemas plásticos compactos de tratamiento y sus parámetros tanto físicos, químicos como también los bacteriológicos.
- Comparar los resultados de estos parámetros obtenidos con la normativa ambiental.
- Realizar un plan de mantenimiento para el sistema plástico compacto.

## **Alcance**

Se pretende monitorear y determinar la eficiencia de estos sistemas plásticos compactos durante el tiempo del trabajo de titulación, y a la vez, evaluar la calidad del agua comparándola con los límites permisibles de la normativa ambiental TULSMA Anexo 1 Libro VI.

## **Metodología**

Se establecieron los puntos de toma de muestras tanto internos como externos del sistema, se analizaron y se dieron conclusiones según los resultados obtenidos. Se monitorearon la calidad del agua del efluente y de los puntos internos del sistema para determinar la eficiencia del sistema plástico compacto de investigación.

Para los análisis de resultados de laboratorio se realizaron los métodos que se establecen en el manual “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” y los resultados obtenidos se los comparó con la normativa ambiental TULSMA Anexo 1 Libro VI.

## CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.2. Origen y composición de las aguas residuales

A lo largo de la historia de la humanidad se ha optado la necesidad de usar el agua para un fin, esto conlleva a contaminar el agua que usamos. (Rivera, y otros, 2007) afirman que: “Son las aguas originadas en las viviendas o instalaciones comerciales y/o públicas. Están compuestas por aguas fecales y aguas de limpieza. Los principales contaminantes que van a contener son gérmenes patógenos, materia orgánica, sólidos, detergentes, entre otros”.

Según (Ramalho, 2021) las aguas residuales se pueden clasificar mediante cuatro fuentes fundamentales:

- 1) Aguas residuales domésticas o urbanas: Estas aguas traen consigo materia orgánica como heces y orina, además del agua de uso personal y de la cocina.
- 2) Aguas residuales industriales: Estas aguas traen consigo gran material disuelto y además de metales pesados.
- 3) Escorrentías de uso agrícola o pecuario: Estas aguas arrastran materia orgánica animal y también fertilizantes y pesticidas que pueden afectar zonas de ríos, lagos o pantanos cercanos.
- 4) Pluviales: Aguas que caen a los alcantarillados pluviales de las ciudades y pueden traer consigo material de las calles.

Para efecto de este trabajo de investigación, solamente se hablará de una de las clasificaciones de las aguas residuales, en específico, de las aguas residuales domésticas (AARRDD).

#### *1.2.1. Aguas residuales domésticas*

Las aguas residuales domésticas son el agua que ha sido utilizada por una comunidad y que contiene todos los materiales agregados al agua durante su uso. Se compone así de desechos corporales humanos (heces y orina) junto con el agua de descarga de inodoros, y lavabos, que son las aguas residuales resultantes del aseo personal, lavandería, preparación de alimentos y limpieza de utensilios de cocina (Mara, 2003).

Asimismo, se comprende que la actividad humana puede introducir de forma directa o indirecta sustancias contaminantes, fuentes de energía o alterar las condiciones del agua. Las aguas residuales domésticas están compuestas por una variedad de componentes físicos, químicos y biológicos. Estas aguas representan una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, tanto en forma suspendida como disuelta (Díaz, Alavarado, & Camacho, 2012).

### **1.3. Parámetros físicos, químicos y biológicos**

#### **1.3.1. Parámetros físicos**

Son parámetros los cuales podemos notar y percibir a simple vista y que incluyen olor, color, temperatura, turbidez y sólidos.

##### **1.3.1.1. Olor**

Los olores en las aguas residuales domésticas se generan a causa de los gases liberados durante la descomposición anaerobia de la materia orgánica. Estos gases incluyen ácido sulfhídrico, indol, mercaptanos y otras sustancias volátiles. El olor distintivo en las aguas residuales sépticas se debe a la presencia de sulfuro de hidrógeno, el cual se forma cuando los sulfatos se reducen a sulfitos debido a la actividad de microorganismos anaerobios (Metcalf & Eddy, Inc., 1995).

##### **1.3.1.2. Color**

El color presente en el agua puede tener relación con sustancias disueltas (color verdadero) o sustancias en suspensión (color aparente). Son causantes naturales del color en el agua, el material vegetal en descomposición, tipo ligninas, taninos, ácidos húmicos, fúlvicos, algas, etc. y algunos minerales disueltos de hierro y manganeso (Deloya, 2006).

##### **1.3.1.3. Temperatura**

La temperatura es una indicación del calor presente en una sustancia y se expresa en grados centígrados. Puede medirse utilizando un termómetro de mercurio o digital. Para obtener una medición precisa, es necesario sumergir el termómetro en agua durante el tiempo suficiente para que el mercurio se estabilice. Idealmente, se recomienda realizar la medición en agua en movimiento. Es crucial obtener una determinación lo más precisa posible, ya que el resultado influirá en la interpretación

adecuada de factores como el oxígeno disuelto, la actividad biológica y la saturación de carbono (Muñoz, 2008).

#### **1.3.1.4. Turbidez**

Se trata de una característica visual presente en el agua, la cual guarda una relación proporcional directa con los componentes en suspensión presentes en ella. Estos componentes varían desde partículas coloidales hasta partículas de mayor tamaño. Es una evaluación de la cantidad de sustancias en suspensión que obstruyen el paso de la luz a través del agua. Esta evaluación se realiza utilizando unidades de turbidez nefelométricas, expresadas como NTU. La turbidez del agua se utiliza para determinar el nivel de tratamiento necesario, la eficacia de los procesos de filtración, coagulación y sedimentación (Muñoz, 2008).

#### **1.3.1.5. Sólidos**

Los sólidos se refieren a cualquier sustancia o compuesto que se encuentra en el agua residual y no es agua. Estos sólidos pueden tener varios efectos negativos en los cuerpos de agua, como la reducción de la fotosíntesis debido al incremento de la turbidez del agua. También pueden formar depósitos sedimentarios en el lecho de los cuerpos receptores, lo cual promueve condiciones anaeróbicas, así como aumentos en la salinidad y la presión osmótica (Blas, 2018).

(Agandoña & Macías, 2013) establecen los tipos de sólidos encontrados en aguas residuales domésticas, los cuales se pueden clasificar en:

- Sólidos Totales (ST).
- Sólidos Suspendidos (SS).
- Sólidos Sedimentables.
- Sólidos Volátiles (SV)
- Sólidos Fijos (SF)

Cabe recalcar que los sólidos totales también forman parte de los parámetros químicos, pero para el propósito de la investigación se lo está mencionando.

#### **1.3.2. *Parámetros Químicos***

Son los parámetros que en su mayoría contienen componentes orgánicos en su estructura y estas son esenciales para los ecosistemas acuáticos, ya que sirven como

indicadores de la presencia y comportamiento de agentes contaminantes, además de desempeñar un papel fundamental en la evaluación de la calidad del agua, y estos incluyen el oxígeno disuelto, el nivel de acidez (pH), la conductividad, la concentración de sólidos disueltos, la turbidez, entre otros factores (Gualdrán, 2016).

#### **1.3.2.1.Oxígeno disuelto**

El oxígeno disuelto desempeña un papel crucial en los procesos de oxidación y reducción, así como en la actividad biológica tanto a nivel macro como micro en el agua. Este factor es un indicador clave de la capacidad de un cuerpo de agua para sustentar la vida acuática (Zhen-Wu, 2010) .

Es el factor determinante en la realización de reacciones aeróbicas o anaeróbicas en un medio específico. También se utiliza para medir la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y las tasas de aireación en el tratamiento de aguas residuales. Además, es un indicador de los efectos causados por contaminantes oxidables en el agua residual. Asimismo, influye en las reacciones que involucran nitrógeno y azufre. Cuando falta oxígeno, se generan olores desagradables debido a la descomposición anaeróbica de los compuestos orgánicos. La concentración de oxígeno disuelto disminuye a medida que aumenta la salinidad y la temperatura (Jimenez, 2001).

#### **1.3.2.2.Potencial de Hidrógeno**

El pH de una solución está determinado por la concentración de iones de hidrógeno a una temperatura específica. Generalmente, cuando el valor del pH es superior a 7, el agua se considera alcalina, mientras que valores inferiores indican acidez. En los ríos no contaminados, el pH suele oscilar entre 6.5 y 8.5, rangos que favorecen la vida acuática y la eliminación de dióxido de carbono. El pH es importante para determinar la especiación química y solubilidad de sustancias orgánicas e inorgánicas en el agua, lo cual influye en las reacciones biológicas. En un tratamiento de aguas residuales, si el pH es ácido, la degradación biológica no se llevará a cabo eficientemente y es posible que los microorganismos pierdan su viabilidad (Guevara & Ramos, 2018).

### **1.3.2.3. Conductividad**

La conductividad se refiere a una medida cuantitativa de la capacidad de una solución para llevar a cabo la conducción de corriente eléctrica. Esta capacidad se establece en función de la presencia de iones en la solución, su cantidad total, su capacidad de movimiento, su valencia y sus concentraciones relativas, además de estar influenciada por la temperatura. La evaluación de la conductividad reviste gran importancia, ya que proporciona una indicación del nivel de mineralización presente en diferentes tipos de agua, ya sea agua natural, potable, residual, tratada, de proceso o utilizada en trabajos de laboratorio para análisis de rutina o investigaciones científicas (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial , 2000).

### **1.3.2.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

La Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO<sub>5</sub>) se define como la proporción de oxígeno consumido por los microorganismos, como bacterias (aeróbicas o anaeróbicas facultativas, como Pseudónimas, Escherichia, Aerobacter, Bacillus), hongos y plancton, durante la descomposición de sustancias orgánicas en muestras de agua. La DBO<sub>5</sub> es un parámetro esencial para determinar la condición y calidad del agua en ríos, lagos, lagunas o efluentes. Cuanto mayor sea la cantidad de materia orgánica presente en la muestra, mayor será la DBO<sub>5</sub>, ya que los microorganismos necesitan oxígeno para oxidarla. La DBO<sub>5</sub> tiene un impacto directo en la cantidad de oxígeno disuelto en el agua (ríos, mar). A medida que aumenta la DBO<sub>5</sub>, el oxígeno se agota rápidamente. Esto nos indica que la disminución del oxígeno puede ser un problema grave para formas de vida acuáticas más complejas o hidrobiológicas (Raffo & Ruiz, 2014).

### **1.3.2.5. Demanda Química de Oxígeno**

La determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) se emplea para estimar la cantidad de sustancias que pueden ser sometidas a oxidación en el agua, sin importar si estas sustancias provienen de fuentes orgánicas o minerales, como el sulfato ferroso, nitritos, amoníaco, sulfuros y cloruros. La DQO se refiere al volumen de oxígeno necesario para oxidar la porción orgánica de una muestra que puede ser oxidada con dicromato o permanganato en un entorno ácido. Por lo general, el valor de DQO es superior al de la Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO<sub>5</sub>).

Cuando la relación entre DBO<sub>5</sub> y DQO en aguas residuales no tratadas supera el 0.5, indica que los residuos pueden ser tratados fácilmente mediante procesos biológicos. Si la relación DBO<sub>5</sub>/DQO es inferior al 0.3, sugiere que los residuos pueden contener componentes tóxicos o que podrían requerir microorganismos aclimatados para su estabilización (Crites & Tchobanoglous, 2000).

#### **1.3.2.6.Nitrógeno**

Los compuestos de nitrógeno desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de protistas y plantas, lo que los convierte en nutrientes o sustancias que estimulan el crecimiento esencial. Debido a que el nitrógeno es un componente esencial en la síntesis de proteínas, es crucial tener información sobre la presencia de este nutriente al evaluar la capacidad de tratamiento del agua residual mediante procesos biológicos. En situaciones en las que la concentración de nitrógeno sea insuficiente, será necesario agregarlo para asegurar que el agua residual sea susceptible de tratamiento. La cantidad total de nitrógeno abarca tanto el nitrógeno orgánico como el amoníaco, el nitrito y el nitrato (Metcalf & Eddy, Inc., 1995).

#### **1.3.2.7.Nitrito**

Es un indicador de contaminantes previo al proceso de estabilización, y rara vez su concentración excede de 1 mg/L en aguas residuales. Los nitritos son de gran importancia porque son altamente tóxicos para peces y demás seres acuáticos. Los nitritos pueden estar presentes en las aguas, bien por la oxidación del amoníaco o por la reducción de los nitratos. En el primer caso, es casi segura que su presencia se deba a una contaminación reciente, aunque haya desaparecido el amoníaco. Los nitritos presentes en aguas residuales tratadas son oxidados por adición de cloro, lo cual ocasiona un aumento en la demanda de cloro y en los costos de desinfección (Crites & Tchobanoglous, 2000).

#### **1.3.2.8.Nitrato**

En un agua típicamente residual doméstica, la presencia de nitratos no debería ser común, y su aparición se origina debido a la oxidación del nitrógeno amoniacal cuando existe oxígeno presente. El predominio de nitratos en el agua residual actúa como una señal confiable de que dichos residuos han alcanzado una estabilización en términos de su demanda de oxígeno (Metcalf & Eddy, Inc., 1995).

### **1.3.2.9. Alcalinidad**

La capacidad que tiene el agua para neutralizar ácidos se conoce con el nombre de alcalinidad, la cual constituye la suma de todas las bases titulables presentes en el agua. La alcalinidad que tiene el agua se debe básicamente a la cantidad de aniones bicarbonatos ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), carbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) e hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ) que se encuentran presentes en el medio; en la naturaleza el agua entra en contacto con una serie de rocas de diferentes tipos, entre las cuales están las rocas calizas, estas son las que aportan aniones al agua, ya sean bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, por lo general acompañados de diferentes cationes que le confieren diferentes características al agua los más comunes son de calcio, sodio, magnesio, hierro, etc (Carrión, 2006).

### **1.3.2.10. Fósforo**

Los compuestos de fósforo que se encuentran en las aguas residuales o que son liberados directamente en cuerpos de agua en la superficie tienen su origen en diversos factores, que incluyen la erosión de fertilizantes transportados por el agua o el viento desde el suelo, las deposiciones de desechos humanos y animales, así como el uso de detergentes y productos de limpieza. La carga total de fósforo engloba componentes como ortofosfato, polifosfato y compuestos de fósforo orgánico, siendo el ortofosfato generalmente la fracción más predominante (Muñoz, 2016).

### **1.3.2.11. Cloruros**

Los cloruros son sales que resultan de la combinación del gas cloro (ion negativo) con un metal (ion positivo). El cloro ( $\text{Cl}_2$ ) es altamente tóxico y es usualmente utilizado como desinfectante. La presencia de los cloruros se debe a la disolución de depósitos de minerales, provenientes de diversos afluentes de la actividad industrial o doméstica debido, también se puede tomar como indicador de la presente contaminación de carácter microbiológico de un patógeno indeseable y las altas concentraciones de cloro podrían afectar la vida marina en el caso de que las aguas residuales tratadas se descarguen a un río (Morante, 2002).

## **1.3.3 Parámetros Biológicos**

Las aguas residuales pueden albergar una diversidad de microorganismos, los cuales pueden dividirse en dos categorías: patógenos y no patógenos. Los patógenos son organismos que tienen la capacidad de provocar enfermedades en seres vivos,

mientras que los no patógenos no causan efectos adversos en la salud de humanos o animales. Entre los microorganismos más relevantes presentes en el agua con potencial patógeno se incluyen bacterias, virus, algas y hongos (Gualdrán, 2016).

#### **1.3.3.1. Coliformes fecales**

Las coliformes fecales representados por *Escherichia coli* son microorganismos que se encuentran principalmente en el agua residual de origen humano (agua residual doméstica, urbana), la presencia de estas bacterias son indicadores de contaminación fecal debido a su relación con el grupo tifoide-paratifoide. Las coliformes fecales pueden considerarse como un indicador biológico del agua debido a su presencia en aguas residuales. Estos microorganismos no se reproducen fuera del tracto intestinal de animales de sangre caliente y su evaluación es fácil y directa (Valencia, 2008).

**Tabla 1***Composición típica de las aguas residuales domésticas.*

<b>Parámetro</b>	<b>Débil</b>	<b>Media</b>	<b>Fuerte</b>
pH		6.5 - 8.5	
Sólidos totales en suspensión (mg/L)	100	220	350
Sólidos decantables (mg/L)	5	10	20
DBO5 (mg O2/L)	100	200	300
DQO (mg O2/L)	250	500	1000
Nitrógeno total (mg/L)	20	40	85
Nitrógeno orgánico (mg/L)	8	15	35
Nitrógeno amoniacal (mg/L)	12	25	50
Nitritos (mg/L)	0	0	0
Nitratos (mg/L)	0	0	0
Fósforo total (mg/L)	4	8	15
Oxígeno disuelto (mg O2/L)	0.2	0.1	0
Cloruros (mg/L)	30	50	100
Sulfato (mg/L)	20	30	50
Alcalinidad (CaCO3) (mg/L)	50	100	200
Aceites y grasas (mg/L)	50	100	150
Coliformes fecales (UFC/100ml)	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup> - 10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup> - 10 <sup>9</sup>
Compuestos orgánicos volátiles (µg/L)	<100	100 - 400	>400

*Nota.* Obtenido de (Rivera, y otros, 2007)

#### **1.4 Tratamiento de aguas residuales**

La creciente contaminación de las fuentes de agua ha generado un riesgo para la salud humana y los ecosistemas. Esto nos impulsa a buscar métodos para contrarrestar esta situación, y una posible solución es el aprovechamiento del agua contaminada. Para lograrlo, se han desarrollado diferentes formas de tratamiento, como las conocidas plantas de tratamiento para aguas residuales (PTAR), las cuales aseguran obtener agua libre de contaminantes y lista para ser potabilizada. Sin embargo, el inconveniente radica en los altos costos asociados a estas plantas. Por esta

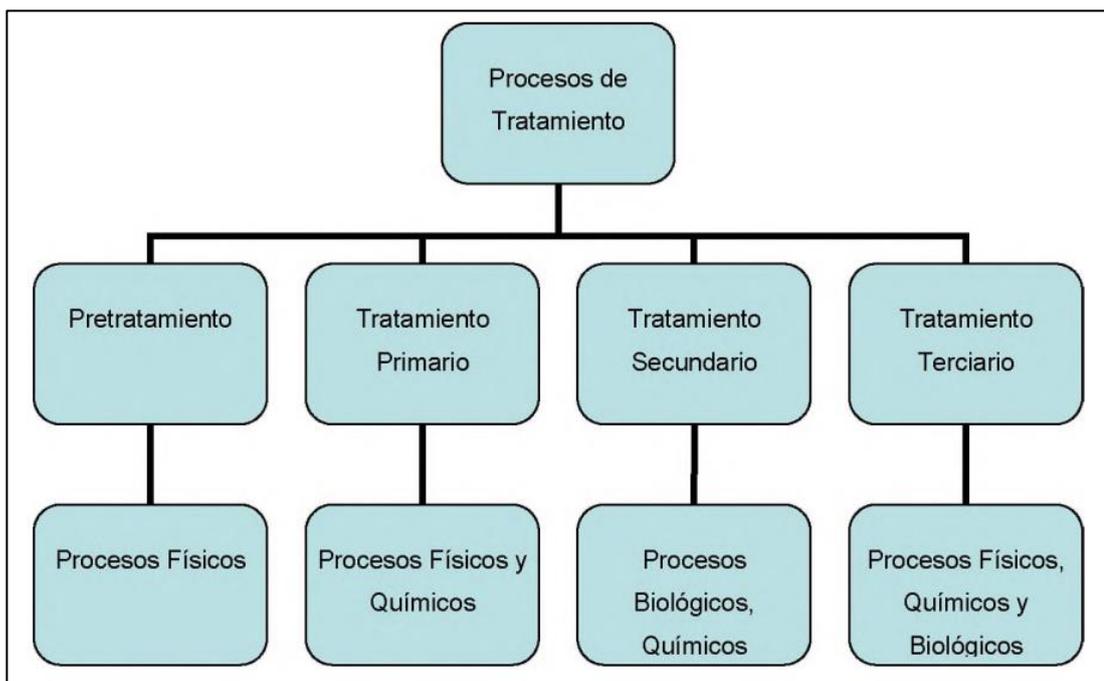
razón, se busca constantemente otros sistemas que cumplan la misma función que una PTAR, pero con menor consumo de energía y costos económicos (Gómez, Rodríguez, & Francy, 2009).

El tratamiento de las aguas residuales puede llevarse a cabo por muchos procesos, los cuales pueden basarse en tratamientos químicos, físicos y/o biológicos. Entre los principales procesos de tratamiento para aguas domésticas, están las plantas de lodos activados, lagunas de estabilización, filtros anaerobios de flujo ascendente y otros (Jiménez, 2014).

En los procesos de tratamiento de aguas residuales se encuentran las etapas del tratamiento y como son los procesos que funcionan en cada una de ellas:

### **Ilustración 1**

*Esquema de los diferentes procesos de tratamiento.*



*Nota.* Obtenido de (Jacho & Marmol, 2020).

#### **1.4.2 Pretratamiento**

En esta etapa inicial, no se tiene como objetivo afectar la materia orgánica presente en el agua residual. El propósito del pretratamiento es eliminar los elementos grandes, sólidos y arenosos que podrían interferir en el tratamiento completo y el funcionamiento eficiente de las máquinas, equipos e instalaciones de la planta

depuradora. En el proceso de pretratamiento se lleva a cabo una operación de desbaste para eliminar las sustancias de gran tamaño, así como un tamizado para eliminar las partículas en suspensión. Además, se realiza un desarenado para eliminar las arenas y sólidos densos presentes en el agua en suspensión, y se lleva a cabo un desengrasado para eliminar los aceites y otros elementos flotantes presentes en el agua residual (Toscano, 2014).

### **1.4.3 Tratamiento Primario**

En el tratamiento primario se enfoca en purificar física o fisicoquímicamente las aguas residuales, incluyendo la sedimentación de los sólidos en suspensión en un 50%. Además, se busca reducir la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), especialmente la DBO de las aguas residuales, en aproximadamente un 20% antes de pasar al siguiente proceso. El objetivo principal es eliminar los sólidos en suspensión mediante la sedimentación por gravedad o con la ayuda de coagulantes y floculantes. Uno de los tratamientos primarios más conocidos es la decantación primaria (Jacho & Marmol, 2020).

La sedimentación es un ejemplo de tratamiento primario que consiste en aprovechar la diferencia de densidad entre el líquido y las partículas suspendidas, los sólidos más pesados que el agua se precipitan y se separan del líquido y la flotación es que separa las partículas sólidas o líquidas del medio, con esto se consigue que se arrastren las partículas hacia la superficie (Collazos, 2008).

### **1.4.4 Tratamiento secundario**

Después de eliminar entre el 40% y el 60% de los sólidos en suspensión y reducir la DBO<sub>5</sub> entre un 20% y un 40% mediante procesos físicos en el tratamiento primario, el tratamiento secundario se encarga de disminuir la cantidad de materia orgánica presente en el agua (Toscano, 2014).

(Rojas, 2022) nos dice que, a través de este procedimiento, se disminuye o transforma la materia orgánica que está finamente fragmentada o disuelta en sólidos floculantes que pueden ser separados mediante sedimentación en recipientes de decantación. Los tratamientos biológicos de esta clase alcanzan una eficacia en la eliminación de la DBO<sub>5</sub> que oscila entre el 85% y el 95% y están compuestos por:

- Filtración biológica
- Pozo séptico-filtro anaeróbico
- Tanque IMHOFF
- Lodos activados
- Lagunas de estabilización (aerobia, anaerobia, facultativa, maduración, plantas acuáticas) y aireada.
- Sistemas de biomasa adherido
- Contactores biológicos giratorios
- Lagunas de oxidación

Su principal objetivo es reducir la materia orgánica y a su vez la cantidad de nutrientes, eliminando agentes patógenos y parásitos. Y, por consiguiente, remueve la demanda biológica de oxígeno (DBO) soluble que haya escapado del tratamiento primario, y por ende cantidades adicionales de sólidos sedimentables (Rojas, 2022).

#### **1.4.4.1.Lagunas de Oxidación**

Este tipo de lagunas son consideradas como el método más sencillo usado para ejercer el tratamiento de aguas residuales. Generalmente son constituidas por excavaciones poco profundas cercadas por taludes de tierra. Son de forma tanto rectangular como cuadrada, esto dependerá del diseño. Este tipo de tratamientos presenta ventajas como un bajo consumo de energía y costo de operación, además de que el mantenimiento es simple y no requiere personal calificado ya que no requieren equipo especializado, es una eficiente manera de remover bacterias patógenas. Aunque, pueden presentar problemas como generación de gases y olores desagradables, alguna contaminación de acuíferos por la infiltración de líquido (Santacruz, 2018).

#### **1.4.4.2. Pozo séptico – Filtro anaeróbico**

Los pozos o fosas sépticas son un sistema de tratamiento diseñado para aguas residuales, que se compone de un tanque de decantación, que puede tener forma rectangular o cilíndrica. A lo largo de su evolución, estos sistemas han experimentado cambios notables que han mejorado su funcionamiento. El modelo inicial incluía una tubería de arcilla y un tanque construido de madera de secuoya, mientras que las

versiones actuales utilizan materiales como concreto, fibra de vidrio, polietileno, ferrocemento, plástico y bloques de concreto como materias primas (Lucho, Medina, Beltran, & Juarez, 2015).

(Retete & Velayarce, 2019) muestra las propiedades de los pozos sépticos en sus roles específicos, que comprenden lo siguiente:

- Un período mínimo de permanencia de las aguas residuales que oscila entre 36 y 72 horas.
- La acumulación de sólidos flotantes, grasas y aceites en la parte superior.
- La sedimentación de los lodos en la parte inferior.

El filtro anaeróbico, se trata de un sistema de tratamiento altamente eficiente utilizado para aguas residuales solubles. Este sistema consiste en un tanque que contiene un lecho fijo de material de relleno inerte, como piedras de diferentes tamaños, que actúan como soporte para dicho lecho. En este relleno se produce una colonización y desarrollo de microorganismos, los cuales forman biopelículas o se agrupan en columnas de relleno, atrapándose entre los espacios del material. Esto permite que no sea necesario recircular el agua debido a que la biomasa se adhiere al relleno del filtro (Picado, 2016).

Los filtros anaerobios son utilizados para eliminar la materia orgánica disuelta mediante microorganismos anaerobios que se adhieren a la superficie del material de relleno. El crecimiento bacteriano ocurre en los espacios vacíos entre el material de relleno. Este material utilizado debe ser el más adecuado en función de las condiciones locales, teniendo en cuenta su disponibilidad y costos, ya que su función es la misma en todos los casos (Once & Ruiz, 2014).

Este sistema se utiliza principalmente para retener los sólidos. Cualquier proceso anaeróbico se ve significativamente afectado por las fluctuaciones de temperatura en el desagüe, por lo que su aplicación debe ser cuidadosamente considerada. El proceso es eficiente para reducir cargas orgánicas elevadas, siempre y cuando se cumplan otras condiciones satisfactorias (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1996).

#### **1.4.5 Tratamiento Terciario**

Este proceso se realiza de manera más exhaustiva con el objetivo de obtener efluentes de mejor calidad para su descarga. Se lleva a cabo mediante tratamientos fisicoquímicos, decantación o filtración, con el propósito de eliminar contaminantes específicos presentes en las aguas residuales, como fosfatos o nitratos provenientes del uso de detergentes domésticos e industriales. En el caso de la eliminación de nitrógeno, generalmente se realiza de manera secuencial bajo condiciones tanto oxigenas como anóxicas, lo que conduce a su liberación en forma de gases hacia la atmósfera. Por otro lado, en el caso del fósforo, se utiliza ciertos reactores que operan en condiciones anaerobias para que se combine con microorganismos y quede almacenado en ellos, posteriormente se extraen dichos microorganismos para su eliminación (Jacho & Marmol, 2020).

#### **1.4.6 Tratamientos biológicos**

El proceso de tratamiento biológico requiere la presencia abundante de microorganismos, un óptimo contacto entre estos microorganismos y la materia orgánica, así como la disponibilidad adecuada de oxígeno y nutrientes. Además, condiciones óptimas de temperatura y pH son necesarias, junto con un tiempo adecuado para permitir que los microorganismos realicen su labor. De esta manera, los microorganismos se encargan de llevar a cabo la biodegradación, lo que hace esencial tomar todas las medidas necesarias para asegurar un entorno propicio para su desarrollo. La implementación de estos procedimientos acelera los procesos naturales de descomposición, logrando la eliminación eficiente de la materia orgánica susceptible de degradación en un tiempo menor que los sistemas tradicionales, y todo ello en condiciones controladas (Romero, 2000).

(Mackenzie, 2010) detalla los tratamientos biológicos se clasifican en función de los requerimientos de oxígeno de la siguiente manera:

- **Procesos aerobios:** En este tipo de procedimientos, el oxígeno libre está presente como receptor de electrones para la descomposición mediante oxidación aerobia. Los productos resultantes de la descomposición son principalmente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), agua y material celular, con una producción mínima de gases malolientes. Debido a la considerable liberación

de energía durante la oxidación aerobia, la mayoría de los organismos aerobios experimentan altas tasas de desarrollo.

- **Procesos anóxicos:** En este tipo de procesos, entran en juego microorganismos con la capacidad de utilizar el nitrato ( $\text{NO}_3$ ) como receptor final de electrones en ausencia de oxígeno molecular; este proceso de oxidación se denomina desnitrificación. Los productos resultantes incluyen gas nitrógeno,  $\text{CO}_2$ , agua y material celular. La cantidad de energía disponible para la célula durante la desnitrificación es aproximadamente equivalente a la del proceso aerobio, lo que posibilita una producción de nuevas células energética (aunque no tan alta como en el proceso aerobio). Los procedimientos anóxicos son cruciales en tratamientos que requieren eliminar nitrógeno.
- **Procesos anaerobios:** En este tipo de procesos, ni el oxígeno molecular ni el  $\text{NO}_3$  deben estar presentes como receptores finales de electrones; en su lugar, se utilizan  $\text{CO}_2$ , sulfato ( $\text{SO}_4$ ) y compuestos orgánicos que puedan ser reducidos. Los principales productos finales son  $\text{CO}_2$ , metano ( $\text{CH}_4$ ) y agua, mientras que se generan adicionalmente amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ) y otros compuestos de azufre (mercaptanos), lo que resulta en olores extremadamente desagradables. Debido a estos tres últimos productos, este proceso genera olores altamente desagradables. La producción celular en los procesos anaerobios es baja en comparación con los procesos aerobios y anóxicos debido a la limitada liberación de energía.

## **1.5 Tratamientos compactos**

Los sistemas de tratamiento compactos son sistemas diseñados para ocupar un espacio reducido. Por esta razón, muchos de estos sistemas incluyen todos los procesos convencionales necesarios para el tratamiento de aguas residuales, pero en un formato más compacto y con la misma eficacia.

Es el tratamiento que hemos elegido para el tema de investigación presente, del cual tenemos varios procesos incluidos dentro del sistema para poder tratar las aguas residuales domésticas.

Los sistemas de tratamiento biológico pueden ser de crecimiento adherido y de crecimiento suspendido.

Los métodos de tratamiento de crecimiento suspendido, en los cuales la agrupación de microorganismos ya sea como unidades individuales o colectivamente formando flóculos, permanece en suspensión. Esta conglomeración de microorganismos se mezcla con las aguas residuales bajo tratamiento, dando lugar a una mezcla de sólidos denominada licor mixto. Por otro lado, están los tratamientos de crecimiento adherido, en los cuales se emplea un sustrato como soporte para mantener a los microorganismos individuales, formando una capa gelatinosa conocida como película fija. En este caso, la eliminación de compuestos orgánicos y nutrientes tiene lugar mediante la interacción del agua residual con el desarrollo de microorganismos adheridos al sustrato. Diversos materiales, como rocas, grava, escoria, plásticos y otros compuestos sintéticos, se utilizan en estos procedimientos (Metcalf & Eddy, Inc., 1995).

Las biopelículas que se forman en estos sistemas están compuestas por microcosmos diminutos, con tres estratos de diferente grosor, variando en su espesor y composición según la ubicación y el transcurso del tiempo. El proceso de formación de biopelículas puede ser dividido en tres etapas: En la fase inicial de colonización, las macromoléculas, como proteínas, polisacáridos y lignina, se adhieren a las superficies sólidas limpias. Estas macromoléculas son transportadas desde el líquido circundante hacia la superficie sólida a una velocidad más rápida que los microorganismos. Como resultado de esta adsorción, la cobertura acuosa de la superficie sólida disminuye. En la siguiente fase, las células microbianas se adhieren a la superficie preparada previamente por las macromoléculas. A menudo, estas células no forman capas uniformes y cerradas, sino más bien pequeñas colonias adheridas que pueden crecer y adherirse más. Por lo general, estas células tienen acceso a sustratos y oxígeno, lo que les permite alcanzar su máxima tasa de crecimiento. Durante esta etapa, las células generan moléculas orgánicas, que difunden a través de la pared celular, así como sustancias extracelulares poliméricas (EPS) catalizadas por exoenzimas. Estas sustancias son cruciales para establecer una biopelícula estable. La fase final del desarrollo de la biopelícula involucra la liberación de las células hacia el entorno circundante. Este proceso de liberación puede ser activo o pasivo. En el caso pasivo, factores externos como fuerzas de cizallamiento, depredación por organismos superiores, entre otros, ocasionan una disminución de la biomasa. Las células pueden

desprenderse de la estructura del biofilm individualmente o en grupos más grandes (Masic, 2013).

(Sánchez, 2015) nos detalla en resumen como estos sistemas funcionan más a detalle:

- Zona de Alimentación
- Zona de Digestión
- Zona de Sedimentación.
- Zona de Recolección de Efluente
- Zona Colectora de Gas

Además, se describe el proceso de descomposición anaeróbica en el cual los microorganismos desintegran los materiales orgánicos. En este contexto, "orgánico" indica que proviene de fuentes vegetales o animales. La descomposición anaeróbica tiene lugar en ambientes cerrados donde no hay presencia de aire (u oxígeno). Las siglas "DA" pueden hacer referencia al proceso de descomposición anaeróbica o al sistema construido para llevar a cabo dicho proceso, también conocido como digestor. La descomposición anaerobia suele considerarse un proceso complejo, ya que se basa en una serie de reacciones bioquímicas que tienen lugar en condiciones sin oxígeno (Mitchell, Kennedy, Ma, Yorgey, & Kruger, 2015).

(Retete & Velayarce, 2019) define etapas para la digestión anaerobia

- Hidrólisis: Este proceso implica la descomposición de polímeros complejos como proteínas, carbohidratos, grasas y aceites, que pueden ser asimilados por las bacterias. La hidrólisis ocurre mediante la acción de enzimas extracelulares que transforman estos polímeros en productos más simples y solubles, lo suficientemente pequeños como para atravesar la pared celular de las bacterias. Estas reacciones son llevadas a cabo por bacterias fermentativas hidrolíticas.
- Acidogénesis: En esta etapa, los compuestos simples y solubles resultantes, como azúcares, ácidos grasos y alcoholes, son fermentados para producir ácidos grasos de cadena corta (volátiles) y amoníaco. Estos procesos son realizados por bacterias acidogénicas fermentativas.

- Acetogénesis: Los compuestos generados durante la acidogénesis se convierten en acetato, hidrógeno y dióxido de carbono gracias a la actividad de las bacterias acetogénicas.
- Metanogénesis: Las bacterias metanogénicas desempeñan un papel crucial en la conversión del acetato en metano, y también pueden reducir el metano.

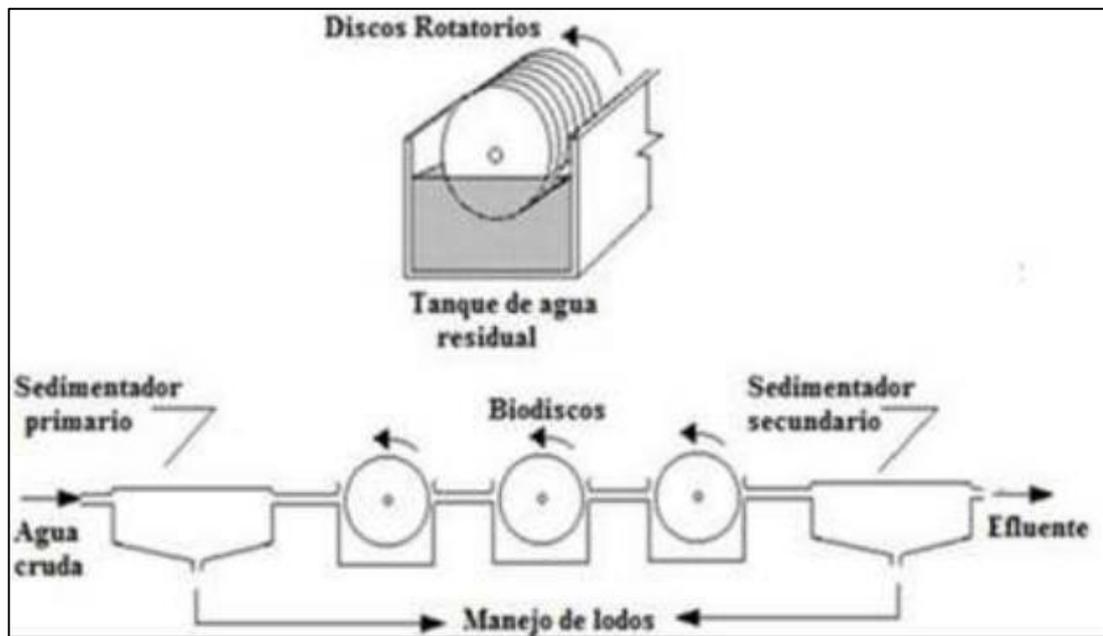
### ***1.5.1 Biodiscos de flujo rotatorio***

El funcionamiento de un sistema de tratamiento que emplea biodiscos es sencillo en esencia. Comienza con un sedimentador primario donde las partículas más grandes se eliminan por acción de la gravedad. Luego, el agua fluye hacia un reactor de contactores biológicos rotatorios, que se basa en un proceso de tratamiento basado en la formación de biomasa adhesiva. Finalmente, se cuenta con un sedimentador secundario para separar los sólidos del agua tratada. No obstante, en situaciones de baja concentración de sólidos sedimentables, el sedimentador primario suele ser excluido. En estos casos, el conjunto de biodiscos y su operación aseguran que el efluente presente buenas características de sedimentación. Los principios inherentes a los contactores biológicos rotatorios son los mismos que rigen cualquier proceso biológico de tratamiento. Los microorganismos se desarrollan en un entorno aeróbico controlado, mientras que los residuos y sustancias carbonáceas se descomponen en su catabolismo. El rasgo clave de los biodiscos radica en que los microorganismos se adhieren a la superficie de los discos, que se encuentran parcialmente sumergidos en el agua residual. Por lo general, estos discos, hechos preferentemente de material hidrofóbico, están dispuestos horizontalmente sobre un eje en un tanque, y se sumergen aproximadamente en un 40% de su área superficial total. Los microorganismos presentes en el agua residual comienzan a adherirse y proliferar en la superficie de los discos, que se recubren con una película biológica de 2 a 4 mm de grosor (Gutarra, 2016).

Según (Acai Depuración, 2018) el costo por metro cúbico de agua tratada de este sistema está alrededor de 10 centavos de dólar y alrededor de unos \$3000 dólares americanos incluyendo coste de operación y mantenimiento anual.

## Ilustración 2

*Tratamiento general de los Biodiscos.*



*Nota.* Obtenido de (Gutarra, 2016).

## Ilustración 3

*Contactor biológico rotativo-biodiscos.*



*Nota.* Obtenido de (Tecnoaqua, 2017).

### ***1.5.2 Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente (UASB)***

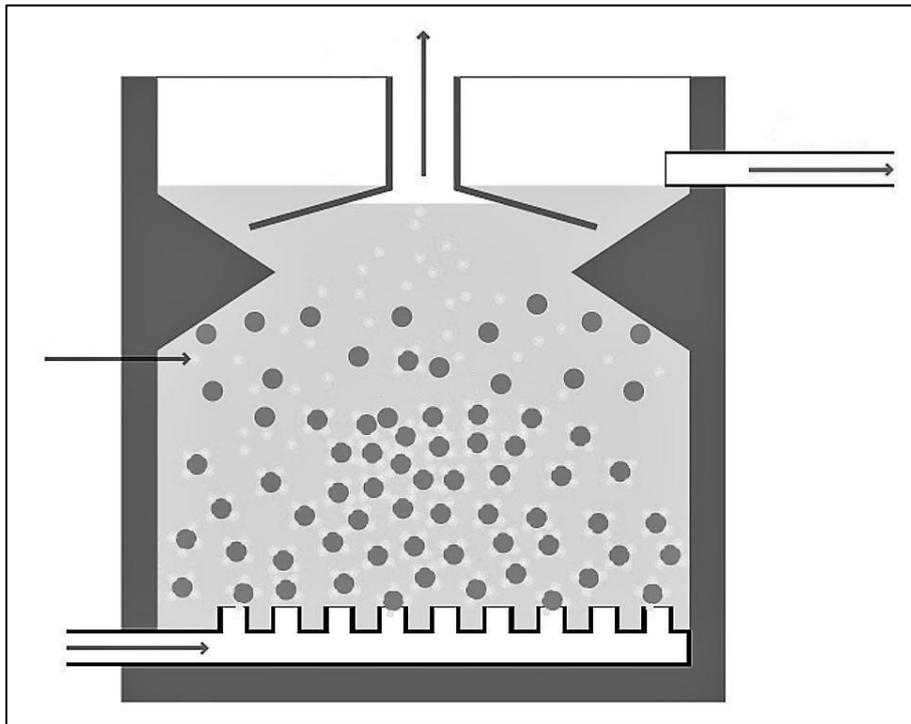
El reactor anaerobio de flujo ascendente, también conocido como RAFA, es una unidad de tratamiento biológico de tipo anaerobio. Su diseño permite mantener el agua residual a tratar en suspensión, al introducir el afluente desde la parte inferior mediante un sistema de distribución ubicado en el fondo de la unidad. El agua residual que entra asciende, atravesando un manto de lodos compuesto por microorganismos anaerobios. En la parte superior, se encuentra una campana que facilita la separación entre la fase líquida y gaseosa, permitiendo que el efluente clarificado sea dirigido hacia el tratamiento posterior (Férrnandez & Seghezzo, 2015)

El éxito del enfoque UASB radica en la formación de un espeso lecho de lodos en la zona inferior del reactor, donde ocurren todos los procesos bacterianos responsables de la eliminación de la contaminación orgánica. Este lecho se forma mediante la acumulación de sólidos suspendidos y el crecimiento bacteriano. La turbulencia generada por el flujo de agua residual doméstica al entrar en el reactor y la generación de burbujas debido a la producción de biogás garantizan un contacto efectivo entre el agua residual doméstica y la biomasa bacteriana. En ciertas condiciones, se observa la formación de conglomerados bacterianos densos, como flóculos y gránulos, que presentan excelentes propiedades de sedimentación. Estos conglomerados no son susceptibles de ser arrastrados fuera del reactor por el flujo ascendente aplicado, especialmente dentro de un amplio rango de velocidades ascendentes. La turbulencia natural originada por la producción de biogás proporciona una mezcla interna adecuada y asegura un buen contacto entre el efluente y la biomasa bacteriana en los sistemas (Férrnandez & Seghezzo, 2015).

Este sistema según el costo por metro cúbico de agua tratada este alrededor de 5 centavos de dólar y alrededor de unos \$2000 dólares americanos incluyendo coste de operación y mantenimiento anual.

#### **Ilustración 4**

*Filtro anaerobio de flujo ascendente.*



*Nota.* Obtenido de (Férrandez & Seghezzo, 2015).

#### **Ilustración 5**

*Tanque compacto de filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (UASB).*



*Nota.* Obtenido de (Férrandez & Seghezzo, 2015).

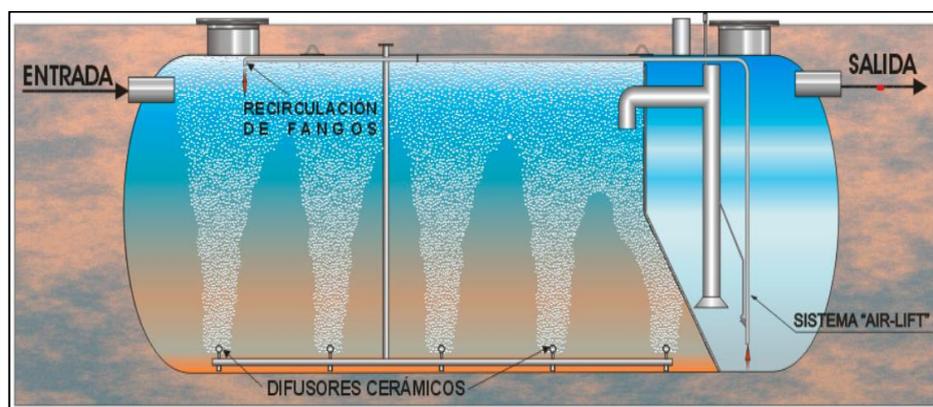
### 1.5.3 Sistema de Oxidación total

Su operatividad se fundamenta en el empleo del sistema de lodos activados con aireación prolongada y un mecanismo de recirculación de lodos. El proceso de depuración biológica mediante lodos activados abarca un procedimiento biológico que implica el crecimiento de una comunidad bacteriana dispersa en un recipiente agitado, aireado y abastecido con agua residual. Esta comunidad es capaz de transformar los contaminantes biológicos presentes en el agua en nutrientes metabólicos. La infusión continua de oxígeno, facilitada por una bomba, induce a los microorganismos presentes en el agua residual a someterse a un proceso de aireación prolongada, lo cual desencadena la descomposición biológica de la materia orgánica a través de la oxidación. Al mismo tiempo, la agitación impide la sedimentación y promueve la homogeneización de la mezcla entre los flóculos bacterianos y el agua residual. Un componente integral del sistema es el decantador secundario junto con un circuito de recirculación. En esta etapa de sedimentación, los lodos que aún persisten en el agua residual se depositan en el fondo del depósito, para luego ser reintroducidos en el reactor biológico mediante el proceso de recirculación (UNICOM, 2022).

Este sistema según el costo por metro cúbico de agua tratada este alrededor de 10 centavos de dólar y alrededor de unos \$3500 dólares americanos incluyendo coste de operación y mantenimiento anual.

#### Ilustración 6

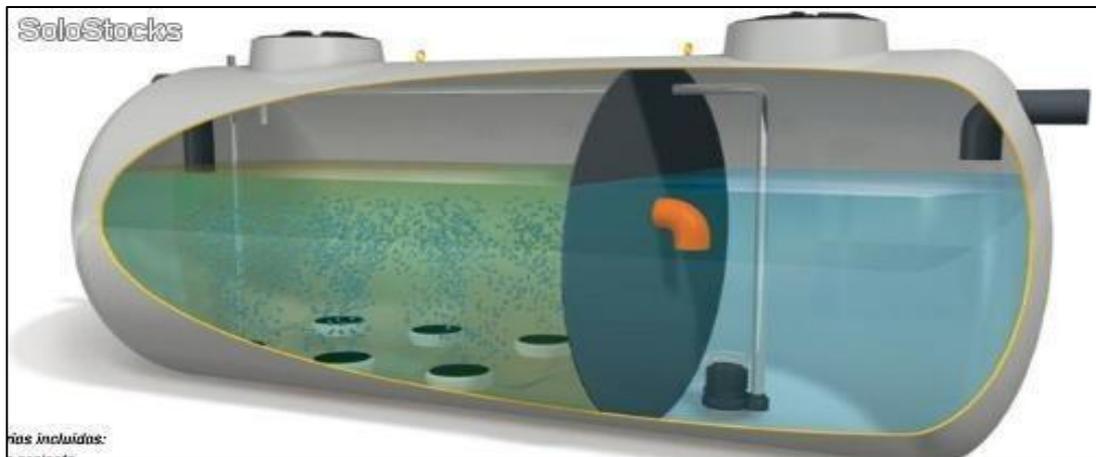
*Depurador mediante oxidación.*



*Nota.* Obtenido de (UNICOM, 2022).

## Ilustración 7

*Depurador por oxidación para 10 personas.*



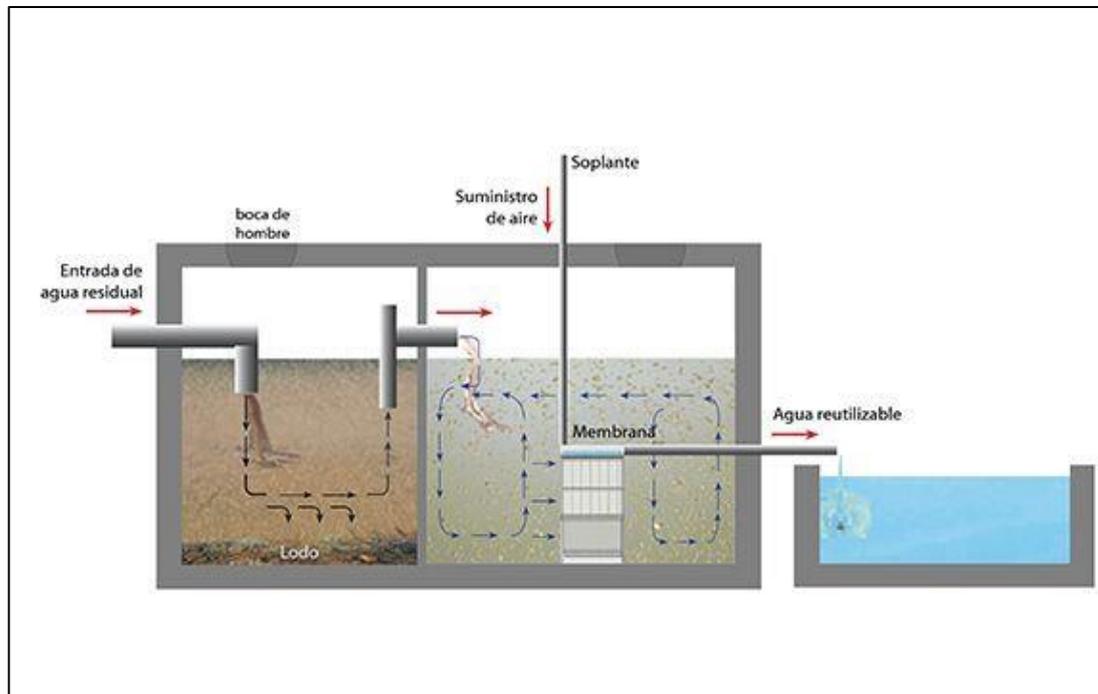
*Nota.* Obtenido de (UNICOM, 2022).

### **1.5.4 Biorreactor de membrana (MBR)**

Los biorreactores de membranas (BRM) se destacan por ser sistemas altamente compactos y eficaces en la separación de materia en suspensión y coloidal, lo que posibilita la obtención de aguas regeneradas con una calidad fisicoquímica y microbiológica excepcional. Las ventajas tecnológicas de los BRM radican en su capacidad para desvincular el tiempo de retención hidráulica (TRH) del tiempo de retención sólida (TRS), además de utilizar configuraciones de unidades más compactas y de menor volumen. No obstante, estos sistemas demandan una gran cantidad de energía para mantener las condiciones aeróbicas y generar la turbulencia necesaria para contrarrestar los procesos de ensuciamiento que afectan los módulos de membrana durante la operación. Los sistemas MBR (reactores de membranas biorreactores) constan de dos componentes principales. La unidad biológica es responsable de la degradación de la materia orgánica en el agua residual (biodegradación), mientras que la unidad de filtración tiene la tarea de llevar a cabo la separación sólido-líquido de la mezcla líquida. Este proceso de filtración se puede llevar a cabo mediante membranas de ultrafiltración (UF), cuyo tamaño de poro oscila entre 0.005 y 0.1  $\mu\text{m}$ , o mediante membranas de microfiltración (MF), con tamaños de poro entre 0.1 y 0.4  $\mu\text{m}$  (Mendes, 2019).

## Ilustración 8

### *Biorreactor de Membrana.*



*Nota.* Obtenido de (Bioazul, 2023).

### **1.5.5 Reactor secuencial de lodos activados (SBR)**

Los reactores biológicos secuenciales se caracterizan por ser sistemas discontinuos, donde las aguas residuales se mezclan con lodos biológicos en un entorno aireado. La singularidad de tener un solo tanque de implementación conlleva una reducción notable en la inversión requerida. El proceso SBR (Reactores Secuenciales de Lodos Activados) trata las aguas residuales a través de un tratamiento biológico que combina etapas aeróbicas y anóxicas. Este procedimiento se basa en la generación de lodos activados mediante aireación y en la reducción de nutrientes durante la etapa anóxica. Descrito de manera más simple, el SBR es un enfoque de tratamiento de aguas residuales que involucra llenar y vaciar sucesivamente un tanque. Este método biológico es conocido por ser altamente eficiente en términos de relación costo-eficiencia para eliminar contaminantes orgánicos en aguas domésticas e industriales. De forma más desglosada, el proceso SBR ocurre en un estanque y sigue secuencialmente diferentes fases de equalización, aireación y clarificación en diferentes intervalos temporales. Además, el SBR emplea tecnología de biomasa

avanzada, permitiendo así el tratamiento de una amplia gama de compuestos orgánicos. Además, mediante la incorporación de una mezcla anaeróbica durante el llenado del estanque y el uso de un interruptor de ventilador encendido/apagado durante la reacción, es posible eliminar nutrientes como el nitrógeno y el fósforo (López, Menéndez, & Fall, 2019).

Tiene un precio estimado de 10 centavos el metro cúbico de agua tratada y de al menos unos \$4000 dólares americanos con operación y mantenimiento anual según (Aqualimpia, 2023).

### **Ilustración 9**

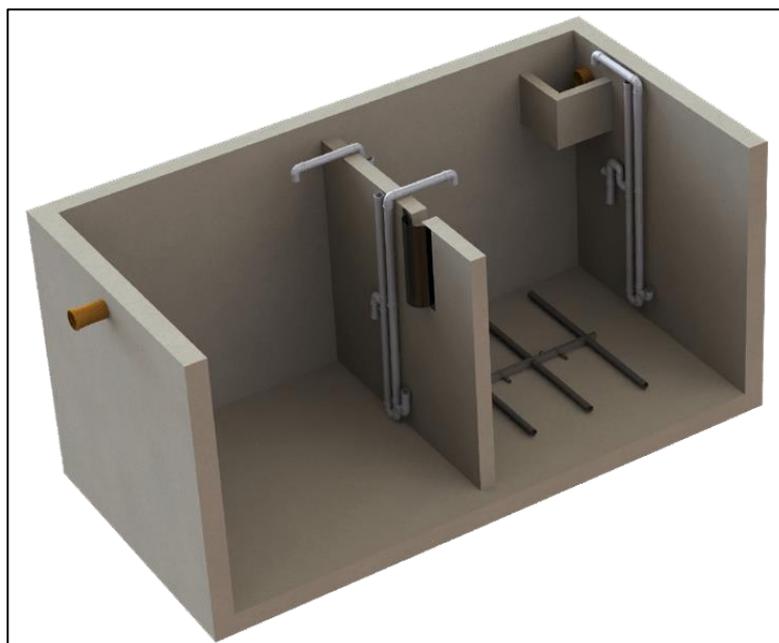
*Sistema SBR compacto.*



*Nota.* Obtenido de (Aqualimpia, 2023).

## Ilustración 10

*Sistema SBR para 50 personas.*



*Nota.* Obtenido de (Aqualimpia, 2023).

### **1.5.6 Filtro percolador**

El propósito principal de los procedimientos de filtros percoladores es disminuir la carga de materia orgánica en las aguas residuales. Un filtro percolador consta de un soporte no sumergido y permeable (cama) hecho de material, que puede ser natural, como gránulos, o sintético, como plástico. El agua residual fluye a través de esta cama, atrapando su biomasa en el lecho del sistema. Los microorganismos se multiplican a partir de la materia orgánica y quedan retenidos en el lecho, formando capas más grandes que se pueden eliminar en etapas posteriores a través de procedimientos de lavado. El filtro percolador es un tipo de filtro biológico de lecho fijo que opera en condiciones aeróbicas. Se vierte o se rocía el agua residual ya sedimentada sobre el filtro. A medida que el agua se desplaza por los poros del filtro, la biomasa que cubre el material del filtro descompone la materia orgánica. En este proceso aeróbico de tratamiento de aguas residuales, la efectividad de los filtros percoladores en la eliminación de materia orgánica está vinculada con la cantidad de microorganismos que participan en el proceso y el tiempo de contacto entre los microorganismos y el agua residual. La eficiencia de la filtración biológica en los filtros percoladores varía entre un 60% y 85%, dependiendo de las características de

las aguas residuales, así como de las cargas hidráulicas y orgánicas aplicadas al filtro percolador. Antes de ingresar al filtro percolador, el agua tratada debe pasar por otras unidades de tratamiento para reducir los sólidos, como un tanque séptico o un sedimentador. Es esencial que el influente que llega al filtro percolador carezca de sólidos de gran tamaño para evitar obstrucciones en las tuberías del proceso y prevenir que cubran la biocapa, lo que podría inhibir su crecimiento y provocar su deterioro. El filtro percolador se destina principalmente a eliminar la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la cantidad de microorganismos presentes en el agua. La tasa de eliminación depende de su diseño específico (Blas, 2018).

Precio estimado de 8 centavos el metro cúbico de agua tratada y de al menos \$2300 dólares americanos con operación y mantenimiento anual según (Ecodena, 2023).

### **Ilustración 11**

*Filtro Biológico Percolador Compacto.*



*Nota.* Obtenido de (Ecodena, 2023).

## **1.6 Marco Normativo Ambiental del Ecuador**

En el Ecuador, mediante normativas para la gestión, el tratamiento y la calidad de las aguas residuales domésticas, las plantas de tratamientos y los sistemas plásticos compactos mencionados, se tienen en cuenta con límites de descarga permisibles hacia un cuerpo de agua dulce o marina y su uso (Villafuerte, 2023).

- TULSMA en su libro VI, Anexo 1. Su Registro Oficial N725 con el suplemento N°2
- SENAGUA – Ley de Recursos Hídricos y la Norma CO 10.7 – 602-REVISIÓN NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL.
- CÓDIGO DE PRÁCTICA ECUATORIANA CPE INEN 5 PARTE 9-1: 1992.

## CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN

### 2.1. Descripción del biotanco séptico integrado

El biotanco séptico integrado de estudio es un sistema de tratamiento compacto de las aguas residuales domésticas, está diseñado principalmente para usarse en zonas rurales, en donde no se cuenta con los sistemas de alcantarillado sanitario.

Como podemos ver en la Figura 12, este biotanco séptico integrado, fabricado de polietileno, tiene como objetivo reducir el grado de contaminación y contribuir con la preservación del medio ambiente, cumpliendo con las normativas nacionales y a su vez, contribuyendo con una buena práctica del manejo de residuos.

#### Ilustración 12

*Vista del biotanco séptico integrado de 2000 y 4000 litros.*



*Nota.* Obtenido de Distribuidor del biotanco séptico integrado, 2023.

### ***2.1.1. Dimensiones del biotank séptico integrado***

El biotank séptico integrado presenta 3 distintos modelos o presentaciones, diferenciándose entre sí por la capacidad volumétrica de cada uno: de 1200 litros, de 2000 litros y de 4000 litros, y consta de etapas para el tratamiento de las aguas residuales: sedimentación, ingreso a las zonas de filtrado con flujo descendente como ascendente según el diseño y la depuración en el proceso.

En la Tabla 2, se presentan las dimensiones correspondientes del biotank séptico según las capacidades volumétricas del mismo.

**Tabla 2**

*Dimensiones del biotank séptico integrado de acuerdo con su capacidad volumétrica.*

<b>Dimensiones</b>	<b>Capacidad Nominal (litros)</b>		
	<b>1200</b>	<b>2000</b>	<b>4000</b>
Diámetro de Tapa (mm)	550	550	550
Largo (mm)	1544	1976	1970
Ancho (mm)	1108	1346	1900
Alto (mm)	1201	1424	1780

*Nota.* Obtenido de Distribuidor del biotank séptico integrado, 2023.

### ***2.1.2. Componentes del biotank séptico integrado***

El biotank séptico integrado cuenta con componentes generales como las tuberías de PVC de 110 mm, los compartimentos internos y en ocasiones, con una tubería ubicada cerca de la tapa para la salida de los gases, producto mismo de la degradación de la materia que se produce dentro del biotank.

En el interior del biotanco intervienen varios procesos, en donde por el uso de compartimentos o filtros, se realiza el tratamiento a las aguas residuales domésticas; principalmente tenemos los siguientes:

- Zona de sedimentación
- Filtro biológico de rosetones
- Filtro de grava
- Cloración (pastillas)
- Filtro de carbón activado

Adicional a los filtros, existen otros elementos que se incluyen en el diseño de los biotancos sépticos integrados, una rejilla y un serpentín.

La rejilla a la cual nos referimos está ubicada al inicio de la tubería que une el filtro biológico de rosetones con el filtro de grava; este elemento tiene la función de asegurar que los rosetones permanezcan en su compartimento y no obstruyan el proceso de tratamiento de las aguas.

En comparación con la rejilla, el serpentín es un elemento variable; este serpentín es una tubería interna especial que presenta una curvatura de forma ascendente y descendente, el cual mejora el funcionamiento del biotanco, adicionando tiempo de retención e interviniendo en la disminución de DBO y DQO en el proceso de tratamiento de las aguas residuales.

En el interior del biotanco en la zona de sedimentación se producen los efectos microbacterianos mencionados en el capítulo 1.

#### **2.1.2.1. Zona de sedimentación**

La zona de sedimentación en el biotanco es la primera etapa del proceso de tratamiento de aguas residuales. En esta zona, se produce la separación de los componentes de las aguas residuales. Esta separación se logra debido a la diferencia de densidades de los materiales presentes. Los sólidos más pesados, como los lodos y las partículas sólidas suspendidas, tienden a hundirse hacia el fondo. Estos sólidos se acumulan en el fondo del tanque y forman una capa de lodo. Los aceites y grasas

presentes en las aguas residuales tienden a flotar en la superficie del agua debido a su menor densidad. El agua, que se encuentra entre los sólidos sedimentados en el fondo y los aceites y grasas flotantes en la superficie, es la que fluye hacia la siguiente etapa del proceso de tratamiento. La zona de sedimentación es crucial en el proceso de tratamiento, ya que permite separar los sólidos y los componentes más pesados de las aguas residuales antes de que estas pasen a la etapa de tratamiento biológico mediante el siguiente filtro, donde se descompondrán los contaminantes orgánicos restantes. Esto ayuda a evitar que los sólidos obstruyan o dañen el sistema y permite un tratamiento más efectivo de las aguas residuales.

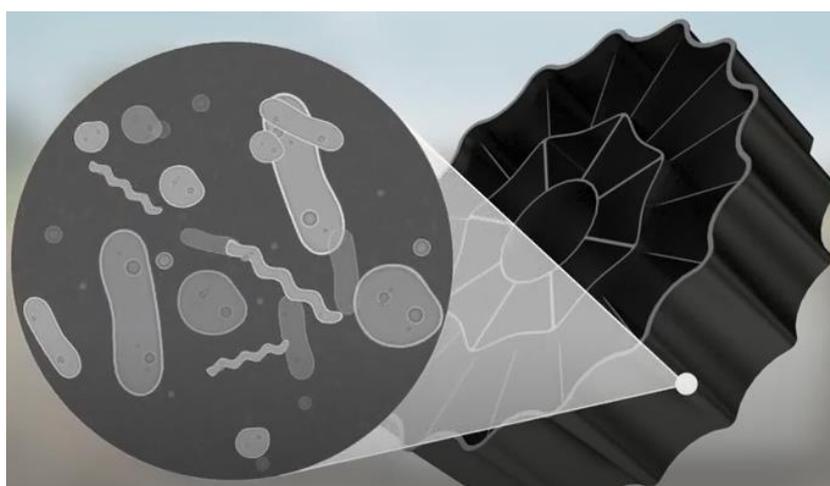
### **2.1.2.2. Filtro biológico de rosetones**

El rosetón de material plástico filtrante es un anillo de 20 cavidades hechos de polipropileno, lo que garantiza su durabilidad y es resistente al ataque de agentes externos como los hongos y bacterias; aquí gran cantidad de la biomasa (materia orgánica) es retenida durante el proceso de tratamiento de las aguas residuales domésticas, formándose una especie de biopelícula alrededor de los mismos.

En la Figura 13, se visualiza el diseño que tienen estos rosetones de polipropileno y en la Tabla 3, las características que estos poseen.

#### **Ilustración 13**

*Detalle del rosetón plástico.*



*Nota.* Obtenido de (Anónimo, 2023).

**Tabla 3**

*Cuadro con las características generales del rosetón plástico.*

<b>Características de los rosetones plásticos</b>	
<b>Peso</b>	40 kg/m <sup>3</sup>
<b>Material</b>	Polipropileno
<b>Propiedades</b>	Resistencia al ataque químico, al contacto con el agua y a las bacterias generadas alrededor de los rosetones
<b>Área de contacto</b>	Alrededor de 90 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
<b>Dimensiones</b>	Alrededor de 186 mm de diámetro y 50 mm de altura
<b>Área de superficie</b>	Alrededor 1.678 cm <sup>2</sup>

*Nota.* Obtenido de (Anónimo, 2023).

### **2.1.2.3. Filtro de grava**

El filtro de grava es una etapa adicional que sigue a la zona de sedimentación, y tiene como objetivo continuar purificando el agua residual antes de la cloración. El filtro de grava consta de capas de grava y arena de diferentes tamaños de partículas. El agua fluye a través de este filtro, y durante su paso, las partículas suspendidas restantes y algunas sustancias disueltas son atrapadas y eliminadas. El filtro de grava ayuda a mejorar la calidad del agua tratada al eliminar impurezas adicionales y reducir la carga de sólidos suspendidos y contaminantes en el agua. Además, en la superficie del filtro, se desarrolla una biopelícula compuesta por microorganismos que participan en procesos de degradación biológica, ayudando a eliminar materia orgánica adicional. El filtro de grava es una componente importante en el sistema para mejorar aún más la calidad del agua antes de su siguiente paso.

#### 2.1.2.4. Cloración

En la cloración, el biotanco séptico integrado posee la capacidad para almacenar 6 pastillas de cloro en su interior. Esta etapa del proceso tiene la función de desinfección del agua residual, eliminando organismos y bacterias durante su paso, puesto que sabemos que la cloración es un método muy usado en los tratamientos de aguas residuales como en los tratamientos de agua potable. El diseño hace que solo dos pastillas de cloro entren en contacto con el agua y las demás quedan como depósito o de almacenamiento. El tiempo de contacto es muy corto, debería ser por lo menos unos 30 minutos para poder eliminar los coliformes y tener un tratamiento óptimo.

En la tabla 4, se indican las características que poseen las pastillas del sistema.

**Tabla 4**

*Características físicas y químicas de las pastillas de cloro al 90%.*

<b>Características de las pastillas de cloro</b>	
<b>Apariencia</b>	Pastillas sólidas
<b>Olor</b>	A cloro
<b>Color</b>	Blanco ligeramente azulado
<b>Peso pastillas</b>	200 gr
<b>Diámetro</b>	3 pulg
<b>Peso molecular</b>	232,5 gr/mol
<b>pH</b>	2,7 – 3,3
<b>Solubilidad en agua a 25°C</b>	12 gr/l de agua (lenta)
<b>Densidad aparente (g/ml)</b>	0,91
<b>Humedad</b>	0,3% máx.

*Nota.* Obtenido de (Villafuerte, 2023).

#### **2.1.2.4. Filtro de carbón activado**

El carbón activado es un material poroso con una gran área superficial que puede adsorber una variedad de sustancias orgánicas, productos químicos y compuestos no deseados, tiene la capacidad de adsorber moléculas orgánicas y otras sustancias disueltas en el agua. A medida que el agua residual pasa a través del lecho de carbón activado, los contaminantes se adhieren a la superficie porosa del carbón, lo que resulta en una purificación efectiva del agua.

#### **2.1.3. Funcionamiento interno del biotank séptico integrado**

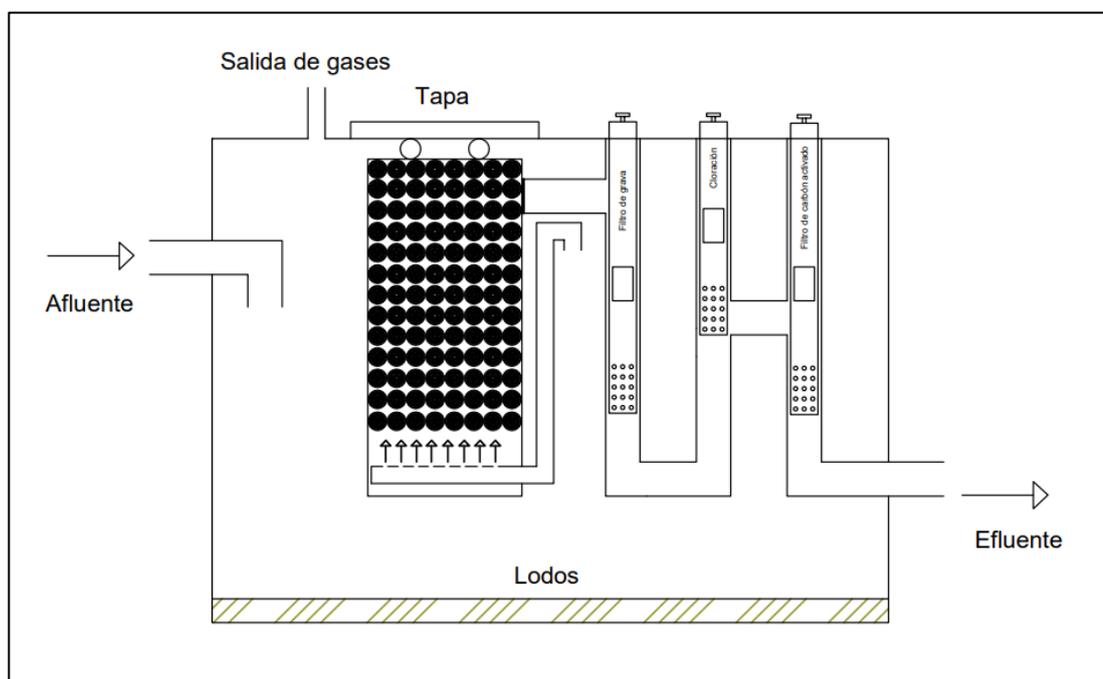
1. El afluente (agua residual doméstica proveniente del sitio de estudio) ingresa al biotank séptico integrado por un tubo de 110 mm de diámetro empezando el proceso de biodescomposición.
2. Comienza el proceso de sedimentación, en donde los sólidos presentes en el agua residual doméstica se van quedando en la parte inferior del biotank séptico integrado, en el cual, después del paso del tiempo se convertirán en una especie de lodo.
3. Cuando el nivel del agua residual sube, ingresa a un tubo de Novafort desde la parte inferior del mismo, en donde está el primer compartimento, el filtro biológico con rosetones, formándose una biomasa alrededor de los mismos y disminuyendo la cantidad de materia orgánica.
4. El agua residual llega a una cierta altura e ingresa al siguiente compartimento, el filtro de grava. En esta etapa el AARRDD viaja por la tubería en forma descendente y pasa a través del material filtrante.
5. Luego sigue su recorrido hasta que ingresa a la etapa de cloración, en donde se encuentran las pastillas de cloro. Aquí, el AARRDD sube por la tubería en un flujo vertical y solo atraviesa dos pastillas cada vez que pasa.
6. Por último, el agua residual entra directamente al siguiente compartimento, el filtro de carbón activado. En esta etapa, el AARRDD desciende hasta encontrarse con el material, y después sale de este a través de los orificios en la parte inferior hasta la salida de la tubería.
7. El efluente, en la mayoría de los casos, puede ser descargado directamente o puede infiltrarse en el suelo.

Recordemos que los gases que se producen debido a la degradación de la materia salen a través de la tubería ubicada cerca de la tapa del biotanco.

En las Ilustraciones 14 a la Figura 17, se visualizan el diseño interno y externo de un biotanco séptico integrado de 2000 y 1200 litros de capacidad volumétrica.

### Ilustración 14

*Vista interna del biotanco séptico integrado de 2000 litros.*



*Nota.* Elaboración propia.

### Ilustración 15

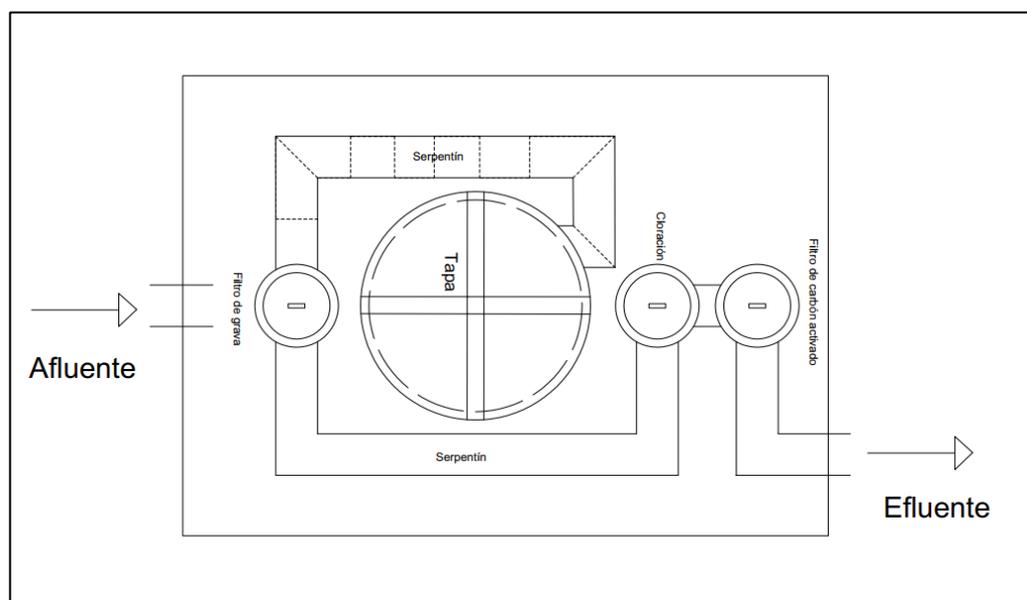
*Foto de biotanco séptico integrado de 2000 litros ubicado en la Piladora Cesa.*



*Nota.* Elaboración propia.

### **Ilustración 16**

*Vista en planta del biotanco séptico integrado de 1200 litros con serpentín.*



*Nota.* Elaboración propia.

### **Ilustración 17**

*Foto de biotanco séptico integrado de 1200 litros ubicado en el CDI Urku Sisa.*



*Nota.* Elaboración propia.

#### **2.1.4. Instalación**

Para la instalación del biotanco séptico integrado, se debe determinar un sitio de fácil acceso, separado y donde exista un espacio amplio para la colocación de este. La instalación no es complicada, pero se deben de considerar ciertos puntos.

1. Excavación: se debe asegurar la estabilidad de este y que cumpla con todas las condiciones de seguridad. El ancho y largo de la excavación deberá ser de al menos 40 cm más que las dimensiones del biotanco a instalar.
2. Montaje: previo a su colocación se nivela el terreno, si es necesario, se coloca un replantillo que sirva como base del biotanco y se asegura el sistema.
3. Nivel freático: como mínimo a unos 80 cm debajo de la rasante, si existe un alto nivel freático en el sitio se deberá agregar peso adicional.
4. Conexión de los elementos: se debe asegurar que todo esté conectado, en su lugar y correctamente fijado. En el caso del filtro biológico de rosetones, se lo asegura con dos tuberías ubicadas en la parte superior, así se restringe el movimiento de este.

5. Relleno: alrededor del biotanque séptico integrado, se puede rellenar con el mismo material de sitio o con cascajo fino y luego se procede con la compactación.
6. Fundición: si es necesario, se deberá fundir un contrapiso o brocal de cabezal de concreto.
7. Fundición de marco: se deberá considerar los espacios de la tapa y demás filtros del biotanque.

## **2.2. Descripción de las ubicaciones de los biotankes sépticos integrados**

En este trabajo de investigación se analizaron y se monitorearon distintos sistemas plásticos compactos para tratamientos de aguas residuales domésticas, tanto en la Región Costa como en la Región Sierra del país.

A continuación, en la Tabla 5, se detallan y se describen los lugares donde están ubicados cada uno de los sistemas plásticos compactos.

**Tabla 5**

*Cuadro resumen de los lugares de los biotanques sépticos integrados.*

<b>Ubicación</b>		<b>Capacidad volumétrica</b>	<b>Datos adicionales</b>
Piladora de Cesa	Recinto Flor de María en el km 51 Vía Daule-Balzar.	2000 litros	- Sin serpentín - Vivienda de dos pisos
Millenium Village	Vía Samborondón – La Aurora Km 11.5 de la Av. León Febres Cordero.	1200 litros	- Sin serpentín - Vivienda de dos pisos
Omarsa Churute	Vía Naranjal– Recinto El Mango, Taura.	2 biotanques de volumen de 4000 litros	- Sin serpentín - Galpón usado como vivienda temporal
CDI San Francisco de Cajas	Cantón Cayambe de la Provincia de Pichincha, parroquia Ayora	1200 litros	- Con serpentín - Centro de desarrollo infantil
CDI Urku Sisa	Cantón Cayambe de la Provincia de Pichincha, parroquia Cangahua	1200 litros	- Sin serpentín - Centro de desarrollo infantil

*Nota.* Elaboración propia.

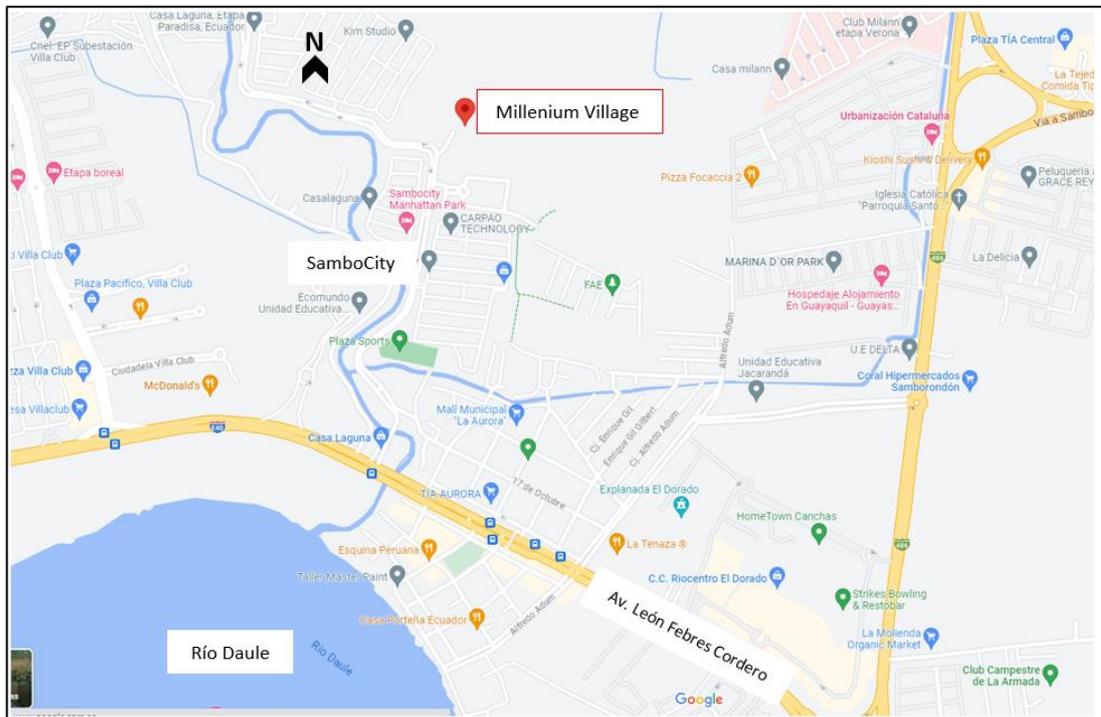
### ***2.2.1. Biotanque Séptico Integrado Millenium Village***

El primer sitio que visitamos y realizamos la visita técnica correspondiente, fue el del biotanque séptico integrado ubicado en el nuevo desarrollo inmobiliario, el proyecto Millenium Village.

Este complejo residencial, aún en construcción, está ubicado en la Región Costa, en la provincia del Guayas, específicamente en la Vía Samborondón – La Aurora Km 11.5 de la Av. León Febres Cordero.

### Ilustración 18

*Ubicación en Google Maps del biotanque séptico integrado en Millenium Village.*



*Nota.* Elaboración propia.

El proyecto no cuenta con un sistema propio para el tratamiento de aguas residuales debido a que está aún en desarrollo, razón por la cual las AARR de una sola vivienda están conectadas al biotanque; únicamente se utiliza el baño de la planta baja (esto incluye al inodoro y lavamanos). La vivienda modelo de dos pisos es usada como oficina o sala de ventas del proyecto, diariamente la utilizan dos personas encargadas de las ventas y de vez en cuando lo usan las personas que llegan al lugar para información, dentro del horario laboral; en un fin de semana como promedio lo llegan a usar entre 4 a 5 personas.

Como características generales, el biotanque séptico integrado tiene la capacidad de 1200 litros y no cuenta con un serpentín en su diseño. Como dato

adicional, el tiempo de instalación del sistema es de unos 6 meses y no se le ha dado mantenimiento más allá de una adición de pastillas de cloro.

### 2.2.2. *Biotanque Séptico Integrado OMARSA*

El biotanque séptico integrado pertenece a una camaronera del Grupo Omarsa, empresa dedicada a la producción y exportación de camarón en el Ecuador; ubicado en la Región Costa, en la provincia del Guayas Vía Naranjal–Recinto El Mango, Taura.

#### **Ilustración 19**

*Ubicación en Google Maps del biotanque séptico integrado en Omarsa.*



*Nota.* Elaboración propia.

El biotanque séptico integrado está conectado a un galpón (estructura metálica) usado como vivienda temporal por los trabajadores de la camaronera; en el cual habitan unas 50 personas, las mismas que hacen uso de dos baños, la cocina y lavandería durante la noche.

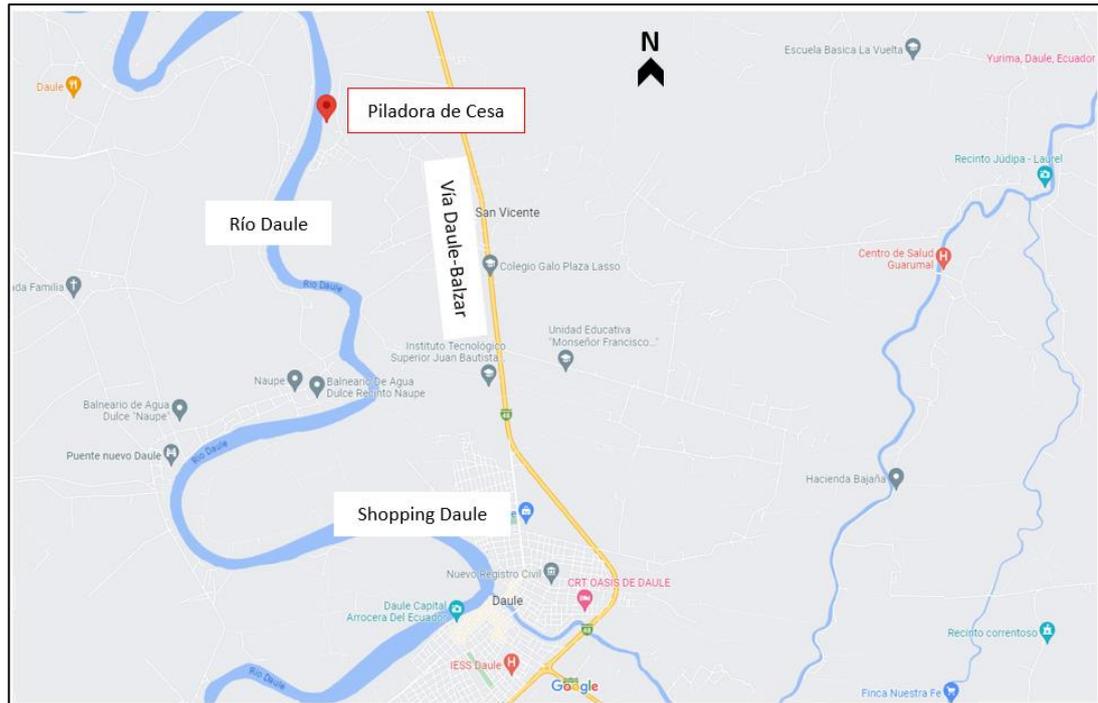
Las aguas tratadas en la salida del sistema se descargan infiltrándose en el terreno, una zanja de infiltración, gracias a una tubería perforada instalada. En particular, este biotanque presenta el problema de un nivel freático alto y además de malos olores por la infiltración en el suelo. Como características generales, los biotanques sépticos integrados tienen la capacidad de 4000 litros cada uno y tampoco incluye serpentín en su diseño. El tiempo de instalación del mismo, desde la visita, es de 8 meses y si se le ha dado mantenimiento con anterioridad.

En estos dos sitios, se realizó la inspección y visita de los biotiques sépticos integrados, pero por varias razones, no se pudo tomar las muestras.

### 2.2.3. Biotanque Séptico Integrado Piladora de Cesa

#### Ilustración 20

*Ubicación en Google Maps del biotique séptico integrado en Piladora de Cesa.*



*Nota.* Elaboración propia.

También en la Región Costa, encontramos el biotique séptico integrado de una Piladora de Cesa; este biotique está ubicado en el recinto Flor de María en el km 51 Vía Daule-Balzar, en la provincia del Guayas. La Piladora de Cesa pertenece a la empresa AGROSEM, una empresa agrícola semillera que desde el año 1981 se especializa en la producción de semillas y granos como la soja, maíz, chíá, entre otros, para el sector ecuatoriano.

El lugar cuenta con agua potable pero no con un sistema de alcantarillado, por lo cual se le ha dado la solución del uso del biotique para el tratamiento de sus aguas residuales domésticas. El biotique está destinado solamente para el tratamiento de las aguas residuales de la vivienda de dos pisos y no para las actividades agrícolas y/o industriales que realizan en el lugar.

Actualmente, la vivienda está siendo habitada por guardias que cumplen con su rol de guardianía en un horario de 6pm-6am y solo llegan a usar los dos baños de la casa. El efluente de este biotank séptico integrado se descarga directamente al río Daule a través de una tubería de 110 mm de diámetro.

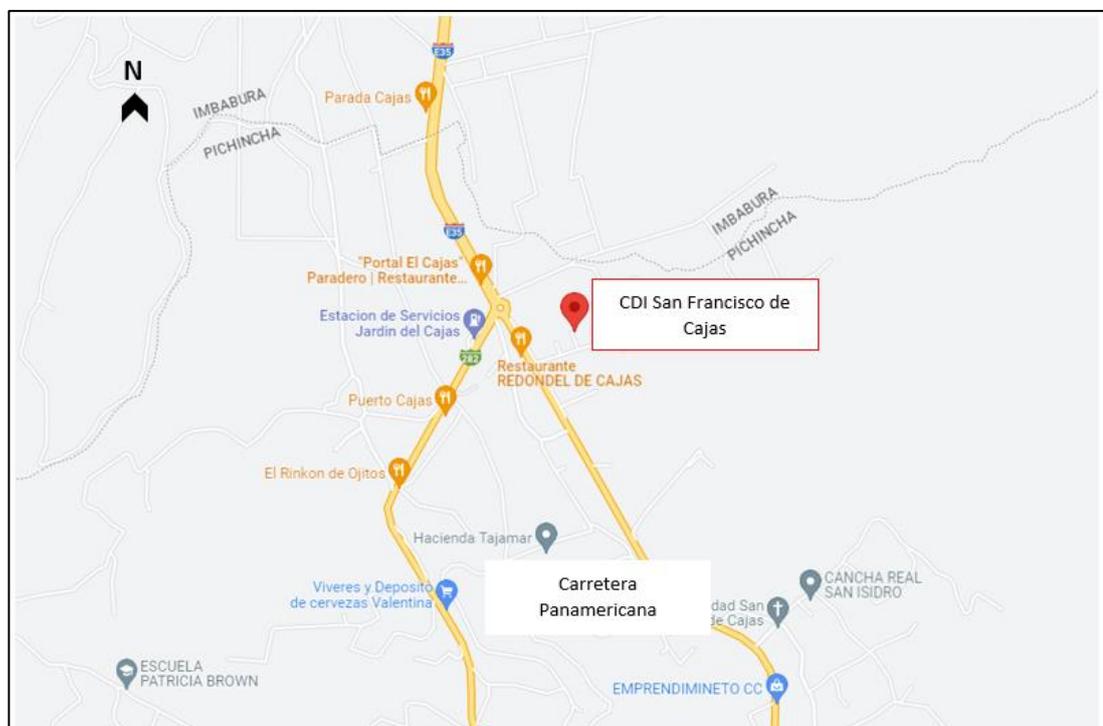
Como características generales, el biotank séptico integrado tiene la capacidad de 2000 litros y no incluye serpentín en su diseño. El tiempo que tiene instalado, desde la visita, es de 3 años y se le ha dado un mantenimiento regular a lo largo del tiempo, aproximadamente 6 veces, siendo la última hace unas semanas.

#### ***2.2.4. Biotank Séptico Integrado CDI San Francisco de Cajas***

Ubicado en la Región Sierra, el CDI (Centro de Desarrollo Infantil) de San Francisco de Cajas, está en el cantón Cayambe - parroquia Ayora cerca de la carretera Panamericana y en el límite de la provincia del Pichincha.

#### **Ilustración 21**

*Ubicación en Google Maps del biotank séptico integrado CDI San Francisco de Cajas.*



*Nota.* Elaboración propia.

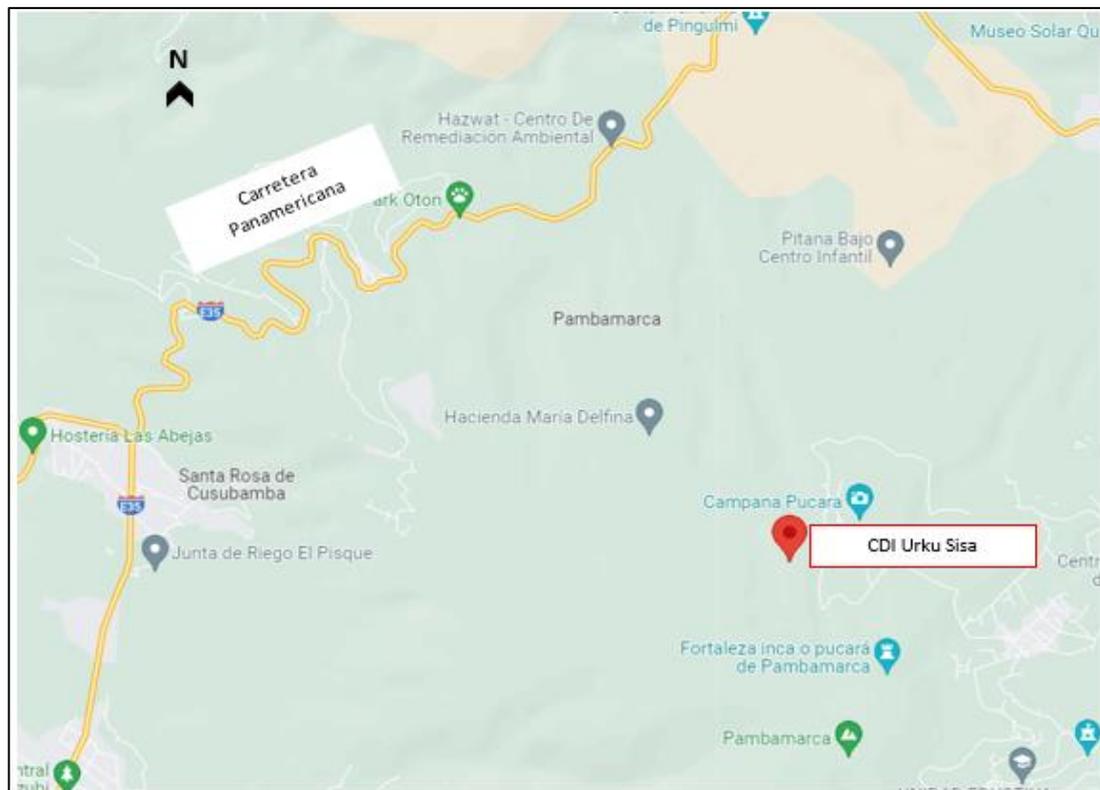
El biotanque séptico integrado es de capacidad de 1200 litros y adicionalmente, cuenta con un serpentín en el interior. Este sistema abastece a 2 personas adultas y 10 niños entre 1 a 3 años de edad, sólo ingresan aguas servidas, recibiendo descargas del inodoro y lavamanos. En el área de lavamanos no hay cubierta por lo que en época de lluvia ingresan AALL al sistema y a la salida, el efluente se infiltra por celdas en el suelo.

### ***2.2.5. Biotanque Séptico Integrado CDI Urku Sisa***

Ubicado en la Región Sierra, el CDI (Centro de Desarrollo Infantil) de Urku Sisa, está en el cantón Cayambe - parroquia Cangahua, está lejos de la carretera Panamericana, en una zona alta, aislada y alejada de poblaciones cercanas.

### **Ilustración 22**

*Ubicación en Google Maps del biotanque séptico integrado CDI Urku Sisa.*



*Nota.* Elaboración propia.

El biotanco séptico integrado es de una capacidad volumétrica de 1200 litros. Este sistema abastece a 4 personas adultas y 10 niños entre 1 a 3 años de edad; únicamente recibe la descarga de inodoros, urinarios y lavamanos, en donde además no existe una cubierta y si se mezclan las aguas lluvias. A la salida, el efluente se infiltra en el suelo a poca distancia del biotanco.

### CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

En este capítulo, se explicará todo el proceso de monitoreo de los distintos biotankes sépticos integrados a los cuales se analizó y midió los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos en el laboratorio de calidad de agua, para lo cual, se llevó un control de cada una de las muestras de AARRDD. El tiempo de funcionamiento de estos sistemas una vez instalados es de:

- Biotanque séptico integrado de la Piladora de Cesa: Alrededor de 3 años
- Biotanque séptico integrado del CDI de San Francisco de Cajas: Alrededor de 11-12 meses
- Biotanque séptico integrado del CDI de Urku Sisa: Alrededor de 11-12 meses

#### 3.1. Cronograma de toma de muestras

La toma de muestra realizada en el biotanque séptico integrado de la Piladora de Cesa se las realizó en el mes de junio y agosto de 2023. Mientras que la de los biotankes sépticos integrados en Quito, el CDI de San Francisco de Cajas y el CDI Urku Sisa, se las realizó en el mes de agosto de 2023.

**Tabla 6**

*Cuadro de toma de muestras en la Piladora de Cesa.*

Ubicación	Hora de toma de muestra del efluente		
	Toma de la primera muestra	Toma de la segunda muestra	Toma de la tercera muestra
Piladora de Cesa	11:50 am	12:50 am	13:55 pm

*Nota.* Elaboración propia.

En el caso de la Piladora de Cesa, solo se tomó muestras a la salida del biotanque, del efluente, tomando tres muestras simples en un cierto intervalo de tiempo

para el análisis posterior; la toma en el afluente, no se pudo realizar porque no había muestra, dado que solo se usan los baños durante la noche. Y en el segundo muestreo en Agosto, nuevamente solo se tomó una muestra del efluente.

Como antes se mencionó en la descripción, este sistema cuenta con una tubería saliente de PVC la cual descarga directamente al río Daule y para la respectiva toma de muestras del efluente se utilizó una jarra plástica de dos litros; esta jarra debía ser enjuagada primero con la misma agua y esperar para la toma de las muestras. Con esta jarra se obtuvo el agua residual del efluente, luego se colocaron dentro de las botellas de 1 litro con la ayuda de un embudo y por último, se metieron en una hielera térmica para mantenerlas y preservarlas a una temperatura de 16 °C.

**Tabla 7**

*Cuadro de toma de muestras en la Región Sierra.*

Ubicación	Hora de la toma de muestra				
	Sedimentación	Grava	Cloración	Carbón activado	Efluente
CDI San Francisco de Cajas	12:35 pm	12:20 pm	12:00 pm	11:45 am	11:30 am
CDI Urku Sisa	13:10 pm	12:40 pm	12:20 pm	12:00 am	11:30 am

*Nota.* Elaboración propia.

En ambos casos, se realizó la toma de muestras en todos los puntos del sistema con la excepción del afluente. Un aspecto significativo para el análisis de resultados posterior es que estas muestras fueron tomadas en plena época de vacaciones escolares (2 meses sin uso), por lo que no había personas/niños que usen las instalaciones, en consecuencia, el sistema no se encontraba en uso ni había un caudal de aportación razón por la cual no se pudo tomar la muestra en el afluente. Las demás muestras se lograron tomar con las aguas que se habían quedado almacenadas desde el fin del ciclo escolar.

Para la toma de las muestras de las aguas residuales de los CDI, se contó con la supervisión de ingenieros en representación del fabricante. Cada autor fue acompañado por uno de ellos a cada uno de los lugares donde se encontraban los biotanques sépticos integrados para la respectiva toma de muestras y luego se procedió a usar el respectivo equipo de protección para poder realizar las tomas con todo el cuidado que estas requieren, para así evitar el ingreso de algún agente externo que las pudiese llegar a alterar. Con la ayuda de recipientes plásticos, se logró tomar las muestras; a estos recipientes se les hicieron orificios en los lados y se insertó hilo grueso para luego poder introducirlos en cada uno de los filtros del biotanque.

El proceso se comenzó con la toma de muestras en el punto del efluente, seguido por los puntos de los filtros de carbón activado, cloración, grava y, por último, el filtro biológico de rosetones, tomando de atrás para adelante, para evitar cambios en el proceso de tratamiento. En la parte superior de cada punto, había un tapón cerrado herméticamente, el cual en algunas ocasiones se dificultaba al desenroscar; luego abríamos el tapón, insertábamos la botella plástica y obteníamos la muestra correspondiente.

Una vez tomada la muestra, se sacó el recipiente lentamente y con la ayuda de un embudo, se colocó el agua residual dentro de una botella de un volumen de 1 litro. Al finalizar el proceso, se guardaron todas las muestras dentro de una hielera térmica, para que la muestra se mantenga a una temperatura de 16 °C, se preserve y así evitar afectaciones a la mismas.

## **3.2. Materiales**

### ***3.2.1. Materiales en campo***

Para la toma de las muestras respectivas, se utilizaron los materiales y los equipos del laboratorio de calidad de aguas de la Facultad de Ingeniería y en el proceso, se contó con el apoyo del Biólogo Edison Alvarado para garantizar los resultados obtenidos.

En la Tabla 8, se detallan los materiales usados al momento de la toma de las muestras.

**Tabla 8**

*Listado de materiales usados en campo.*

<b>Materiales usados en campo</b>
- Envases plásticos de 1 litro
- Recipientes plásticos/Jarra plástica
- Hielera
- Cuerda
- Guantes, mascarilla y bata blanca
- Marcador, hojas de identificación y cinta
- Cronómetro

*Nota.* Elaboración propia.

### ***3.2.2. Materiales en laboratorio***

En la Tabla 9, se detallan los materiales, los equipos y los reactivos que se utilizaron para los diferentes parámetros de los análisis de calidad de agua.

**Tabla 9**

*Cuadro de equipos, materiales y reactivos usados en laboratorio.*

<b>Parámetro</b>	<b>Equipo</b>	<b>Material laboratorio</b>	<b>Reactivos</b>
<b>Demanda bioquímica de oxígeno</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Incubadora</li><li>- Multiparámetro (HACH HQ 40 D)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Botellas Winkler 200 ml</li><li>- Espátula</li><li>- Pipeta</li><li>- Vaso precipitación 250 ml</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ácido glutámico</li><li>- Glucosa</li><li>- Almohadillas tampón nutrientes DBO</li><li>- Agua destilada</li></ul>
<b>Nitrato</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Espectrofotómetro (HACH DR 6000)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Celda 10 ml</li><li>- Vaso precipitado 50 ml</li><li>- pipeta</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nitriver 5 reactivo powder pillow</li></ul>
<b>Nitrito</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Espectrofotómetro (HACH DR 6000)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Celda 10 ml</li><li>- Vaso precipitado 50 ml</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nitriver 3</li></ul>
<b>pH</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Multiparámetro (HACH HQ 40 D)</li></ul>		
<b>Sólidos suspendidos totales</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Bomba al vacío</li><li>- Membrana de vidrio</li><li>- Equipo de filtración</li><li>- Estufa 103-105°C</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Cápsulas de porcelana</li><li>- Papel filtro</li></ul>	

<b>Parámetro</b>	<b>Equipo</b>	<b>Material laboratorio</b>	<b>Reactivos</b>
<b>Sólidos disueltos totales</b>	- Multiparámetro (HACH HQ 40D)		
<b>Alcalinidad total</b>		- Fiolas 250 ml - Buretas - Soportes universales - pipetas	- Ácido sulfúrico - Colorante naranja metilo - fenolftaleínas
<b>Demanda química oxígeno</b>	- Termo-reactor (HACH DRB 200) - Espectrofotómetro (HACH DR 6000) -	- Frascos ámbar 250 ml - Pipeta - Pera de 3 vías	- Viales de digestión rango: 20-1500 mg/l HR
<b>Conductividad</b>	- Multiparámetro (HACH HQ 40D)		
<b>Oxígeno disuelto</b>	- Multiparámetro (HACH HQ 40D)		
<b>Coliformes fecales</b>	- Bomba al vacío + equipo filtración - Incubadora	- Cajas Petri desechable - Frascos dilución 100 ml - Pinzas - Mechero Bunsen	- Agua peptona - Caldo cultivo con ácido rosolico - Filtro de celulosa

<b>Parámetro</b>	<b>Equipo</b>	<b>Material laboratorio</b>	<b>Reactivos</b>
		- alcohol	
<b>Temperatura</b>	- Multiparámetro (HACH HQ 40D)		
<b>Turbidez</b>	- Turbidímetro portátil (HACH 2100 Q)	- Celdas 10 ml	

*Nota.* Obtenido de (Villafuerte, 2023).

### **3.3. Métodos de análisis**

Como lo menciona Villafuerte (2023), los métodos usados para la determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales domésticas se basan en los manuales de la Asociación Americana de Salud Pública (APHA por sus siglas en inglés) publicada en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, en su versión 17.

- DBO5: Se usa el método de lectura con equipo Multiparámetro HQ 40d Sonda LDO
- DQO: Se usa el método de reflujo cerrado con equipo DR-6000 (de rango alto 0 a 1500)
- Sólidos suspendidos: Se usa el método de secado (103-105 °C)
- Alcalinidad: Se usa el método de titulación potenciométrico (punto final de pH)

#### **Manual de Análisis de agua HACH Edición No.3, 2000.**

- Turbiedad: Se usa el método colorimétrico con equipo 2100Q o turbidímetro
- Nitrito: Se usa el método colorimétrico con equipo DR-6000 – Diazotización (0-0,30 mg/l NO<sub>2</sub>-N)
- Nitrato: Se usa el método colorimétrico con equipo DR-6000 – Reducción de Cadmio (0-30 mg/l)
- Cloro Total: Se usa el método colorimétrico con equipo DR-6000 – DPD (0-10 mg/l como CL<sub>2</sub>)
- Coliformes fecales: Se usa la técnica de filtración de membrana – Agar Cromocoult-Kovacs

#### **3.3.1. Descripción de los métodos**

Como explica Villafuerte (2023), para poder medir la temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, y sólidos disueltos totales, se utilizó el equipo de

Multiparámetro HACH 40qd, el cual cuenta con diferentes sondas para cada parámetro.

1. Al encender el equipo, se ajusta para medir los parámetros de pH y conductividad. Antes de meter la sonda correspondiente en la muestra se la debe limpiar con agua destilada y secar para así evitar impurezas que puedan afectar al proceso. Se da en OK, el equipo comienza analizando la muestra y después refleja los valores de estos parámetros mencionados.
2. Luego se conecta al equipo otra sonda para medir los demás parámetros, nuevamente se limpia la sonda con agua destilada y se seca, y se la inserta en la muestra. El equipo se estabiliza y el resultado se refleja.

Como explica Villafuerte (2023), para la medición del parámetro de turbidez se utilizó el Turbidímetro portátil digital 2100Q.

1. Al encender el equipo, se lo debe calibrar con el fin de evitar resultados erróneos en el análisis.
2. En un frasco de 10 ml se coloca la muestra a analizar. Se lo introduce en el equipo, se tapa y se inicia el análisis.
3. El equipo se estabiliza y muestra el valor de turbidez de esa muestra en unidades de NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

Como explica Villafuerte (2023), para la medición de los sólidos suspendidos totales (SST), se utilizó el método de secado a una temperatura de 103 a 105 °C.

1. Se debe preparar el filtro utilizando pinzas para evitar el contacto con el mismo y afectar al resultado.
2. Se coloca el filtro en el equipo, tomando en cuenta poner el lado rugoso del mismo hacia arriba.
3. En un vaso precipitado o probeta, se coloca 100 ml de la muestra a analizar.
4. Se enciende el equipo, se coloca los 100 ml dentro del espacio donde está el filtro y se lo deja al vacío aproximadamente 1 min hasta que se seque y toda la muestra haya sido filtrada.

5. Con una pinza, se retira el filtro y se coloca dentro de una cápsula de porcelana con su correspondiente etiqueta.
6. Se lleva la cápsula con el filtro al horno precalentado a una temperatura de 105 °C por una hora.
7. Se saca del horno y se lo deja enfriar por 15 minutos.
8. Luego, se pesa la cápsula (considerando el peso de esta) con el filtro y se registra el peso.
9. Por medio de una fórmula se calcula el parámetro de SST:

$$SST = \frac{(A - B)}{V} * 1000$$

Donde:

STT= son los sólidos suspendidos totales, en mg/l.

A= es el peso final de la cápsula con el filtro más el residuo, en mg.

B= es el peso inicial de la cápsula con el filtro, en mg.

V= es el volumen de la muestra, en ml.

Como explica Villafuerte (2023), para la medición del cloro total, se utilizó el equipo de espectrofotómetro DR 6000 junto al reactivo powder pillow.

1. Poner 10 ml de muestra en dos frascos cuadrados, uno de ellos será de blanco y en el otro se agregará el reactivo rango 0,02 a 2 mg/l Cl<sub>2</sub>.
2. Se enciende el equipo y se escoge el programa número 80.
3. En el frasco con la muestra se usa una almohadilla, y si en la muestra hay un porcentaje de cloro está se tornará de un color rosado.
4. El equipo indicará un tiempo de agitación de la muestra para hacer la digestión, aproximadamente de unos 3 minutos.
5. Primero se insertará el frasco de blanco y se iniciará la medición al presionar el botón cero.
6. Segundo se insertará el frasco con el reactivo y nuevamente se iniciará la medición.
7. El equipo dará los valores de cloro correspondientes de cada frasco.

Como explica Villafuerte (2023), para la medición del parámetro de la alcalinidad, se utilizó el método de titulación.

1. Se preparan los indicadores de pH, la fenolftaleína (rango de 8 a 9,8) y el naranja de metilo (rango de 3,1 a 4,4).
2. Se inserta una bureta en un soporte de laboratorio con ácido sulfúrico (0,01 N) y se regula la salida de este con la llave de paso.
3. Luego se va aplicando gotas de fenolftaleína hasta alcanzar un pH de 8,3 y al finalizar se registra el volumen que fue consumido.
4. Después se utiliza el indicador de naranja de metilo, se abre la llave de paso hasta conseguir una tonalidad deseada del patrón permanente y se registra el valor del volumen consumido.

Como explica Villafuerte (2023), para la medición del nitrato, se utilizó el espectrofotómetro DR 6000 en conjunto con el reactivo Nitriver5 (rango 0,1-10 mg/l).

1. Poner 10 ml de muestra en dos frascos cuadrados, uno de ellos será de blanco y en el otro se agregará el reactivo Nitriver5.
2. Se enciende el equipo y se escoge el programa N Nitrato HR.
3. En el frasco con la muestra se usa una almohadilla.
4. El equipo indicará un tiempo de agitación de la muestra para hacer la digestión, aproximadamente de unos 5 minutos.
5. Primero se insertará el frasco de blanco y se iniciará la medición al presionar el botón cero.
6. Segundo se insertará el frasco con el reactivo y nuevamente se iniciará la medición.
7. El equipo dará los valores de cloro correspondientes de cada frasco.

Como explica Villafuerte (2023), para la medición del nitrito, se utilizó el espectrofotómetro DR 6000 en conjunto con el reactivo Nitriver3 (rango 0,002-0,3 mg/l).

1. Poner 10 ml de muestra en dos frascos cuadrados, uno de ellos será de blanco y en el otro se agregará el reactivo Nitriver3.
2. Se enciende el equipo y se escoge el programa N Nitrito HR.
3. En el frasco con la muestra se usa una almohadilla.
4. El equipo indicará un tiempo de agitación de la muestra para hacer la digestión, aproximadamente de unos 5 minutos.
5. Primero se insertará el frasco de blanco y se iniciará la medición al presionar el botón cero.
6. Segundo se insertará el frasco con el reactivo y nuevamente se iniciará la medición.
7. El equipo dará los valores de cloro correspondientes de cada frasco.

Como explica Villafuerte (2023), para la medición del DQO (demanda química de oxígeno), se utilizó el espectrofotómetro DR 6000 en conjunto con los viales de digestión HR y el termo reactor DRB 200.

1. Precalentar el termo-reactor a una temperatura de 150 °C.
2. Definir el blanco y las muestras a medir.
3. En rango alto, se necesitará 0,2 ml de muestra y de blanco.
4. El vial de laboratorio se cierra y se agita invirtiéndolo completamente.
5. Se insertan los viales al termo-reactor, se cierra y se inicia la medición de dos horas.
6. Una vez finalizado, se agitan las muestras y se las deja enfriar.
7. Se enciende el espectrofotómetro DR 6000 y se selecciona el programa para DQO HR.
8. Primero se mide el vial con el blanco y se marca como cero.
9. Después se miden los viales con las muestras y se registran los resultados.

Como explica Villafuerte (2023), para la medición del DBO5 (demanda bioquímica de oxígeno), se utilizó el multiparámetro y la incubadora del laboratorio.

1. Se prepara y se pesa 150 mg de glucosa y de ácido glutámico.
2. Se los disuelve en agua destilada y se diluye totalmente a 1 litro.

3. Preparar y etiquetar 3 botellas con tapón por cada muestra a analizar: blanco, blanco con semilla y una estándar. La semilla será la muestra con el mayor valor de DQO.
4. Se registra el volumen de las muestras, el volumen de la botella (en promedio 293 ml) y de la dilución previa según los valores de DQO.
5. Se agrega un valor de ml de la semilla como corresponda.
6. Se agrega agua hasta alcanzar la mitad del cuello de la botella, para evitar pérdidas cuando se tome el oxígeno disuelto.
7. Insertar la sonda del multiparámetro y se medirá el oxígeno disuelto inicial de cada botella.
8. Se sellan con el tapón y se las incuba a 20 °C por cinco días.
9. En el quinto día, se sacan las botellas de la incubadora y se vuelve a medir el oxígeno disuelto de cada una.
10. Con los resultados obtenidos, se calcula la DBO5:

$$DBO_5 = \frac{(OD \text{ consumido} - OD \text{ consumo cepa})}{V_m} * V$$

Donde:

DBO5= demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días, en mg/l O<sub>2</sub>.

OD consumido= OD<sub>inicial</sub> - OD<sub>final</sub>.

OD consumo cepa= OD<sub>i</sub>(agua dilución + cepa) - OD<sub>f</sub>(agua dilución + cepa).

V<sub>m</sub>= es el volumen de alícuota de la muestra afectada por factor de dilución.

V= es el volumen de la botella.

Como explica Villafuerte (2023), para la medición de los coliformes fecales, se utilizó el método de filtración por membrana, unidades en UFC (Unidad Formadora de Colonias).

1. Realizar la microbiología y diluir las muestras en viales de laboratorio.
2. Filtrar una muestra a través de la membrana y colocarla en una caja Petri con el medio del cultivo con ácido rosólico M-FC.

3. Se llevan a la incubadora a una temperatura de 44 °C por 24 horas.
4. Se sacan, se las deja enfriar y se aplica la fórmula:

$$N^{\circ} \frac{N^{\circ}}{100 \text{ ml}} = \frac{N^{\circ} \text{ colonias}}{V_{\text{muestra original filtrada}}} * 100$$

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo de análisis de resultados, se mostrarán los valores obtenidos después de haber realizado las pruebas en el laboratorio de calidad de aguas. Durante todo este proceso y para asegurar la confiabilidad de los resultados, se las realizó con la supervisión del Biólogo Edison Alvarado, el cual cuenta con una amplia experiencia en esta área de investigación.

### 4.1. Resultados de laboratorio

En el primer análisis de laboratorio de calidad de aguas, las muestras del efluente del biotanco séptico integrado ubicado en la Piladora de Cesa, se comenzó analizando las tres muestras simples tomadas por separado.

En la Tabla 10, se registran los resultados obtenidos de las muestras simples.

**Tabla 10**

*Resultados de las tomas de efluente de la Piladora de Cesa.*

Parámetro	Unidad	Resultado		
		Efluente 1	Efluente 2	Efluente 3
pH	H <sup>+</sup>	7,07	7,58	7,66
Temperatura	°C	29,10	29,50	28,70
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	5,18	0,27	0,12
Conductividad	uS/cm	2.138,00	2.197,00	2.136,00
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	81,10	78,30	133,50
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	603,00	293,00	349,00
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	993,00	1.014,00	1.001,00
Turbiedad	NTU	393,00	199,00	239,00
Cloro Total	mg/l	2,50	2,20	2,30

*Nota.* Elaboración propia.

Después, se hizo una muestra compuesta combinando las tres muestras simples tomados en el sitio del biotanco séptico integrado y se la procedió a analizar en el laboratorio; aparte de los parámetros considerados anteriormente, en la muestra compuesta se analizaron otros parámetros.

En la Tabla 11, se registran los resultados obtenidos de la muestra compuesta.

**Tabla 11**

*Resultados del primer muestreo del efluente compuesto de la Piladora de Cesa.*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Efluente Compuesto</b>
pH	H <sup>+</sup>	7,60
Temperatura	°C	27,40
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	1,95
Conductividad	uS/cm	2.157,00
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	78,90
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	369,00
Solidos Disueltos Totales	mg/l	1.003,00
Solidos Suspendidos	mg/l	155,68
Turbiedad	NTU	477,00
Nitritos	mg/l	0,084
Nitratos	mg/l	2,60
Alcalinidad Total	mg/l	257,00
Coliformes fecales	UFC/100ml	3.9 E 4

*Nota.* Elaboración propia.

Como se puede notar en la tabla de resultados de esta muestra compuesta, se realizó el parámetro de los coliformes fecales, además de otros parámetros como el del nitrato, nitritos y la alcalinidad total.

El biotanco instalado en la Piladora de Cesa posee más tiempo en uso y se tuvo que limpiar la zona de la vegetación para poder tomar las muestras.

Como se puede ver en la muestra compuesta los valores obtenidos en comparación a la primera muestra, los valores tienen un gran rango de variación y esto debido a que cuando se realizó la primera muestra, deducimos que la concentración de materia orgánica en el efluente era demasiado alta, ya que, se podían presenciar flóculos y mucho sedimento en ella, a diferencia de las demás muestras las cuales hubo un tiempo de espera y se pueden ver resultados que se asemejan más a la realidad, razón por la cual se puede observar que el valor de la  $DBO_5$  es exageradamente mayor en la primera muestra.

Otro dato interesante para tomar en cuenta sería la presencia de cloro en el sistema, donde se realizó un mantenimiento recientemente y esto se puede ver en la Tabla 10, donde los valores obtenidos en cada muestra sobrepasan el valor estimado para descarga en un cuerpo de agua dulce.

En cuanto a los coliformes fecales de la muestra compuesta, se observa que es alta a pesar del reciente mantenimiento mencionado.

Luego dos meses después se realizó un nuevo monitoreo del efluente del sistema ubicado en la Piladora Cesa del cual se obtuvieron los siguientes datos:

**Tabla 12**

*Resultados del segundo muestreo de la Piladora de Cesa.*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Efluente</b>
pH	H <sup>+</sup>	7,39
Temperatura	°C	20,30
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	3,34
Conductividad	uS/cm	7.810,00
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	116,50
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	610,00
Solidos Disueltos Totales	mg/l	4.650,00
Solidos Suspendidos	mg/l	95,00
Turbiedad	NTU	291,00
Nitritos	mg/l	0,015
Nitratos	mg/l	2,60
Coliformes fecales	UFC/100ml	1.0 E 5

*Nota.* Elaboración propia.

Como se puede ver en la muestra obtenida del biotanco, los valores obtenidos en comparación a la primera muestra realizada, no tienen un gran rango de variación.

**Tabla 13**

*Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del Biotanque Séptico Integrado CDI Urku Sisa.*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Sedimentación</b>	<b>Grava</b>	<b>Cloración</b>	<b>Carbón activado</b>	<b>Efluente</b>
pH	H <sup>+</sup>	7,94	7,50	7,66	7,53	7,75
Temperatura	°C	24,90	24,00	25,50	25,00	24,80
Oxígeno disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	0,08	0,14	0,47	0,14	0,07
Conductividad	mS/cm	3,61	3,19	3,23	3,19	3,18
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	828,20	1.917,20	600,20	1.392,20	846,20
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	1.976,00*	2.173,00*	1.776,00*	2.237,00*	1.312,00
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1.867,00	1.656,00	1.646,00	1.638,00	1.627,00
Turbiedad	NTU	1.172,00	4.210,00	1.078,00	3.955,00	707,00
Cloro total	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coliformes fecales	UFC/100ml	8.1 E 6	8.6 E 6	2.1 E 6	8.8 E 6	1.3 E 7

*Nota.* \* Por encima del rango de lectura de 1500. Temperaturas tomadas en laboratorio.

Elaboración propia.

**Tabla 14**

*Parámetros físicos, químicos bacteriológicos del Biotanque Séptico Integrado CDI San Francisco de Cajas.*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Sedimentación</b>	<b>Grava</b>	<b>Cloración</b>	<b>Carbón activado</b>	<b>Efluente</b>
pH	H <sup>+</sup>	6,42	6,42	6,49	6,40	6,44
Temperatura	°C	25,30	25,10	25,90	25,50	26,00
Oxígeno disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	0,08	0,24	0,23	0,30	0,34
Conductividad	uS/cm	851,00	1.023,00	991,00	1.148,00	1.056,00
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	284,50	855,20	612,10	570,20	333,00
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	524,00	2.121,00*	1.059,00	1.530,00*	620,00
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	412,00	495,00	479,00	556,00	510,00
Turbiedad	NTU	194,00	860,00	604,00	713,00	225,00
Cloro total	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coliformes fecales	UFC/100ml	1.3 E 6	9.0 E 5	1.4 E 6	4.0 E 5	2.0 E 5

*Nota.* \* Por encima del rango de lectura de 1500. Temperaturas tomadas en laboratorio.

Elaboración propia.

Los biotankes sépticos integrados instalados en el CDI Urku Sisa y en el CDI San Francisco de Cajas, cuentan con menor tiempo de uso y se encontraban cerrados. Estaba planificada la toma de muestra en cada punto del biotankes: 1) afluente, 2) sedimentación, 3) filtro de grava, 4) cloración, 5) carbón activado, 6) efluente, pero no

existió caudal en el punto de entrada debido a que las personas que lo usaban se encontraban de vacaciones.

En la tabla 12 y 13 se registran los valores obtenidos del análisis de laboratorio correspondiente el cual muestra valores tanto de DBO5 como de DQO muy por encima de lo esperado y de lo que admite la norma respecto a aguas residuales para riego, criterio el cual, analizando de acuerdo con la literatura mostrada en el capítulo 1, se podría tratar de una alta biodegradación de la materia y esto causaría que en lugar de haber menos bacterias estas se reproduzcan y generen esta alta

#### **4.2.Comparación de resultados**

Una vez obtenido los resultados observados anteriormente, se procede a hacer una comparación con la norma ambiental vigente para comprobar si cumple o no con los límites de descarga a cuerpos de agua dulce.

**Tabla 15**

*Comparativo del primer muestreo del efluente de Piladora de Cesa con los límites permitidos por la norma ambiental.*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Efluente Compuesto</b>	<b>Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce</b>	<b>Estado</b>
pH	H <sup>+</sup>	7,60	6-9	Cumple
Temperatura	°C	27,40	<35°C	Cumple
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	1,95	-	-
Conductividad	uS/cm	2.157,00	-	-
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	993,00	1600	Cumple
Sólidos Suspendidos	mg/l	155,68	130	No cumple
Turbiedad	NTU	477,00	-	
Nitritos	mg/l	0,084	10	Cumple
Nitratos	mg/l	2,60	10	Cumple
Alcalinidad Total	mg/l	257,00	-	-
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	78,90	100	Cumple
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	369,00	200	No cumple
Coliformes fecales	UFC/100ml	3.9 E 4	2000	No cumple

*Nota.* Elaboración propia.

En la Tabla 15 se compara los valores obtenidos en el punto de efluente en el primer muestro con los límites permisibles de la normativa ambiental vigente y se determina que parámetros cumple y cuáles no cumple.

El resultado de conductividad más alto se registra un valor de 2157 us/cm.

Los valores de turbidez alcanzan un valor de 477, el cual se considera alto y esto se debe a al desgaste de los filtros y la presencia de flóculos los cuales se percibieron al momento de realizar la toma de muestras.

Los resultados de los sólidos disueltos totales registran valores alrededor de 900 mg/l del cual si se cumple con la normativa ambiental.

El potencial de hidrógeno registra un valor en el punto de efluente de 7,6 y cumple con el límite dictado por la norma.

En el efluente se encontró la presencia de cloro, las pastillas de cloro habían sido cambiadas recientemente por lo que el resultado obtenido del cloro es mayor al que permite la norma.

Tanto la DBO5 cumple con lo establecido en la norma, la DQO, no cumple el valor límite, el valor es de 369 mg/l y el límite es de 250 mg/l. Es importante mencionar que los valores máximos que se presentan podrían ser alterados por la presencia de los flóculos, que altera el proceso de tratamiento.

El valor de coliformes fecales en el punto de sedimentación es de  $3,9 \times 10^4$ , en el proceso elimina los contaminantes, pero no llega a cumplir el límite permisible de la norma.

**Tabla 16**

*Comparativo del efluente del segundo muestreo de Piladora de Cesa con los límites permitidos por la norma ambiental.*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Efluente Compuesto</b>	<b>Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce</b>	<b>Estado</b>
pH	H <sup>+</sup>	7,39	6-9	Cumple
Temperatura	°C	20,30	<35°C	Cumple
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	3,34	-	-
Conductividad	uS/cm	7.810,00	-	-
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	4650,00	1600	No cumple
Sólidos Suspendidos	mg/l	95,00	130	Cumple
Turbiedad	NTU	291,00	-	
Nitritos	mg/l	0,015	10	Cumple
Nitratos	mg/l	5,60	10	Cumple
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	116,50	100	No cumple
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	610,00	200	No cumple
Coliformes fecales	UFC/100ml	1.0 E 5	2000	Cumple

*Nota.* Elaboración propia.

En la Tabla 16 se compara los valores obtenidos en el punto de efluente en el segundo muestro con los límites permisibles de la normativa ambiental vigente y se determina que parámetros cumple y cuáles no cumple.

El resultado de conductividad más alto se registra un valor de 7810 us/cm.

Los valores de turbidez alcanzan un valor de 291.

Los resultados de los sólidos disueltos totales registran valores alrededor de 4650 mg/l del cual es muy alto y no cumpliría con la norma.

El potencial de hidrógeno registra un valor en el punto de efluente de 7,39 y cumple con el límite dictado por la norma.

En el efluente no se encontró la presencia de cloro, pero se prevé que el cloro haya sido eliminado en el tiempo que la muestra llegó al laboratorio.

La DBO5 no cumple con lo establecido en la norma, la DQO, no cumple el valor límite, el valor es de 610 mg/l y el límite es de 250 mg/l. Es importante mencionar que los valores máximos que se presentan podrían ser alterados por la presencia de los flóculos, que altera el proceso de tratamiento.

El valor de coliformes fecales en el punto de sedimentación es de  $1,0 \times 10^5$ , cumpliendo con la normativa.

**Tabla 17**

*Comparativo del efluente del CDI Urku Sisa con los límites permitidos por la norma.*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Efluente</b>	<b>Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce</b>	<b>Estado</b>
Temperatura	°C	24,80	<35°C	Cumple
Conductividad	us/cm	3,18	-	-
Turbidez	NTU	707	-	-
Sólidos totales disueltos	mg/l	1627,00	1600	Cumple
Oxígeno disuelto	mg/l	0,07	-	-
pH	-	7,75	6-9	Cumple
Cloro total		0	0,5	No cumple
Demanda química de oxígeno	mg/l	1312,00	200	No cumple
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	846,20	100	No cumple
Coliformes fecales	UFC/100ml	1,3E7	2000	No cumple

*Nota.* Elaboración propia.

Estaba programado la toma de muestra en todos los puntos del biotanco:

- 1) afluente
- 2) sedimentación
- 3) filtro de grava
- 4) cloración
- 5) carbón activado
- 6) efluente

pero no existió caudal representativo para la toma del afluente.

En la Tabla 17, se registran todos los valores obtenidos del análisis de laboratorio.

La temperatura se encuentra dentro de un rango entre 24-25.5°C.

El resultado de conductividad es de 3,18 us/cm.

Los valores de turbidez incrementan en cada uno de los puntos de análisis, esto se debe al desgaste de los materiales filtrantes y además de la presencia de flóculos que estaban en las tuberías de los filtros mientras se tomaba las muestras, en el filtro de grava se nota una mayor turbidez mientras que en el punto del efluente disminuye.

Los sólidos disueltos totales registran valores entre 1600 y 1850 mg/l.

El potencial de hidrógeno registra un estado ácido en cada uno de los puntos de muestreo. Esto se debe a la ausencia de las pastillas de cloro y por lo tanto cumple con el límite permisible de la norma.

La DBO<sub>5</sub> y la DQO no cumplen los valores límites de la norma. Los valores máximos se presentan en el filtro de grava y debe ser por la acumulación de la materia orgánica en los filtros debido a la falta de mantenimiento.

El valor de coliformes fecales, no cumple con el límite de la norma ambiental.

**Tabla 18**

*Comparativo del efluente del CDI San Francisco de Cajas con los límites permitidos por la norma.*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Efluente</b>	<b>Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce</b>	<b>Estado</b>
Temperatura	°C	26,00	<35°C	Cumple
Conductividad	ms/cm	1056,00	-	-
Turbidez	NTU	225	-	-
Sólidos totales disueltos	mg/l	510	1600	Cumple
Oxígeno disuelto	mg/l	0,34	-	-
pH	H*	6,44	6-9	Cumple
Cloro total		0,00	0,5	Cumple
Demanda química de oxígeno	mg/l	620,00	200	No cumple
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	333,00	100	No cumple
Coliformes fecales	UFC/100ml	2,0E5	2000	No cumple

*Nota.* Elaboración propia.

Estaba planificada la toma de muestra en todos los puntos internos del biotanco:

- 1) afluente
- 2) sedimentación
- 3) filtro de grava
- 4) cloración
- 5) carbón activado
- 6) efluente

pero no existió caudal representativo para la toma del afluente.

En la Tabla 18, se registran todos los valores obtenidos del análisis de laboratorio.

La temperatura se encuentra dentro de un rango entre 25-26°C.

El resultado de conductividad es muy alto en comparación a los del CDI Urku Sisa, los valores obtenidos pueden ser debido a las lluvias que se generan y esta agua se mezcla con la del sistema del biotanco lo que alteraría la muestra.

Los valores de turbidez incrementan en cada uno de los puntos de análisis, esto se debe al desgaste de los materiales filtrantes y además de la presencia de flóculos que estaban en las tuberías de los filtros mientras se tomaba las muestras, en el filtro de grava se nota una mayor turbidez mientras que en el punto del efluente disminuye.

Los resultados de los sólidos disueltos totales registran valores superiores a 400 y 500 mg/l.

El potencial de hidrógeno registra un estado ácido en cada uno de los puntos de muestreo. Esto se debe a la ausencia de las pastillas de cloro y por lo tanto cumple con el límite permisible de la norma.

La DBO<sub>5</sub> y la DQO no cumplen los valores límites de la norma. Los valores máximos se presentan en el filtro de grava y debe ser por la acumulación de la materia orgánica en los filtros debido a la falta de mantenimiento.

El valor de coliformes fecales, no cumple con el límite permisible indicado por la norma ambiental.

#### **4.3. Plan de mantenimiento**

- Mensualmente:

**Inspección Visual:** Realizar una inspección visual del biotanco para detectar posibles fugas, acumulación de lodos o irregularidades en la superficie. Esto puede hacerse alrededor de la tapa, los tubos de filtración y la salida.

**Monitoreo de Flujos:** Verificar los caudales de entrada y salida para asegurarse de que estén funcionando adecuadamente. Cualquier cambio significativo debe ser registrado y analizado.

**Control de pH y de parámetros físicos:** Medir el pH dentro del reactor. Un rango óptimo de pH es esencial para mantener una actividad microbiana eficiente. Controlar y medir los parámetros físicos como: color, temperatura, sólidos, turbidez, si es necesario se deberán hacer los ajustes necesarios.

**Limpieza de los tubos de filtración:** Limpiar los tubos de filtración si muestran signos de obstrucción debido a depósitos de sedimentos.

- Trimestralmente:

**Pruebas de Laboratorio:** Tomar muestras del efluente tratado y realiza análisis de parámetros clave, como DQO (Demanda Química de Oxígeno), DBO<sub>5</sub> (Demanda Biológica de Oxígeno), coliformes fecales, etc.; estos análisis darán una idea de la eficiencia del sistema.

**Limpieza de áreas verdes:** Si se observa acumulación de maleza en la superficie del biotanco, es necesario realizar una limpieza cuidadosa para preservar el estado del biotanco.

**Limpieza de rejilla:** Verificar el funcionamiento de la rejilla y en el caso de obstrucción, darle la limpieza adecuada a esta.

Reposición de las pastillas de cloro: por lo general las pastillas de cloro de disolución lenta y constante de 200gr, duran entre 5-7 días; por lo que se recomienda la reposición de las mismas cada mes dependiendo de la cantidad de agua (se recomienda 1 pastilla por cada 30m<sup>3</sup> de agua).

- Semestralmente:

Reposición del carbón activado: el carbón activado dura dependiendo de la carga a la cual este expuesto, si es una carga baja cada 6 meses y si es una carga alta cada 3 meses. Se recomienda revisar la condición del filtro y según eso cambiarlo.

Limpieza de filtros artificiales y de grava: debido a la biopelícula que se forma, adhiere con el tiempo, se recomienda darles una limpieza a ambos filtros. Esto puede mejorar la calidad y efectividad de los tratamientos.

Inspección General: Realizar una inspección más profunda de la estructura del biotanco, incluyendo la cubierta y las conexiones.

Nivelación: Verificar la nivelación del biotanco séptico integrado, esto puede afectar al proceso de tratamiento y a la calidad del agua final.

Medición de Niveles de Lodo: Medir los niveles de lodo acumulados en el fondo del biotanco. Si los niveles son altos, es necesario programar una limpieza o retiro de lodos. Si se acumulan lodos en exceso, considerar realizar un análisis de los lodos para determinar su composición y si son adecuados para ser utilizados como fertilizante o si es necesario retirarlos y disponer de ellos adecuadamente.

- Anualmente:

Revisión de Sellados y Juntas: Verificar que todas las juntas y sellados estén en buen estado para prevenir fugas.

Verificación de Gases: Si el biotanco produce biogás (metano), verificar la calidad y cantidad del biogás producido. Esto puede requerir ajustes en la alimentación de sustratos si la producción de gas no es óptima.

## CONCLUSIONES

En el biotanco séptico integrado de la Piladora Cesa se concluye que:

- Como se observa en la comparación de los resultados con la norma ambiental, los parámetros que no cumplen con los límites permisibles para poder descargar a un cuerpo de agua dulce son: DQO, cloro, sólidos suspendidos y coliformes fecales la primera vez que las muestras fueron analizadas. La segunda vez se vio un notable cambio en los valores a excepción de la DQO y los sólidos disueltos que se mantienen en valores elevados.
- La DBO5, es uno de los parámetros de importancia para este análisis, si cumple con la normativa ambiental en el primer muestreo con un valor de 78.90 mg O<sub>2</sub>/l, y en el segundo muestreo de 116.5 mg O<sub>2</sub>/l no cumpliendo con la normativa ambiental.
- Con respecto a la DQO, haciendo la relación de DQO/DBO5 nos da un resultado de 4,67 e incluso de hasta 6 en el segundo muestreo. Puede ser consecuencia de que solo se utiliza el baño y lavamanos y no sería un agua residual representativa para este análisis.
- En el primer muestreo el nivel de cloro en el sistema (promedio de 2,3) es un resultado muy elevado en comparación a lo que la norma permite; sucede lo mismo con los valores de coliformes fecales, valores elevados aún en presencia de cloro, por lo que puede ser un indicativo de que el sistema falla en algún punto de filtración y el tratamiento no sea el adecuado. Lo cual en el segundo muestreo esto se pudo resolver y se vio un valor de cloro muy bajo y un valor de coliformes apto para poder descargar.
- El biotanco séptico integrado no registró resultados de afluente debido a la ausencia de caudal. Para poder realizar las tomas de muestras en cada sitio, se debió previamente generar un caudal y este no representaba un afluente típico de un agua residual doméstica. La no presencia de caudal entrante podría ser otro indicativo del por qué los valores de DQO salen elevados en comparación a la DBO5 ya que el agua residual es en gran parte de los inodoros y lavamanos.

En los biotankes sépticos integrados de los Centros de Desarrollo Infantil Urku Sisa y San Francisco de Cajas se concluye que:

- Comparando los resultados obtenidos de estos sistemas con la norma ambiental, los parámetros que no cumplen con el sistema son: DQO, cloro, sólidos suspendidos y coliformes fecales y la DBO5.
- Los resultados encontrados en el sistema son muy elevados en comparación al biotankes de la Piladora Cesa y esto se puede deducir en que los sistemas al estar mucho tiempo fuera de servicio en lugar de haber una reducción de materia orgánica esta pudo haber aumentado y pudo deberse a:
  - Carga orgánica excesiva
  - Inhibición bacteriana
  - Problemas de diseño o funcionamiento del sistema
  - Cambios en la composición de las aguas residuales
  - Falta de control y monitoreo
- Además, en estos sistemas no hubo presencia de cloro como se mencionó antes debido a que no ha estado en servicio y no se le ha dado el mantenimiento correspondiente.
- En los biotankes de Quito no se contó con el caudal necesario de entrada para la toma de muestra y por ende tampoco se registraron valores en estos puntos.

En general, concluimos que:

- El sistema analizado en la región Costa funciona mejor, a pesar de que no cumple ciertos parámetros, que los analizados en la región Sierra.
- Las eficiencias de estos sistemas no pudieron ser analizados puesto que no se tuvo muestra de afluente en todos los casos analizados.
- Se nota un menor aprovechamiento del volumen total del sistema y sobre todo del volumen de agua residual que trata cada filtro.

## RECOMENDACIONES

- Mejor aprovechamiento al biotanco séptico integrado: el volumen total de los compartimentos se considera un porcentaje bajo en comparación al volumen total. Si se da más espacio a los tratamientos que se producen en estos, se puede mejorar la eficiencia de estos sistemas.
- Cerrar filtros: en el compartimiento del filtro biológico de rosetones, se observó que no tenían tapa en la parte superior del mismo, por lo que se recomienda ponerla para así prevenir que los rosetones se salgan, floten y no cumplan con su función de tratamiento.
- Uso de otros dispositivos para la toma de muestras: para así mejorar el proceso y poder tener mejores resultados.
- Se recomienda seguir el plan de mantenimiento para el sistema presentado en el capítulo 4.

## Referencias

- Acai Depuración. (Mayo de 2018). *Aragon.es*. Obtenido de [https://www.aragon.es/documents/20127/24009052/Ponencia+ACAI\\_DEPURACION%CC%81N.+Biodiscos.pdf/7258a160-3289-496b-9da6-39f55016ad38?t=1575031511697](https://www.aragon.es/documents/20127/24009052/Ponencia+ACAI_DEPURACION%CC%81N.+Biodiscos.pdf/7258a160-3289-496b-9da6-39f55016ad38?t=1575031511697)
- Agandoña, L., & Macías, R. (2013). *Repositorio UTM*. Obtenido de <http://repositorio.utm.edu.ec:3000/server/api/core/bitstreams/90e55861-834e-49a7-9ae5-0e3a0304a5af/content>
- Aqualimpia. (2023). *Aqualimpia*. Obtenido de <https://www.aqualimpia.com/ptar-1/sistemas-sbr/>
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1996). *Acquasana tratamiento de efluentes*. Obtenido de [https://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr\\_13969.pdf](https://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr_13969.pdf)
- Bioazul. (2023). *Bioazul*. Obtenido de <https://www.bioazul.com/tecnologias-y-productos/mbr-biorreactor-de-membrana/>
- Blas, A. (Mayo de 2018). *Repositorio Unasam*. Obtenido de [https://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2350/T033\\_41784239\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2350/T033_41784239_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Blas, A. (Mayo de 2018). *UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"*. Obtenido de *UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"*: [https://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2350/T033\\_41784239\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2350/T033_41784239_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Carrión, M. (2006). *Repositorio Iniap*. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/88/1/iniapsctC316r.pdf>
- Collazos, C. J. (2008). *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/39326350/TTO\\_AGUAS\\_RESIDUALES\\_UNAL-libre.pdf?1445384557=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTRATAMIENTO\\_DE\\_AGUAS\\_RESIDUALES\\_DOMESTIC.pdf&Expires=1688445512&Signature=Tod1s~N7RYkxbS25d3RqCbfHzsFi6sPJdyvk](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/39326350/TTO_AGUAS_RESIDUALES_UNAL-libre.pdf?1445384557=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTRATAMIENTO_DE_AGUAS_RESIDUALES_DOMESTIC.pdf&Expires=1688445512&Signature=Tod1s~N7RYkxbS25d3RqCbfHzsFi6sPJdyvk)
- Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000). *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*. Bogotá: McGraw-Hill Interamericana, S.A. Obtenido

- de <https://es.scribd.com/document/517694528/Tratamiento-de-Aguas-Residuales-en-Pequeñas-Poblaciones>
- Danny Javier, G. L., & Tannia Paulina, R. R. (8 de Junio de 2018). *Repositorio UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA*. Obtenido de <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/381/1/T.AMB.B.UEA.3137>
- Deloya Martínez, A. (2006). Métodos de análisis físicos y espectrofométricos para el análisis de aguas residuales. En A. Deloya Martínez, *Métodos de análisis físicos y espectrofométricos para el análisis de aguas residuales* (págs. 19-31). Revista Tecnología En Marcha. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835509>
- Díaz, E., Alavarado, A., & Camacho, K. (Junio de 2012). *Sistema de información Científica Redalyc*. Recuperado el 2023, de Sistema de información Científica Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40123894005>
- Ecodena. (2023). *Ecodena Guatemala*. Obtenido de <https://ecodena.com.mx/depositos-para-fosa-filtro-biologico/>
- Fernández, F., & Seghezzo, L. (2015). *Diseño de reactores Upflow Anaerobic Sludge Blanket*. Salta: Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional - INENCO, CONICET. Obtenido de [https://www.academia.edu/31752963/DISE%C3%91O\\_DE\\_REACTORES\\_UPFLOW\\_ANAEROBIC\\_SLUDGE\\_BLANKET\\_UASB](https://www.academia.edu/31752963/DISE%C3%91O_DE_REACTORES_UPFLOW_ANAEROBIC_SLUDGE_BLANKET_UASB)
- Gómez, E., Rodríguez, J. P., & Francy, L. (25 de Mayo de 2009). *Scielo.org*. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222010000100005&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222010000100005&script=sci_arttext)
- Gualdrán, L. (Diciembre de 2016). *Repositorio UNILIBRE*. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/20335/CD%20EGA%202016%200006%20%20Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gutarra, R. (2016). *Universidad Peruana Los Andes*. Obtenido de [https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/135/Rogers\\_Hugo\\_Tesis\\_Ingeniero\\_2016.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/135/Rogers_Hugo_Tesis_Ingeniero_2016.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Jacho Gomez, M. I., & Marmol Acosta, X. E. (26 de Febrero de 2020). *Repositorio UCSG*. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/14448/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-351.pdf>

- Jiménez González, S. (Agosto de 2014). *Repositorio TEC*. Obtenido de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/4048>
- Jimenez, B. E. (2001). *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada*. Ciudad de Mexico: Colegio de Ingenieros Ambientales de México. Obtenido de <https://aire.org.mx/wp-content/uploads/2019/10/BIBLIOTECA12.CAUSASCONTAMINACIONAMBIENTAL.pdf>
- López, C., Menéndez, C., & Fall, C. (2019). *Métodos Experimentales para el Tratamiento de Aguas Residuales*. IWA Publishing. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/105178>
- Lucho Constantino, C., Medina-Moreno, S., Beltran Hernandez, R., & Juarez Cruz, B. (13 de Octubre de 2015). *Scielgo org*. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmiq/v14n3/v14n3a18.pdf>
- Mackenzie, D. (2010). *Water and Wastewater Engineering: Design Principles and Practice*. McGraw-Hill Education. Obtenido de <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071713849>
- Mara, D. (2003). *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*. New York: Taylor & Francis. Recuperado el 2023, de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=K\\_wBiWACaPUC&oi=fnd&pg=PR2&dq=Domestic+Wastewater+Treatment+in+Developing+Countries&ots=aLV7\\_vu2wz&sig=9OXek5PQS-Vk-SDN\\_bT6k6cZscw#v=onepage&q=Domestic%20Wastewater%20Treatment%20in%20Developing%20Countries&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=K_wBiWACaPUC&oi=fnd&pg=PR2&dq=Domestic+Wastewater+Treatment+in+Developing+Countries&ots=aLV7_vu2wz&sig=9OXek5PQS-Vk-SDN_bT6k6cZscw#v=onepage&q=Domestic%20Wastewater%20Treatment%20in%20Developing%20Countries&f=false)
- Masic, A. (2013). *LUND UNIVERSITY*. Obtenido de LUND UNIVERSITY: <https://lucris.lub.lu.se/ws/portalfiles/portal/5320810/3516793.pdf>
- Mendes, L. (2019). *Universidad de Alicante*. Obtenido de [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/90307/1/tesis\\_lyvia\\_mendes\\_predolin.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/90307/1/tesis_lyvia_mendes_predolin.pdf)
- Metcalf & Eddy, Inc. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización*. Madrid: McGraw-Hill, Inc. Obtenido de [https://www.academia.edu/45529169/INGENIERIA\\_DE\\_AGUAS\\_RESIDUALES\\_TRATAMIENTO\\_VERTIDO\\_Y\\_REUTILIZACION\\_Volumen\\_II\\_Metcalf\\_y\\_Eddie](https://www.academia.edu/45529169/INGENIERIA_DE_AGUAS_RESIDUALES_TRATAMIENTO_VERTIDO_Y_REUTILIZACION_Volumen_II_Metcalf_y_Eddie)

- Mitchell, S., Kennedy, N., Ma, J., Yorgey, G., & Kruger, C. (2015). *Whashington State University Extension*. Obtenido de [https://s3.amazonaws.com/nast01.ext.exlibrisgroup.com/01ALLIANCE\\_WSU/storage/alma/99/82/B5/9E/74/63/BF/1A/94/5D/1E/D3/B2/04/77/BC/FS171E.pdf?response-content-type=application%2Fpdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Date=20230906T155311Z&X-Amz-Signed](https://s3.amazonaws.com/nast01.ext.exlibrisgroup.com/01ALLIANCE_WSU/storage/alma/99/82/B5/9E/74/63/BF/1A/94/5D/1E/D3/B2/04/77/BC/FS171E.pdf?response-content-type=application%2Fpdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Date=20230906T155311Z&X-Amz-Signed)
- Morante, G. (2002). Electrocoagulación De Aguas Residuales. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53-160. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/228601648\\_Electrocoagulacion\\_de\\_aguas\\_residuales](https://www.researchgate.net/publication/228601648_Electrocoagulacion_de_aguas_residuales)
- Muñoz Cruz, A. (Junio de 2008). *UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO*. Obtenido de <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/514/?sequence=1>
- Muñoz Cruz, F. A. (2016). *Repositorio UNAD*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/13304/20-abr-2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Once Sarmiento, D. J., & Ruiz Herrera, J. F. (2014). *Repositorio Universidad de Cuenca*. Obtenido de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/78174158/TESIS-libre.pdf?1641448909=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEvaluacion\\_de\\_las\\_plantas\\_de\\_depuracion.pdf&Expires=1688453441&Signature=ejlUtZE-VJEXc1kIF2kLNtSEBz~Qion1UK6zqpfaI1UuuuLJy-4WMu0w](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/78174158/TESIS-libre.pdf?1641448909=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEvaluacion_de_las_plantas_de_depuracion.pdf&Expires=1688453441&Signature=ejlUtZE-VJEXc1kIF2kLNtSEBz~Qion1UK6zqpfaI1UuuuLJy-4WMu0w)
- Picado Valverde, S. d. (Junio de 2016). *Repositorio TEC*. Obtenido de [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9226/%282016%29%20TFG\\_Sofia%20Picado%20Valverde.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9226/%282016%29%20TFG_Sofia%20Picado%20Valverde.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Raffo, E., & Ruiz, E. (3 de Abril de 2014). *Dialnet*. Recuperado el 2023, de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8635432>
- Ramalho, R. S. (2021). *Introduction to Wasterwater Treatment Processes*. Londres: Academic Press, Inc. Recuperado el 2023, de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=r96wS3W0-sUC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Introduction+to+Wasterwater+Treatment+Processes&ots=6TBxt-bEtw&sig=FNv8ygyMbkFp->

MEJAp\_m92bK6s8#v=onepage&q=Introduction%20to%20Wasterwater%20Treatment%20Processes&f=false

Retete Pinchi, R., & Velayarce Cuipal, J. J. (Julio de 2019). *Repositorio UPEU*. Obtenido de

[https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/1949/Roxana\\_Tesis\\_Licenciatura\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/1949/Roxana_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rivera-Vázquez, R., Placios-Vélez, O., Chávez, J., Belmont, M., Nikolski-Gavrilov, I., De la Isla de Bauer, M., . . . Carrillo-González, R. (17 de Febrero de 2007). *Contaminación por Coliformes y Helminthos en los ríos Texococo*. Ciudad de Mexico: Revista internacional de contaminación ambiental. Recuperado el 2023, de Repositorio de ESPOL (DSpace): [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992007000200003](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992007000200003)

Rojas, R. (27 de Septiembre de 2022). *Docplayer.es*. Obtenido de <https://docplayer.es/11882686-Conferencia-sistemas-de-tratamiento-de-aguas-residuales.html>

Romero Rojas, J. A. (2000). *Tratamiento de Aguas Residuales Teoría y Principios de Diseño*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería. Obtenido de <https://dspace.scz.ucb.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/22876/1/11991.pdf>

Sánchez Martínez, R. A. (Agosto de 2015). *Repositrio TEC*. Obtenido de [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6284/TFG\\_Reychel\\_Sanchez\\_Martinez\\_%20vf.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6284/TFG_Reychel_Sanchez_Martinez_%20vf.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Santacruz Figueroa, L. S. (16 de Marzo de 2018). *Repositorio UCSG*. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/10146>

Secretaria de Comercio y Fomento Industrial . (2000). *Gobierno de Mexico*. Obtenido de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166800/NMX-AA-093-SCFI-2000.pdf>

Tecnoaqua. (23 de Noviembre de 2017). *Tecnoaqua*. Obtenido de <https://www.tecnoaqua.es/productos/20171123/remosa-equipo-tratamiento-biologico-aguas-residuales>

Toscano Pozo, J. G. (Enero de 2014). *Repositorio UCE*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2257/1/T-UCE-0012-295.pdf>

- UNICOM. (2022). *SoloStocks*. Obtenido de <https://www.solostocks.com/venta-productos/piscinas-accesorios/bombas-depuradoras-filtros-piscina/depuradora-oxidacion-total-aguas-residuales-domesticas-para-10-personas-oxr-10-7401344>
- Valencia, N. (2008). *Repositorio UNAM*. Obtenido de [http://132.248.9.195/ptd2008/octubre/0633014/0633014\\_A1.pdf](http://132.248.9.195/ptd2008/octubre/0633014/0633014_A1.pdf)
- Villafuerte, A. (27 de Febrero de 2023). *Repositorio UCSG*. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/22>
- Zhen-Wu, B. Y. (2010). Índices de calidad del agua en la microcuenca de la quebrada Victoria, Guanacaste, Costa Rica (2007-2008). *UNED Research Journal/Cuadernos de Investigación*, 45-61. Recuperado el 2023, de <https://www.redalyc.org/pdf/5156/515651985004.pdf>

## ANEXOS

### Ilustración 23

*Visita realizada al biotanco de Millenium Village.*



*Nota.* Elaboración propia.

### Ilustración 24

*Visita realizada al biotanco de la Piladora de Cesa.*



*Nota.* Elaboración propia.

## Ilustración 25

*Visita realizada al biotanco de OMARSA.*



*Nota.* Elaboración propia.

## Ilustración 26

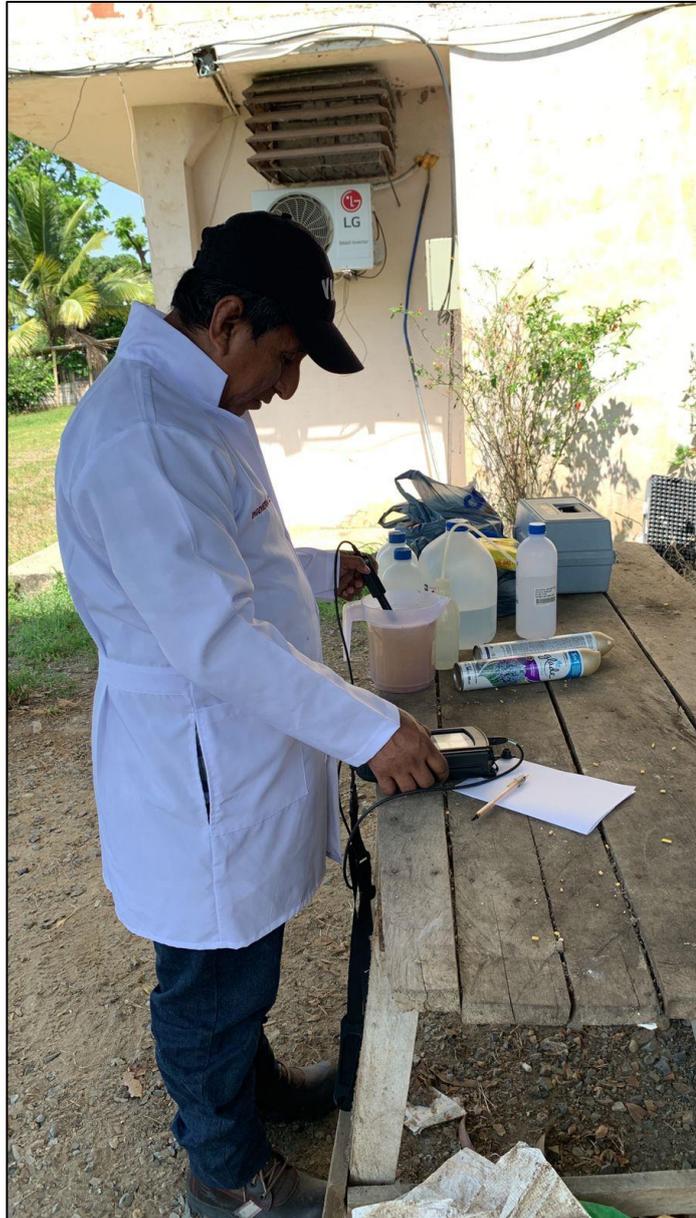
*Toma de muestras del efluente en la Piladora de Cesa.*



*Nota.* Elaboración propia.

**Ilustración 27**

*Análisis en campo de parámetros físicos con el Biólogo Edison Alvarado.*



*Nota.* Elaboración propia.

## Ilustración 28

*Etiquetado de muestras para análisis en laboratorio.*



*Nota.* Elaboración propia.

## Ilustración 29

*Toma de muestra del efluente del CDI Urku Sisa.*



*Nota.* Elaboración propia.

### **Ilustración 30**

*Toma de muestra en filtro de grava del CDI San Francisco de Cajas.*



*Nota.* Elaboración propia.

### **Ilustración 31**

*Toma de muestra en filtro de carbón activado del CDI Urku Sisa.*



*Nota.* Elaboración propia.

### Ilustración 32

*Uso de embudo para introducir el agua residual en las botellas plásticas.*



*Nota.* Elaboración propia.

### Ilustración 33

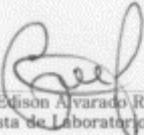
*Toma de muestras en el CDI Urku Sisa.*



*Nota.* Elaboración propia.

## Ilustración 34

Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Efluente MI Piladora de Cesa.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL			
FACULTAD DE INGENIERIA			
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS			
Guayaquil, 04 de Julio del 2023		UCSG-LCA-0020	
<b>RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS</b> Descargas de Aguas Residuales Domésticas			
<b>A.- Datos Generales</b>			
Cód. de muestra:	Pdes-06-001	Fecha muestreo:	27-jun.-23
Zona :	Norte	Hora muestreo:	11:50:00 a. m.
Ubicación :	Cantón Daule (Piladora de Cesa)	Tipo de muestra :	Simple M:1
Lugar:	Sistema de Tratamiento	Resp. muestreo :	Edison Alvarado
	Biotanque séptico integrado (etapa: Efluente)		
<b>B.- Resultados</b>			
Parámetro	Unidad	Resultado	
pH	H <sup>+</sup>	7.07	
Temperatura	°C	29.10	
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	5.18	
Conductividad	uS/cm	2.138.00	
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	81.10	
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	603.00	
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	993.00	
Turbiedad	NTU	393.00	
Cloro Total	mg/l	2.50	
<b>C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada</b>			
pH :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d		
Temperatura :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d		
Oxígeno Disuelto :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO		
Conductividad :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d		
DBO <sub>5</sub> :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO		
DQO :	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)		
Sólidos Disueltos Totales :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d		
Turbiedad :	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro		
Cloro Total :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl <sub>2</sub> )		
La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).			
<b>D.- Observaciones</b>			
La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 oC.			
 Bigo, Edison Alvarado R. Analista de Laboratorio			

Nota. Elaboración propia.

## Ilustración 35

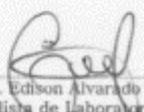
Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Efluente M2 Piladora de Cesa.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS			
Guayaquil, 04 de Julio del 2023		UCSG-LCA-0021	
<b>RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS</b> <b>Descargas de Aguas Residuales Domésticas</b>			
<b>A.- Datos Generales</b>			
Cód. de muestra:	<b>Pdes-06-002</b>	Fecha muestreo:	27-jun.-23
Zona :	Norte	Hora muestreo:	12:50:00 p. m.
Ubicación :	Cantón Daule (Piladora de Cesa)	Tipo de muestra :	Simple M:2
Lugar:	Sistema de Tratamiento Biotanque séptico integrado (etapa: Efluente)	Resp. muestreo :	Edison Alvarado
<b>B.- Resultados</b>			
Parámetro	Unidad	Resultado	
pH	H <sup>+</sup>	7.58	
Temperatura	°C	29.50	
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	0.27	
Conductividad	uS/cm	2,197.00	
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	78.30	
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	293.00	
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1,014.00	
Turbiedad	NTU	199.00	
Cloro Total	mg/l	2.20	
<b>C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada</b>			
pH :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d		
Temperatura :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d		
Oxígeno Disuelto :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO		
Conductividad :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d		
DBO <sub>5</sub> :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO		
DQO :	5220C - Método, Reflejo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)		
Sólidos Disueltos Totales :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d		
Turbiedad :	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro		
Cloro Total :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl <sub>2</sub> )		
La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).			
<b>D.- Observaciones</b>			
La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 oC.			
 Bto. Edison Alvarado R. Analista de Laboratorio			

Nota. Elaboración propia.

## Ilustración 36

Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Efluente M3 Piladora de Cesa.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL		
FACULTAD DE INGENIERIA		
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS		
Guayaquil, 04 de Julio del 2023		UCSG-LCA-0022
<b>RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS</b> Descargas de Aguas Residuales Domésticas		
<b>A.- Datos Generales</b>		
Cód. de muestra:	Pdes-06-003	Fecha muestreo: 27-jun.-23
Zona :	Norte	Hora muestreo: 1:55:00 p. m.
Ubicación :	Cantón Daule (Piladora de Cesa)	Tipo de muestra : Simple M:3
Lugar:	Sistema de Tratamiento Biotanque séptico integrado (etapa: Efluente)	Resp. muestreo : Edison Alvarado
<b>B.- Resultados</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
pH	H <sup>+</sup>	7.66
Temperatura	°C	28.70
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	0.12
Conductividad	uS/cm	2.136.00
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	133.50
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	349.00
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1.001.00
Turbiedad	NTU	239.00
Cloro Total	mg/l	2.30
<b>C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada</b>		
pH :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
Temperatura :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
Oxígeno Disuelto :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO	
Conductividad :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
DBO <sub>5</sub> :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO	
DQO :	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)	
Sólidos Disueltos Totales :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
Turbiedad :	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro	
Cloro Total :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl <sub>2</sub> )	
La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).		
<b>D.- Observaciones</b>		
La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 oC.		
 Edg. Edison Alvarado R. Analista de Laboratorio		

Nota. Elaboración propia.

## Ilustración 37

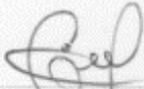
Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Efluente MC Piladora de Cesa.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL		
FACULTAD DE INGENIERIA		
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS		
Guayaquil, 04 de Julio del 2023		UCSG-LCA-0023
<b>RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS</b> Descargas de Aguas Residuales Domésticas		
<b>A.- Datos Generales</b>		
Cód. de muestra:	<b>Pdes-06-004</b>	Fecha muestreo: 27-jun.-23
Zona:	Norte	Hora muestreo: 7:50:00 p. m.
Ubicación:	Cantón Daule (Piladora de Cesa)	Tipo de muestra: Muestra Compuesta
Lugar:	Sistema de Tratamiento Biotanque séptico integrado (etapa: Efluente)	Resp. muestreo: Edison Alvarado
<b>B.- Resultados</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
pH	H <sup>+</sup>	7.60
Temperatura	°C	27.40
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	1.95
Conductividad	mS/cm	2,157.00
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	78.90
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	369.00
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1,003.00
Sólidos Suspendidos	mg/l	155.68
Turbiedad	NTU	477.00
Nitrito	mg/l	0.084
Nitrato	mg/l	2.60
Alcalinidad Total	mg/l	257.00
Coliformes Fecales	UFC/100ml	3.9 E 4
<b>C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada</b>		
pH:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
Temperatura:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
Oxígeno Disuelto:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO	
Conductividad:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
DBO <sub>5</sub> :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO	
DQO:	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)	
Sólidos Disueltos Totales:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
Sólidos Suspendidos:	2540D - Secado 103 - 105 °C	
Turbiedad:	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro	
Nitrito:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Diazotización (0 a 0.300 mg/l NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	
Nitrato:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Reducción de Cadmio (0 a 30.0 mg/l)	
Alcalinidad:	2320B - Método de Titulación Potenciométrico (punto Final de pH)	
Cloro Total:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl <sub>2</sub> )	
Coliformes Fecales:	Técnica de Filtración de Membrana - Agar Cromocult/Kovacs	
La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).		
<b>D.- Observaciones</b>		
La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 oC.		
 Ediso. Edison Alvarado R. Analista de Laboratorio		

Nota. Elaboración propia.

### Ilustración 38

Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Efluente CDI San Francisco de Cajas.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL		
FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS		
Guayaquil, 25 de Agosto del 2023		UCSG-LCA-0029
<b>RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS</b> Descargas de Aguas Residuales Domésticas		
<b>A.- Datos Generales</b>		
Cód. de muestra:	Pdes-08-006	Fecha muestreo: 7-ago.-23
Zona:	Norte	Hora muestreo: 11:30:00 a. m.
Ubicación:	Cantón Cayambe (CDI San Francisco de Cajas)	Tipo de muestra: Simple
Lugar:	Sistema de Tratamiento Biotanqué séptico integrado (etapa: Efluente)	Resp. muestreo: Madeleine Suarez S
<b>B.- Resultados</b>		
Parámetro	Unidad	Resultado
pH	H <sup>+</sup>	6.44
Temperatura	°C	26.00
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	0.34
Conductividad	uS/cm	1,056.00
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	333.00
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	620.00
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	510.00
Turbiedad	NTU	225.00
Cloro Total	mg/l	0.00
Coliformes Fecales	UFC/100ml	2.0 E 5
<b>C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada</b>		
pH:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
Temperatura:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
Oxígeno Disuelto:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO	
Conductividad:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
DBO <sub>5</sub> :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO	
DQO:	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)	
Sólidos Disueltos Totales:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
Turbiedad:	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro	
Cloro Total:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl <sub>2</sub> )	
La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).		
<b>D.- Observaciones</b>		
La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.		
 Blgo. Edison Alvarado R. Analista de Laboratorio		

Nota. Elaboración propia.

### Ilustración 39

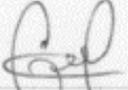
Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Carbón Activado CDI San Francisco de Cajas.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS		
Guayaquil, 25 de Agosto del 2023		UCSG-LCA-0030
<b>RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS</b> Descargas de Aguas Residuales Domésticas		
<b>A.- Datos Generales</b>		
Cód. de muestra:	Pdes-08-007	Fecha muestreo: 7-ago.-23
Zona:	Norte	Hora muestreo: 11:45:00 a. m.
Ubicación:	Cantón Cayambe (CDI San Francisco de Cajas)	Tipo de muestra: Simple
Lugar:	Sistema de Tratamiento Biotanque séptico integrado (etapa: Carbón Activado)	Resp. muestreo: Madeleine Suarez S
<b>B.- Resultados</b>		
Parámetro	Unidad	Resultado
pH	H <sup>+</sup>	6.40
Temperatura	°C	25.50
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	0.30
Conductividad	µS/cm	1,148.00
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	570.20
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	1530.00*
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	556.00
Turbiedad	NTU	713.00
Cloro Total	mg/l	0.00
Coliformes Fecales	UFC/100ml	4.0 E 5
*Por encima del rango de lectura de 1500		
<b>C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada</b>		
pH:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
Temperatura:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
Oxígeno Disuelto:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO	
Conductividad:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
DBO <sub>5</sub> :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO	
DQO:	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)	
Sólidos Disueltos Totales:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
Turbiedad:	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro	
Cloro Total:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl <sub>2</sub> )	
La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).		
<b>D.- Observaciones</b>		
La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 oC.		
 Blgo. Edison Awarado R. Analista de Laboratorio		

Nota. Elaboración propia.

## Ilustración 40

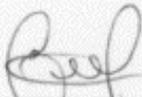
Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Cloración CDI San Francisco de Cajas.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL		
FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS		
Guayaquil, 25 de Agosto del 2023		UCSG-LCA-0031
<b>RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS</b> Descargas de Aguas Residuales Domésticas		
<b>A.- Datos Generales</b>		
Cód. de muestra:	Pdes-08-008	Fecha muestreo: 7-ago.-23
Zona:	Norte	Hora muestreo: 12:00:00 p. m.
Ubicación:	Cantón Cayambe (CDI San Francisco de Cajas)	Tipo de muestra: Simple
Lugar:	Sistema de Tratamiento Biotanque séptico integrado (etapa: Clorado)	Resp. muestreo: Madeleine Suarez S
<b>B.- Resultados</b>		
Parámetro	Unidad	Resultado
pH	H <sup>+</sup>	6.49
Temperatura	°C	25.90
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	0.23
Conductividad	uS/cm	991.00
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	612.10
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	1.059.00
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	479.00
Turbiedad	NTU	604.00
Cloro Total	mg/l	0.00
Coliformes Fecales	UFC/100ml	1.4 E 6
<b>C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada</b>		
pH:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
Temperatura:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
Oxígeno Disuelto:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO	
Conductividad:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
DBO <sub>5</sub> :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO	
DQO:	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)	
Sólidos Disueltos Totales:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
Turbiedad:	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro	
Cloro Total:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl <sub>2</sub> )	
La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).		
<b>D.- Observaciones</b>		
La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 oC.		
 Bigo, Edson Alvarado R. Analista de Laboratorio		

Nota. Elaboración propia.

## Ilustración 41

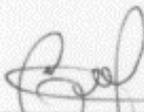
Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Grava CDI San Francisco de Cajas.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL																																			
FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS																																			
Guayaquil, 25 de Agosto del 2023		UCSG-LCA-0033																																	
<b>RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS</b> <b>Descargas de Aguas Residuales Domésticas</b>																																			
<b>A.- Datos Generales</b>																																			
Cód. de muestra:	Pdes-08-009	Fecha muestreo: 7-ago.-23																																	
Zona:	Norte	Hora muestreo: 12:20:00 p. m.																																	
Ubicación:	Cantón Cayambe (CDI San Francisco de Cajas)	Tipo de muestra: Simple																																	
Lugar:	Sistema de Tratamiento Biotanque séptico integrado (etapa: Filtro de Grava)	Resp. muestreo: Madeleine Suarez S																																	
<b>B.- Resultados</b>																																			
<table border="1"><thead><tr><th>Parámetro</th><th>Unidad</th><th>Resultado</th></tr></thead><tbody><tr><td>pH</td><td>H<sup>+</sup></td><td>6.42</td></tr><tr><td>Temperatura</td><td>°C</td><td>25.10</td></tr><tr><td>Oxígeno Disuelto</td><td>mg O<sub>2</sub>/l</td><td>0.24</td></tr><tr><td>Conductividad</td><td>uS/cm</td><td>1,023.00</td></tr><tr><td>DBO<sub>5</sub></td><td>mg O<sub>2</sub>/l</td><td>855.20</td></tr><tr><td>DQO</td><td>mg O<sub>2</sub>/l</td><td>2121.00*</td></tr><tr><td>Sólidos Disueltos Totales</td><td>mg/l</td><td>495.00</td></tr><tr><td>Turbiedad</td><td>NTU</td><td>860.00</td></tr><tr><td>Cloro Total</td><td>mg/l</td><td>0.00</td></tr><tr><td>Coliformes Fecales</td><td>UFC/100ml</td><td>9.0 E 5</td></tr></tbody></table>	Parámetro	Unidad	Resultado	pH	H <sup>+</sup>	6.42	Temperatura	°C	25.10	Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	0.24	Conductividad	uS/cm	1,023.00	DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	855.20	DQO	mg O <sub>2</sub> /l	2121.00*	Sólidos Disueltos Totales	mg/l	495.00	Turbiedad	NTU	860.00	Cloro Total	mg/l	0.00	Coliformes Fecales	UFC/100ml	9.0 E 5		
Parámetro	Unidad	Resultado																																	
pH	H <sup>+</sup>	6.42																																	
Temperatura	°C	25.10																																	
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	0.24																																	
Conductividad	uS/cm	1,023.00																																	
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	855.20																																	
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	2121.00*																																	
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	495.00																																	
Turbiedad	NTU	860.00																																	
Cloro Total	mg/l	0.00																																	
Coliformes Fecales	UFC/100ml	9.0 E 5																																	
*Por encima del rango de lectura de 1500																																			
<b>C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada</b>																																			
pH:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d																																		
Temperatura:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d																																		
Oxígeno Disuelto:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO																																		
Conductividad:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d																																		
DBO <sub>5</sub> :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO																																		
DQO:	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)																																		
Sólidos Disueltos Totales:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d																																		
Turbiedad:	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro																																		
Cloro Total:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl <sub>2</sub> )																																		
La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).																																			
<b>D.- Observaciones</b>																																			
La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 oC.																																			
 Hugo Edison Alvarado R. Analista de Laboratorio																																			

Nota. Elaboración propia.

## Ilustración 42

Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Sedimentador CDI San Francisco de Cajas.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL			
FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS			
Guayaquil, 25 de Agosto del 2023			UCSG-LCA-0032
<b>RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS</b> Descargas de Aguas Residuales Domésticas			
<b>A.- Datos Generales</b>			
Cód. de muestra:	Pdes-08-010	Fecha muestreo:	7-ago.-23
Zona:	Norte	Hora muestreo:	12:35:00 p. m.
Ubicación:	Cantón Cayambe (CDI San Francisco de Cajas)	Tipo de muestra:	Simple
Lugar:	Sistema de Tratamiento Biotanque séptico integrado (etapa: Sedimentador)	Resp. muestreo:	Madeleine Suarez S
<b>B.- Resultados</b>			
Parámetro	Unidad	Resultado	
pH	H <sup>+</sup>	6.42	
Temperatura	°C	25.30	
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	0.08	
Conductividad	µS/cm	851.00	
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	284.50	
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	524.00	
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	412.00	
Turbiedad	NTU	194.00	
Cloro Total	mg/l	0.00	
Cofiformes Fecales	UFC/100ml	1.3 E 6	
<b>C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada</b>			
pH:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d		
Temperatura:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d		
Oxígeno Disuelto:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO		
Conductividad:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d		
DBO <sub>5</sub> :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO		
DQO:	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)		
Sólidos Disueltos Totales:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d		
Turbiedad:	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro		
Cloro Total:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl <sub>2</sub> )		
La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).			
<b>D.- Observaciones</b>			
La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 oC.			
 Blgo. Edison Alvarado R. Analista de Laboratorio			

Nota. Elaboración propia.

### Ilustración 43

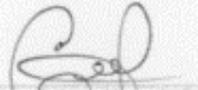
Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Efluente CDI Urku Sisa.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL																																			
FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS																																			
Guayaquil, 25 de Agosto del 2023		UCSG-LCA-0024																																	
<b>RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS</b> Descargas de Aguas Residuales Domésticas																																			
<b>A.- Datos Generales</b>																																			
Cód. de muestra:	Pdes-08-001	Fecha muestreo: 7-ago.-23																																	
Zona :	Norte	Hora muestreo: 11:30:00 a. m.																																	
Ubicación :	Cantón Cayambe (Urku Sisa)	Tipo de muestra : Simple																																	
Lugar:	Sistema de Tratamiento Biotanqué séptico integrado (etapa: Efluente)	Resp. muestreo : Tommy Mendoza Z.																																	
<b>B.- Resultados</b>																																			
<table border="1"><thead><tr><th>Parámetro</th><th>Unidad</th><th>Resultado</th></tr></thead><tbody><tr><td>pH</td><td>H<sup>+</sup></td><td>7.75</td></tr><tr><td>Temperatura</td><td>°C</td><td>24.80</td></tr><tr><td>Oxígeno Disuelto</td><td>mg O<sub>2</sub>/l</td><td>0.07</td></tr><tr><td>Conductividad</td><td>mS/cm</td><td>3.18</td></tr><tr><td>DBO<sub>5</sub></td><td>mg O<sub>2</sub>/l</td><td>846.20</td></tr><tr><td>DQO</td><td>mg O<sub>2</sub>/l</td><td>1,312.00</td></tr><tr><td>Sólidos Disueltos Totales</td><td>mg/l</td><td>1,627.00</td></tr><tr><td>Turbiedad</td><td>NTU</td><td>707.00</td></tr><tr><td>Cloro Total</td><td>mg/l</td><td>0.00</td></tr><tr><td>Coliformes Fecales</td><td>UFC/100ml</td><td>1.3 E 7</td></tr></tbody></table>	Parámetro	Unidad	Resultado	pH	H <sup>+</sup>	7.75	Temperatura	°C	24.80	Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	0.07	Conductividad	mS/cm	3.18	DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	846.20	DQO	mg O <sub>2</sub> /l	1,312.00	Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1,627.00	Turbiedad	NTU	707.00	Cloro Total	mg/l	0.00	Coliformes Fecales	UFC/100ml	1.3 E 7		
Parámetro	Unidad	Resultado																																	
pH	H <sup>+</sup>	7.75																																	
Temperatura	°C	24.80																																	
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	0.07																																	
Conductividad	mS/cm	3.18																																	
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	846.20																																	
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	1,312.00																																	
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1,627.00																																	
Turbiedad	NTU	707.00																																	
Cloro Total	mg/l	0.00																																	
Coliformes Fecales	UFC/100ml	1.3 E 7																																	
<b>C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada</b>																																			
pH :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d																																		
Temperatura :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d																																		
Oxígeno Disuelto :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO																																		
Conductividad :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d																																		
DBO <sub>5</sub> :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO																																		
DQO :	5220C - Método, Reflejo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)																																		
Sólidos Disueltos Totales :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d																																		
Turbiedad :	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro																																		
Cloro Total :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl <sub>2</sub> )																																		
La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).																																			
<b>D.- Observaciones</b>																																			
La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 oC.																																			
 Blgo. Edison Alvarado R. Analista de Laboratorio																																			

Nota. Elaboración propia.

## Ilustración 44

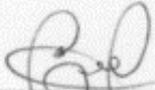
Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Carbón Activado CDI Urku Sisa.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL		
FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS		
Guayaquil, 25 de Agosto del 2023		UCSG-LCA-0025
<b>RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS</b> Descargas de Aguas Residuales Domésticas		
<b>A.- Datos Generales</b>		
Cód. de muestra:	Pdes-08-002	Fecha muestreo: 7-ago.-23
Zona:	Norte	Hora muestreo: 12:00:00 p. m.
Ubicación:	Cantón Cayambe (Urku Sisa)	Tipo de muestra: Simple
Lugar:	Sistema de Tratamiento Biotanqué séptico integrado (etapa: Carbón Activado)	Resp. muestreo: Tommy Mendoza Z.
<b>B.- Resultados</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
pH	H <sup>+</sup>	7.53
Temperatura	°C	25.00
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	0.14
Conductividad	mS/cm	3.19
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	1,392.20
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	2237.00*
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1,638.00
Turbiedad	NTU	3,955.00
Cloro Total	mg/l	0.00
Coliformes Fecales	UFC/100ml	8.8 E 6
*Por encima del rango de lectura de 1500		
<b>C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada</b>		
pH:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
Temperatura:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
Oxígeno Disuelto:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO	
Conductividad:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
DBO <sub>5</sub> :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO	
DQO:	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)	
Sólidos Disueltos Totales:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
Turbiedad:	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro	
Cloro Total:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl <sub>2</sub> )	
La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).		
<b>D.- Observaciones</b>		
La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 oC.		
 Edgardo Alvarado R. Analista de Laboratorio		

Nota. Elaboración propia.

## Ilustración 45

Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Cloración CDI Urku Sisa.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL			
FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS			
Guayaquil, 25 de Agosto del 2023		UCSG-LCA-0026	
<b>RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS</b> <b>Descargas de Aguas Residuales Domésticas</b>			
<b>A.- Datos Generales</b>			
Cód. de muestra:	<b>Pdes-08-003</b>	Fecha muestreo:	7-ago.-23
Zona :	Norte	Hora muestreo:	12:20:00 p. m.
Ubicación :	Cantón Cayambe (Urku Sisa)	Tipo de muestra :	Simple
Lugar:	Sistema de Tratamiento Biotanqué séptico integrado (etapa: Clorado)	Resp. muestreo :	Tommy Mendoza Z.
<b>B.- Resultados</b>			
Parámetro	Unidad	Resultado	
pH	H <sup>+</sup>	7.66	
Temperatura	°C	25.50	
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	0.47	
Conductividad	mS/cm	3.23	
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	600.20	
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	1776.00*	
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1,646.00	
Turbiedad	NTU	1,078.00	
Cloro Total	mg/l	0.00	
Coliformes Fecales	UFC/100ml	2.1 E 6	
*Por encima del rango de lectura de 1500			
<b>C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada</b>			
pH :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d		
Temperatura :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d		
Oxígeno Disuelto :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO		
Conductividad :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d		
DBO <sub>5</sub> :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO		
DQO :	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)		
Sólidos Disueltos Totales :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d		
Turbiedad :	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro		
Cloro Total :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl <sub>2</sub> )		
La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).			
<b>D.- Observaciones</b>			
La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 oC.			
 Edgardo Alvarado R. Analista de Laboratorio			

Nota. Elaboración propia.

## Ilustración 46

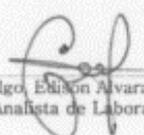
Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Grava CDI Urku Sisa.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL																																			
FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS																																			
Guayaquil, 25 de Agosto del 2023		UCSG-LCA-0028																																	
<b>RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS</b> Descargas de Aguas Residuales Domésticas																																			
<b>A.- Datos Generales</b>																																			
Cód. de muestra:	<b>Pdes-08-004</b>	Fecha muestreo: 7-ago.-23																																	
Zona:	Norte	Hora muestreo: 12:40:00 p. m.																																	
Ubicación:	Cantón Cayambe (Urku Sisa)	Tipo de muestra: Simple																																	
Lugar:	Sistema de Tratamiento Biotanqué séptico integrado (etapa: Filtro de Grava)	Resp. muestreo: Tommy Mendoza Z.																																	
<b>B.- Resultados</b>																																			
<table border="1"><thead><tr><th>Parámetro</th><th>Unidad</th><th>Resultado</th></tr></thead><tbody><tr><td>pH</td><td>H<sup>+</sup></td><td>7.50</td></tr><tr><td>Temperatura</td><td>°C</td><td>24.00</td></tr><tr><td>Oxígeno Disuelto</td><td>mg O<sub>2</sub>/l</td><td>0.14</td></tr><tr><td>Conductividad</td><td>mS/cm</td><td>3.19</td></tr><tr><td>DBO<sub>5</sub></td><td>mg O<sub>2</sub>/l</td><td>1.917.20</td></tr><tr><td>DQO</td><td>mg O<sub>2</sub>/l</td><td>2173.00*</td></tr><tr><td>Sólidos Disueltos Totales</td><td>mg/l</td><td>1.656.00</td></tr><tr><td>Turbiedad</td><td>NTU</td><td>4.210.00</td></tr><tr><td>Cloro Total</td><td>mg/l</td><td>0.00</td></tr><tr><td>Coliformes Fecales</td><td>UFC/100ml</td><td>8.6 E 6</td></tr></tbody></table>	Parámetro	Unidad	Resultado	pH	H <sup>+</sup>	7.50	Temperatura	°C	24.00	Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	0.14	Conductividad	mS/cm	3.19	DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	1.917.20	DQO	mg O <sub>2</sub> /l	2173.00*	Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1.656.00	Turbiedad	NTU	4.210.00	Cloro Total	mg/l	0.00	Coliformes Fecales	UFC/100ml	8.6 E 6		
Parámetro	Unidad	Resultado																																	
pH	H <sup>+</sup>	7.50																																	
Temperatura	°C	24.00																																	
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	0.14																																	
Conductividad	mS/cm	3.19																																	
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	1.917.20																																	
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	2173.00*																																	
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1.656.00																																	
Turbiedad	NTU	4.210.00																																	
Cloro Total	mg/l	0.00																																	
Coliformes Fecales	UFC/100ml	8.6 E 6																																	
*Por encima del rango de lectura de 1500																																			
<b>C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada</b>																																			
pH:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d																																		
Temperatura:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d																																		
Oxígeno Disuelto:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO																																		
Conductividad:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d																																		
DBO <sub>5</sub> :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO																																		
DQO:	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)																																		
Sólidos Disueltos Totales:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d																																		
Turbiedad:	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro																																		
Cloro Total:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl <sub>2</sub> )																																		
La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).																																			
<b>D.- Observaciones</b>																																			
La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 oC.																																			
 Hugo Edison Alvarado R. Analista de Laboratorio																																			

Nota. Elaboración propia.

## Ilustración 47

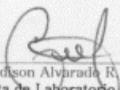
Resultados del laboratorio de calidad de aguas - Sedimentador CDI Urku Sisa.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL		
FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS		
Guayaquil, 25 de Agosto del 2023		UCSG-LCA-0027
<b>RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS</b> Descargas de Aguas Residuales Domésticas		
<b>A.- Datos Generales</b>		
Cód. de muestra:	Pdes-08-005	Fecha muestreo: 7-ago.-23
Zona:	Norte	Hora muestreo: 1:10:00 p. m.
Ubicación:	Cantón Cayambe (Urku Sisa)	Tipo de muestra: Simple
Lugar:	Sistema de Tratamiento Biotanqué séptico integrado (etapa: Sedimentación)	Resp. muestreo: Tommy Mendoza Z.
<b>B.- Resultados</b>		
Parámetro	Unidad	Resultado
pH	H <sup>+</sup>	7.94
Temperatura	°C	24.90
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	0.08
Conductividad	mS/cm	3.61
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	828.20
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	1976.00*
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1,867.00
Turbiedad	NTU	1,172.00
Cloro Total	mg/l	0.00
Coliformes Fecales	UFC/100ml	8.1 E 6
*Por encima del rango de lectura de 1500		
<b>C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada</b>		
pH:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
Temperatura:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
Oxígeno Disuelto:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO	
Conductividad:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
DBO <sub>5</sub> :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO	
DQO:	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)	
Sólidos Disueltos Totales:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
Turbiedad:	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro	
Cloro Total:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl <sub>2</sub> )	
La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).		
<b>D.- Observaciones</b>		
La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 oC.		
 Blgo. Edison Alvarado R. Analista de Laboratorio		

Nota. Elaboración propia.

## Ilustración 48

Resultados del laboratorio de calidad de aguas – Segundo muestreo Efluente Piladora de Cesa

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS		
Guayaquil, 07 de Septiembre del 2023		UCSG-LCA-0034
<b>RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS</b> <b>Descargas de Aguas Residuales Domésticas</b>		
<b>A.- Datos Generales</b>		
Cód. de muestra:	<b>Pdes-08-004</b>	Fecha muestreo: 20-ago.-23
Zona :	Norte	Hora muestreo: 7:50:00 a. m.
Ubicación :	Cantón Daule (Piladora de Cesa)	Tipo de muestra : Simple
Lugar:	Sistema de Tratamiento	Resp. muestreo : Tommy Mendoza Z.
	Biotanque séptico integrado (etapa: Efluente)	
<b>B.- Resultados</b>		
Parámetro	Unidad	Resultado
pH	H <sup>+</sup>	7,39
Temperatura	°C	20,30
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /l	3,34
Conductividad	mS/cm	7,81
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	116,50
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	610,00
Sólidos Disueltos Totales	g/l	4,65
Sólidos Suspendedos	mg/l	95,00
Turbiedad	NTU	291,00
Nitritos	mg /l	0,015
Nitratos	mg /l	5,60
Cloro Total	mg /l	0,00
Coliformes Fecales	UFC/100ml	1,0 E 5
<b>C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada</b>		
pH :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
Temperatura :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
Oxígeno Disuelto :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO	
Conductividad :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
DBO <sub>5</sub> :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO	
DQO :	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)	
Sólidos Disueltos Totales :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d	
Sólidos Suspendedos :	2540U - Secado 103 -105 °C	
Turbiedad :	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro	
Nitrito :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Diazotización (0 a 0,300 mg/l NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N)	
Nitrato :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Reducción de Cadmio (0 a 30,0 mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N)	
Alcalinidad :	2320B - Método de Titulación Potenciométrico (punto Final de pH)	
Cloro Total :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10,0 mg/l como Cl <sub>2</sub> )	
Coliformes Fecales :	Técnica de Filtración de Membrana - Agar Cromocult/Kovacs	
La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).		
<b>D.- Observaciones</b>		
La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 oC.		
 Blgo. Edison Alvarado R. Analista de Laboratorio		

Nota. Elaboración propia.

## Ilustración 49

*Concentración típica de un agua residual doméstica.*

Contaminantes	Unidades	Concentración		
		Débil	Media	Fuerte
Sólidos totales (ST)	mg/l	350	720	1.200
Disueltos, totales (SDT)	mg/l	250	500	850
Fijos	mg/l	145	300	525
Volátiles	mg/l	105	200	325
Sólidos en suspensión (SS)	mg/l	100	220	350
Fijos	mg/l	20	55	75
Volátiles	mg/l	80	165	275
Sólidos sedimentables	ml/l	5	10	20
Demanda bioquímica de oxígeno, mg/l: 5 días, 20 °C (DBO <sub>5</sub> , 20 °C)	mg/l	110	220	400
Carbono orgánico total (COT)	mg/l	80	160	290
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l	250	500	1.000
Nitrógeno (total en la forma N)	mg/l	20	40	85
Orgánico	mg/l	8	15	35
Amoníaco libre	mg/l	12	25	50
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo (total en la forma P)	mg/l	4	8	15
Orgánico	mg/l	1	3	5
Inorgánico	mg/l	3	5	10
Cloruros <sup>a</sup>	mg/l	30	50	100
Sulfato <sup>a</sup>	mg/l	20	30	50
Alcalinidad (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	50	100	200
Grasa	mg/l	50	100	150
Coliformes totales <sup>b</sup>	n.º/100 ml	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>9</sup>
Compuestos orgánicos volátiles (COVs)	µg/l	<100	100-400	>400

*Nota.* Obtenido de (Rivera, y otros, 2007)

## Ilustración 50

Tabla de límites de descarga a un cuerpo de agua marina.

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	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 <sup>-</sup>	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)	DBO <sub>5</sub>	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 totales	µg/l	100,0	100,0
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

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

Nota. Obtenido de Registro oficial N°387, 2015.

**Figura 51**

*Tabla de parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego.*

<b>TABLA 5: PARÁMETROS DE LOS NIVELES DE LA CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO</b>				
<b>PROBLEMA POTENCIAL</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>GRADO DE RESTRICCIÓN *</b>		
		<b>Ninguno</b>	<b>Ligero-Moderado</b>	<b>Severo</b>
<b>Salinidad: (1)</b>				
CE (2)	milimhos/cm	0,7	0,7-3,0	>3,0
SDT (3)	mg/l	450	450-2000	>2000
<b>Infiltración: (4)</b>				
RAS=0-3yCE=		0,7	0,7-0,2	<0,2
RAS=3-6yCE=		1,2	1,2-0,3	<0,3
RAS=6-12yCE=		1,9	1,9-0,5	<0,5
RAS=12-20yCE=		2,9	2,9-1,3	<1,3
RAS=20-40yCE=		5,0	5,0-2,9	<2,9
<b>Toxicidad por iones específicos (5)</b>				
<b>Sodio:</b>				
Irrigación superficial RAS (6)	meq/l	3,0	3,0-9,0	>9
Aspersión	meq/l	3,0	3,0	
<b>Cloruros:</b>				
Irrigaciónsuperficial	meq/l	4,0	4,0-10,0	>10
Aspersión	meq/l	3,0	3,0	
<b>Boro:</b>	mg/l	0,7	0,7-3,0	>3
<b>Efectos misceláneos (7)</b>				
Nitrógeno (N-NO3-)	mg/l	5,0	5,0-30,0	>30
Bicarbonato (HCO3-) Solo aspersión	meq/l	1,5	1,5-8,5	>8,5
pH	Rango normal		6,5-8,4	

*Nota.* Obtenido de Anexo 1, Libro VI TULSMA, 2015.

## Ilustración 52

Tabla de límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

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	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2 000
Color real <sup>1</sup>	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	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
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		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
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		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5

Nota. Obtenido de Registro Oficial Suplemento 387, 2015.

## Ilustración 53

### Ficha técnica del biotanque séptico.

El Biotanque Séptico reduce el grado de contaminación. Al contar con una cámara de sedimentación y/o digestión anaerobia facilita la degradación de la materia orgánica. Los lodos sedimentan en el interior del Biotanque y las aguas de rebose semitratadas pasan a un campo de infiltración donde son absorbidas por el suelo en estado natural. El nivel freático debe estar como mínimo a 80cm debajo del nivel de la zanjeta y debe instalarse en suelos permeables.

El Biotanque Séptico es un sistema adaptable para mayor capacidad. Puede utilizarse un sólo tanque ocupando una pequeña área o de manera modular, para aumentar la capacidad del sistema.

Otras ventajas:

- Ocupa una pequeña área
- Totalmente hermético, no permite exfiltraciones.

Unión desagüe 110mm  
Bridas para tanque séptico 110mm  
Caja domiciliar 39x45x70mm  
Caucho 120mm caja domiciliar  
Tubería desagüe E/C 110mm  
Tubería PVC drenaje Novafort 110mm\*  
\*Para Biotanque de:  
2000l usar 50m de tubería  
1200l usar 15m de tubería  
Rajla desagüe 110mm  
Perno - tuerca W/pit séptico  
Pultrugra 125cc  
Kilpega 125cc

3m  
Codo de desagüe C/C 160x 90°  
Usar 100m de tubería PVC drenaje Novafort 110mm  
Para ventilación:  
Tee red desagüe 110 - 50mm  
Tubería ventilación 50mm x 2 codos de desagüe 50x50°

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

#### Tanque de 1200l

Módulo de Percolación	Permeabilidad del Suelo				Tiempo de Infiltración (días)
	700	80	0.01	0.0001	
80	110	210	210	210	4.0
100	140	280	280	280	3.3
150	210	420	420	420	2.2

#### Tanque de 2000l

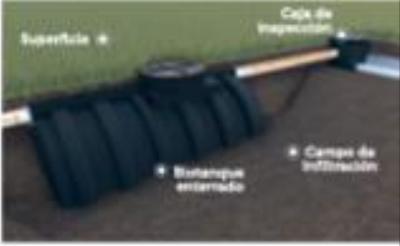
Módulo de Percolación	Permeabilidad del Suelo				Tiempo de Infiltración (días)
	700	80	0.01	0.0001	
80	110	210	210	210	4.0
100	140	280	280	280	3.3
150	210	420	420	420	2.2

#### Tanque de 4000l

Módulo de Percolación	Permeabilidad del Suelo				Tiempo de Infiltración (días)
	700	80	0.01	0.0001	
80	110	210	210	210	4.0
100	140	280	280	280	3.3
150	210	420	420	420	2.2

**PERMEABILIDAD DEL SUELO**

Permeabilidad (L/min/cm)	Tipo de suelo
700	Grava
80	Areña gruesa
0.01	Limo
0.0001	Arcilla




Dimensión	Capacidad nominal		
	1200	2000	4000
Ancho	1508mm	1346mm	1900mm
Largo	1544mm	1976mm	1970mm
Alto	1200mm	1424mm	1780mm
Código	925497	925498	992008
Diámetro (Tapaj)	550mm	550mm	550mm

**IMPORTANTE:** Consultar al Departamento Técnico de Plastigra, cuando las condiciones de nivel freático y suelo son diferentes a las indicadas en esta Hoja Técnica.

\*Datos referenciales: Se debe analizar cada proyecto en función de la permeabilidad propia del suelo.

\*Se recomienda que una vez sea instalado el sistema, se realice una prueba de estanqueidad del mismo de manera que se verifique la correcta instalación.

Nota. Obtenido de Distribuidor del biotanque séptico integrado, 2023.

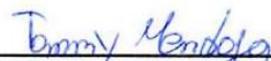
## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Mendoza Zambrano, Tommy Alejandro**, con C.C: #0942290164 y **Suárez Saigua, Madeleine Kelly**, con C.C: #0952704633 autores del trabajo de titulación: **Determinación de la eficiencia de sistemas plásticos compactos utilizados para el tratamiento de aguas residuales domésticas – Parte II** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

**Guayaquil, 12 de septiembre de 2023**

f.  \_\_\_\_\_

**Mendoza Zambrano, Tommy Alejandro**

**C.C: 0942290164**

f.  \_\_\_\_\_

**Suárez Saigua, Madeleine Kelly**

**C.C: 0952704633**

## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Determinación de la eficiencia de sistemas plásticos compactos utilizados para el tratamiento de aguas residuales domésticas – Parte II.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Mendoza Zambrano, Tommy Alejandro Suárez Saigua, Madeleine Kelly		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina M.Sc.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Ingeniería		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Civil		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Civil		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	12 de septiembre de 2023	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	114
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Aguas residuales, Sistemas compactos, Alcantarillado sanitario		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	tratamientos de aguas residuales, sistemas plásticos compactos, biotanco séptico integrado		
<b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>	<p>El presente trabajo de investigación evalúa la eficiencia de un tratamiento de aguas residuales domésticas usando sistemas plásticos compactos, comúnmente implementados en poblaciones rurales pequeñas, las cuales no cuentan con un sistema de alcantarillado sanitario. Basándonos en el análisis de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, se determina la eficiencia de estos sistemas, con el fin de ser utilizados en el futuro como una alternativa viable.</p> <p>Para esto, se monitorearon y se tomaron muestras en los distintos sistemas plásticos compactos, en la Región Costa y en la Región Sierra del país. Con las muestras correspondientes, se utilizó el Manual “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” en los análisis de laboratorio correspondientes usando los métodos establecidos del manual para determinar los parámetros de estudio.</p> <p>Con estos parámetros se obtuvo la eficiencia y los resultados de los parámetro físico, químico y bacteriológicos de los biotanco sépticos integrados compactos. Una vez obtenidos los resultados, se los comparo con la norma ambiental vigente del libro VI anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA) y se hizo un análisis de estos resultados para determinar su funcionalidad y como mejorarla mediante un plan de mantenimiento.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-988132789 +593-939363461	<b>E-mail:</b> tommy.mendoza@cu.ucsg.edu.ec madeleine.suarez01@cu.ucsg.edu.ec	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre:</b> Clara Glas Cevallos		
	<b>Teléfono:</b> +593-4 -2206956		
	<b>E-mail:</b> clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			