



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**TEMA**

**APROVECHAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS TRATADAS  
MEDIANTE EL USO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL CON LA PRODUCCIÓN DE  
PIÑÓN Y GIRASOL COMO BIOCOMBUSTIBLE EN LA LOTIZACIÓN EL  
TRIÁNGULO DE LA CABECERA CANTONAL DE PLAYAS, PROVINCIA  
GUAYAS.**

**AUTOR:**

**DIAZ GARCIA ALBERTO JUNIOR**

**TUTOR:**

**Paredes Ramos Pablo Mario**

**2022**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS

**TÍTULO Y SUBTÍTULO:**

Aprovechamiento de Aguas Residuales Domésticas tratadas mediante el Uso de un Humedal Artificial con la producción de Piñón y Girasol como biocombustible en la Lotización El Triángulo de la Cabecera Cantonal de Playas, Provincia Guayas

**AUTOR/ES:**

Alberto Junior Díaz García

**REVISORES O TUTORES:**

Ing. Civil. Pablo Mario Paredes Ramos,  
MSIG.

**INSTITUCIÓN:**

Universidad Laica VicenteRocafuerte de  
Guayaquil

**Grado obtenido:**

Tercer nivel de grado

**FACULTAD:**

INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN

**CARRERA:**

INGENIERÍA CIVIL

**FECHA DE PUBLICACIÓN:**

2022

**N. DE PAGS:**

128

**ÁREAS TEMÁTICAS:** Arquitectura y construcción

**PALABRAS CLAVE:** Agua residual, Energía de la biomasa, Zona Húmeda, Saneamiento.

**RESUMEN:**

El déficit de la cobertura de saneamiento es una realidad en los países de la región, especialmente en países como el nuestro donde la escasez de los recursos ha dificultado el cumplimiento de estas tareas que forman parte de los objetivos de desarrollo sostenible para combatir la pobreza.

La Lotización El Triángulo, ubicada en el Cantón Playas, es un asentamiento humano irregular con alto nivel de carga contaminante, pues en ese sector no disponen de una planta de tratamiento de aguas residuales por el alto costos de inversión para la construcción y mantenimiento, la ausencia de personal técnico capacitado para su operación que esto implica para la Empresa Pública Municipal HIDROPLAYAS EP, siendo este uno de los principales retos para la Administración Pública, especialmente si consideramos la escasez de agua que enfrentamos en la actualidad por el cambio climático.

Ante la situación de emergencia causada por el COVID- 19 con efectos socio económicos en los hogares de la zona surge la necesidad de analizar el aprovechamiento de las aguas residuales domésticas tratadas mediante el uso de un humedal artificial con la producción de piñón y girasol como materia prima para la generación de biocombustible, puesto que en este contexto, se hace necesaria la adopción de un sistema de gestión integral de saneamiento para reducir la contaminación del agua, asegurar el reciclaje y recuperar la bioenergía disponible, creando de esta manera una solución a la tarea de saneamiento ambiental para esa población y una fuente de ingreso económico adicional para los habitantes de esta zona.

<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>

<p><b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b></p> <p>Alberto Junior Díaz García</p>	<p><b>Teléfono:</b></p> <p><b>0996314912</b></p>	<p><b>E-mail:</b></p> <p><a href="mailto:adiazga@ulvr.edu.ec">adiazga@ulvr.edu.ec</a></p> <p><a href="mailto:diazgarciaa086@gmail.com">diazgarciaa086@gmail.com</a></p>
<p><b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b></p>	<p>Msc. MILTON ANDRADE LABORDE Decano (E)</p> <p><b>Teléfono:</b> 2596500 Ext. 241</p> <p><b>E-mail:</b> mandradel@ulvr.edu.ec</p>	

# CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO

## CERTIFICADO DE PLAGIO

APROVECHAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS TRATADAS MEDIANTE EL USO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL CON LA PRODUCCIÓN DE PIÑÓN Y GIRASOL COMO BIOCOMBUSTIBLE EN LA LOTIZACIÓN EL TRIÁNGULO DE LA CABECERA CANTONAL DE PLAYAS, PROVINCIA GUAYAS

### tesis final

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>6%</b>	<b>5%</b>	<b>0%</b>	<b>3%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad de Almeria</b> Trabajo del estudiante	<b>1 %</b>
<b>2</b>	<b>es.unesco.org</b> Fuente de Internet	<b>1 %</b>
<b>3</b>	<b>www.sedapar.com.pe</b> Fuente de Internet	<b>1 %</b>
<b>4</b>	<b>aguas.igme.es</b> Fuente de Internet	<b>1 %</b>
<b>5</b>	<b>www.encolombia.com</b> Fuente de Internet	<b>1 %</b>
<b>6</b>	<b>www2.biodiversidad.gob.mx</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1 %</b>
<b>7</b>	<b>naturaleseso1.blogspot.com.co</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1 %</b>
<b>8</b>	<b>marcelarojas83.blogspot.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1 %</b>
<b>9</b>	<b>Submitted to Universidad de Alicante</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1 %</b>

10	<a href="http://acuiculturacema.files.wordpress.com">acuiculturacema.files.wordpress.com</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://accion.cr">accion.cr</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://www.elmercurio.com.ec">www.elmercurio.com.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://cientificamente-actual.blogspot.com">cientificamente-actual.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://repositorio.uaaan.mx:8080">repositorio.uaaan.mx:8080</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://alicia.concytec.gob.pe">alicia.concytec.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://desdeverde.blogspot.com">desdeverde.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación Trabajo del estudiante	<1 %
18	<a href="http://cipres.cec.uchile.cl">cipres.cec.uchile.cl</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://www.futuragrari.cat">www.futuragrari.cat</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://us-mex.irc-online.org">us-mex.irc-online.org</a> Fuente de Internet	<1 %
21	<a href="http://www.infoagro.com">www.infoagro.com</a>	

Fuente de Internet

<1 %

22

[www.sciencegate.app](http://www.sciencegate.app)  
Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía Activo

Atentamente,



**ING. PABLO MARIO PAREDES RAMOS, MSIG  
PROFESOR TUTOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES**

El estudiante egresado Alberto Junior Díaz García, declara bajo juramento, que la autoría del presente trabajo de investigación, corresponde totalmente al suscrito y se responsabiliza con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo mis derechos patrimoniales y de titularidad a la UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL, según lo establece la normativa vigente.

Este proyecto se ha ejecutado con el propósito de aprovechar las aguas residuales domésticas y tratarlas mediante el uso de un Humedal Artificial con la producción de piñón y girasol como biocombustible en la Lotización El Triángulo de la Cabecera Cantonal de Playas, Provincia Guayas.

Autor

Firma:  \_\_\_\_\_

Alberto Junior Díaz García

C.I. 0929545234

## **CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación “**Aprovechamiento de Aguas Residuales Domésticas tratadas mediante el Uso de un Humedal Artificial con la producción de Piñón y Girasol como biocombustible en la Lotización El Triángulo de la Cabecera Cantonal de Playas, Provincia Guayas**”, designado por el Consejo Directivo de la FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN de la UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE de GUAYAQUIL.

### **CERTIFICO:**

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado “**Aprovechamiento de Aguas Residuales Domésticas tratadas mediante el Uso de un Humedal Artificial con la producción de Piñón y Girasol como biocombustible en la Lotización El Triángulo de la Cabecera Cantonal de Playas, Provincia Guayas**”, presentado por el estudiante Alberto Junior Díaz García como requisito previo, para optar al Título de Ingeniero Civil, encontrándose apto para su sustentación.

Firma: \_\_\_\_\_



Ing. Civ. PABLO MARIO PAREDES RAMOS, Msc.

CI. 0911828150

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco infinitamente a dios quien ha sido mi guía y fortaleza a lo largo de mi existencia.

Gracias a mis padres, Freddy Díaz Mite & Dolly García Podesta por su apoyo, amor incondicional, la confianza depositada que me ha permitido alcanzar plenamente en mis metas, por sus consejos y valores inculcados que el día de hoy los pongo en práctica.

A mis hijos y esposa que son mi inspiración para no rendirme jamás, son el pilar fundamental en mi vida por el cual me levanto día a día y lucho para salir adelante.

A mis hermanos por sus palabras, consejos que me han servido de mucho y mejorar en cada paso que doy.

A mis familiares y amigos que nunca dudaron de mi capacidad, conocimientos que con sus palabras de aliento y consejos siempre estuvieron presente.

A mi Tutor Pablo Ramos Paredes, quien con su dedicación y enseñanza permitió que se lleve a cabo el desarrollo de este trabajo.

A cada uno de mis docentes que tuve el honor de conocer a lo largo de mi carrera, quienes con sus sabias enseñanzas lograron muchas cosas positivas en mi vida.

Alberto Junior Díaz García

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo investigativo se lo dedico a Dios, quien me dio las fuerzas y el conocimiento para lograr mi objetivo.

Con todo el amor y agradecimiento del mundo este proyecto de titulación se lo dedico a mis padres Freddy Díaz Mite & Dolly García Podesta, por su constante apoyo incondicional y esfuerzo me permite cristalizar el cumplimiento de una etapa en mi vida.

A mi pequeña familia conformada por mis hijos y esposa quienes me brindan su apoyo día a día gracias a sus muestras de cariño, aprecio me dieron fuerzas y ánimos para seguir luchando y no rendirme pese a las adversidades de la vida, los amo eternamente y ratifico mi compromiso de seguir luchando por ustedes con el mismo amor que he recibido de mis progenitores.

A mis hermanos, familiares y amigos que siempre estuvieron dispuestos a apoyarme con sus valiosos consejos y sabiduría, ustedes han sido testigos de mis múltiples esfuerzos y ganas de lograr mis objetivos, este triunfo también es de ustedes.

Alberto Junior Díaz García

## RESUMEN

El déficit de la cobertura de saneamiento es una realidad en los países de la región, especialmente en países como el nuestro donde la escasez de los recursos ha dificultado el cumplimiento de estas tareas que forman parte de los objetivos de desarrollo sostenible para combatir la pobreza.

La Lotización El Triángulo, ubicada en el Cantón Playas, es un asentamiento humano irregular con alto nivel de carga contaminante, pues en ese sector no disponen de una planta de tratamiento de aguas residuales por el alto costos de inversión para la construcción y mantenimiento, la ausencia de personal técnico capacitado para su operación que esto implica para la Empresa Pública Municipal HIDROPLAYAS EP, siendo este uno de los principales retos para la Administración Pública, especialmente si consideramos la escasez de agua que enfrentamos en la actualidad por el cambio climático.

Ante la situación de emergencia causada por el COVID- 19 con efectos socio económicos en los hogares de la zona surge la necesidad de analizar el aprovechamiento de las aguas residuales domésticas tratadas mediante el uso de un humedal artificial con la producción de piñón y girasol como materia prima para la generación de biocombustible, puesto que en este contexto, se hace necesaria la adopción de un sistema de gestión integral de saneamiento para reducir la contaminación del agua, asegurar el reciclaje y recuperar la bioenergía disponible,

creando de esta manera una solución a la tarea de saneamiento ambiental para esa población y una fuente de ingreso económico adicional para los habitantes de esta zona.

### **Palabras claves:**

Agua residual, Energía de la biomasa, Zona Húmeda, Saneamiento.

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS</b> .....	ii
<b>CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO</b> .....	v
<b>DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES</b> .....	viii
<b>CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR</b> .....	ix
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	x
<b>DEDICATORIA</b> .....	xi
<b>RESUMEN</b> .....	xii
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	xiii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xvi
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xvii
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	xix
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I</b> .....	2
<b>EL PROBLEMA</b> .....	2
<b>1.1. Planteamiento del problema</b> .....	2
<b>1.2. Sistematización del problema</b> .....	3
<b>1.3. Objetivos</b> .....	4
<b>1.3.1. Objetivo general</b> .....	4
<b>1.3.2. Objetivos específicos</b> .....	4
<b>1.4. Justificación de la investigación</b> .....	4
<b>1.5. Delimitación o alcance de la investigación</b> .....	6
<b>1.6. Hipótesis de la investigación o ideas a defender</b> .....	6
<b>1.7. Variables de la investigación</b> .....	7
<b>CAPÍTULO II</b> .....	8
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	8
<b>2.1. Aguas residuales</b> .....	8
<b>2.2. Componentes de las aguas residuales</b> .....	9
<b>2.2.1. Aguas Residuales un problema para la salud y el medioambiente</b> .....	9
<b>2.2.2. Aguas Residuales Domésticas</b> .....	11
<b>2.2.3. Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas</b> .....	11
Pre Tratamiento .....	12
Tratamiento Primario .....	12
Tratamiento Secundario .....	12

2.2.4. Estrategias de Eco eficiencia en la Gestión de Aguas Residuales Domésticas .....	14
2.2.5. Tecnologías de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas para pequeñas y medianas poblaciones .....	18
2.3. Sustentabilidad y Análisis de Ciclo de Vida en el Tratamiento de Aguas Residuales.....	23
2.4. Humedal Artificial.....	25
2.5. Marco Referencial .....	43
Internacional.....	43
Nacional.....	44
2.6. Marco Conceptual .....	45
2.6.1. Definición de términos .....	45
2.7. Marco Legal .....	50
2.7.1. Constitución de la República del Ecuador (2008).....	50
2.7.2. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua .....	55
2.7.3. Norma ASTM C 31/C 31M – 03 <sup>a</sup> (American Society of Testing Materials).....	58
CAPÍTULO III .....	67
MARCO METODOLÓGICO .....	67
3.1. Metodología de la investigación .....	67
3.1.1. Tipos de investigación .....	68
3.1.1.1. Investigación aplicada .....	68
3.1.1.2. Investigación Experimental .....	69
3.1.2. Enfoque .....	69
3.1.2.1 Enfoque cuantitativo .....	69
3.1.2.2. Enfoque cualitativo. –.....	70
3.1.3. Técnicas e instrumentos.....	70
3.2. Descripción del sector donde se va a implementar la planta piloto .....	70
3.3. Construcción del humedal artificial para el aprovechamiento de las aguas residuales domésticas .....	76
3.3.1. Sistema de pretratamiento.....	76
3.3.2. Diseño del Humedal artificial piloto de Flujo subsuperficial .....	77
3.3.2.1. Agua residual .....	79
3.3.2.2. Material Aislante .....	79
3.3.2.3. Sistema de entrada y salida de aguas.....	79
3.3.2.4. Vegetación .....	82
3.3.2.5. Sistema de acopio y riego de agua tratada .....	83
3.4. Resultados obtenidos.....	88
3.4.1. Procesos de remoción físicos.....	88

<b>3.4.2. Procesos de remoción biológicos .....</b>	<b>88</b>
<b>3.4.3. Procesos de remoción químicos.....</b>	<b>88</b>
<b>3.4.4. Procesos de muestreo - .....</b>	<b>88</b>
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>94</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>94</b>
<b>4.1. Análisis de la calidad de los vertidos.....</b>	<b>94</b>
<b>4.2. Principal aprovechamiento de agua residual.....</b>	<b>95</b>
<b>4.3. Conclusiones .....</b>	<b>97</b>
<b>4.4. Recomendaciones.....</b>	<b>98</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>99</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> : Línea de investigación .....	6
<b>Tabla 2</b> Fases de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas .....	12
<b>Tabla 3.</b> Comparación de los sistemas naturales y los sistemas convencionales .....	17
<b>Tabla 4</b> Técnicas de depuración natural de aguas residuales .....	19
<b>Tabla 5.</b> Características físicas y químicas del Biodiesel de girasol y ACPM .....	39
<b>Tabla 6. Ventajas y desventajas del uso de biocombustible</b> .....	40
<b>Tabla 7.</b> NTE INEN 2 482:2009 PARA USO DE BIODIESEL COMO COMBUSTIBLE .....	41
<b>Tabla 8.</b> Rendimiento por Hectárea de Biodiesel .....	42
<b>Tabla 9</b> <b>Parámetros químicos según el uso del agua</b> .....	49
<b>Tabla 10. Límites de Descarga a un cuerpo de Agua Dulce</b> .....	53
<b>Tabla 11.</b> Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. ....	60
<b>Tabla 12.</b> Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	62
<b>Tabla 13</b> Límite de descarga a un cuerpo de agua marina.....	65
<b>Tabla 14. Censo del Sector El Triángulo por manzanas</b> .....	71
<b>Tabla 15.</b> Aspectos a considerar para el estudio.....	72
<b>Tabla 16. Censos en el Sector El Triángulo</b> .....	73
<b>Tabla 17. Dotaciones de agua potable recomendadas</b> .....	75
<b>Tabla 18</b> <b>Características del material granular</b> .....	78
<b>Tabla 19.</b> Materiales para la construcción del humedal .....	85
<b>Tabla 20.</b> Costos de la construcción e implementación del humedal artificial.....	86
<b>Tabla 21.</b> Resultado de las pruebas de entrada de girasol .....	89
<b>Tabla 22.</b> Resultado de las pruebas de entrada de piñón .....	90
<b>Tabla 23.</b> Resultado de las pruebas usando efluentes de agua de piñón.....	91
<b>Tabla 24.</b> Resultado de las pruebas usando efluentes de agua de girasol.....	92
<b>Tabla 25. Comparación de los resultados obtenidos en el efluente con la Normativa Ambiental vigente</b> .....	94
<b>Tabla 26. Comparación de los resultados de remoción obtenidos</b> .....	94

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Tratamiento de aguas residuales en Ecuador .....	13
<b>Figura 2.</b> Métodos o tipos de tratamiento de aguas residuales .....	13
<b>Figura 3.</b> Rejillas y sistemas de desarenado utilizadas en el pre tratamiento de las aguas residuales del Cantón Playas .....	14
<b>Figura 4</b> Sedimentadores para el Tratamiento Primario de la Planta de tratamiento de aguas residuales del Cantón Playas .....	14
<b>Figura 5.</b> Esquema conceptual de un sistema de tratamiento de aguas residuales .....	15
<b>Figura 6</b> Características generales y ventajas de las tecnologías sostenibles para la gestión integral y sostenible del agua .....	16
<b>Figura 7</b> Esquema de una Depuradora de Aguas Residuales .....	17
<b>Figura 8</b> Clasificación esquemática de los procesos para el tratamiento de las aguas residuales .....	18
<b>Figura 9</b> Filtro Verde.....	20
<b>Figura 10.</b> Infiltración rápida .....	21
<b>Figura 11.</b> Escorrentía superficial .....	22
<b>Figura 12.</b> Sustentabilidad y Análisis de Ciclo de Vida en el Tratamiento de Aguas Residuales.....	23
<b>Figura 13.</b> Etapas del Análisis de Ciclo de Vida (ACV).....	24
<b>Figura 14.</b> Flujograma de tecnologías empleadas en el Tratamiento de Aguas Residuales. ....	25
<b>Figura 15</b> Representación de un humedal de flujo sub superficial.....	26
<b>Figura 16.</b> Infografía de ubicación de los humedales en Ecuador.....	27
<b>Figura 17.</b> Flujograma de tecnologías empleadas en el Tratamiento de Aguas Residuales y potencialidades de reúso.....	29
<b>Figura 18.</b> Componentes de los humedales artificiales .....	30
<b>Figura 19.</b> Tipos de humedales artificiales.....	32
<b>Figura 20</b> Humedales Artificiales de Flujo Libre.....	32
<b>Figura 21.</b> Humedales Artificiales de Flujo Sub- superficial. ....	33
<b>Figura 22.</b> Clasificación de los humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales según el tipo de flujo hidráulico. (Rabat, 2018) .....	34
<b>Figura 23.</b> Esquema de clasificación de los sistemas de depuración con macrófitas .....	34
<b>Figura 24.</b> Sistemas de Humedales con macrófitas .....	35
<b>Figura 25.</b> Estructura de un humedal.....	36
<b>Figura 26.</b> Piñón y su semilla .....	37
<b>Figura 27.</b> <i>Hellianthus annuus</i> .....	38
<b>Figura 28.</b> Elaboración de Biodiesel .....	43
<b>Figura 29.</b> Ubicación del Humedal Artificial en la Lotización El Triángulo .....	72
<b>Figura 30.</b> Esquema de sistema de pretratamiento .....	76
<b>Figura 31.</b> Impermeabilización de humedal artificial.....	79
<b>Figura 32.</b> Distribuidores de caudal del humedal artificial .....	80
<b>Figura 33.</b> Colocación de la capa de piedra.....	80
<b>Figura 34.</b> Instalación de los tubos de recepción.....	81
<b>Figura 35.</b> Tubos forrados con geotextil .....	81
<b>Figura 36.</b> Colocación de la capa de arena.....	82
<b>Figura 37.</b> Trasplante de girasol .....	82
<b>Figura 38.</b> Trasplante de piñón.....	83
<b>Figura 39.</b> Construcción del sistema de riego flauta .....	83

<b>Figura 40.</b> Sistema de riego flauta en el humedal artificial con girasol .....	84
<b>Figura 41.</b> Sistema de riego flauta en el humedal artificial con piñón .....	84
<b>Figura 42.</b> Prueba de funcionamiento .....	87
<b>Figura 43.</b> Prueba de funcionamiento de entrada de girasol .....	90
<b>Figura 44.</b> Prueba de funcionamiento de entrada de piñón .....	91
<b>Figura 45.</b> Prueba de funcionamiento utilizando efluente de agua de piñón.....	92
<b>Figura 46.</b> Prueba de salida utilizando efluente de agua de girasol.....	93
<b>Figura 47.</b> Cuadro comparativo de porcentajes de remoción .....	95

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexos 1</b> Muestra de entrada de agua usando medio filtrante Piñón. ....	106
<b>Anexos 2</b> Resultados de Muestra de agua usando medio filtrante Piñón.....	107
<b>Anexos 3</b> Muestra de entrada de agua usando medio filtrante Girasol .....	108
<b>Anexos 4</b> Resultados de Muestra de agua usando medio filtrante Girasol .....	109

## INTRODUCCIÓN

El agua es el recurso básico para garantizar la vida de todos los seres vivos en el planeta. El acceso a agua, saneamiento e higiene es un derecho fundamental; y sin embargo, miles de millones de personas a nivel mundial, tienen esta dificultad para acceder a los servicios más básicos; el presente Trabajo de investigación nace de la necesidad de garantizar el acceso a agua de calidad y mejorar las condiciones de vida de las personas de la Lotización El Triángulo ubicada en el Cantón Playas.

En el CAPÍTULO I se describe y analiza la problemática actual de la inexistencia del proceso de tratamiento de las aguas residuales en la zona de influencia del estudio, los objetivos, su importancia, delimitación y la hipótesis que se he defendido con el desarrollo de este trabajo.

En el CAPÍTULO II se ha utilizado las definiciones de los términos que han sido utilizados en el presente trabajo de titulación, siendo los más relevantes: aguas residuales, humedal artificial, tratamiento de aguas residuales, tecnología para el tratamiento de aguas residuales que son esenciales en el trabajo de titulación. Así como el respectivo marco referencial, conceptual y legal.

En el CAPÍTULO III se encuentra la información relevante sobre la metodología y técnicas, el enfoque de investigación y el diseño del humedal artificial piloto de flujo subsuperficial que usando piñón y girasol son la base para el tratamiento de agua, cuyo objetivo es la eliminación y/o reducción de la contaminación de las características no deseables del agua, presenta el análisis e interpretación de la información recopilada, que sirvió como base referencial para la elaboración de las conclusiones y el establecimiento de las causas estructurales del problema de investigación para el diseño de la propuesta.

El CAPÍTULO IV se plantean las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron del desarrollo del presente estudio de investigación con la implementación del humedal artificial considerando los niveles de calidad alcanzados.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1. Planteamiento del problema

Las descargas de aguas residuales provenientes del uso humano representan una problemática ambiental debido a la alta carga contaminante que contienen; estas aguas, al no ser tratadas afectan a la vida acuática de los ecosistemas e imposibilitan el uso del recurso hídrico, este escenario ha sido evidenciado con mayor énfasis en América Latina y el Ecuador no es la excepción. Para resolver dicho problema, las ciudades del país que no disponen de plantas de tratamiento han optado por diluir la carga contaminante con el caudal de los ríos, siendo la forma más fácil e insostenible. (CEPAL, 2015)

El tratamiento y disposición de efluentes domésticos e industriales representan un gran reto en América Latina y el Caribe. A pesar de que la cobertura de saneamiento alcanza un 82% en la región, 110 millones de habitantes carecen de un sistema mejorado de saneamiento. Para alcanzar cobertura universal en el 2020, los países de la región tendrían que extender la cobertura a 170 millones de personas especialmente en áreas rurales. El tratamiento de aguas residuales urbanas es bajo, con un promedio para la región de 15% de tratamiento. (Irene Altafin, 2020)

En Ecuador cuenta con 421 plantas de tratamiento de aguas residuales y de acuerdo a con distribución regional, la mayoría se localizan en la región Sierra. El 73,8% de los GAD Municipales realizan tratamientos de sus aguas residuales previo a su descarga final, mientras que el 26,20% no realizan tratamiento alguno, reflejando un incremento de procesos en el tratamiento de aguas residuales, pasando del 62% en el 2015 al 73,8%. (Terán & Sangucho, 2018)



**Gráfico 1** Tratamiento de Aguas Residuales en Ecuador

**Fuente:** (Terán & Sangucho, 2018)

General Villamil Playas, es un cantón de la provincia del Guayas, que por su ubicación geográfica es el único balneario de agua salada, y que por su cercanía al Puerto de Aguas Profundas en Posorja, ha presentado en los últimos años una tendencia de crecimiento poblacional significativa, que de acuerdo a SENPLADES (2016), para el 2020 la población de este Cantón corresponde a 59.628 habitantes; dando origen a nuevos asentamientos humanos como el ubicado al este, que de acuerdo al Catastro Municipal se denomina Lotización El Triángulo.

El GAD Municipal del Cantón Playas, a través de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado HIDROPLAYAS E.P. se encarga de la captación, tratamiento y distribución del agua potable y disposición final de las aguas residuales de la ciudad. Sin embargo, el tratamiento de aguas residuales en el Cantón no ha seguido todos los parámetros técnicos establecidos por el acelerado crecimiento de asentamientos humanos irregulares y la falta de disponibilidad de recursos públicos para la inversión que se requiere en el lugar.

Por ser un nuevo asentamiento humano, Lotización El Triángulo no cuenta al momento con un sistema de recolección del agua servida que se generan. Sin embargo, el Ilustre Municipio de Playas se encargará de su diseño y construcción en un futuro cercano. En ese tiempo el problema será contar con un Sistema de Tratamiento de aguas servidas que sean recolectadas. El descargar aguas servidas sin tratamiento en cualquier cuerpo receptor supone una contaminación del mismo, que en la situación de emergencia sanitaria causada por el COVID – 19 con efectos socio económicos en los hogares de la zona.

### **1.1. Formulación del problema**

¿La inadecuada gestión en la planificación urbanística de la Lotización El Triángulo, adquirida por los usuarios sin servicios sanitarios de tratamiento genera incomodidad en los habitantes, acrecentando los posibles problemas sanitarios de enfermedades en los mismos, además la crisis de la pandemia por el COVID ha acentuado la crisis económica de los habitantes del sector?

### **1.2. Sistematización del problema**

- ¿Qué cantidad aguas residuales es evacuada por los habitantes en una Lotización del Cantón Playas denominada sector el triángulo?
- ¿Qué tipo de tratamiento se va a emplear en las aguas residuales?

- ¿De qué manera se va a aprovechar las aguas residuales tratadas?
- ¿Cuál sería el beneficio económico de sembrar piñón o girasol en un humedal artificial?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Analizar el aprovechamiento de aguas residuales domésticas tratadas mediante el uso de un humedal artificial con la producción de piñón y girasol como biocombustible para la Lotización El Triángulo de la cabecera cantonal de Playas, provincia Guayas.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar el dimensionamiento del humedal artificial de flujo sub superficial en base al caudal y calidad de las aguas residuales a evacuar por los habitantes de una Lotización del Cantón Playas denominada Sector el Triángulo.
- Identificar la manera de aprovechamiento de las aguas residuales para mejoramiento del servicio.
- Evaluar el tratamiento del agua residual usando como vegetación del humedal artificial piñón o girasol, en procura de obtener un mayor beneficio económico a la población de la Lotización.

### **1.4. Justificación de la investigación**

El acceso deficiente al agua potable y saneamiento es uno de los mayores problemas que enfrentan los países en vías de desarrollo que requiere de grandes esfuerzos. En la región, la capacidad de inversión del sector público para la construcción y el mantenimiento de los sistemas, la ausencia de personal técnico capacitado para su operación; situación que se agrava cuando se considera que la mayoría de los países va camino a enfrentar la escasez de agua por el cambio climático. Considerando este contexto, se hace necesaria la adopción de un sistema de gestión integral de saneamiento para reducir al mínimo la contaminación del agua, asegurar el reciclaje y recuperar la bioenergía disponible. (Irene Altafin, 2020)

El desperdicio de agua potable en Ecuador se presenta principalmente en actividades de riego y en su uso en tanques de inodoro, que representa un 20% del consumo de agua en una vivienda. Siendo necesario en los actuales momentos la adopción de proyectos y programas encaminados a la conservación y protección de este recurso único, por esto, autores como Calle (2017) mencionan que “El agua es un recurso natural muy valioso para la humanidad y el resto de especies del entorno natural”. Se requiere el esfuerzo mancomunado de la Academia para la investigación y diseño de soluciones que permitan colaborar en el desarrollo de temas de saneamiento. Esta es la razón por la que se plantea el desarrollo del presente trabajo investigativo.

Los humedales construidos para el tratamiento de efluentes municipales, domésticos e industriales han demostrado ser una alternativa efectiva y de menor costo para el tratamiento de aguas residuales, ayudando a la eliminación sistemática de la contaminación ambiental para aliviar la escasez de los recursos hídricos, la mitigación de gases de efecto invernadero, protección de fuentes de agua segura. Los humedales ofrecen una solución tecnológica que se adapta a varios contextos y ecosistemas eficientes y con bajos costos de operación y mantenimiento; siendo esta última el más importante considerando que en los países de América Latina y el Caribe existe un problema de acceso a financiamiento para obras de saneamiento ambiental.

El trabajo de investigación realizado permite obtener información de carácter cuantitativa y cualitativa de las aguas residuales municipales de la Lotización El Triángulo perteneciente al Cantón Playas de la provincia de Guayas, que es un asentamiento humano que no cuenta en la actualidad con un sistema de tratamiento de aguas residuales; por esta razón, se localizó y georreferenció cada una de las descargas, aforo de los efluentes domésticos se determinaron los caudales mínimos, medios y máximos horarios – diarios; además de la respectiva caracterización física, química y microbiológica de donde se obtuvo la carga contaminante. Con el diseño de este Sistema de tratamiento y el aprovechamiento de sus aguas residuales tratadas se beneficiará a la comunidad, para que tenga una vida eco amigable con el medio ambiente. La implementación del tratamiento de las aguas residuales ayuda a reducir la contaminación ambiental, enfermedades o problema de salubridad que afecten al buen vivir de la población.

Los niños, jóvenes, adultos y adultos mayores de la Lotización El Triángulo no solo tendrán una mejor vida eco amigable con el medio ambiente, con el aprovechamiento de las aguas residuales tratadas además de evitar la contaminación ambiental, es un recurso favorable

para la población, ayudará a economizar el uso del agua potable, debido a que puede ser reutilizada para el riego de las áreas verdes de la Lotización. Se plantea en el estudio la venta de piñón o girasol para el uso de su aceite como biocombustible como una estrategia de desarrollo local, que dinamizará la generación de una nueva fuente de ingresos económicos para las personas que viven en el sector.

### 1.5. Delimitación o alcance de la investigación

Campo:	Educación Superior. Tercer nivel de grado
Área:	Ingeniería civil
Aspecto:	Proyecto Factible
Tema:	Aprovechamiento de aguas residuales domésticas mediante Uso de un humedal artificial con la producción de piñón y Girasol como biocombustible en la Lotización El Triángulo de la cabecera cantonal de Playas.
Delimitación espacial:	Lotización El Triángulo Cantón Playas, Provincia del Guayas.
Delimitación Temporal:	6 meses

**Tabla 1 :** Línea de investigación

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN		
ULVR	FIIC	Sublínea
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables	1. Territorio	A. Hábitat y Vivienda

**Fuente:** Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil (2020)

### 1.6. Hipótesis de la investigación o ideas a defender

El análisis del aprovechamiento de aguas residuales tratadas propone una alternativa de solución a la deficiente disposición de excretas y aguas residuales existentes en la Lotización El Triángulo; todo esto redundará en el mejoramiento y protección de la salud pública y el medio ambiente de la cabecera cantonal de Playas de la provincia del Guayas.

## 1.7. Variables de la investigación

### **Variable Independiente.**

Aprovechamiento de aguas residuales domésticas tratadas.

### **Variable dependiente.**

Lotización El Triángulo de la cabecera cantonal de Playas, provincia Guayas.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Aguas residuales**

Las aguas residuales son aquel tipo de agua que se haya contaminada con elementos tóxicos tales como materia fecal y orina de seres humanos, e incluso de animales, considerándose también como el producto sobrante de las actividades cotidianas de subsistencia humana. Tales aguas contaminadas, no solo poseen presencia de agentes contaminantes orgánicos sino también disponen de otras sustancias residuales provenientes del ámbito doméstico, industrial, agua de lluvia, y la típica infiltración de agua en el terreno, las cuales resultan nocivas para los seres vivos. (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2018)

Las aguas residuales (AR) se clasifican en urbanas, domésticas e industriales, las primeras se generan de la mezcla de los residuos líquidos domésticos, industriales y pluviales, las segundas proceden únicamente de viviendas, establecimientos públicos y actividades comerciales; y las terceras resultan de vertidos comerciales e industriales. (Ramalho, 2009)

Las aguas residuales se originan a partir de procesos o actividades que degradan la calidad inicial del agua (MAE, 2015) y dependiendo de la finalidad de uso del agua; es decir de forma industrial, agrícola, pecuario, minero o doméstico, tendrá mayor o menor concentración de compuestos de tipo orgánicos e inorgánicos. (Henry & Heinke, 2004). De ahí que es necesario identificar su uso para plantear un proceso de tratamiento de aguas residuales adecuado a la necesidad detectada. En el caso del presente estudio investigativo las aguas residuales que son parte del objeto de investigación son de tipo doméstico.

La reutilización de las aguas residuales tratadas es importante debido a que ayuda a tener una vida eco amigable con el medio ambiente, minimiza la contaminación ambiental.

El principal propósito del tratamiento del agua residual es remover el material contaminante, orgánico e inorgánico, el cual puede estar en forma de partículas en suspensión y/o disueltas, con objeto de alcanzar una calidad de agua requerida por la normativa de descarga o por el tipo de reutilización a la que se destinará. El objetivo de depurar un agua residual se logra mediante la integración de operaciones (físicas) y procesos (químicos y biológicos) unitarios, que serán seleccionados en función de las características del agua residual a tratar y

de la calidad deseada de agua tratada. (Guereca Hernández, Morgan Sagastume, & Noyola Robles, 2013)

Las aguas residuales son una importante fuente adicional para Satisfacer la demanda del recurso, a causa de la disponibilidad Limitada de agua potable para cubrir los requerimientos de las poblaciones, los bajos costos, los beneficios para los suelos agrícolas y la disminución del impacto sobre el ambiente. (Madera Jorge, Silva Patricia Torres Carlos, 2008)

En la reutilización de aguas residuales, el factor que normalmente determina el grado de tratamiento necesario y el nivel de confianza deseado de los procesos y operaciones de tratamiento suele ser el uso para el que se destina el agua (Madera Jorge, Silva Patricia Torres Carlos, 2008).

Los sistemas de alcantarillado pueden ser de tres clases: separados, combinados y mixtos. “Los sistemas de alcantarillado separados consisten en dos redes domésticas y efluentes industriales pre tratados; y, la segunda, para recoger aguas de escorrentía pluvial”( Normas INEN CPE 5 (9.1, 1992, pág. 184) ).Los sistemas de alcantarillado combinado conducen todas las aguas residuales producidas por un área urbana y, simultáneamente, las aguas de escorrentía pluvial.

Los sistemas de alcantarillado mixtos son una combinación de los dos anteriores dentro de una misma área urbana; esto es, una zona tiene alcantarillado separado y otra, combinado a un análisis técnico-económico que considere el sistema existente, si los hubiere, las características de las cuencas aportantes, el régimen de lluvias de la zona, las características del cuerpo receptor; posibles recursos del agua etc. (Normas INEN CPE 5 (9.1, 1992, pág. 184)).

## **2.2. Componentes de las aguas residuales**

### **2.2.1. Aguas Residuales un problema para la salud y el medioambiente**

“La generación de aguas residuales es uno de los mayores desafíos asociados al crecimiento de los asentamientos informales –barrios de chabolas– en los países en desarrollo”, según los autores del informe. La capital de Nigeria, por ejemplo, genera cada día 1,5 millones de m<sup>3</sup> de aguas residuales que desembocan en la Laguna de Lagos, sin haber sido tratadas en su mayor

parte. Si no se toman medidas desde ahora mismo, es probable que esta situación se deteriore aún más cuando la ciudad sobrepase los 23 millones de habitantes en 2020. (UNESCO, 2017)

El incremento del volumen de aguas residuales que será necesario tratar en un futuro próximo debido al crecimiento demográfico es uno de los principales desafíos que enfrentan los países de América Latina, África y Asia donde la contaminación con agentes patógenos procedentes de los excrementos humanos y animales afecta a casi un tercio de sus cursos fluviales; y, que debido a la carencia de tratamiento de las aguas residuales contribuyen a la propagación de enfermedades tropicales como el cólera y el dengue.

Debido a la falta de tratamiento en muchas regiones del mundo se vierten aguas residuales contaminadas por bacterias, nitratos, fosfatos y disolventes en lagos y ríos que van a parar al mar, causando repercusiones negativas para el medio ambiente y la salud pública; especialmente en las naciones de bajos ingresos donde sólo se trata un 8% de las aguas residuales domésticas e industriales; de esta manera, la contaminación del agua dulce reduce la disponibilidad de este recurso que ya se ve afectado como consecuencia del cambio climático.

Aunque actualmente se han enfocado algunos gobiernos en el problema de abastecimiento de agua se han descuidado de la necesidad de ocuparse de la gestión del agua ya utilizada; ambas se relacionan directamente entre sí. Siendo la base de la economía circular la recogida, el tratamiento y la utilización segura de las aguas residuales, para el uso sostenible de este recurso que se puede reutilizar múltiples veces; pero en la mayoría de los casos la proporción de aguas residuales que se vierten en el medio ambiente sin que se hayan recogido o tratado previamente.

Según datos de la Secretaría del Agua (Senagua), del 100% del líquido vital distribuido para consumo humano en Ecuador, aproximadamente el 70% se canaliza hacia los sistemas de alcantarillado. De este porcentaje, el 55,8% de las descargas son tratadas, lo que significa que el otro 44,2% de aguas residuales se descargan en forma directa hacia pozos sépticos o canales. A través de un levantamiento de información que se realizó entre el 2013 y 2015, se pudo evidenciar que la demarcación hidrográfica de Manabí presentaba las mayores afectaciones al agua. Diana Ulloa, especialista en temas hídricos y gerenta de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Cruz, explica que las cuencas de las zonas bajas o las ciudades costeras normalmente son las más afectadas, ya que se encuentran en la

desembocadura de los ríos. Por lo general, el agua contaminada que no es tratada en las partes altas llega hasta estos puntos. (Alarcón, 2019).

### **2.2.2. Aguas Residuales Domésticas**

Las aguas residuales domésticas resultan de las actividades cotidianas como lavado de ropa, alimentos, duchas, retretes, etc. Existe una relación directa entre el agua abastecida y el agua residual, cerca del 75%; dicha relación no puede ser del 100% debido a las pérdidas que existen por infiltración, fugas en la red de distribución, procesos productivos, riego, incendios, etc., pero tiende a ser constante en las ciudades con alcantarillados bien diseñados, generando causales per cápita entre 120 a 500 l/hab día de aguas residuales domésticas. (Metcalf, 2013)

Las aguas residuales son aguas contaminadas, que salen de las residencias e industrias, estas aguas son tóxicas y dañinas para la salud y el medio ambiente, porque generalmente vienen acompañadas de ciertos elementos o sustancias que contaminan la pureza del agua, como pueden ser materia fecal, grasas, sustancias químicas, como pueden ser los detergentes, cloro o productos de cocina y todo residuo que salen de las diferentes industrias de producción como: ganaderas, lácteas, químicas, etc. (Ucha, 2016).

Las aguas residuales domésticas son relativamente ricas en fósforo, debido al uso de detergentes, jabones y productos de limpieza en las actividades humanas. La abundancia de fósforo puede ocasionar el deterioro de la calidad del agua debido a la aparición de color o sabor desagradables, espuma, crecimiento de algas, etc. Para solucionar dichos problemas es importante conocer la concentración de dicho parámetro en las aguas residuales. (Menéndez & Pérez, 2007).

### **2.2.3. Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas**

El tratamiento de las aguas residuales doméstica busca combatir problemas de salud pública, siendo las más comunes las de tipo gastrointestinal, debido a su alto contenido materia fecal. (Gallegos, 2013).

El proceso de tratamiento de aguas residuales domésticas tiene las siguientes etapas: pre – tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario, desinfección y proceso de disposición final. (SEDAPAR, 2019). A continuación, se muestra la siguiente tabla de resumen del respectivo proceso de tratamiento de aguas residuales domésticas:

**Tabla 2** Fases de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas

Fases	Objetivo	Acciones a realizar
Pre Tratamiento	Eliminar basura flotantes y arena por decantación, con ayuda de una cámara de rejillas aceradas y desarenadores de limpieza manual.	Se recolectan los residuos sólidos y se echa cal para evitar la presencia de moscas.
Tratamiento Primario	Retener los sólidos orgánicos sedimentables y digerirlos mediante bacterias anaerobias hasta producir lodos estabilizados	Su extracción se hace de los tanques periódicamente y de forma hidráulica. Mediante los lechos de secado, tipo filtros de arena, que permiten la percolación del lodo por drenes, el agua recolectada va hacia una cámara de donde recircula por bombeo al ingreso de los desarenadores. En cuanto al residuo sólido (enmienda húmica), se somete a deshidratación al sol por ambos lados; disponiéndose luego como mejorador de suelos eriazos.
Tratamiento Secundario	Reducir la carga orgánica por medio de la oxidación biológica y la aireación; seguidamente, la decantación de los sólidos formados, separándose los flocos formados, por gravedad	Con la ayuda de los filtros percoladores circulares, que están formados por un lecho de piedra y con ventilación natural en la superficie, se forma una biopelícula o biomasa de bacterias saprotas naturales. A través de sedimentadores secundarios circulares, se extraen los lodos en forma mecánica.
Desinfección	Disminuir la concentración de organismos patógenos (bacterias coliformes, parásitos, etc.) en el efluente y evitar riesgo de enfermedades.	Se realiza mediante gas cloro
Proceso de disposición final	Las aguas ya tratadas en las plantas de tratamiento, son devueltas limpias a los cauces naturales como asequias, río y mar	En las zonas del interior, los líquidos previamente tratados y desinfectados, son descargados a los ríos y asequias, y pueden ser utilizados de manera segura para las labores de riego. En las zonas costeras, estos líquidos tratados, se internan mar adentro a grandes profundidades, en la cual se diluyen naturalmente y con la salinidad del mar se

completa el proceso de reciclaje de las aguas residuales.

Fuente: (SEDAPAR, 2019)

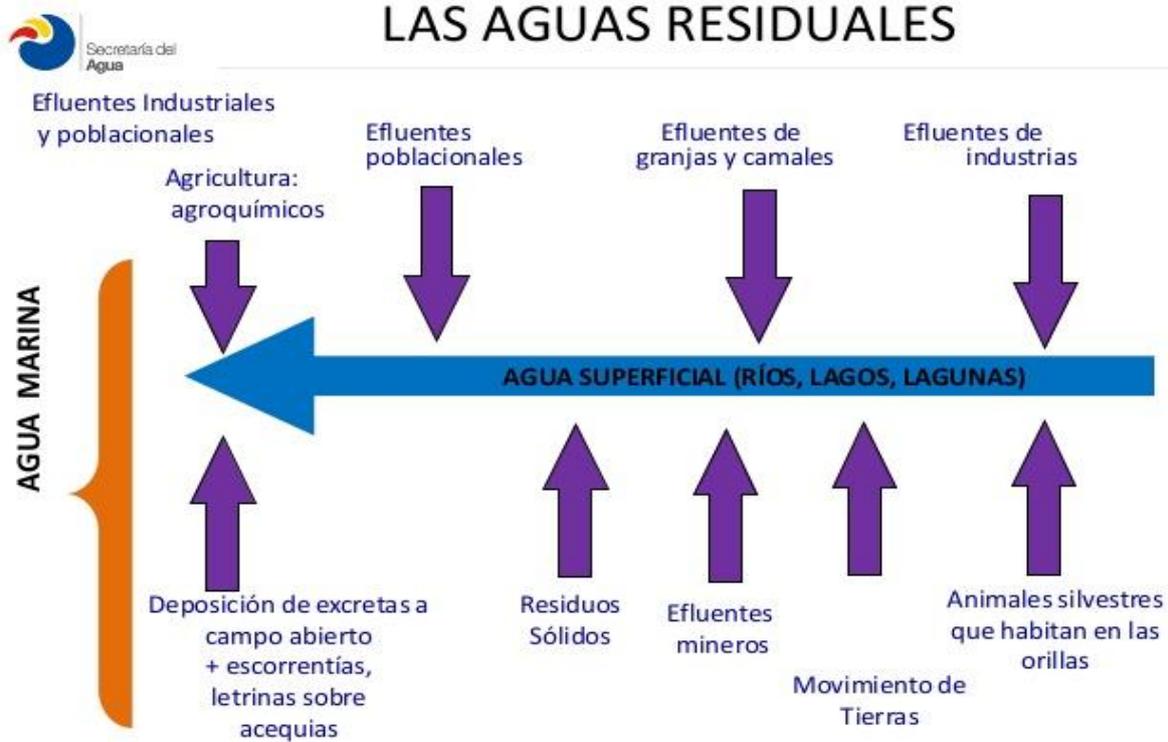


Figura 1. Tratamiento de aguas residuales en Ecuador

Fuente: Secretaría del Agua (2016)

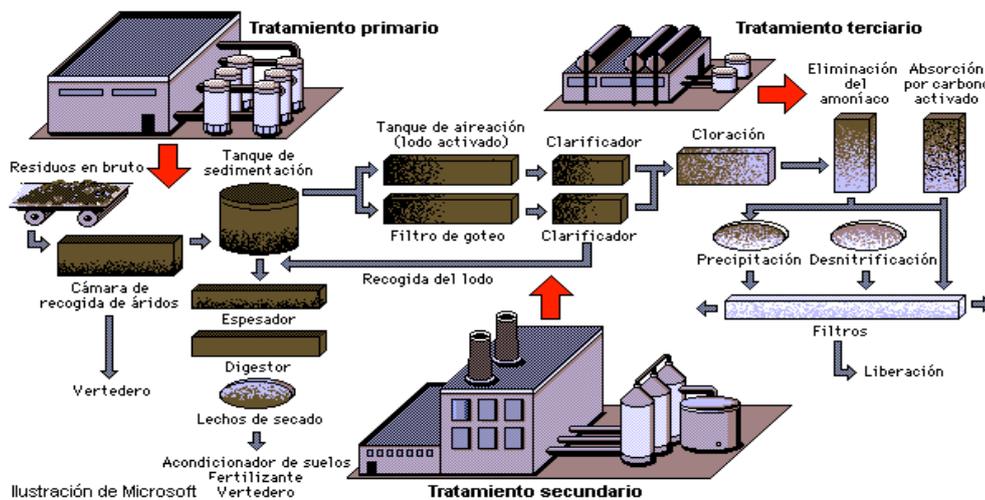
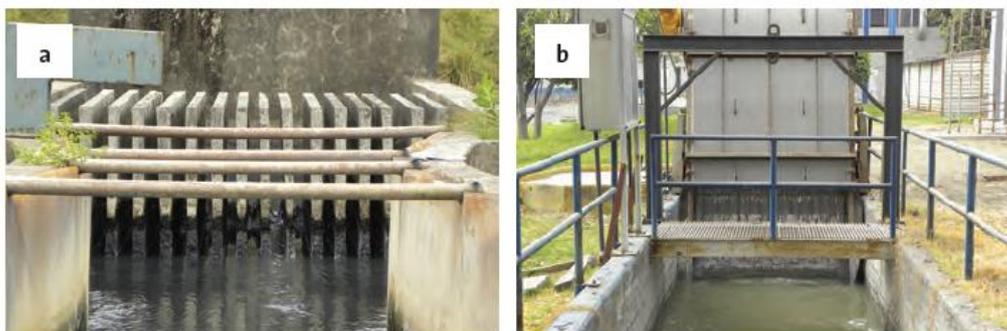


Figura 2. Métodos o tipos de tratamiento de aguas residuales

Fuente: Tratamiento de Aguas Residuales (2018)



**Figura 3.**Rejillas y sistemas de desarenado utilizadas en el pre tratamiento de las aguas residuales del Cantón Playas

**Fuente:** GAD Municipal de Playas, 2020



Figura 1.6. Sedimentadores. a) Planta de tratamiento de aguas residuales municipales, Brasil  
b) Planta de tratamiento de aguas residuales municipales Cerro de la Estrella, México.

**Figura 4** Sedimentadores para el Tratamiento Primario de la Planta de tratamiento de aguas residuales del Cantón Playas

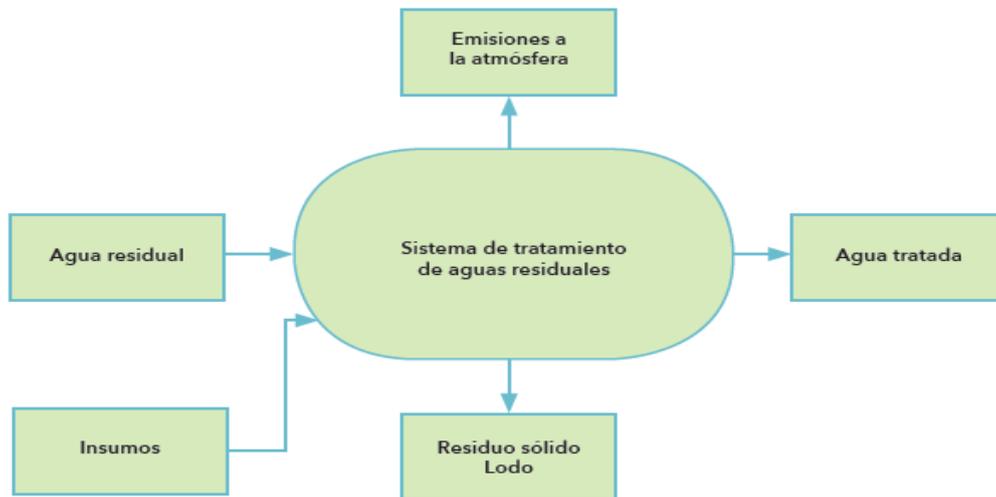
**Fuente:** GAD Municipal de Playas, 2020

#### 2.2.4. Estrategias de Eco eficiencia en la Gestión de Aguas Residuales Domésticas

De acuerdo al World Business Council for Sustainable Development (WBCSD, 2015) se define la eco eficiencia como el uso de la tecnología y los métodos de producción de manera eficiente para reducir progresivamente el impacto ambiental con el uso de menos recursos naturales y energía para la misma cantidad de producción y la producción de menos desechos como una de las principales soluciones al problema de degradación ambiental en que nos encontramos.

“Los métodos de tratamiento mediante aplicación del agua sobre el terreno se emplean para la eliminación de las sustancias contaminantes del agua. Por lo tanto, el medio ambiente natural, cuando interacciona el agua, el suelo, la vegetación y los microorganismos, se producen procesos físicos, químicos y biológicos en el medio receptor”. (Moreno Merino, 2010)

La eco eficiencia debe aplicarse en todas las áreas tanto públicas como privadas si buscamos la preservación de los recursos de nuestro planeta, especialmente del agua. Siendo la optimización del consumo de agua potable e impulsar su uso racional dentro las ciudades un tema prioritario para la gestión municipal a nivel mundial que se encuentra dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible como un compromiso de todas las autoridades.



**Figura 5.** Esquema conceptual de un sistema de tratamiento de aguas residuales

**Fuente:** (Noyola, Morgan, & Guereca, 2016)

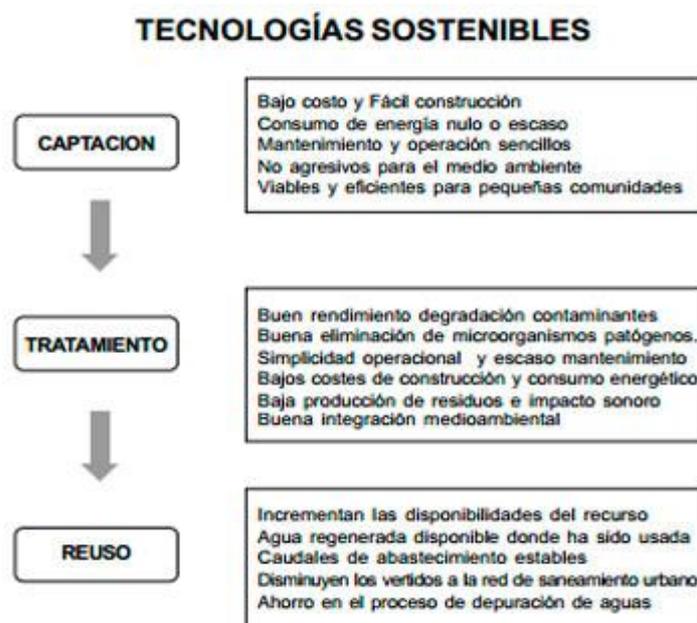
Ante la escasez de recursos para efectuar las tareas de saneamiento ambiental, los gobiernos autónomos descentralizados municipales dentro su gestión tienen el enorme reto de cuidar el uso adecuado de este recurso hídrico, por tanto, es necesario el tratamiento adecuado de las aguas residuales, entre las principales estrategias que han adoptado los ayuntamientos a nivel internacional podemos citar las siguientes:

- Reducir el consumo de agua empleando tecnología para la remoción de los contaminantes del agua residual doméstica para darle un nuevo uso.
- Sensibilizar a la ciudadanía para incluir el costo del tratamiento del agua residual dentro de las tarifas de servicios públicos.
- Generar el aumento de conexiones domiciliarias al sistema de alcantarillado para optimizar su capacidad.
- Planificar la colocación de plantas de tratamiento de aguas residuales en áreas productivas.

- Diseñar un sistema integrado para reducir y distribuir mejor los costos – beneficios del tratamiento de las aguas residuales domésticas acorde a las posibilidades reales de pago de la comunidad.
- Crear acuerdos entre quienes generan y quienes aprovechan las aguas residuales domésticas para cubrir los costos en que se incurren para el tratamiento de estas aguas.

La tecnología sostenible es busca alcanzar una superestructura tecnológica que sea capaz de integrarse de forma armónica al contexto humano por medio de la cooperación y la complementación entre humanos y tecnologías sin invadir o limitar el espacio vital de cada cual. (EcuRed, 2016).

En la actualidad a de acuerdo a las estadísticas de la ONU (2017)1100 millones de personas carecen de acceso a agua potable y 2600 millones de personas no disponen de sistemas de saneamiento adecuado, sistemas con los cuales se reducirían un gran número de enfermedades. Desde las instituciones internacionales se está trabajando para paliar esta crisis del agua, pero la tendencia sigue siendo negativa, situación que ha impulsado de manera positiva el uso de tecnología sostenible para obtener una mayor cobertura mundial desde su captación, tratamiento y el reúso. En la siguiente figura se detallan las principales características y ventajas del uso de este tipo de tecnología para la conservación de los recursos hídricos.



**Figura 6** Características generales y ventajas de las tecnologías sostenibles para la gestión integral y sostenible del agua

**Fuente:** Estrucplan, (2015)

Para el tratamiento de las aguas residuales domésticas existen sistemas naturales y sistemas convencionales, siendo estas sus principales diferencias, tal como se muestra en la tabla que detallo a continuación:

**Tabla 3.** Comparación de los sistemas naturales y los sistemas convencionales

Sistemas Naturales	Sistemas convencionales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coste proyecto medio</li> <li>• Bajo coste mantenimiento</li> <li>• Bajo o nulo consumo energético</li> <li>• No requiere personal técnico</li> <li>• Producción fangos baja o nula</li> <li>• Buena integración en el medio</li> <li>• No genera malos olores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevado coste proyecto</li> <li>• Alto coste mantenimiento</li> <li>• Requiere consumo energético</li> <li>• Requiere personal técnico</li> <li>• Elevada producción de fangos</li> <li>• Baja integración en el medio</li> <li>• Producción de malos olores</li> </ul>

**Fuente:** Estructplan, (2015)



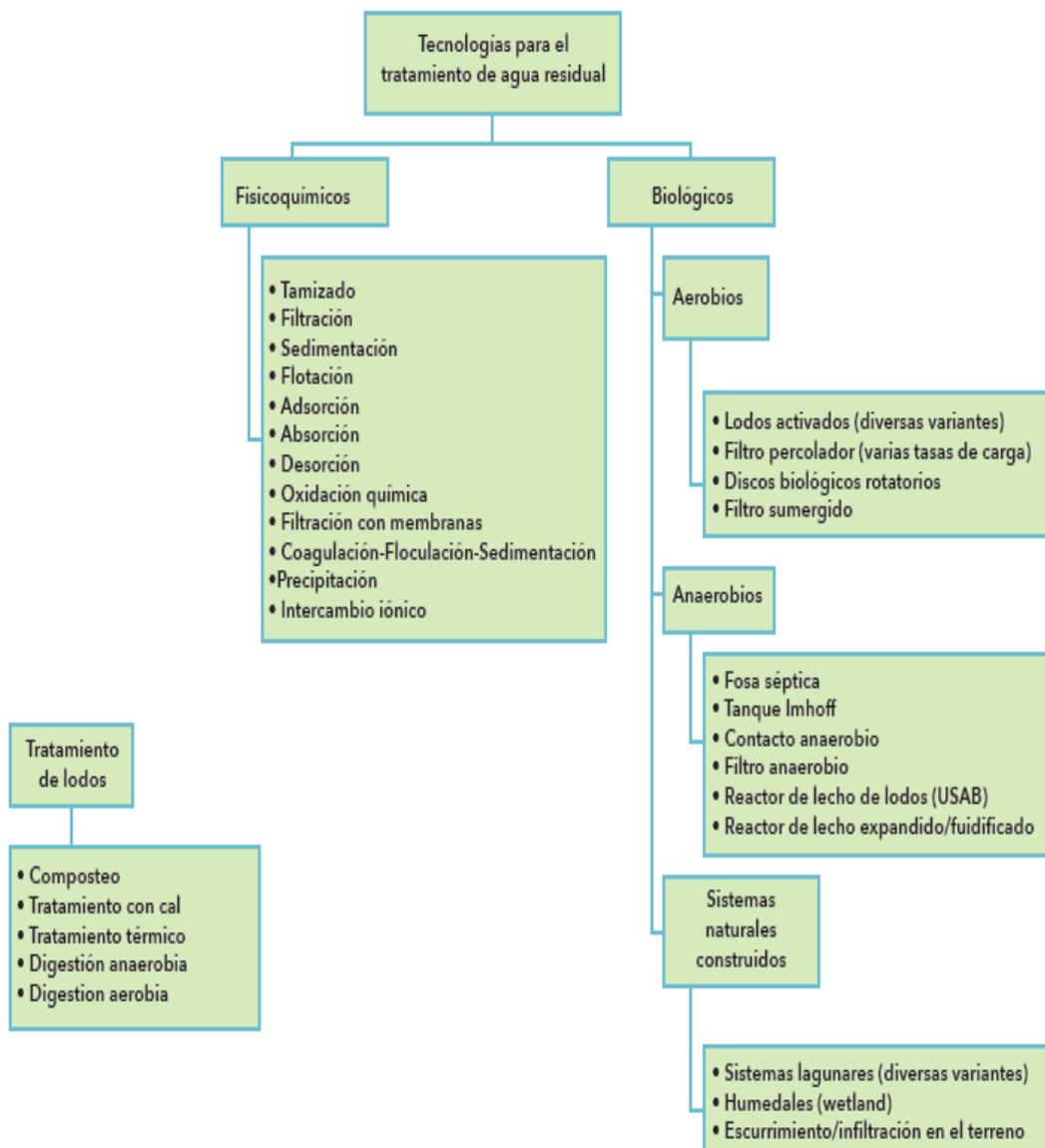
**Figura 7** Esquema de una Depuradora de Aguas Residuales

**Fuente:** Gallegos, (2013)

Por su bajo coste, baja producción de fango, consumo energético reducido, escasa necesidad de personal de operación y mantenimiento, menor impacto ambiental que los sistemas convencionales las entidades gubernamentales están orientando el tratamiento de las aguas residuales a través de procedimientos naturales maximizando de forma efectiva, técnica y económica la recuperación de este recurso de forma controlada.

## 2.2.5. Tecnologías de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas para pequeñas y medianas poblaciones

Para diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales es fundamental que se considere en la formulación, planeación y selección la cantidad de recursos económicos y técnicos con los que se cuenta, las características de las aguas residuales a tratar, los tipos de contaminantes, el impacto social y económico que se generaría con la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en la zona beneficiaria. (Noyola, Morgan, & Guereca, 2016).



**Figura 8** Clasificación esquemática de los procesos para el tratamiento de las aguas residuales

**Fuente:** (Noyola, Morgan, & Guereca, 2016)

El agua es recurso natural necesario para el desarrollo de la vida, que puede ser renovable o no renovable en función de uso, tratamiento, liberación y circulación; de ahí la importancia y los esfuerzos que como sociedad se han planteado para alcanzar el desarrollo y crecimiento sostenible del país con una serie de criterios tecnológicos para cada etapa del ciclo, sobretodo en el sistema de tratamiento de aguas residuales, donde se han focalizado los esfuerzos para la aplicación de buenas prácticas, reingeniería de procesos, análisis del ciclo de agua, ahorro del agua, impulsar la recirculación del agua en los procesos productivos, en otras palabras podemos definir la importancia de la eco eficiencia aplicada al tratamiento de aguas residuales.

Los principios del desarrollo sostenible promueven la conservación de los recursos hídricos mediante el ahorro, reúso y la no contaminación del agua mediante el uso de tecnología sostenible para enfrentar la existencia de una posible crisis de agua a nivel mundial. Partiendo del concepto de eco eficiencia en temas de saneamiento ambiental, es necesario que se apliquen técnicas de depuración natural de aguas residuales en función de las necesidades detectadas en la planificación territorial. Las principales técnicas de depuración natural de aguas residuales se dividen en dos categorías: aplicación directa en el terreno y los medios acuáticos, tal como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 4** Técnicas de depuración natural de aguas residuales

<b>Técnicas de depuración natural de aguas residuales</b>	
<b>Aplicación directa en el terreno</b>	<b>Métodos acuáticos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtro verde</li> <li>• Infiltración rápida</li> <li>• Escorrentía superficial</li> <li>• Lechos de turba</li> <li>• Lecho de arena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Lagunaje</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Lagunas anaerobias.</li> <li>○ Lagunas facultativas.</li> <li>○ Lagunas aerobias o de maduración.</li> </ul> </li> <li>• <b>Humedales</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Humedales naturales</li> <li>○ Humedales artificiales</li> </ul> </li> <li>• <b>Cultivos acuáticos</b></li> </ul>

**Fuente:** (Noyola, Morgan, & Guereca, 2016)

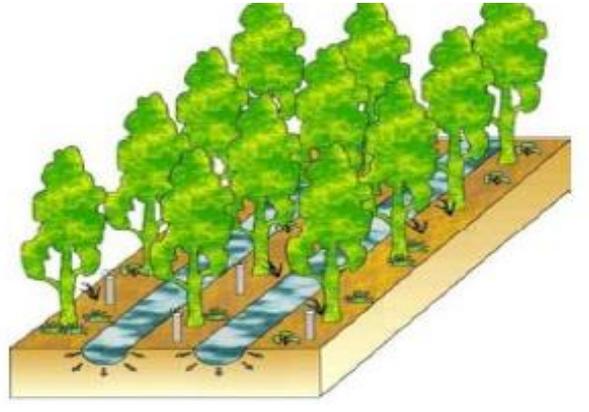
### **Métodos de aplicación directa al terreno**

**Filtro verde.** - Consiste en la aplicación de un caudal controlado de agua residual sobre la superficie del terreno, donde con anterioridad se ha colocado una serie de cultivos o vegetación.

La acción de depuración se realiza mediante el trabajo conjunto del suelo, los microorganismos y las plantas por medio de una triple acción: física (filtración), química (intercambio iónico, precipitación y co-precipitación, fenómenos de óxido – reducción) y biológica (degradación de

la materia orgánica); tiene lugar en los horizontes superiores del terreno, donde se encuentra una capa biológica activa.

Se recomienda de 1ha por cada 250 habitantes con un aporte de aguas residuales entre 10 a 90m<sup>3</sup> /Hab/día dependiendo del clima y las condiciones del suelo de la zona.



**Figura 9** Filtro Verde  
**Fuente:** Bustamante, 2009

Las principales ventajas de la aplicación del sistema de filtro verde son:

- Reducido o nulo gasto energético
- Mínimo mantenimiento
- Sin dificultades técnicas
- Permite su explotación por personal no especializado
- Favorece la germinación de casi todas las especies sin tener efectos secundarios en estas.
- El nivel de pre tratamiento requerido disminuye.
- Presentan una gran inercia frente a variaciones de caudal y carga.
- Nivel de eficiencia alto para casi todos los constituyentes del agua residual.

Por otro lado, la aplicación de este sistema presenta algunos inconvenientes, tales como:

- Para su instalación requiere de una gran extensión de espacio.
- En los climas fríos se produce una parada vegetativa en el crecimiento de los cultivos instalados, ocasionan una disminución del rendimiento del sistema, de los procesos de evapotranspiración, afectar al agua subterránea si el filtro no ha sido sobredimensionado.

**Infiltración rápida.** – Es la aplicación controlada del agua residual sobre balsas superficiales construidas en suelos de permeabilidad media a alta con una capacidad de infiltración que oscila entre 10 a 60cm/día. Su aplicación de forma cíclica permite la regeneración aerobia de la zona de infiltración y mantener la capacidad máxima de tratamiento a la profundidad del nivel piezométrico.

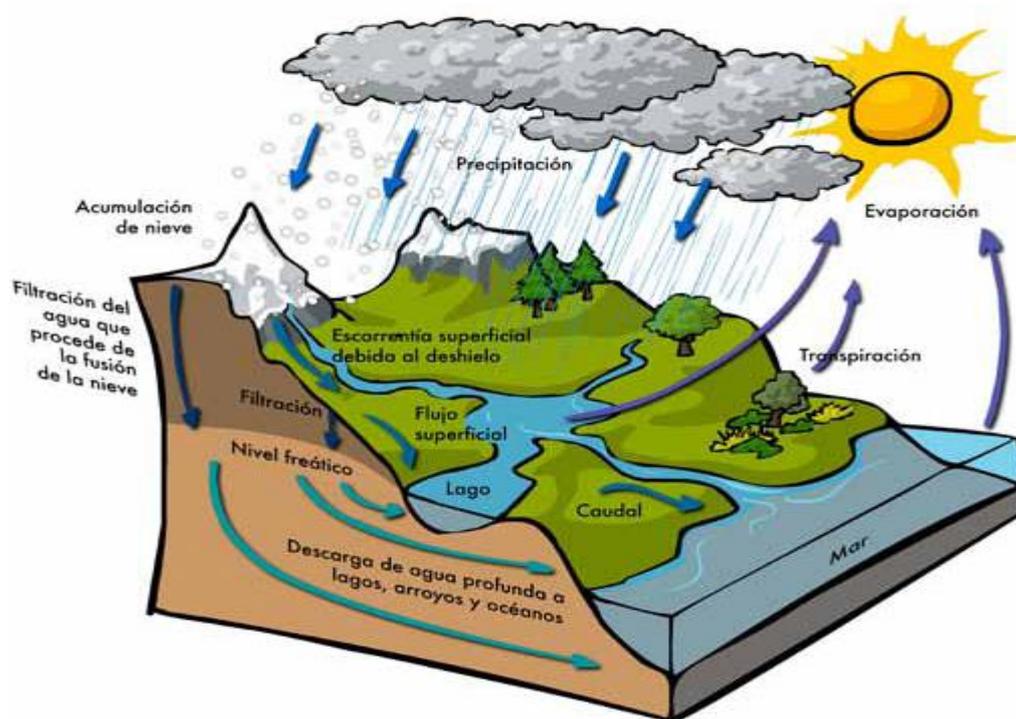
Las superficies necesarias oscilan entre 1 y 22 m<sup>2</sup> /Hab/día, alcanzando la reducción media de la demanda bioquímica de oxígeno, sólidos en suspensión y mayor eliminación de patógenos entre el 70% - 95%.



**Figura 10.** Infiltración rápida  
**Fuente:** Bustamante, 2009

La principal ventaja de este sistema consiste en la recarga artificial de acuíferos, y la posibilidad de reutilizar el agua tratada a través de zanjas o pozos respectivamente. Como desventaja podemos señalar que se llena rápidamente del lecho filtrante por ello el agua residual suele requerir, al menos, un tratamiento primario previo a la aplicación, siendo las cargas hidráulicas anuales normales de 6 a 100 m/año.

**Escorrentía superficial.** - Consiste en forzar la corriente de agua residual, mediante riego por circulación superficial en láminas sobre un suelo anteriormente acondicionado (en pendiente y con vegetación no arbórea), alternando períodos de riego con períodos de secado; considerando la duración de cada fase de los objetivos de tratamiento. La aplicación del agua residual se realiza en ciclos de varias horas, aproximadamente durante 5 a 7 días a la semana alcanzando un grado de tratamiento equivalente a uno secundario.



**Figura 11.** Escorrentía superficial

**Fuente:** Bustamante, 2009

La experiencia obtenida por los países en desarrollo muestra que las plantas de tratamiento de aguas residuales cuyos tratamientos biológicos son del tipo mecánico aerobio resultan complejos, costosos y de operación compleja, por lo que su vida útil es corta. (Libhaber & Jaramillo, 2012)

Por los costos altos implícitos de los procesos de tratamiento de aguas residuales convencionales es recomendable que los países en vías de desarrollo utilicen métodos simples y de bajo costo, con tecnologías adaptadas a sus necesidades fáciles de maniobrar y de cumplir con cualquier calidad de efluente requerida.

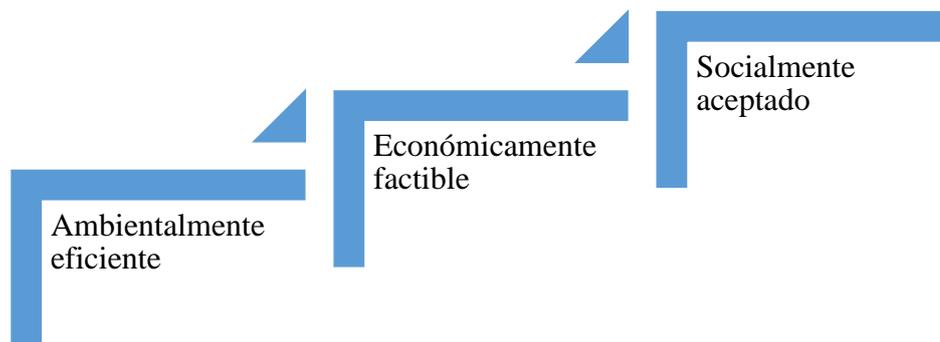
Las ventajas que se presentan con la implementación de este sistema son:

- El escaso nivel de pre tratamiento que se requiere
- Se adapta a un amplio rango de permeabilidades
- Reduce significativamente el nitrógeno

Entre sus desventajas se encuentran su poco desarrollo y el rendimiento en fósforo mínimo.

### 2.3. Sustentabilidad y Análisis de Ciclo de Vida en el Tratamiento de Aguas Residuales

Los objetivos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales son prevenir la contaminación del medio ambiente, preservar la salud humana, aprovechar los recursos hídricos con otros usos. Si queremos que sea un sistema de tratamiento sustentable este debe ser seguro para sus trabajadores, evitar impactos negativos en el entorno; pero sobre todo debe ser ambientalmente eficiente, económicamente factible y socialmente aceptado.



**Figura 12.** Sustentabilidad y Análisis de Ciclo de Vida en el Tratamiento de Aguas Residuales

**Fuente:** (Noyola, Morgan, & Guereca, 2016)

**Ambientalmente eficiente:** Además de cumplir con los parámetros de calidad de agua tratada, debe reducir tanto como sea posible los impactos ambientales propios de su funcionamiento; por ejemplo, las descargas al agua, la generación de residuos y las emisiones a la atmósfera.

**Económicamente factible:** Su costo debe ser compatible en su precio con el servicio esta proporciona a la comunidad beneficiaria, ya sea para mejorar el ambiente, preservar la salud pública, convertirse en un recurso que puede ser reutilizado con fines productivos, la calidad del cuerpo receptor.

**Socialmente aceptado:** Requiere de un trabajo con las comunidades beneficiarias para informar, educar, desarrollar confianza y ganar el apoyo para que la ciudadanía tome conciencia de los beneficios que abarca el proyecto para fortalecer su sustentabilidad.

A pesar de que las plantas de tratamiento de aguas residuales ofrecen un servicio ambiental favorable para la sostenibilidad, como cualquier otro sistema genera impactos ambientales que

deben ser cuantificados e identificados para adoptar estrategias y decisiones que sean ambientalmente responsables.

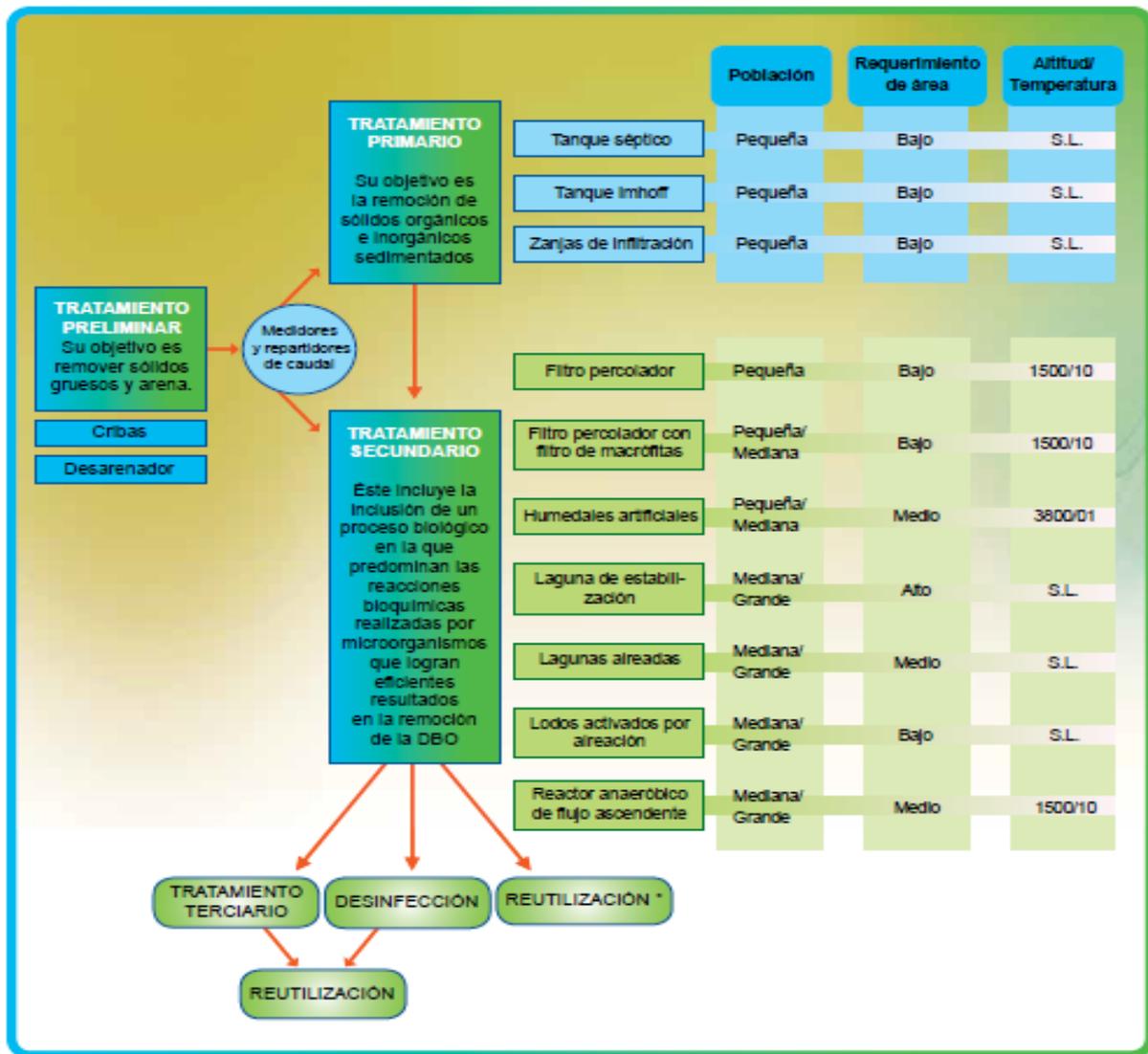
Bajo las normas ISO 14040 e ISO 14044 se considera el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) como una herramienta metodológica útil para la evaluación de los impactos ambientales de productos o servicios desde la extracción de la materia prima hasta la disposición final de sus productos y residuos, tomando en cuenta todos los vectores involucrados y todos los potenciales impactos ambientales que se puedan generar. Esta herramienta tiene cuatro etapas:

1. Definición de objetivo y alcance
2. Inventario de ciclo de vida
3. Evaluación de Impactos de Ciclo de Vida
4. Interpretación.



**Figura 13.** Etapas del Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

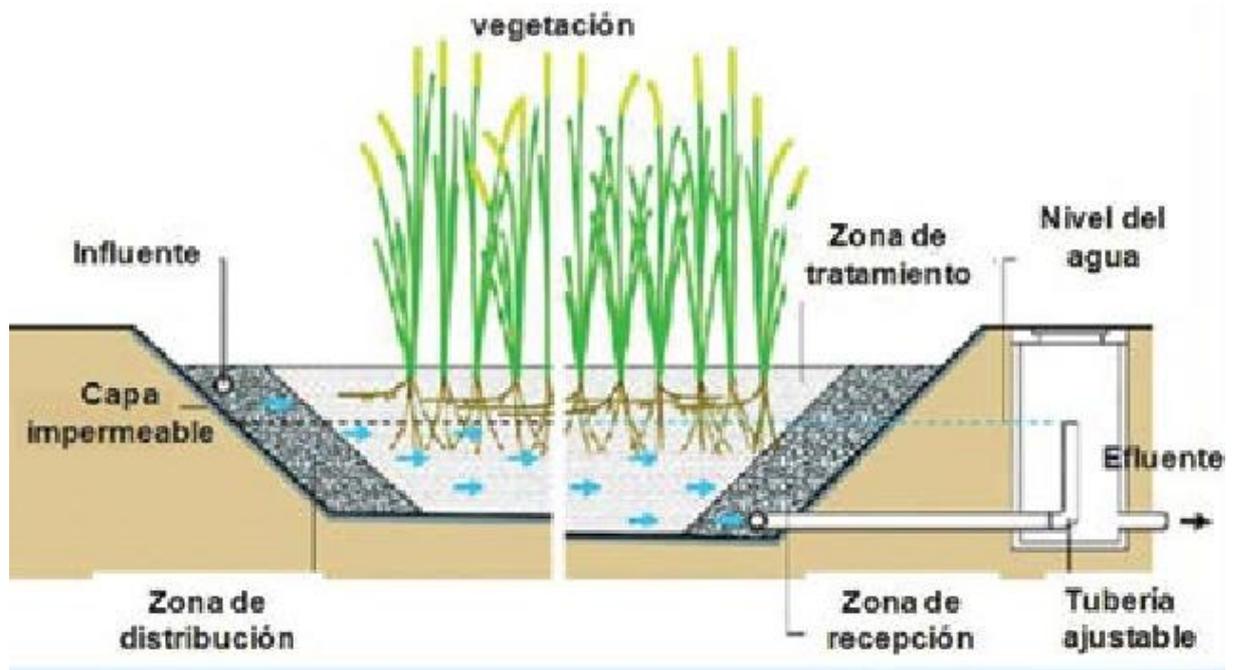
**Elaborado por:** Díaz Alberto 2021



**Figura 14.** Flujograma de tecnologías empleadas en el Tratamiento de Aguas Residuales.  
**Fuente:** (Terán & Sanguchó, 2018)

## 2.4. Humedal Artificial

Es una técnica de depuración natural para el tratamiento de agua residual, que tiene por lo general un fondo o base impermeable sobre la que se deposita un lecho de gravas, suelo u otro medio para el desarrollo de las plantas, que constituyen el principal agente depurador. Los humedales logran el tratamiento de las aguas residuales a través de la sedimentación, absorción y metabolismo bacterial. Además, interactúan con la atmósfera. La forma en que estos humedales trabajan tiene similitud con los procesos biológicos que se dan en la naturaleza y en los filtros por goteo utilizados en las plantas de tratamiento convencionales. (Díaz, Alvarado, & Camacho, 2012)



**Figura 15** Representación de un humedal de flujo sub superficial

**Fuente:** (Díaz, Alvarado, & Camacho, 2012)

En los humedales los procesos físicos, químicos y biológicos se llevan a cabo por los vegetales y microorganismos, ya que son capaces de depurar el agua eliminando grandes cantidades de materia orgánica, sólidos, nitrógeno, fósforo y en algunos casos productos químicos tóxicos. La vegetación en estas zonas es productiva y tiene, la finalidad de transmitir el oxígeno desde las hojas hasta las raíces, donde además se produce la interacción planta – agua durante los procesos de nitrificación – desnitrificación y controla la cantidad de luz que llega al agua limitando la formación de algas. En estas condiciones, se facilita la absorción y filtración de los contaminantes procedentes de aguas residuales (Lara, Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales, 1999).

Los humedales son capaces de proporcionar una alta eficiencia física en la remoción de los contaminantes asociados con material particulado. El agua superficial se mueve muy lentamente a través de los humedales, debido al flujo laminar característico y a la resistencia proporcionada por las raíces y las plantas flotantes (Llagas & Gómez, 2017). En Ecuador existen 19 humedales naturales de acuerdo a los registros del Ministerio de Ambiente.

# 19 humedales son fuente de vida

La WWF alerta que estos ecosistemas se pierden más que los bosques. Pero en Ecuador están protegidos.

Estos ecosistemas tienen una gran biodiversidad, son el hábitat de muchas especies; captan agua, garantizan la protección y la restauración del recurso hídrico que es usado por las personas para garantizar la seguridad alimentaria y laboral con la pesca, la agricultura, la recreación, el turismo, los valores culturales y espirituales. En el inventario preliminar de humedales con que cuenta Ecuador se describen 150 aproximadamente, pero hay más, informó el Ministerio del Ambiente.

De estos, 19 son reconocidos a escala internacional por la Convención Ramsar: 7 están en la Costa, 8 en la Sierra, 3 en la Amazonía y 1 en Galápagos. (CM)



(Foto Ramsar Ecuador)

## Cayapas-Mataje

Con 44.847 ha en el norte de Esmeraldas, está formado por un conjunto de humedales. En el área vive una población afroecuatoriana dedicada a la pesca y recolección de moluscos y crustáceos; la agricultura, la ganadería y más.

## Reserva biológica Limoncocha

Está en Shushufindi (Sucumbios). Cuenta con 4.613 ha. Tienen importancia las lagunas de Limoncocha y Negra. La zona es apta para el turismo ecológico y para investigación biológica, ecológica y ambiental.



Foto Archivo



(Foto: Ecoencienta)

## Nucanchi Turupamba

Es un complejo de humedales que comparten Pichincha y Napo. Tiene 12.290 ha, en las cuales hay lagunas, glaciales de agua dulce. Se tiene registro de alrededor de 83 especies de mamíferos, 267 de aves, 6 de reptiles y 8 de anfibios. Existen varias comunidades en la zona.



(Foto: Karla Jimenez/ambiente.gob.ec)

## Parque Nacional Cajas

Está en Cuenca (Azuay). Es un sistema montañoso de excepcionales características, cuenta con más de 300 cuerpos de agua, la mayoría de ellos con aguas claras, oxigenadas de excelente calidad, usadas para proveer del servicio a Cuenca y poblaciones aledañas.



(Foto Ramsar Ecuador)

## Zona Marina Parque Nacional Machalilla

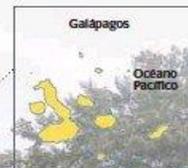
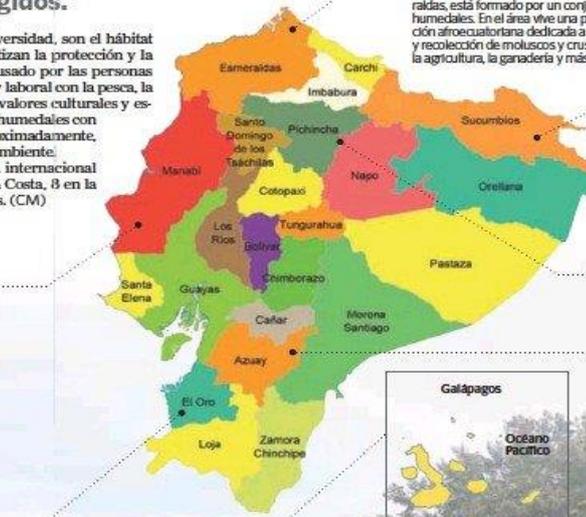
Está dentro del Parque Nacional Machalilla (Manabí), tiene 24.165 ha de área marina, que reúne aguas costeras someras, playas de arena e islas mar adentro adornadas por arrecifes rocosos.



Foto Archivo

## Refugio Silvestre Isla Santa Clara

Está en Santa Rosa (El Oro), en un área de convergencia de corrientes marinas y masas de agua dulce que la convierte en una zona rica en alimento que convoca grandes poblaciones de especies marinas. Características: es el mayor refugio de aves marinas, es una barrera natural contra mareas extremas. Fue sitio sagrado de los pobladores de la Isla Puná.



## Humedales del Sur de Isabela

Están en Parque Nacional Galápagos. Su extensión es de 872 ha (359 en la costa y 513 en el mar). Hay bosques de mangle rojo, negro, blanco y botón. Es el hábitat de especies como: pingüino de Galápagos, lobo marino de un pelo, garza de lava, gaviota de lava, iguana marina, erizo verde y más.



(Foto: Bolívar Erazo/ambiente.gob.ec)

## Hay más Conozca

- La Tierrabladera se encuentra en Santa Rosa (El Oro) y tiene 1471 ha.
- Laguna de Cubte, situada en el recinto La Laguna de la parroquia Rosa Zárate (Quinindí-Esmeraldas).
- Manglares Don Goyo en Guayaquil. Tiene 15.327,99 hectáreas, principalmente de mangle.
- Ciénega La Segua, humedal de agua dulce en la parte alta del estuario del río Chone.
- La Isla Santay, ubicada frente a Guayaquil, tiene 4.000 hectáreas.
- Reserva Ecológica de Manglares de Chumbe, se lo ubica en el Golfo de Guayaquil.
- Complejo Langarani, un conjunto de lagunas de origen glaciar que se encuentra entre Tungurahua y Cotacachi.
- El Sistema Lacustre de Lagunas del Compadre es compartido por Loja y Zamora Chinchipe.
- Abraz de Mantequilla, de 22.500 ha, está en Los Ríos y es fuente de agua para habitantes de poblaciones cercanas.
- Sistema Lacustre Yacuri, conformado por lagunas grandes y pequeñas, se ubica entre Loja y Zamora Chinchipe.
- Reserva Ecológica El Ángel, se ubica, con 92 ha, en Espejo (Sardía).
- Humedal Cuyabeno- Lagartoococha- Yasuni: Es un complejo de humedales de 770.000 ha, que forma un corredor de conectividad entre las cuencas de los ríos Aguaray, Lagartoococha, Napo y Yasuni.

Figura 16. Infografía de ubicación de los humedales en Ecuador

Fuente: (La Hora, 2018)

En cuanto a la remoción biológica los contaminantes que son también formas de nutrientes esenciales para las plantas, tales como nitrato, amonio y fosfato, son tomados fácilmente por las plantas de los humedales. Sin embargo, muchas especies de plantas de los humedales son capaces de captar e incluso acumular significativamente metales tóxicos, como cadmio y plomo. La velocidad de remoción de contaminante por las plantas varía extensamente, dependiendo de la velocidad de crecimiento de la planta y de la concentración del contaminante en tejido de planta.

En cuando a la remoción química más importante es la absorción, que da lugar a la retención a corto plazo o a la inmovilización a largo plazo de varias clases de contaminantes.

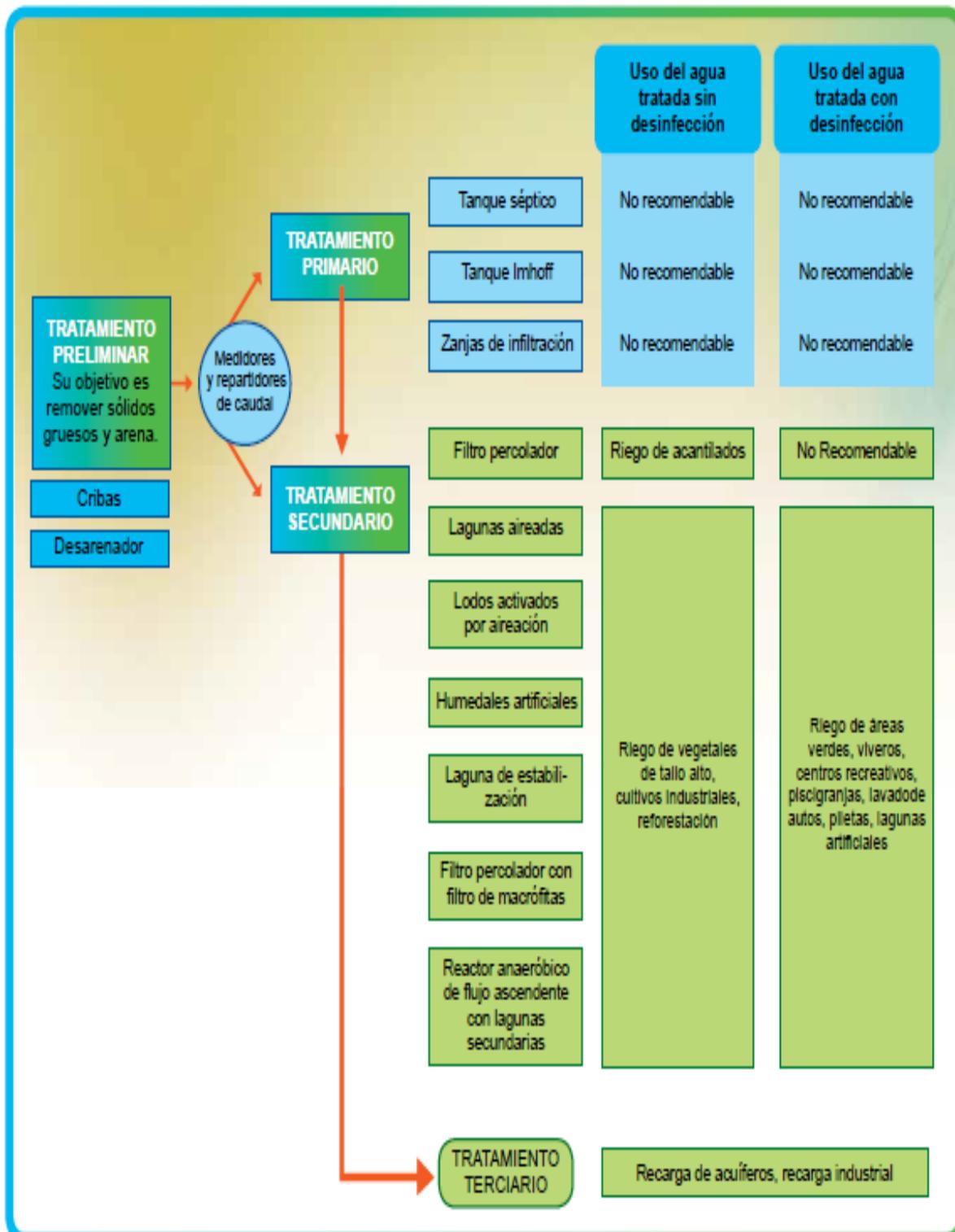
En función de la situación del nivel del agua, existen dos tipos de humedales, que son: el denominado de flujo superficial, donde el agua está en contacto con la atmósfera y constituye la fuente principal de oxígeno para aireación; y el denominado de flujo sub-superficial, donde la superficie del agua se mantiene a nivel de la superficie del lecho permeable o por debajo de la misma.

Ante las características de las técnicas alternativas descritas se distinguen algunas cualidades comunes, de éstas tales como:

- El de insertarse en el ciclo hidrológico sin alterarlo, facilitando la recarga natural de los acuíferos, no contaminando las aguas superficiales y tierras toda vez que no hay descarga su efluente está apto para ser reutilizado en actividades como la jardinería, construcción, consumo animal.
- Poseen un sistema sencillo que no necesita de gran mantenimiento y tampoco genera olores desagradables; por tanto, no se emplea una maquinaria determinada para su operación, ni personal cualificado para el desarrollo de las labores de construcción, operación y mantenimiento.
- Son estéticamente agradables a la vista, no causan impactos en el paisaje porque proporcionan un hábitat para la vida silvestre.
- Riego enriquecido de nutrientes para cultivos y jardines.

Además de los humedales artificiales existen otras técnicas alternativas como el SUTRANE y el SIASA, siendo este último el más costoso porque requiere insumos como el ozono; mientras el SUTRANE requiere del uso de jabón biodegradable para evitar la muerte de las bacterias que ayudan a limpiar el agua; siendo necesaria en ambas técnicas realizar un mantenimiento periódico, extraer la nata de grasa de la caja.

En las últimas décadas el uso de los humedales para el tratamiento de aguas residuales se ha incrementado debido a que su costo de inversión es competitivo, el poco personal que se necesita para su mantenimiento, a que no presenta consumo energético excesivo limitándose a sólo el necesario para bombeos de cabecera, no generan excesos de lodos de forma continuada (García Serrano & Corzo Hernández, 2008).

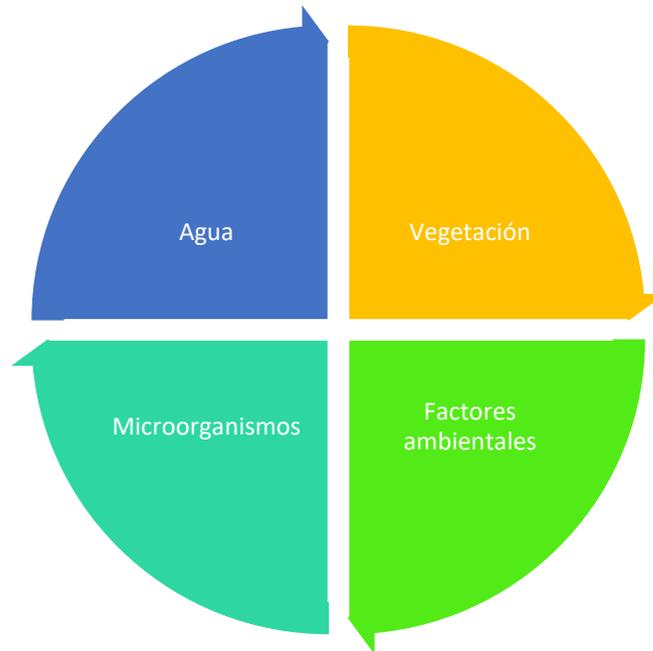


**Figura 17.** Flujo de tecnologías empleadas en el Tratamiento de Aguas Residuales y potencialidades de reúso.

**Fuente:** (Terán & Sangücho, 2018)

### 2.2.2. Componentes de los humedales artificiales

Generalmente un humedal está compuesto por agua, vegetación, medio filtrante, microorganismos, además de factores ambientales como luz solar y temperatura. Cada sistema tiene estructuras adecuadas de entrada y descarga para asegurar una distribución uniforme del agua residual aplicada y su recolección. (Aguas Nacionales, 2013)



**Figura 18.** Componentes de los humedales artificiales

**Elaborado por:** Díaz Alberto 2021

**Agua.** – Según su procedencia, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos que provienen de residencias, oficinas, edificios, entre otras instituciones junto con los residuos industriales, de actividades agrícolas, aguas subterráneas, superficiales o de precipitación después de ser modificadas por los diversos usos.

En el caso del humedal el agua residual debe ser recogida por la red de alcantarillado para que sea conducida hacia este.

**Sustrato.** – La principal característica del medio es que debe tener la permeabilidad suficiente para permitir el paso del agua a través de él. Esto obliga a utilizar sueldo de tipo granular, principalmente grava seleccionada con un diámetro de 5 mm aproximadamente y con pocos finos. (Lara, 1999)

La responsabilidad directa de la extracción de algunas sustancias contaminantes corresponde al medio y se realiza mediante las interacciones físicas y químicas.

El tamaño del medio granular afecta directamente al flujo hidráulico del humedal y por ende en el caudal de agua a tratar. Si el lecho granular está constituido por elevadas cantidades de arcilla y limo, se consigue una mayor capacidad de absorción y una mejor filtración, una elevada resistencia hidráulica y requiere velocidades de flujo muy bajas limitando el caudal a tratar. (Arias & Brix, 2003).

**Vegetación.** – Son un componente indispensable para la construcción de los humedales por el efecto físico que producen las macrófitas en el proceso de tratamiento de las aguas residuales porque estabilizan la superficie del lecho para la filtración respectiva. En los humedales con flujo vertical previenen las obstrucciones para el crecimiento de microorganismos adheridos. (Aguas Nacionales, 2013)

Las plantas son organismos autótrofos que recogen la energía solar para transformarla en carbono orgánico e inorgánico.

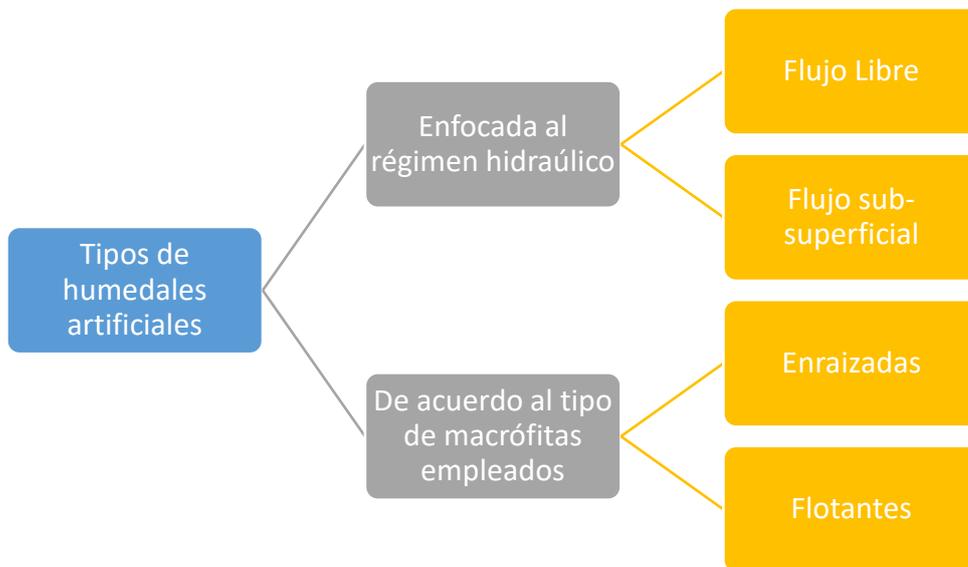
La selección de la vegetación que se va a usar en un sistema de humedales debe tener en cuenta las características de la región donde se realizará el proyecto. (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

**Microorganismos.** – Se encargan de realizar el tratamiento biológico. Entre los principales procesos que llevan a cabo se encuentran la degradación de la materia orgánica, la eliminación de nutrientes, elementos de traza y la desinfección. Los principales microorganismos presentes en los humedales son: helmintos, bacterias, levaduras, hongos, virus y protozoarios; siendo los coliformes fecales el indicador más utilizado.

### **2.2.3. Tipos de humedales artificiales**

En función del nivel de agua y del tipo de planta macrófitas. De acuerdo a la circulación del agua existen dos tipos de humedales artificiales que son los de flujo libre (Free Water Surface –FWS) y los de flujo sub- superficial (Subsurface Flow – SSF)

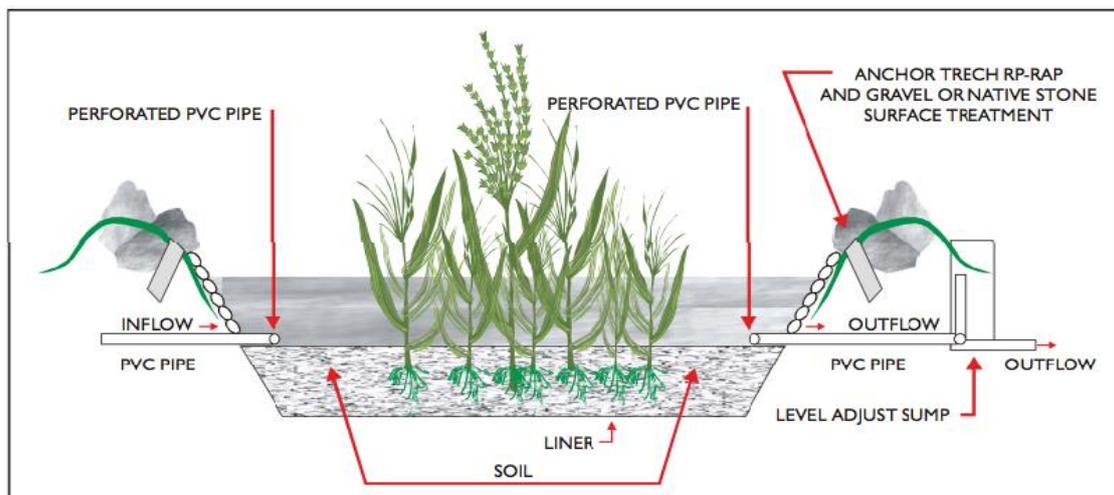
De acuerdo al tipo de macrófitas que empleen en su funcionamiento pueden ser: macrófitas fijas al sustrato (enraizadas) o macrófitas flotantes libres (flotantes) (Vymazal & Kropfelová, 2010)



**Figura 19.** Tipos de humedales artificiales  
**Fuente:** (Vymazal & Kropfelová, 2010)

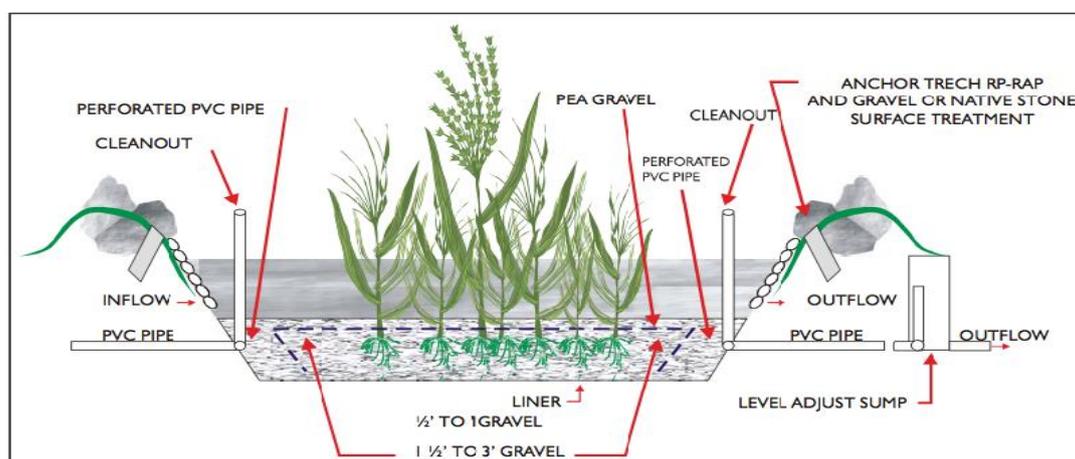
### 2.2.3.1. Clasificación enfocada al régimen hidráulico

1) **Humedales Artificiales de Flujo Libre.** – En este tipo de humedales la vegetación está parcialmente sumergida en el agua, que tiene una profundidad de 1 a 4,5 cm. El agua está contenida en canales o tanques como una barrera natural para evitar la percolación del agua. Las bacterias adheridas a las plantas se encargan de tratar el agua residual que fluye por la vegetación. Las plantas comunes utilizadas en este sistema son: eneas, carrizos, juncias y juncos (Crites & Tchobanoglous, 2012).



**Figura 20** Humedales Artificiales de Flujo Libre  
**Fuente:** (Llagas & Gómez, 2017)

2) **Humedales Artificiales de Flujo Sub- superficial.** - Este sistema se encarga de tratar el agua residual a medida que esta fluye lentamente a través de un medio poroso. La vegetación emergente está plantada en este lecho hecho de grava gruesa y arena. El lecho tiene una profundidad entre 0,45 y 1m y una pendiente característica entre 0 y 0,5% (Crites & Tchobanoglous, 2012). A medida que circula el agua residual se produce un contacto con zonas aerobias, anóxicas y anaerobias. La zona aerobia se encuentra en la parte cercana a la superficie y alrededor de las raíces rizomas de las plantas. Se forma entonces una biopelícula alrededor de la grava y de las raíces de las plantas gracias a los microorganismos presentes. Es decir, existirá un mayor rendimiento a mayor densidad de microorganismos utilizando menos espacio, pero con un costo más alto para el proceso que se debe realizar.

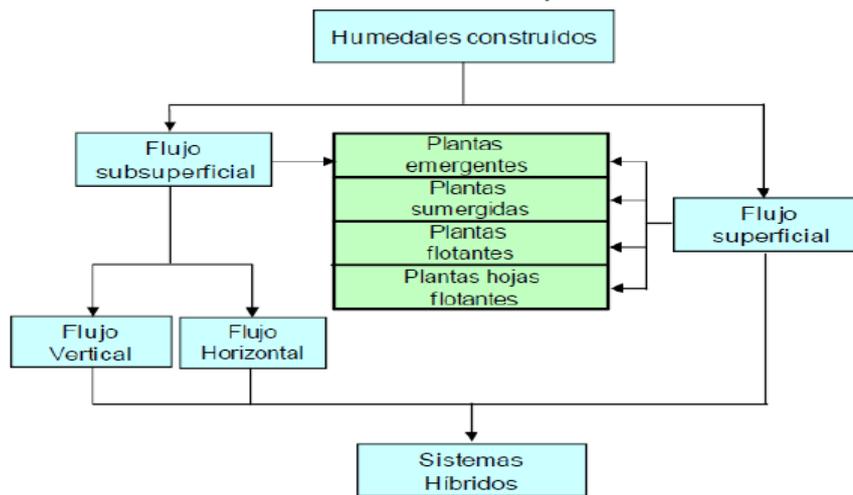


**Figura 21.** Humedales Artificiales de Flujo Sub- superficial.

**Fuente:** (Llagas & Gómez, 2017)

La biopelícula que crece adherida al medio granular y a las raíces y rizomas de las plantas tiene un papel fundamental en los procesos de descontaminación del agua. (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

Además, pueden existir combinaciones entre estos para formar sistemas híbridos.

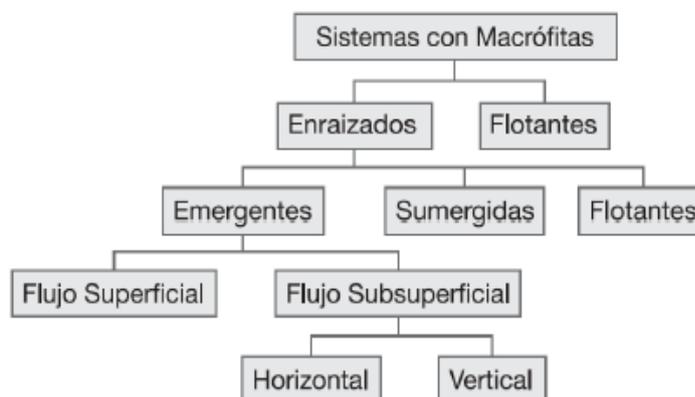


**Figura 22.** Clasificación de los humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales según el tipo de flujo hidráulico.

**Fuente:** (Rabat, 2018)

### 2.2.3.2. Clasificación enfocada al tipo de macrófitas empleados

De acuerdo al tipo de macrófitas que empleen en su funcionamiento pueden ser: macrófitas fijas al sustrato (enraizadas) o macrófitas flotantes libres (flotantes) (Vymazal & Kropfelová, 2010)

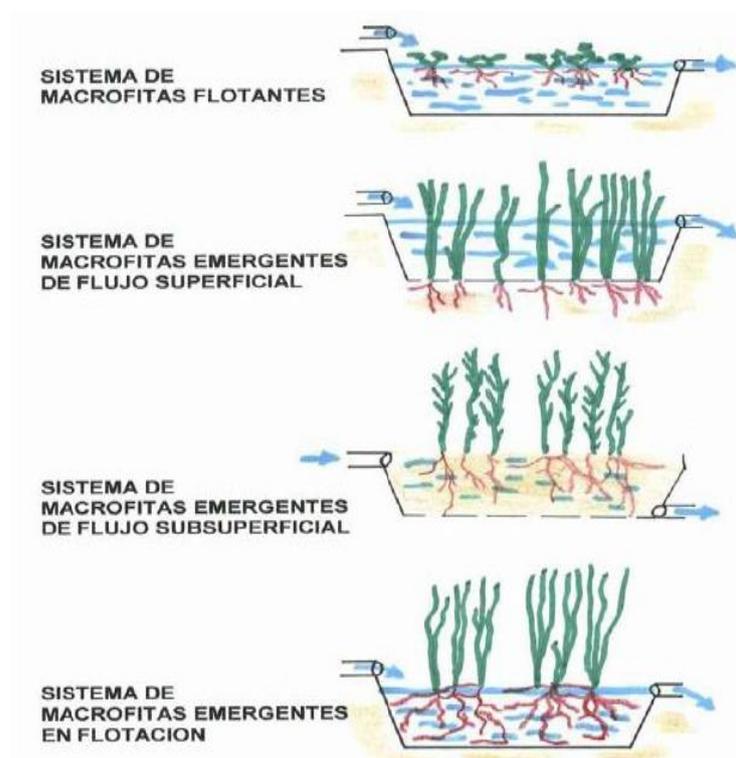


**Figura 23.** Esquema de clasificación de los sistemas de depuración con macrófitas

**Fuente:** (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010)

Considerando la forma de vida de estas macrófitas, los humedales artificiales pueden ser clasificados en: flotantes, sumergidos y emergentes. (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010)

- **Sistemas de tratamiento basados en macrófitas de hojas flotantes:** A este grupo corresponden principalmente angiospermas sobre suelos anegados, sus órganos reproductores son flotantes o aéreos. Las especies más utilizadas para este sistema son: el Jacinto de agua y la lenteja de agua.
- **Sistema de tratamiento basados en macrófitas sumergidas:** Pertenecen a este grupo algunos helechos, numerosos musgos y carófitas y muchas angiospermas, sus órganos reproductores se encuentran de forma aérea, flotantes o sumergida. Se encuentran en toda la zona fótica a la cual llega la luz solar, aunque algunas angiospermas vasculares sólo viven hasta los 10m de profundidad aproximadamente.
- **Sistemas de tratamiento basados en macrófitas enraizadas emergentes:** Por lo general son plantas perennes con órganos reproductores aéreos en suelos anegados de forma temporal o permanente que pueden ser de dos tipos de acuerdo a la circulación del agua empleada: humedales de flujo superficial y humedales de flujo sub superficial.



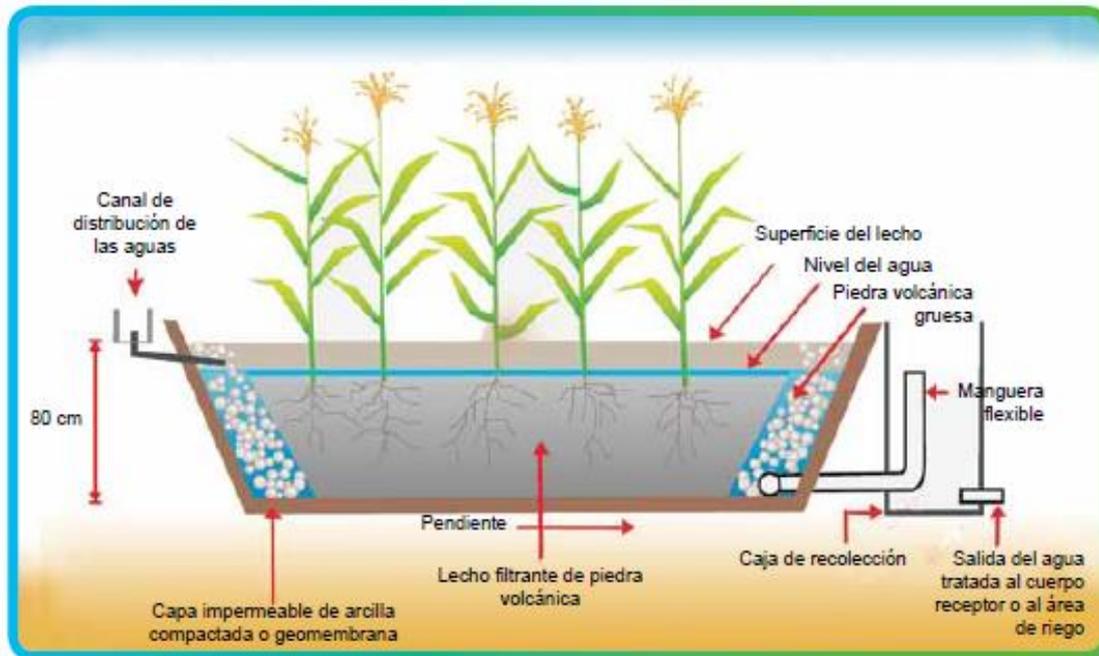
**Figura 24.** Sistemas de Humedales con macrófitas

**Fuente:** (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010)

#### 2.2.4. Ventajas y desventajas de los humedales artificiales

El uso de humedales artificiales requiere procesos previos de tratamiento que garanticen una efectiva remoción de los sólidos suspendidos, con el fin de evitar la obstrucción del lecho

filtrante. Estos procesos preliminares pueden consistir en la implementación de una rejilla, seguida de un desarenador y unidades de sedimentación, como un tanque Imhoff, un tanque séptico y otras alternativas.



**Figura 25.** Estructura de un humedal  
**Fuente:** (Llagas & Gómez, 2017)

Las principales ventajas de los humedales artificiales son:

- Es muy estable en la operación y eficiente para la remoción de materia orgánica y nutrientes, condiciones que permiten disponer el efluente en ambientes naturales.
- Operan sin ningún consumo energético, al carecer de equipos electromecánicos.
- Su procedimiento de operación es sencillo y se encuentra asociado a un coste bajo.
- Integra perfectamente al sector rural y urbano mediante parques y jardines.

En cuanto a las desventajas que implica el uso de humedales artificiales podemos citar las siguientes:

- El débil compromiso y desorganización de los usuarios pueden incidir negativamente en el éxito de este su utilización.
- Se llena en poco tiempo cuando no existe un sistema de pretratamiento adecuado.
- Para eliminar totalmente los organismos patógenos de las aguas residuales requieren de un proceso adicional de desinfección.
- Inadaptabilidad de las plantas empleadas en zonas de altitud.

Por tanto, entre las principales recomendaciones para un exitoso humedal artificial podemos decir que:

- Es necesario que se diseñe de acuerdo a cada realidad territorial, partiendo del precepto que este sistema de tratamiento no es estándar.
- Se puede aplicar para las aguas residuales de poblaciones pequeñas y medianas.
- Para utilizar esta metodología en la región Sierra se deberá utilizar especies vegetales locales.

### 2.2.5. Piñón

El piñón, es un arbusto perenne que crece en zonas secas y en terrenos degradados, de baja fertilidad, que no son apropiados para otros cultivos. En el Ecuador se encuentra desde el nivel del mar hasta los 1500 metros, puede multiplicarse por semillas o por estacas. La siembra puede ser directamente en el campo o por plántulas producidas en viveros y trasplantarlas con 30 o 45 días de edad, la germinación de la semilla tarda de 6 a 10 días. (INIAP, 2020)

El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) investiga este cultivo con la finalidad de obtener variedades y tecnologías adecuadas para la producción, procesamiento e industrialización de sus semillas, de donde se extrae aceite para biocombustibles, aunque tradicionalmente sus frutos se utilizan para fabricar jabones caseros. Se puede obtener producciones entre uno y diez toneladas de semillas por hectárea, dependiendo de la edad de las plantas, zonas de cultivo y uso de riego.



**Figura 26.** Piñón y su semilla  
**Fuente:** (INIAP, 2020)

El porcentaje de aceite presente en la semilla depende de las condiciones del medio ambiente y de su cultivo que puede ser de 21% a 38% (Cayón & Pedraza, 2015).

Los usos industriales que le podemos dar al piñón son: lubricante, biodiesel, glicerina, para atraer insectos productores, producir laca, producción de jabón, alimento para peces, alimento para ganado, fertilizante e insecticida.

A nivel medicinal se utiliza para: dolor de muela y reumatismo, purgante, afecciones a la piel, curar la tos, controla bacterias de los géneros streptococcus, útil para curar heridas por sus propiedades coagulantes.

### 2.2.6. Girasol

El girasol (*Helianthus annuus*) es también conocido como maíz de Texas, gigantón, flor de sol, lampote y polocote que habita en todos los continentes salvo Antártica. Su nombre proviene de la propiedad que tiene de girar hacia el sol para captar mejor su luz, que se renueva anualmente y el primero fue datado entre 2,875-2,575 a.p. y los segundos del 330-250 a.p. en la región de Mesoamérica.

Generalmente se les trata como maleza cumplen una función importante al invadir sitios degradados donde detienen el suelo, así como la producción de mucho néctar. La flor de girasol es utilizada de manera ornamental o como forraje, mientras que de la semilla se extraen la harina y el aceite, que son muy benéficos debido a su gran cantidad de grasas poliinsaturadas; además, la semilla es utilizada para la elaboración de jabones, cosméticos, detergentes e incluso, en algunos países, como combustible.



**Figura 27.** *Helianthus annuus*  
**Fuente:** (INIAP, 2020)

Las propiedades del biodiesel de girasol son similares a las del diésel, exceptuando el valor de viscosidad cinemática, por lo que su uso en mezcla estandarizada (B5 o B10) con el diésel comercial; no debería presentar ningún efecto negativo respecto a su uso en cualquier motor tipo diésel, por lo que no se requiere hacer ninguna modificación en los diferentes sistemas. Se concluye que la cantidad de metanol empleada en la reacción de transesterificación es escasa. Corregir esta cantidad, mejorará los valores de glicerina total, número de cetano y contenido de éster para así cumplir con la especificación NTC DE 100/04. Como cualquier biocombustible, el biodiesel de girasol destaca por sus bondades ambientales como son: proceder de una fuente renovable, contenido de azufre cercano a cero, contribuir en la búsqueda de sostenibilidad y fuentes alterativas de energía. (Arias, Teuta, & Parra, 2011)

**Tabla 5.** Características físicas y químicas del Biodiesel de girasol y ACPM

Propiedad	Unidad	Requerimiento	Biodiesel G	ACPM
<b>Densidad a 18°C</b>	Kg/m <sup>3</sup>	860 - 900	884,0	850,0
<b>Viscosidad a 40°C</b>	mm <sup>3</sup> /s	1,9 – 6,0	5,03	2,36
<b>Corrosión al cobre</b>	Unidad	Clase 1	Clase 1	Clase 1
<b>Número de cetano</b>	Cetanos	47 mínimo	45,55	43
<b>Contenido de agua</b>	% volumen	0,05	0,1992	0,005
<b>Punto de inflamación</b>	°C	120 mínimo	178,67	52
<b>Metanol residual</b>	% en masa	0,2 máximo	0,018	0
<b>Cenizas sulfatadas</b>	% en masa	0,02 máximo	0,0013	0,1014
<b>Punto de niebla</b>	°C	Reportar	3	-13
<b>Punto de fluidez</b>	°C	Reportar	7(17)	3
<b>Carbón residual</b>	% en masa	0,3 máximo	0,070	0,20
<b>Contenido de éster</b>	% en masa	96,5 mínimo	88,21	0
<b>Glicerina libre</b>	% en masa	0,02 máximo	0,004	0
<b>Glicerina total</b>	% en masa	0,25 máximo	1,694	0
<b>Sodio</b>	mg/lt	5,0 máximo	1,2	No disp.
<b>Potasio</b>	mg/lt		0,38	No disp.

**Fuente:** (Arias, Teuta, & Parra, 2011)

### 2.2.7. Biocombustible

Los biocombustibles son aceites originados a partir de biomasa (materia prima renovable), se obtienen de forma grumosa como residuos vegetales, líquida como bioalcoholes y biodiesel. Actualmente se reconoce un gran desarrollo de prototipos de biocombustibles: el biodiesel, originado de la transesterificación de aceites vegetales y grasas animales con leve alcohol; el bioetanol, obtenido de materias primas en azúcares mediante fermentación (García, García; 2015)

Los biocombustibles de origen biológico pueden sustituir parte del consumo de los combustibles fósiles tradicionales, como el petróleo y el carbón; casi siempre se encuentran en estado líquido y se usan para accionar los motores de combustión de los medios de transporte terrestre. Son una de las alternativas que existen para atenuar las emisiones de gases de efecto invernadero, siendo imprescindible aunar esfuerzos en la potencialización de diferentes formas de energía renovables más rentables, sostenibles y eficientes que permitan la reducción de gases, conservación de energía y optimización de recursos, para evitar con esto la deforestación de las zonas amortiguadoras y la degradación de la tierra.

Según un estudio realizado por la Comisión Nacional de Ahorro de Energía de México en el año 2017, el uso de biocombustibles tiene las siguientes ventajas y desventajas que se detallan a continuación:

**Tabla 6. Ventajas y desventajas del uso de biocombustible**

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"><li>• El etanol puede ser producido a partir de fuentes renovables</li><li>• Es un combustible líquido y puede ser manejado tan fácilmente como la gasolina y el diésel</li><li>• Produce menos dióxido de carbono al quemarse que la gasolina, pero el impacto depende el proceso de destilación y la eficiencia de los cultivos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• El conductor debe llenar el tanque con mayor frecuencia debido a que presenta una menor densidad que la gasolina.</li><li>• El costo es superior al de la gasolina.</li><li>• Genera emisiones altamente evaporativas.</li><li>• Presenta problemas de corrosión de partes mecánicas y sellos.</li><li>• Presenta dificultades para encender en climas fríos.</li></ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Genera menores emisiones de monóxido de carbono cuando se usa como aditivo de la gasolina.</li> <li>• Es menos inflamable que la gasolina.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contiene dos terceras partes de la energía contenida por el mismo volumen de gasolina.</li> </ul>
--	--

**Fuente:** (Comisión Nacional de Ahorro de Energía, 2017)

### 2.2.8. Biodiesel

Es un biocombustible líquido derivado de aceites vegetales y grasas animales, sus propiedades son similares a los combustibles de automoción en lo que se refiere a densidad e índice de cetano. El biodiesel se puede combinar con el combustible para el uso en motores e incluso se podría sustituir radicalmente si se logra una conveniente adaptación (Food Drug Administration, 2007). En nuestro país para que el biodiesel pueda ser usado como combustible en motores de ciclo diésel, debe cumplir con los requisitos establecidos por la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 482:2009.

**Tabla 7.** NTE INEN 2 482:2009 PARA USO DE BIODIESEL COMO COMBUSTIBLE

REQUISITOS	UNIDAD	Mínimo	Máximo	Métodos de Ensayo
<b>Densidad a 15°C</b>	<i>kg/m<sup>3</sup></i>	860	900	ASTM D 1298
<b>Punto de inflamación</b>	°C	120	----	ASTM D 93
<b>Punto de turbidez</b>	°C	Reportar		
<b>Agua y sedimento</b>	%	-----	0,05	ASTM D 1796
<b>Contenido de agua</b>	mg/ kg	-----	500	ASTM D 95
<b>Viscosidad cinemática a 40° C</b>	<i>mm<sup>2</sup>/s</i>	3,5	5	ASTM D 445
<b>Cenizas sulfatadas</b>	% (m/m)	----	0,02	ASTM D 874
<b>Contenido de azufre</b>	mg/ kg	----	10	ASTM D 1552
<b>W carbón residual</b>	%	----	0,05	ASTM D 4530
<b>Corrosión lámina de cobre</b>	Clasificación	----	3	ASTM D 130
<b>Número de cetano</b>	----	49	----	ASTM D 613
<b>Temperatura de destilación al 90% recuperado</b>	° C	---	360	ASTM D 1160
<b>W Glicerina libre</b>	%	---	0,02	ASTM D 6584

<b>W Glicerina total</b>	%	---	0,25	ASTM D 6584
<b>WC contenido de esteres</b>	%	96,5		EN 14103
<b>Índice de yodo</b>	g yodo/100 g	---	120	EN 14111
<b>W (contenido de metanol)</b>	%	---	0,20	ASTM D 4815 EN 14110
<b>Contenido de fósforo</b>	mg/ kg	---	10	ASTM D 4951
<b>Contenido de metales alcalinos (Na + K)</b>	mg/ kg	---	5	EN 14108
<b>Contenido de metales alcalinos (Ca + Mg)</b>	mg/ kg	---	5	prEN 14538
<b>Número de acidez</b>	mg KOH/g	---	0,5	ASTM D 664

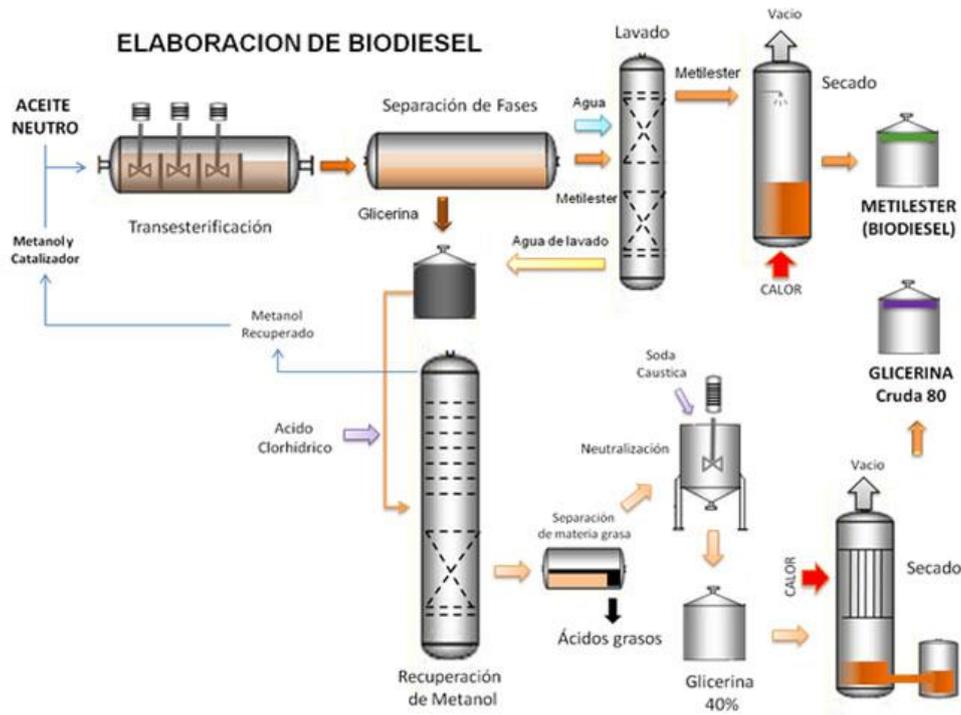
**Fuente:** (INEN, 2009)

Para el uso de esta tecnología no es necesaria una investigación a largo plazo, puesto que ya ha sido probada en diferentes países del mundo. Se hace necesario que los Gobiernos Autónomos Descentralizados apoyen con incentivos los programas de generación y producción de biodiesel en sus jurisdicciones. A continuación se presenta los diferentes rendimientos por hectárea que se obtienen del biodiesel en función de las plantas que se procesen.

**Tabla 8.** Rendimiento por Hectárea de Biodiesel

<b>NOMBRE</b>	<b>LITROS</b>
Soja (Glicine max)	420
Arroz (Oriza sativa)	770
Tung (Aleurites fordii)	880
Girasol (Helianthus annuus)	890
Maní (Arachis hipogaea)	990
Colza (Brassica napus)	1100
Ricino (Ricinus communis)	1320
Jatropha (Jatropha Curcas)	1590
Aguacate (palta) (Persea americana)	2460
Coco (Cocos nucifera)	2510
Cocotero (Acrocomia aculeata)	4200

**Fuente:** (INIAP, 2020)



**Figura 28.** Elaboración de Biodiesel  
**Fuente:** (Nota, 2019)

## 2.5. Marco Referencial

### Internacional

La experiencia obtenida por los países en desarrollo muestra que las plantas de tratamiento de aguas residuales cuyos tratamientos biológicos son del tipo mecánico aerobio resultan complejos, costosos y de operación complicada, por lo que su vida útil es corta. (Libhaber & Jaramillo, 2012).

Según Macloni (2014), en su tesis “Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para el Municipio de San Juan Chamelo, Alta Verapaz, se propuso como objetivo diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para el Municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz. La investigación, determinó, en base a los resultados obtenidos, que el sistema propuesto para el tratamiento de aguas residuales alcanzará un 88.62%, de eficiencia global de remoción de la carga contaminante, este porcentaje toma como referencia el nivel de remoción de DBO. El aporte de esta tesis nos servirá de guía para la elaboración de nuestra propuesta de solución en el presente estudio.

Para los autores Rubio, J. & Montenegro, A. (2018) en el estudio realizado en la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto el proceso investigativo experimental para la construcción

de un Humedal Artificial para el tratamiento de aguas residuales domésticas de la 3era. Brigada de Fuerzas Especiales, Batallón de Servicios N°300, Distrito de Rioja, Provincia de Rioja, Departamento de San Martín, como resultado del trabajo realizado se determinó que el uso de humedales artificiales sub – superficiales de flujo horizontal en la recuperación de las aguas residuales domésticas con la planta herbácea juncos es eficiente, no presentaron malos olores, encharcamiento, ni presencia de vectores sobre su superficie.

Con relación al objeto de investigación definido en el presente trabajo se exponen las ventajas del uso de los humedales artificiales en el tratamiento de las aguas residuales domésticas y el valor agregado que se genera con el cultivo de una planta en este caso será de piñón y girasol mediante el tratamiento físico y químico de esta materia vegetal para generar biocarburante.

## **Nacional**

Según (IVAN, 2016), en su tesis “Diseño de la red de alcantarillado pluvial y sanitario para el control de inundaciones y el transporte adecuado de aguas residuales en el recinto n°87 “la isla” perteneciente al cantón coronel Marcelino Maridueña provincia del Guayas. El Recinto objeto del estudio, está determinado por la existencia de centros de estudios, un centro médico, una iglesia católica y un alberge, por lo tanto, es necesario realizar el estudio y diseño de un sistema de alcantarillado pluvial y sanitario acorde a los sistemas actuales de saneamiento.

Este proyecto cuenta con un diseño de sistema de alcantarillado pluvial y sanitario acorde a los parámetros de diseño actuales estipulados en la norma ecuatoriana de construcción, también cuenta con un análisis presupuestario para la construcción del mismo y el tiempo estimado de construcción del alcantarillado.

La investigación realizada por Barreno, A. (2018) sobre las aguas residuales domésticas y su incidencia en las condiciones sanitarias de los habitantes de la Comunidad Yayulihí del Cantón Quero, con el respaldo académico de la Universidad Técnica de Ambato donde se analiza la ponderación de los factores que inciden los problemas de insalubridad y se demuestra el incremento de la calidad de vida la población objeto de estudio al contar con el servicio de alcantarillado sanitario.

Bajo este contexto, se determina la pertinencia de la investigación analizada, por cuanto menciona los principales problemas que enfrenta la población de insalubridad, la importancia de las labores de saneamiento ambiental para la salud y la contribución que se genera para la protección del medio ambiente.

El estudio y selección de tecnologías de tratamiento de aguas residuales domésticas aplicadas a las cabeceras cantonales con poblaciones menores a 5000 habitantes mediante métodos naturales en la Provincia de Loja, realizado por Merino, C. (2010), realizado mediante el convenio entre la Universidad Técnica Particular de Loja y el SENESCYT, resalta la importancia del uso de tecnologías sostenibles para el tratamiento de las aguas residuales, con especial énfasis a los métodos naturales como una opción eficiente para las pequeñas y medianas comunidades para el reúso del agua.

La investigación antes mencionada se vincula con el tema propuesto puesto se busca reutilizar las aguas residuales domésticas mediante la utilización de tecnología sostenible, un humedal artificial que es básicamente una técnica de depuración natural para disminuir el impacto ambiental que se genera con la aplicación de esta medida eco eficiente y que busca coadyuvar al desarrollo de mejores condiciones de vida para la población beneficiaria con la generación de biocombustible con la producción de piñón y girasol propuesta, dado que el consumo mundial de aceites vegetales para usos tradicionales venía mostrando un crecimiento medio del 3% anual acumulativo con relación a años anteriores.

## **2.6. Marco Conceptual**

### **2.6.1. Definición de términos**

Con relación al proyecto que se desarrolla se detalla la definición de los términos utilizados:

- **Aerobio:** Medio acuoso con presencia del oxígeno molecular disuelto. (Noyola, Morgan, & Guereca, 2016)
- **Afluente:** Es el agua, agua residual u otro líquido que ingrese a un cuerpo de agua receptor, reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento. (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017)
- **Aguas grises:** Aguas residuales domésticas compuestas por agua con detergentes y jabones procedentes de la cocina, cuarto de baño, agua de los fregaderos y lavaderos. No incluye la proveniente de sanitarios. (Noyola, Morgan, & Guereca, 2016)
- **Aguas negras:** Aguas que contienen excretas humanas o de animales. Una particularidad importante es que su contenido de microorganismos potencialmente patógenos es muy alto. (Noyola, Morgan, & Guereca, 2016)

- **Agua residual:** Es el agua de composición variada proveniente de uso doméstico, industrial, comercial, agrícola, pecuario, o de otra índole, sea público o privado y que por tal motivo haya sufrido degradación en su calidad original. (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017)
- **Aguas residuales brutas:** Aguas residuales sin tratar, también conocidas como crudas. (Noyola, Morgan, & Guereca, 2016)
- **Aguas residuales domésticas:** Las aguas residuales domésticas son aquella que provienen de los desechos sólidos de los seres humanos y los quehaceres domésticos.
- **Aireación:** Técnica que se utiliza en el tratamiento de aguas para incorporar oxígeno al agua. La fuente de oxígeno es el aire y su transferencia hacia el líquido es por medios de aireadores mecánicos o sopladores a través de difusores de aire comprimido. (Noyola, Morgan, & Guereca, 2016)
- **Áreas Tributarias:** Es el área de escurrimiento de las aguas residuales domésticas.
- **Cámara de inspección:** Es una estructura de concreto con tapa removible para permitir el acceso a las tuberías para su limpieza.
- **Canales:** Conductos utilizados para el transporte de agua, para múltiples propósitos. (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017)
- **Carga contaminante:** Cantidad de un contaminante aportada en una descarga de aguas residuales, o presente en un cuerpo receptor expresada en unidades de masa por unidad de tiempo. (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017)
- **Carga máxima permisible:** Es el límite de carga de un parámetro que puede ser aceptado en la descarga a un cuerpo receptor o a un sistema de alcantarillado. (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017)
- **Caracterización de aguas residuales:** Proceso destinado al conocimiento integral y estadísticamente confiable de las características del agua residual (doméstica e industrial) e integrado por la toma de muestras, medición de caudal e identificación de los componentes físicos, químicos, biológicos y microbiológicos. (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017)
- **Caudal ambiental:** Los caudales o flujos ambientales pueden ser definidos como el régimen hídrico requerido para mantener la integridad, productividad, servicios y beneficios de los ecosistemas acuáticos, particularmente cuando se sujeta a regulación del caudal y alta competencia debido a la existencia de múltiples usos. (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017)

- **Contaminación del agua:** Cualquier alteración de las características físicas, químicas o biológicas, en concentraciones tales que la hacen no apta para el uso deseado, o que causa un efecto adverso al ecosistema acuático, seres humanos o al ambiente en general. (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017)
- **Contaminantes biológicos:** Organismos vivos tales como virus, bacterias, hongos y parásitos que pueden causar efectos dañinos sobre la salud de los seres humanos o animales. (Noyola, Morgan, & Guereca, 2016)
- **Contaminantes tóxicos del agua:** compuestos que no son encontrados de forma natural en el agua y vienen dados en concentraciones que causan la muerte, enfermedad, o defectos de nacimiento en organismos que los ingieren o absorben. (Noyola, Morgan, & Guereca, 2016)
- **Criterio de calidad del agua:** Concentración numérica o enunciado descriptivo recomendado sobre parámetros físicos, químicos y biológicos para mantener determinado uso benéfico del agua. Los criterios de calidad para diversos usos del agua son la base para determinación de los objetivos de calidad en los tramos de un cuerpo receptor. Esta determinación generalmente demanda un proceso de modelación del cuerpo receptor, las cargas futuras de contaminantes y la capacidad de asimilación del recurso hídrico. (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017)
- **DBO o Demanda Biológica de Oxígeno:** Es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable existente en un agua residual. Es por tanto una medida del componente orgánico que puede ser degradado mediante procesos biológicos. Se puede decir por tanto que la DBO representa la cantidad de materia orgánica biodegradable y la DQO representa tanto la materia orgánica biodegradable como la no biodegradable. (HIDRITEC, 2016)
- **Depuración o tratamiento de aguas residuales:** Significa la purificación o remoción de contaminantes de las aguas residuales. (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017)
- **Descarga de aguas residuales:** Acción de verter aguas residuales a un sistema de alcantarillado o cuerpo receptor. (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017)
- **Descarga puntual:** Cualquier fuente definida de la cual se descargan o pueden descargarse contaminantes. (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017)
- **Descarga no puntual:** Es aquella en la que no se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo receptor, tal es el caso de descargas provenientes de escorrentía

pluvial, escorrentía agrícola u otros similares. (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017)

- **Disposición final:** Es el almacenamiento o forma de eliminar las aguas residuales domésticas. (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017)
- **DQO o Demanda Química de Oxígeno:** Es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar toda la materia orgánica y oxidable presente en un agua residual. Es por tanto una medida representativa de la contaminación orgánica de un efluente siendo un parámetro a controlar dentro de las distintas normativas de vertidos y que nos da una idea muy real del grado de toxicidad del vertido. Existen distintas formas de disminuir la DQO como los tratamientos físico-químicos, la electrocoagulación y el ozono. (HIDRITEC, 2016)
- **Eficiencia de tratamiento:** Relación entre la masa o concentración removida de un parámetro específico y la correspondiente masa o concentración en el afluente, para un proceso o planta de tratamiento. Generalmente se expresa en porcentaje (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017)
- **Humedal artificial:** Sistema de tratamiento de aguas residuales que se basa en procesos físicos, químicos y biológicos que se encuentran típicamente en los humedales naturales para tratar un flujo relativamente constante de aguas residuales tratadas. (Nriagu, 1980)
- **Humedales artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal:** El agua ingresa en forma permanente. Es aplicada en la parte superior de un extremo y recogida por un tubo de drenaje en la parte opuesta inferior. El agua residual se trata a medida que fluye lateralmente a través de un medio poroso (flujo pistón). El agua residual no ingresa directamente al medio granular principal (cuerpo), sino que existe una zona de amortiguación generalmente formada por grava de mayor tamaño. (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010)
- **Humedales artificiales de Flujo Superficial Libre:** Se refieren a un sistema de tratamiento, es así que atraviesa los tallos de las plantas, se ubican en la parte superior, con una profundidad aproximadamente de 0,6m (Observatorio del Agua, 2017)
- **Humedales artificiales de Flujo Vertical:** el agua fluye verticalmente a través de filtro formado con raíces de las plantas acuáticas y el conjunto de microbios, para la aireación requiere tubos que facilitan la entrada del oxígeno, esto ayuda a la degradación de los agentes contaminantes (Lara, 2012)

- **Parámetros físicos del agua:** Son los aspectos que se consideran para medir la calidad del agua, los más comunes son: transparencia, temperatura, turbidez, color, olor, sabor, temperatura, conductividad eléctrica, pH
- **Parámetros microbiológicos:** Son aquellos que se utilizan para determinar la presencia de las bacterias, virus, protozoos y otros microorganismos para medir la salubridad de las aguas. Los parámetros de esta categoría más comunes son: coliformes totales, estreptococos fecales, coliformes fecales.
- **Parámetros químicos:** Son los más importantes para definir la calidad del agua y se aplican en función de los usos que se le dé al agua: uso doméstico, uso industrial, riego, bebida para ganado, recreo, vida acuática.

**Tabla 9 Parámetros químicos según el uso del agua**

Usos del agua	Parámetros químicos
Uso doméstico	Turbidez, sólidos disueltos, tóxicos, coliformes
Uso industrial	Sólidos disueltos y en suspensión
Riego	Sólidos disueltos, contenido de sodio.
Bebida para ganado	Libre de parásitos y patógenos
Recreo	Turbidez, tóxicos, coliformes
Vida acuática	Oxígeno disuelto, compuestos organoclorados

**Fuente:** (Secretaría del Agua, 2016)

- **Reutilización:** Es la forma en que se va a emplear el agua residual doméstica tratada. (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017)
- **Sistema de alcantarillado sanitario:** Es el diseño de la recolección de aguas residuales domésticas para transportarlas hasta la planta de tratamiento.
- **Tasa de Tratamiento de Aguas Residuales:** Relación de las aguas residuales que fluyen hacia el sistema de tratamiento y las que fluyen en el sistema de colección. (Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research (CISPDR), 2016)
- **Tratamiento avanzado:** Es el tratamiento adicional necesario para remover nutrientes y sustancias principalmente disueltas que permanecen juntas después del tratamiento secundario. (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017)
- **Tratamiento biológico:** Procesos de tratamiento en los cuales se intensifican la acción natural de los microorganismos para estabilizar la materia orgánica presente. Usualmente se utilizan para la remoción de material orgánico disuelto. (Aguas Nacionales, 2013)

- **Tratamiento convencional:** procesos de tratamiento bien conocidos y utilizados en la práctica. Generalmente se refiere a procesos de tratamiento primario o secundario. Se excluyen los procesos de tratamiento terciario o avanzado. (Aguas Nacionales, 2013)
- **Tratamiento convencional para potabilizar el agua:** En general procesos de decantación, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección. (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017)
- **Tratamiento convencional de aguas residuales:** Es aquel que está conformado ya sea por un tratamiento preliminar, un tratamiento primario, un tratamiento secundario y un tratamiento avanzado aplicado de manera individual o en conjunto de acuerdo a la eficiencia requerida. (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017)
- **Tratamiento de aguas residuales:** Es un conjunto de procesos físicos, químicos que se aplican al agua residual para evitar un gran impacto ambiental. (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017).
- **Tratamiento primario:** tratamiento en el que se remueve una porción de los sólidos suspendidos y de la materia orgánica del agua residual. Esta remoción normalmente es realizada por operaciones físicas como la sedimentación. El efluente del tratamiento primario usualmente contiene alto contenido de materia orgánica y una relativamente alta DBO. (Aguas Nacionales, 2013)
- **Tratamiento secundario:** es aquel directamente encargado de la remoción de la materia orgánica y los sólidos suspendidos. (Aguas Nacionales, 2013)
- **Valores de línea base:** Parámetros o indicadores que representan cuantitativamente y cualitativamente las condiciones de línea base (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017).

## 2.7. Marco Legal

### 2.7.1. Constitución de la República del Ecuador (2008)

**TÍTULO II**  
**DERECHOS**  
**CAPÍTULO SEGUNDO**  
**DERECHOS DEL BUEN VIVIR**

**SECCIÓN PRIMERA**  
**AGUA Y ALIMENTACIÓN**

**Art.12.-** El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

**SECCIÓN SEGUNDA**  
**AMBIENTE SANO**

**Art.14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

**Art.15.-** El Estado promoverá en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

**SECCIÓN SEXTA**  
**HÁBITAT Y VIVIENDA**

**Art.31.-** Las personas tienen derecho al disfrute pleno de la ciudad y de sus espacios públicos, bajo los principios de sustentabilidad, justicia social, respeto a las diferentes culturas urbanas y equilibrio entre lo urbano y lo rural. El ejercicio del derecho a la ciudad se basa en la gestión democrática de ésta, en función social y ambiental de la propiedad y de la ciudad, y en el ejercicio pleno de la ciudadanía.

**TÍTULO IV**  
**ORGANIZACIÓN TERRITORIAL DEL ESTADO**  
**CAPÍTULO TERCERO**  
**GOBIERNOS AUTÓNOMOS DESCENTRALIZADOS Y RÉGIMENES ESPECIALES**

**CAPÍTULO CUARTO**  
**RÉGIMEN DE COMPETENCIAS**

**Art. 264.-** Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley

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

**2.7.1. TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE**

**LIBRO VI**  
**CALIDAD AMBIENTAL**

**TÍTULO I**  
**PREDISPOSICIONES PRELIMINARES**

**Art.1.- Ámbito.-** El presente Libro establece los procedimientos y regula las actividades y responsabilidades públicas y privadas en materia de calidad ambiental. Se entiende por calidad ambiental al conjunto de características del ambiente y la naturaleza que incluye el aire, el agua, el suelo y la biodiversidad, en relación a la ausencia o presencia de agentes nocivos que puedan afectar al mantenimiento y regeneración de los ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos de la naturaleza.

**SECCIÓN II**  
**CALIDAD DE LOS COMPONENTES ABIÓTICOS**

**PARÁGRAFO I**  
**DEL AGUA**

**Art.209.- De la calidad del agua. -** Son las características físicas, químicas y biológicas que establecen la composición del agua y la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la

población y el equilibrio ecológico. La evaluación y control de la calidad de agua, se la realizará con procedimientos analíticos, muestreos y monitoreos de descargas, vertidos y cuerpos receptores; dichos lineamientos se encuentran detallados en el Anexo I.

**Tabla 10. Límites de Descarga a un cuerpo de Agua Dulce**

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
<b>Aceites y grasas</b>	Sustancias solubles en hexano	mg/l	30
<b>Coliformes fecales</b>	NMP	NMP/100ml	2000
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	$DBO_5$	mg/l	100
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	DQO	mg/l	200
<b>Nitrógeno total Kjeldhal</b>	N	mg/l	50
<b>Fósforo total</b>	P	mg/l	10
<b>Potencial hidrógeno</b>	pH		5-9
<b>Sólidos Suspendidos totales</b>	SST	mg/l	130
<b>Sólidos totales</b>	ST	mg/l	1600
<b>Temperatura</b>	°C		Condición natural +/- 3
<b>Tensoactivos</b>	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5

**Fuente:** (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017)

En cualquier caso, la Autoridad Ambiental Competente, podrá disponer al Sujeto de control responsable de las descargas y vertidos, que realice muestreos de sus descargas, así como del cuerpo de agua receptor.

Toda actividad antrópica deberá realizar las acciones preventivas necesarias para no alterar y asegurar la calidad y cantidad de agua de las cuencas hídricas, la alteración de la composición físico-química y biológica de fuentes de agua por efecto de descargas y vertidos líquidos o disposición de desechos en general u otras acciones negativas sobre sus componentes, conllevará las sanciones que correspondan a cada caso.

**Art.210.- Prohibición.** – De conformidad con la normativa legal vigente:

- a) Se prohíbe la utilización de agua de cualquier fuente, incluida las subterráneas, con el propósito de diluir efluentes líquidos no tratados;
- b) Se prohíbe la descarga y vertido que sobrepase los límites permisibles o criterios de calidad correspondientes establecidos en este Libro, en las normas técnicas o anexos de aplicación.
- c) Se prohíbe la descarga y vertidos de aguas servidas o industriales, en quebradas secas o nacimientos de cuerpos hídricos u ojos de agua; y,
- d) Se prohíbe la descarga y vertidos de aguas servidas o industriales, sobre cuerpos hídricos, cuyo caudal mínimo anual no esté en capacidad de soportar la descarga; es decir que, sobrepasa la capacidad de carga del cuerpo hídrico.

La Autoridad Ambiental Nacional, en coordinación con las autoridades del Agua y agencias de regulación competentes, son quienes establecerán los criterios bajo los cuales se definirá la capacidad de carga de los cuerpos hídricos mencionados.

**Art.211.- Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales.** – La Autoridad Ambiental Competente en coordinación con la Agencia de Regulación y Control del Agua, verificará el cumplimiento de las normas técnicas en las descargas provenientes de los sistemas de tratamiento implementados por los Gobiernos Autónomos Descentralizados.

Las actividades productivas, se sujetarán a lo dispuesto en el presente Libro y a la normativa técnica que para el efecto emita la Autoridad Ambiental Nacional.

La gestión y el mantenimiento de sistemas de tratamiento de agua deberán ser monitoreados y evaluados por medio de los mecanismos de control y seguimiento establecidos en este Libro.

## **CAPÍTULO IX**

### **PRODUCCIÓN LIMPIA, CONSUMO SUSTENTABLE Y BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES**

**Art. 232.- Consumo Sustentable.** – Es el uso de productos y servicios que responden a necesidades básicas y que conllevan a una mejor calidad de vida, además minimizan el uso de

recursos naturales, materiales tóxicos, emisiones de desechos y contaminantes durante todo su ciclo de vida y que no comprometen las necesidades de las futuras generaciones.

**Art. 233.- Producción limpia.** – Significa la aplicación continua de estrategias y prácticas ambientales preventivas, reparadoras e integradas en los procesos, productos y servicios, con el fin de reducir los riesgos para las personas, precautelar los derechos de la naturaleza y el derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.

**Art. 234.- Buenas Prácticas Ambientales.** - Es un compendio de actividades, acciones y procesos que facilitan, complementan o mejoran las condiciones bajo las cuales se desarrolla cualquier obra, actividad o proyecto, reducen la probabilidad de contaminación, y aportan en el manejo, mitigación, reducción o prevención de los impactos ambientales negativos. Aquellas políticas de responsabilidad social empresarial tienen un enfoque ambiental (fomento de viveros, actividades de reforestación y restauración ambiental participativa, apoyo a actividades de aprovechamiento de residuos sólidos y orgánicos, entre otras), pueden ser consideradas un ejemplo de buenas prácticas ambientales.

**Art. 245.- De las tecnologías.** - La Autoridad Ambiental Nacional fomentará la investigación, la innovación y el desarrollo en el campo de diversas tecnologías, tanto a través de la cooperación nacional como internacional, para la aplicación de tecnologías limpias, económicamente viables y socialmente aceptables.

Se fomentará y fortalecerá en el marco de lo establecido en este Libro y en la aplicación de otros mecanismos pertinentes, la diversificación de tecnologías limpias y uso de productos orgánicos para la producción agropecuaria, con niveles de calidad aceptables por norma para consumo interno y externo, bajo el principio de respeto a la soberanía alimentaria.

## **2.7.2. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua**

### SECCIÓN III

#### GESTIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

**Art. 36.- Deberes estatales en la gestión integrada.** - El Estado y sus instituciones en el ámbito de sus competencias son los responsables de la gestión integrada de los recursos hídricos por cuenca hidrográfica. En consecuencia, son los obligados a:

- a) Promover y garantizar el derecho humano al agua.
- b) Regular los usos, el aprovechamiento del agua y las acciones para preservarla en cantidad y calidad mediante un manejo sustentable a partir de normas técnicas y parámetros de calidad
- c) Conservar y manejar sustentablemente los ecosistemas marino costeros, alto andinos y amazónicos, en especial páramos, humedales y todos los ecosistemas que almacenan agua.

### SECCIÓN IV

#### SERVICIOS PÚBLICOS

**Art.37.- Servicios Públicos Básicos.** - Para efectos de esta Ley, se considerarán servicios públicos básicos, los de agua potable y saneamiento ambiental relacionados con el agua. La provisión de estos servicios presupone el otorgamiento de una autorización de uso.

La provisión de agua potable comprende los procesos de captación y tratamiento de agua cruda, almacenaje y transporte, conducción, impulsión, distribución, consumo, recaudación de costos, operación y mantenimiento.

La certificación de calidad del agua potable para consumo humano deberá ser emitida por la autoridad nacional de salud.

El saneamiento ambiental en relación con el agua comprende las siguientes actividades:

- 1. Alcantarillado sanitario:** Recolección y conducción, tratamiento y disposición final de aguas residuales y derivados del proceso de depuración; y,
- 2. Alcantarillado pluvial:** Recolección, conducción y disposición final de aguas lluvia.

El alcantarillado pluvial y sanitario constituyen sistemas independientes sin interconexión posible, los gobiernos autónomos descentralizados municipales exigirán la implementación de estos sistemas en la infraestructura urbanística.

**Art.38.- Prohibición de autorización del uso o aprovechamiento de aguas residuales.** - La Autoridad Única del Agua no expedirá autorización de uso y aprovechamiento de aguas residuales en los casos que obstruyan, limiten o afecten la ejecución de proyectos de saneamiento público o cuando incumplan con los parámetros en la normativa para cada uso.

## **SECCIÓN VI GESTIÓN COMUNITARIA DEL AGUA**

**Art. 56.- Garantía de derechos y servicios públicos.** - En garantía de los derechos reconocidos constitucionalmente, la Autoridad Única del Agua y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, promoverán y apoyarán las iniciativas comunitarias y las alianzas entre entidades de los sectores público y comunitario para la eficiente prestación de los servicios públicos.

### **TÍTULO III DERECHOS, GARANTÍAS Y OBLIGACIONES**

#### **CAPÍTULO I DERECHO HUMANO AL AGUA**

**Art. 57.- Definición.** - El derecho humano al agua es el derecho de todas las personas a disponer de agua limpia, suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico en cantidad, calidad, continuidad y cobertura.

Forma parte de este derecho el acceso al saneamiento ambiental que asegure la dignidad humana, la salud, evite la contaminación y garantice la calidad de las reservas de agua para consumo humano.

El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. Ninguna persona puede ser privada y excluida o despojada de este derecho.

El ejercicio del derecho humano al agua será sustentable, de manera que pueda ser ejercido por las futuras generaciones. La Autoridad Única del Agua definirá reservas de agua de calidad para el consumo de las presentes y futuras generaciones, y será responsable de la ejecución de políticas relacionadas con la efectividad del derecho humano al agua.

#### **CAPÍTULO VIII OBLIGACIONES DEL ESTADO PARA EL DERECHO HUMANO AL AGUA**

#### **SECCIÓN II DE LOS USOS DEL AGUA**

**Art. 86.- Agua y su prelación.** - De conformidad con la disposición constitucional, el orden de prelación entre los diferentes destinos o funciones del agua es:

- a) Consumo humano
- b) Riego que garantice la soberanía alimentaria

- c) Caudal ecológico
- d) Actividades productivas

El agua para riego que garantice la soberanía alimentaria comprende el abrevadero de animales, acuicultura y otras actividades de la producción agropecuaria alimentaria doméstica; de conformidad con el Reglamento de esta Ley.

### **SECCIÓN III**

#### **CONDICIONES DE AUTORIZACIÓN PARA APROVECHAMIENTO**

**Art. 93.- Definición.** - El aprovechamiento productivo del agua lo constituyen actividades como riego para economía popular y solidaria, agro industria, producción agropecuaria o producción acuícola de exportación u otras actividades productivas como turismo, generación de hidroelectricidad, producción industrial; explotación minera y de refinación de minerales; hidrocarburos, envasado y comercialización de aguas minerales, medicinales, tratadas, enriquecidas o que tengan procesos certificados de purificación y calidad; y otras actividades productivas que impliquen el aprovechamiento del agua.

Para el aprovechamiento productivo del agua se requerirá de la Autorización Administrativa que otorga la Autoridad Única del Agua, previa solicitud de conformidad con la planificación hídrica, los requisitos y condiciones que establece esta Ley.

El aprovechamiento del agua para actividades productivas comprende su utilización en actividades no consideradas en la soberanía alimentaria, según la definición de esta Ley, cuando se trate de producción agropecuaria o acuícola.

En las demás actividades productivas que aprovechan el agua, es indiferente el destino de la producción al mercado interno o externo.

La autorización para el aprovechamiento del agua en actividades productivas confiere al titular de esta, de manera exclusiva, la capacidad para la captación, tratamiento, conducción y utilización del caudal a que se refiera la autorización. El titular deberá instalar a su cargo los aparatos de medición del flujo de agua en los términos que defina la Autoridad Única del Agua.

#### **2.7.3. Norma ASTM C 31/C 31M – 03<sup>a</sup> (American Society of Testing Materials)**

##### **2.7.3.1. Reglamento Técnico Ecuatoriano (NTE INEN)**

##### **2.7.3.2. Normas generales para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado**

1. Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado proveniente del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas. Las descargas tratadas deben cumplir con los valores establecidos.
2. Las descargas líquidas de sistema de potabilización de aguas no deberán disponer en sistemas de alcantarillado, a menos que exista capacidad de recepción en la planta de tratamiento proyectadas en los planes maestros o programas de control de la contaminación. En implementación de la Autoridad Ambiental Nacional o las Autoridades Ambientales Competentes que corresponda.
3. Cuando los sujetos de control, aun cumpliendo con las normas de descarga, contribuyan con una concentración que afecte a la planta de tratamiento, la entidad prestadora de servicio podrá exigirles valores más restrictivos en la descarga, previo a los estudios técnicos que deberán realizar para justificar esta decisión.
4. Se prohíbe descarga en un sistema público de alcantarillado sanitario, combinado o pluvial cualquier sustancia que pudiere bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos explosivos o del mal olor, o que pudiere deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros:
  - Fragmentos de piedras, cenizas, vidrios, arenas, basura, fibras, fragmentos de cuero, textiles, etc. (los sólidos no deben ser descargados ni aún después de haber sido triturados)
  - Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de carbono.
  - Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán y sus emulsiones de aceites, residuos líquidos que tienden a endurecerse.
  - Gasolinas, petróleo, aceites vegetales y animales, aceites minerales usados, hidrocarburos clorados, ácidos y álcalis.
  - Cianuro, ácido hidrozóico y sus sales, carburos que forman acetileno y sustancias tóxicas.
5. La **EPS** podrá solicitar a la entidad ambiental de control, la autorización necesaria para que los regulados, de manera parcial o total descarguen al sistema de alcantarillado efluente, cuya calidad se encuentra encima de los estándares para descarga a un sistema de alcantarillado, establecidos en la presente norma.

La EPS deberá cumplir con los parámetros de descargas hacia un cuerpo de agua, establecidos en esta norma.

6. Las descargas al sistema de alcantarillado provenientes de actividades sujetas a regularización, deberán cumplir, al menos, con los valores establecidos en la TABLA 7, en la cual las concentraciones corresponden a valores medios diarios.

**Tabla 11.** Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

<b>PARÁMETROS</b>	<b>EXPRESADO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>LÍMITE</b>
<b>Aceites y grasas</b>	Solubles en	mg/l	70.0
<b>Explosivos o</b>	Sustancias	mg/l	Cero
<b>Alkil mercurio</b>		mg/l	No detectable
<b>Aluminio</b>	Al	mg/l	5.0
<b>Arsénico total</b>	As	mg/l	0.1
<b>Cadmio</b>	Cd	mg/l	0.02
<b>Cianuro total</b>	CN	mg/l	1.0
<b>Zinc</b>	Zn	mg/l	10.0
<b>Cloro activo</b>	Cl	mg/l	0.5
<b>Cloroformo</b>	Extracto	mg/l	0.1
<b>Cobalto total</b>	Co	mg/l	0.5
<b>Cobre</b>	Cu	mg/l	1.0
<b>Compuestos</b>	Expresados	mg/l	0.2
<b>Compuestos</b>	Organoclorad	mg/l	0.05
<b>Cromo</b>	$Cr^{+6}$	mg/l	0.5
<b>Demanda Bioquímica de oxígeno</b>	$DBO_5$	mg/l	250.0
<b>Demanda Química de oxígeno</b>	DQO	mg/l	500.0
<b>Dicloroetilino</b>	Dicloroetilino	mg/l	1.0
<b>Fósforo Total</b>	P	mg/l	15.0
<b>Hidrocarburos</b>	TPH	mg/l	20.0
<b>Hierro total</b>	Fe	mg/l	25.0
<b>Manganeso</b>	Mn	mg/l	10.0
<b>Mercurio</b>	Hg	mg/l	0.01
<b>Níquel</b>	Ni	mg/l	2.0
<b>Nitrógeno</b>	N	mg/l	60.0
<b>Organofosfora</b>	Especies	mg/l	0.1
<b>Plata</b>	Ag	mg/l	0.5
<b>Plomo</b>	Pb	mg/l	0.5
<b>Potencial hidrógeno</b>	pH	mg/l	6-9
<b>Selenio</b>	Se	mg/l	0.5

<b>Sólidos</b>		mg/l	20.0
<b>Sólidos totales</b>		mg/l	220.0
<b>Sulfatos</b>	$SO_{4-2}$	mg/l	1600.0
<b>Sulfuros</b>	$S^{-2}$	mg/l	400.0
<b>Temperatura</b>	°C	mg/l	1.0
<b>Tensoactivos</b>	Sustancias	mg/l	<40.0
<b>Tetradoruro de</b>	Tetracloruro	mg/l	2.0
<b>Tricloetileno</b>	Tetracloroetilen	mg/l	1.0

**Fuente:** (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017)

### 2.7.3.3. Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce

Los municipios tendrán la facultad de definir las cargas máximas permisibles a los cuerpos receptores de los sujetos de control, como resultado del balance de masas para cumplir con los criterios de calidad para defensa de los usos asignados en condiciones de caudal crítico y cargas contaminantes futuras. Estas cargas máximas serán aprobadas y validadas por la Autoridad Ambiental Nacional y estarán consignadas en los permisos de descarga. Si el sujeto de control es un municipio, este podrá proponer las cargas máximas permisibles para sus descargas las cuales deben estar justificadas técnicamente y serán revisadas y aprobadas por la Autoridad Nacional Competente.

1. La determinación de la carga máxima permisible para una descarga determinada se efectúa mediante la siguiente relación desarrollada a través de un balance de masa, en el punto de descarga, en cualquier sistema consistente de unidades.

En donde:

$$Q_e \cdot C_e = (Q_e + Q_r)C_C - Q_r C_r$$

$C_e$  = concentración media diaria (del contaminante) máxima permitida en la descarga (o efluente tratado), para mantener el objetivo de calidad en el tramo aguas debajo de la descarga, en condiciones futuras.

$C_e$  = concentración media diaria igual al criterio de calidad para el uso asignado en el tramo aguas abajo de la descarga.

$C_r$  = concentración del contaminante en el tramo aguas arriba de la descarga, cuyo valor debe ser menor que la concentración que el criterio de calidad  $C_e$ .

$Q_r$  = caudal crítico de cuerpo receptor, generalmente correspondiente a un período de recurrencia de 10 años y siete días consecutivos o caudal con una garantía del 85% antes de la descarga o caudal ambiental.

$Q_e$  = caudal de la descarga en condiciones futuras (generalmente se considera de 25 años, período que es el utilizado en el diseño de las obras de descontaminación).

Ante la inaplicabilidad para un caso específico de algún parámetro establecido en la presente norma o ante la ausencia de un parámetro relevante para la descarga bajo estudio, la Autoridad Ambiental Nacional deberá establecer los criterios de calidad en el cuerpo receptor para los caudales mínimos y cargas contaminantes futuras. La carga máxima permisible que deberá cumplir el sujeto de control será determinada mediante balance de masa del parámetro en consideración.

La Entidad Ambiental de Control determinará el método para el muestreo del cuerpo receptor en el área de afectación de la descarga, esto incluye el tiempo y el espacio para la realización de la toma de muestras.

2. Para el caso en el cual el criterio de calidad es la concentración de bacterias, la correspondiente modelación bacteriana es de carácter obligatorio, como parte de un Plan Maestro de Control de la Contaminación del Agua.
3. En los tramos del cuerpo de agua en donde se asignen usos múltiples, las normas para descargas se establecerán considerando los valores más restrictivos de cada uno de los parámetros fijados para cada uno.
4. En condiciones especiales de ausencia de estudios del cuerpo receptor, falta de definición de usos del agua (como es el caso de pequeñas municipalidades que no pueden afrontar el costo de los estudios), se utilizarán los valores de la tabla que se presenta a continuación de limitaciones a las descargas a cuerpos de agua dulce, en forma temporal, con el aval de la Autoridad Ambiental Competente. Las concentraciones corresponden a valores medios diarios.

**Tabla 12.** Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

<b>PARÁMETROS</b>	<b>EXPRESADO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>LÍMITE</b>
<b>Aceites y grasas</b>	Solubles en	mg/l	30.0
<b>Alkil mercurio</b>		mg/l	No detectable
<b>Aluminio</b>	Al	mg/l	5.0
<b>Arsénico total</b>	As	mg/l	0.1
<b>Bario</b>	Ba	mg/l	2.0

<b>Boro Total</b>	B	mg/l	2.0
<b>Cadmio</b>	Cd	mg/l	0.02
<b>Cianuro total</b>	CN	mg/l	0.10
<b>Zinc</b>	Zn	mg/l	5.0
<b>Cloro activo</b>	Cl	mg/l	0.5
<b>Cloroformo</b>	Ext. Carbón	mg/l	0.1
<b>Cloruros</b>	Cl	mg/l	1000
<b>Cobalto</b>	Co	mg/l	0.5
<b>Cobre</b>	Cu	mg/l	1.0
<b>Coliformes</b>	NMP	NMP/100ml	10000
<b>Color real</b>	Color real	Unidades de	Inapreciable
<b>Compuestos</b>	Fenol	mg/l	0.05
<b>Cromo</b>	$Cr^{+6}$	mg/l	0.5
<b>Demanda Bioquímica de oxígeno</b>	$DBO_5$	mg/l	100.0
<b>Demanda Química de oxígeno</b>	DQO	mg/l	200.0
<b>Estaño</b>	Sn	mg/l	5.0
<b>Fluoruros</b>	F	mg/l	5.0
<b>Fósforo Total</b>	P	mg/l	10.0
<b>Hierro total</b>	Fe	mg/l	10.0
<b>Manganeso</b>	Mn	mg/l	2.0
<b>Materia</b>	Visibles		Ausencia
<b>Mercurio total</b>	Hg	mg/l	0.005
<b>Níquel</b>	Ni	mg/l	2.0
<b>Nitrógeno</b>	N	mg/l	30.0
<b>Nitrógeno total</b>	N	mg/l	50.0
<b>Compuestos</b>	Organoclorado	mg/l	0.05
<b>Compuestos</b>	Organofosforado	mg/l	0.1
<b>Plata</b>	Ag	mg/l	0.1
<b>Plomo</b>	Pb	mg/l	0.2
<b>Potencial hidrógeno</b>	pH	mg/l	6-9
<b>Selenio</b>	Se	mg/l	0.1
<b>Sólidos</b>	SS	mg/l	130.0
<b>Sólidos totales</b>	SST	mg/l	1600.0
<b>Sulfatos</b>	$SO_{4-2}$	mg/l	1000.0
<b>Sulfuros</b>	$S^{-2}$	mg/l	0.5
<b>Temperatura</b>	°C		Condición
<b>Tensoactivos</b>	Sustancias	mg/l	0.5
<b>Tetradoruro de</b>	Tetracloruro	mg/l	1.0
<b>Tricloroetileno</b>	Tetracloroetilen	mg/l	1.0

**Fuente:** (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017)

5. Los lixiviados generados en los rellenos sanitarios cumplirán con las normas fijadas considerando el criterio de calidad de acuerdo al uso del cuerpo receptor.

6. Las aguas provenientes de la explotación petrolífera y de gas natural, podrán ser reinyectadas de acuerdo a lo establecido en las leyes, reglamentos y normas específicas, que se encuentren en vigencia, para el sector hidrocarburífero.
7. Cuando los regulados, aun cumpliendo con las normas de descarga, produzcan concentraciones en el cuerpo receptor, que excedan los criterios de calidad para el uso o los usos asignados al agua, la Autoridad Ambiental Competente podrá exigirles valores más restrictivos en la descarga.
8. Las aguas residuales que no cumplan, con los parámetros de descarga establecidos en esta Norma, deberán ser tratadas adecuadamente, sea cual fuere su origen: público o privado. Los sistemas de tratamiento deben contar con un plan de contingencias frente a cualquier situación que afecte su eficiencia.
9. Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia los cuerpos receptores, canales de conducción de agua a embalses, canales de riego o canales de drenaje pluvial, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos y otras sustancias tóxicas.

#### **2.7.3.4. Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua marina**

1. Se prohíbe la descarga de aguas residuales domésticas e industriales a cuerpos de agua salobre y marina, sujetos a la influencia de flujo y reflujos de mareas. Todas las descargas a cuerpos de agua estuarinos, sin excepción, deberán ser interceptadas para tratamiento y descarga de conformidad con las disposiciones de esta norma. Las Municipalidades deberán incluir en sus planes maestros o similares, las consideraciones para el control de la contaminación de este tipo de cuerpos receptores, por efecto de la escorrentía pluvial urbana.
2. Las descargas de efluentes a cuerpos de agua marina, se efectuarán teniendo en cuenta la capacidad de asimilación del medio receptor y de acuerdo al uso del recurso que se haya fijado para cada zona en particular.
- 2.1. Las descargas de efluentes a cuerpos de agua marina para zonas del litoral consideradas de interés turístico y donde se priorice la defensa de la calidad del agua para recreación con contacto primario, deberán ser dispuestas previo tratamiento, mediante emisarios submarinos y en estricto cumplimiento de los límites fijados en la norma, cuyas

concentraciones corresponden a valores medios diarios. Para la instalación de emisarios submarinos se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Se aplicará de forma obligatoria y como mínimo, un tratamiento primario antes de la cámara de carga del emisario submarino.
- b) Los diseños e instalaciones de los emisarios submarinos que propongan los regulados, serán sometidos a aprobación de la Autoridad Ambiental Nacional y deberán contar con el respectivo proceso de licenciamiento ambiental.
- c) Para los sujetos de control que actualmente descargan sus efluentes tratados en la línea de playa y que, por las consideraciones de la presente norma, deban instalar emisarios submarinos, se concederá un plazo de 12 meses para presentar los respectivos proyectos e iniciar el proceso de licenciamiento ambiental. Una vez aprobado el proyecto y obtenida la Licencia Ambiental se concederá un plazo de dos años para la instalación y puesta en marcha de los mismos. Para los nuevos sujetos de control, los proyectos de diseño e instalación de emisarios submarinos deberán contemplarse como parte integral del proceso de obtención de la licencia ambiental con los plazos que la Autoridad Ambiental Nacional fije en el respectivo Plan de Manejo.

**2.2.** Las descargas de efluentes a cuerpos de agua marina para sectores no considerados en el artículo 5.2.5.2.1, deberán cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en la presente norma, cuyas concentraciones corresponden a valores medios diarios.

**2.3.** Se prohíbe la descarga en zonas de playa, de aguas de desecho de eviscerado y de todo desecho sólido proveniente de actividades de transformación de peces y mariscos, sean a nivel artesanal o industrial. Las vísceras, conchas y demás residuos sólidos deberán disponerse como tal y las aguas residuales deberán tratarse y disponerse según lo dispuesto en la presente norma.

**Tabla 13** Límite de descarga a un cuerpo de agua marina

<b>PARÁMETROS</b>	<b>EXPRESADO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>LÍMITE Máximo (A)</b>	<b>PERMISIBLE (B)</b>
<b>Aceites y grasas</b>	Sust.	mg/l	30.0	30.0
<b>Arsénico</b>	As	mg/l	0.5	0.5
<b>Aluminio</b>	Al	mg/l	5.0	5.0
<b>Cianuro</b>	CN	mg/l	0.2	0.2
<b>Zinc</b>	Zn	mg/l	10.0	10.0
<b>Cobre</b>	Cu	mg/l	1.0	1.0
<b>Cobalto</b>	Co	mg/l	0.5	0.5
<b>Coliformes</b>	NMP	NMP/100ml	10000	10000
<b>Color real</b>	Color real	Unidades de	Inapreciable	Inapreciable

<b>Compuestos</b>	Fenol	mg/l	0.2	0.2
<b>Cromo</b>	$Cr^{+6}$	mg/l	0.5	0.5
<b>Demanda Bioquímica de oxígeno</b>	$DBO_5$	mg/l	200.0	400.0
<b>Demanda Química de oxígeno</b>	DQO	mg/l	400.0	600.0
<b>Hidrocarburos</b>	TPH	mg/l	20.0	20.0
<b>Materia</b>	Visibles		Ausencia	Ausencia
<b>Mercurio</b>	Hg	mg/l	0.01	0.01
<b>Nitrógeno</b>	N	mg/l	40.0	40.0
<b>Potencial hidrógeno</b>	pH	mg/l	6-9	6-9
<b>Sólidos</b>		mg/l	250.0	250.0
<b>Sulfuros</b>	$S^{-2}$	mg/l	0.5	0.5
<b>Compuestos</b>	Organoclorado	Ug/l	50.0	50.0
<b>Compuestos</b>	Organofosforado	Ug/l	100.0	100.0
<b>Carbonato</b>	Especies	mg/l	0.25	0.25
<b>Temperatura</b>	°C		<35	<35
<b>Tensoactivos</b>	Sustancias	mg/l	0.5	0.5

**Fuente:** (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017)

**2.4.** Se prohíbe la descarga de residuos líquidos no tratados, provenientes de embarcaciones, buques, naves u otros medios de transporte marítimo, fluvial o lacustre, hacia los sistemas de alcantarillado, o de cuerpos receptores. Se observarán las disposiciones en las normas correspondientes.

**2.5.** Los puertos deberán contar con un sistema de recolección y manejo para los residuos sólidos y líquidos provenientes de embarcaciones, buques, naves y otros medios de transporte, registrados por la Dirección Nacional de los Espacios Acuáticos.

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Metodología de la investigación

El principal objetivo de la metodología de la investigación es que las personas estén capacitadas para realizar estudios e investigaciones científicas, en forma lógica y ordenada. Por lo que podemos definirlo como un estudio sistemático, controlado, reflexivo y crítico de proposiciones hipotéticas sobre las supuestas relaciones que existen entre fenómenos naturales, o que es el proceso sistemático, lógico y organizado para adquirir conocimientos y resolver problemas. (Hernández Sampieri, 2019)

Para alcanzar el conocimiento de la verdad objetiva y facilitar el proceso de investigación es necesario definir, construir y validar los métodos necesarios que se utilizarán como fundamentos y/o referentes conceptuales para la obtención de nuevos conocimientos, fuentes de obtención de datos, profundidad, manejo de variables, extensión, objetivos; es decir, la metodología de la investigación describe las etapas y dimensiones de los procedimientos vinculados a la investigación que se realiza.

La Metodología de la Investigación o Metodología de la Investigación Científica es aquella ciencia que provee al investigador de una serie de conceptos, principios y leyes que le permiten encauzar de un modo eficiente y tendiente a la excelencia el proceso de la investigación científica. El objeto de estudio de la Metodología de la investigación lo podemos definir como el proceso de Investigación Científica, el cual está conformado por toda una serie de pasos lógicamente estructurados y relacionados entre sí. Este estudio se hace sobre la base de un conjunto de características y de sus relaciones y leyes. (Cortés, 2020)

La metodología de la investigación es la parte de un proyecto en la que se expone y describe los criterios seleccionados para realizar el trabajo investigativo y que tiene como principal función otorgar validez y rigor científico a los resultados obtenidos en el proceso de estudio y análisis en los que el investigador recaba, ordena y analiza los datos obtenidos.

La Metodología de la Investigación Científica se define como la ciencia que aporta un conjunto de métodos, categorías, leyes y procedimientos que garantizan la solución de los problemas científicos con un máximo de eficiencia. (Horsford & Bayarre, 2020)

La Metodología de la Investigación estudia en fin de cuenta las características, las leyes y los métodos de dicho proceso, todo lo cual, en su conjunto constituye un modelo teórico de la Investigación Científica. Para el desarrollo del presente trabajo investigativo se aplicará técnicas e instrumentos de la metodología cuantitativa mediante observaciones y mediciones de los datos mediante los cálculos estadísticos, identificación de variables para elaborar los resultados y las conclusiones, además de la aplicación de la metodología cualitativa con la aplicación de entrevistas, investigación y análisis de la situación socio – económica de la población objeto de estudio para medir el impacto que se genera con la aplicación de este trabajo investigativo en la calidad de vida de la población beneficiaria.

### **3.1.1. Tipos de investigación**

#### **3.1.1.1. Investigación aplicada**

Para Murillo (2018), la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación.

Investigar es conocer, transformar la tradición y el rutinario quehacer hacia nuevas visiones de mundo contextualmente realistas. Una disciplina sin producción científica se debilita y al no haber avance científico pierde identidad y corre el riesgo de desaparecer como tal; por esta razón, para el desarrollo del presente trabajo de investigación se aplicará la investigación aplicada porque es necesario buscar y producir conocimiento de manera organizada, imparcial y sistemática, además de que presenta valor agregado con la utilización del conocimiento proveniente de la investigación básica para generar la riqueza de la diversificación del conocimiento y progreso del sector productivo de ahí su importancia.

Por medio de este trabajo investigativo se aplicarán los conocimientos teóricos adquiridos a través de conceptos, prototipos, productos en la construcción de plantas de tratamiento para aplicar el aprovechamiento de las aguas residuales domésticas utilizando humedales artificiales de girasol y piñón como una oportunidad de desarrollo local sostenible que aportará al fortalecimiento de la economía local con la generación de biocombustible.

La investigación aplicada consiste en mantener conocimientos y realizarlos en la práctica además de mantener estudios científicos con el fin de encontrar respuesta a posibles aspectos de mejora en situación de la vida cotidiana. (Gerena, 2017)

En la investigación aplicada, el investigador busca resolver un problema conocido y encontrar respuestas a preguntas específicas; el énfasis de la investigación aplicada es la resolución práctica de problemas. (Abarza, 2018)

### **3.1.1.2. Investigación Experimental**

El autor venezolano, Jesús Alirio Silva (2019), en su libro “Metodología de la Investigación. Elementos Básicos”, nos ofrece como concepto el siguiente: “La investigación experimental, se realiza mediante la manipulación de una o más variables experimentales no comprobadas, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o porque causa se produce una situación o acontecimiento particular.”

Palella, Santos & Martins, Feliberto (2018), autores del libro Metodología de la investigación cuantitativa, definen el diseño experimental como el experimento en el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada. Es decir, las condiciones están estrictamente controladas, en la finalidad de describir las causas y/o razones que producen un fenómeno.

La investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos en determinadas condiciones, estímulos o tratamiento para observar los efectos o reacciones que se producen. (Arias F. , 2017)

### **3.1.2. Enfoque**

Cada investigación tiene como finalidad producir conocimientos, teorías, resolver problemas que se pueden manifestar de tres formas: cuantitativa, cualitativa y mixta. El enfoque de la investigación se aplica en relación al entorno al problema de investigación planteado será mixta porque se utilizará el enfoque cuantitativo y el enfoque cualitativo.

**3.1.2.1. Enfoque cuantitativo.** – El enfoque cuantitativo implica un conjunto de procesos secuenciales y probatorios, siguiendo y en orden riguroso que parten de una idea que va acotándose, y una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación y se construye un marco o perspectiva teórica para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías. (Hernández Sampieri, 2019)

En este trabajo de investigación se realizará la medición de las variables en el contexto utilizando métodos estadísticos para establecer una serie de conclusiones con relación a la hipótesis planteada.

**3.1.2.2. Enfoque cualitativo.** – El enfoque cualitativo se guía por áreas o temas significativos de investigación, que a través de los estudios cualitativos se pueden desarrollar e hipótesis antes, durante y después, para perfeccionarlas y responderlas, cuya acción indagatoria se mueve de manera dinámica entre los hechos y su interpretación donde se pueden afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de investigación. (Hernández Sampieri, 2019).

Se guía por áreas o temas significativos de investigación, en el caso concreto planteado en este tema de investigación se utilizará el enfoque cualitativo para la medición ex post de la percepción de la ciudadanía en el mejoramiento de las condiciones de vida con la aplicación de este servicio para comprobar la hipótesis planteada al respecto con la recolección de datos y análisis de la encuesta aplicada a la población de la Lotización El Triángulo.

### **3.1.3. Técnicas e instrumentos**

Según Sampieri, (2018) “ la elección de técnicas e instrumentos para la recopilación de los datos debe de estar en función de las características del estudio que se pretende realizar”.

Las técnicas de investigación corresponden a la metodología y no al método. Son los recursos o instrumentos que dispone el investigador para realizar su trabajo para recopilar, medir y registrar los datos observables en el proceso investigativo con la finalidad de que estos representen verdaderamente a las variables que el investigador tiene por objeto. Para la ejecución del presente trabajo investigativo se aplicaron las técnicas de observación, encuesta entrevista y análisis de documentos; aplicando de esta manera una ficha de guía de observación, hoja de encuesta, la elaboración de cuestionarios de preguntas y una revisión documental de archivos y registros en el GAD MUNICIPAL.

## **3.2. Descripción del sector donde se va a implementar la planta piloto**

El déficit de vivienda existente en el Cantón Playas, el acelerado crecimiento poblacional de la ciudad, los niveles de pobreza, la falta de títulos de propiedad de los terrenos, la venta de lotes

de terreno de forma irregular son unos de los problemas comunes que se presentan en el Cantón; con la finalidad de que este asentamiento humano irregular que se formó a finales del 2009 en el año 2010 tras un censo realizado con la Subsecretaría de Asentamiento Humanos Irregulares se evidenció que en el sector estaban 1155 habitantes en condiciones precarias, por esta razón el Concejo Municipal presidido por el Ing. Michel Achi Marín para garantizar el acceso a una vivienda de forma digna dio paso a la Lotización Municipal El Triángulo, que es la zona donde se ubicará la planta piloto de tratamiento de aguas residuales.

La Lotización Municipal “El Triángulo”, en la vía al Morro, está compuesta por 12 manzanas, donde existen 231 viviendas de acuerdo a los datos que reposan en la Unidad de Planificación y Gestión Territorial en el último censo realizado en el 2020. De acuerdo al censo que se realizó en el año pasado en dicho sector, se obtuvieron los siguientes datos de la población, información que se detalla a continuación en la siguiente tabla:

**Tabla 14. Censo del Sector El Triángulo por manzanas**

<b>Mz.</b>	<b>N° Viviendas</b>	<b>N° habitantes</b>
<b>1</b>	8	48
<b>2</b>	18	108
<b>3</b>	21	126
<b>4</b>	23	138
<b>5</b>	25	150
<b>6</b>	22	132
<b>7</b>	53	318
<b>8</b>	14	84
<b>9</b>	15	90
<b>10</b>	10	60
<b>11</b>	18	108
<b>12</b>	4	24
<b>TOTAL</b>	<b>231</b>	<b>1386</b>

**Fuente:** (GAD MUNICIPAL DE PLAYAS, 2020)

En este sector de Playas recién en el año 2020 se implementaron los servicios de alumbrado eléctrico, agua potable y alcantarillado, servicios de telefonía e internet una vez concluida la etapa de legalización de documentos, pero este sector no cuenta con el tratamiento respectivo de las aguas residuales domésticas producidas en el sector y que esto implica un alto índice de contaminación ambiental por los graves daños ambientales que se generan al no tener un correcto tratamiento para su reutilización y devolución al medio ambiente.



**Figura 29.** Ubicación del Humedal Artificial en la Lotización El Triángulo

**Elaborado por:** Díaz Alberto 2021

Para el aprovechamiento de aguas residuales domésticas provenientes de este sector se plantea el uso de un humedal artificial con la producción de piñón y girasol, los mismos que se aprovecharán para la generación de biocombustible.

En todo proyecto de dotación de servicios básicos es necesario estimar la población futura beneficiaria por la implementación del alcantarillado sanitario se debe considerar los siguientes aspectos: período del diseño, población del diseño, criterios del diseño; que se detallan a continuación en la siguiente tabla:

**Tabla 15.** Aspectos a considerar para el estudio

<b>Período del diseño</b>	<b>Población del diseño</b>	<b>Criterios del diseño</b>
En ningún caso se proyectaran obras con un período de diseño menor a 15 años por esta razón en este diseño se consideró un tiempo de 20 años considerando el tiempo en el que la red de alcantarillado trabajará correctamente y considerando la población futura, además de la corrosión de los sistemas a diseñar para este proyecto.	La población de diseño se ha determinado en función al Censo realizado por la Unidad de Planificación y Gestión Territorial del GAD Municipal del Cantón Playas, la cual cuenta con 1386 habitantes que se encuentran distribuidos en 231 familias.	Para el diseño de la red de alcantarillado, se tomó en consideración las normas CPE CO:10.07-610 del Código de Práctica para el diseño de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuales en el área rural.

**Elaborado por:** Díaz Alberto 2021

Para el desarrollo del presente trabajo se consideró un período de diseño de 20 años, por esta razón se debe calcular la población futura de esta zona de Playas, para tales efectos contamos con los siguientes datos correspondientes a la información que reposa en los archivos del GAD Municipal del Cantón Playas de los censos realizados en el sector.

**Tabla 16. Censos en el Sector El Triángulo**

Años	N° habitantes
2010	1155
2020	1386

**Fuente:** (GAD MUNICIPAL DE PLAYAS, 2020)

Realizamos el cálculo de la población futura es necesario establecer la razón de crecimiento poblacional, donde:

### **Población y Muestra**

**Pf** = Población Futura

**Pa** = Población Inicial

**Pu** = Población Futura calculada

**Tf** = Año Final del Último censo

**To** = Año Inicial del Periodo de Diseño

**Pu** = Año Final del Periodo de Diseño calculado

$$t = t(i+1) - t(i)$$

$$\frac{Pf}{Pa} = \left( 1 + \frac{r \cdot t}{100} \right)$$

$$\frac{Pf}{Pa} - 1 = \frac{r \cdot t}{100}$$

$$\frac{Pf - Pa}{Pa * (t_{(i+1)} - t_i)} = \frac{r}{100}$$

$$\frac{(1386 - 1155)}{1155 * (2020 - 2010)} = \frac{r}{100}$$

$$\frac{231 * 100}{11550} = r$$

$$r = \frac{231100}{11550}$$

$$r = 2\%$$

La tasa de crecimiento en ese sector es del 2%

Luego se procede al cálculo de la población futura en el sector, aplicando la siguiente fórmula:

$$Pf = Pa * \left( 1 + \frac{r.t}{100} \right)$$

$$P_{(2040)} = 1386 * \left( 1 + 0.02 * (2040 - 2020) \right)$$

$$P_{(2040)} = 1940 \text{ habitantes}$$

### **CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS**

El punto de partida para la determinación de los caudales de aguas residuales consiste en el cálculo del caudal medio diario por un período de 24 horas, la cual se realizará en un período de un año tomando un promedio referencial.

Para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales se calcula al principio y al final del período que se va a diseñar este caudal se lo multiplica por un coeficiente de retorno C.

#### **Fórmula de Aplicación**

$$Qmd = \frac{CR * C * P}{86400}$$

$$Qmd = \frac{0.90 * 170 * 1940}{86400}$$

$$Qmd = 3.43$$

#### **Donde:**

Qmd = Caudal medio diario de aguas residuales domésticas en Lt/s

CR= Coeficiente de retorno

C= Consumo neto o dotación de agua potable Lt/hab\*día

P= Población

#### **Dotación de agua potable**

El consumo neto o dotación de agua potable Lt/hab\*día es el volumen de agua que una población requiera para satisfacer las necesidades básicas utilizando el agua para beber, cocinar, higiene personal, lavado de ropa e higiene de la vivienda. Por tanto, el flujo de las aguas

residuales domésticas proviene directamente de las viviendas, siendo necesario calcular la dotación de agua potable por habitante, considerando factores como el clima, el tamaño de la población, factores económicos, culturales e información sobre el consumo medido de la Lotización El Triángulo, en función de los criterios técnicos establecidos en las Normas Ecuatorianas de Construcción. En la tabla que se presenta a continuación se detalla las dotaciones recomendadas de acuerdo a la población y clima.

**Tabla 17. Dotaciones de agua potable recomendadas**

POBLACIÓN	CLIMA	DOTACIÓN FUTURA
		Lt /Hab* día
<b>Hasta 5000</b>	Frío	120-150
	Templado	130-160
	Cálido	170-200
<b>5000 – 50000</b>	Frío	180-200
	Templado	190-220
	Cálido	200-230
<b>Superior a 50000</b>	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

**Fuente:** NEC (9.1, 1992)

En el diseño del presente sistema de evacuación de aguas residuales domésticas, se asume un valor promedio de 170 litros /personas/día como aportación domiciliaria.

### **Coefficiente de retorno**

Considerando el agua consumida por los habitantes de la Lotización El Triángulo es devuelta a la red de alcantarillado sanitario en su mayoría, se establece que para fines del presente proyecto es del 90%.

### **CAUDAL MÁXIMO HORARIO**

Para el diseño de la planta se deberá considerar un caudal máximo horario aplicando la ecuación de Hamon, que se aplica a poblaciones mayores a mil habitantes utilizando un factor de mayoración.

### **Fórmula de Aplicación**

$$Q_{maxh} = Q_{md} * M$$

**Donde:**

$Q_{md}$  = Caudal medio diario Lt/s

$Q_{maxh}$  = Caudal máximo horario lts/seg

M= Factor de mayoración

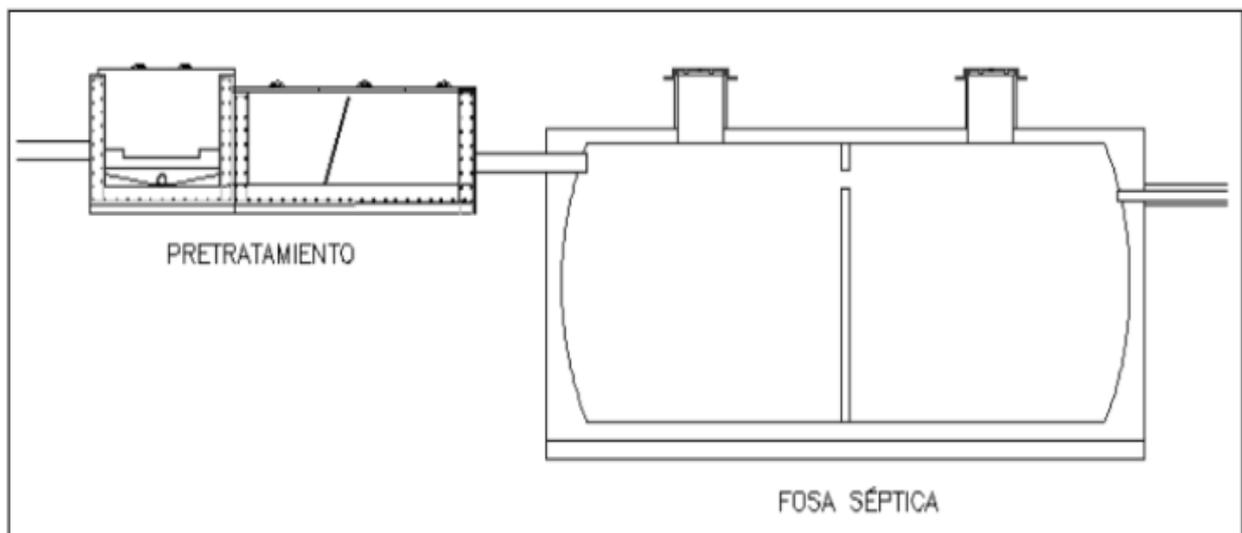
### 3.3. Construcción del humedal artificial para el aprovechamiento de las aguas residuales domésticas

El humedal se construyó en la lotización El Triángulo, perteneciente al Cantón Playas, Provincia del Guayas. El prototipo se desarrolló en un lote de terreno vacío  $11.25 m^2$  con piñón y girasol. El sistema construido contempla tres subunidades: sistema de pretratamiento, el humedal artificial y el acumulador de agua tratada para ser dispuesto a sistema de riego por goteo.

A continuación, se presentan los componentes seleccionados para el sistema de tratamiento de aguas domiciliarios contemplados en este proyecto.

#### 3.3.1. Sistema de pretratamiento

Las aguas residuales domésticas recolectadas desde la casa van a parar a unos tanques, que sirven de estanque acumulador y homogeneizador del sistema, permitiendo que los sólidos de gran tamaño decanten en su primera etapa.



**Figura 30.** Esquema de sistema de pretratamiento

**Fuente:** (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)

### 3.3.2. Diseño del Humedal artificial piloto de Flujo subsuperficial

El diseño conceptual del humedal artificial se lo realizó usando la fórmula de la RAS 2000 que se muestra a continuación:

$$A_s = \frac{Q(\ln(\text{DBO}_5)_e - \ln(\text{DBO}_5)_s)}{KT(y)(n)}$$

Donde:

- $A_s$  = Área Superficial del humedal ( $m^2$ )
- $Q$  = Caudal ( $m^3/ \text{día}$ )
- $\ln(\text{DBO}_5)_e$  = Concentración del  $\text{DBO}_5$  al ingreso
- $\ln(\text{DBO}_5)_s$  = Concentración del  $\text{DBO}_5$  a la Salida
- $KT$  = constante de temperatura en el humedal
- $y$  = Profundidad del Humedal (m)
- $n$  = Porosidad promedio de las capas filtrantes del humedal. (%)

#### Constante de temperatura del humedal

$KT$  = constante de temperatura en el humedal

$$KT = K_{20} * (1.06)^{(T-20)}$$

$$KT = 1.104 * (1.06)^{(25.3-20)}$$

$$KT = 1.50$$

**Tabla 18 Características del material granular**

Medio	Tamaño efectivo, mm	Porosidad ( $\eta$ )	Conductividad Hidráulica ( $K_s$ ), m/d
Arena media	1	0,30	500
Arena gruesa	2	0,32	1.000
Arena y grava	8	0,35	5.000
Grava media	32	0,40	10.000
Grava gruesa	128	0,45	100.000

**Fuente:** CAMILO EDUARDO ESPINOSA ORTIZ 2014

Datos:

$$Q = 0.00343 \text{ m}^3/\text{seg} = 296,35 \text{ m}^3/\text{día}$$

Se toma para el diseño de la planta piloto el 1 % del Q de toda la población = 2,96 m<sup>3</sup>/día

$$\ln(\text{DBO}_5)_e = \ln 230 = 5,438$$

$$\ln(\text{DBO}_5)_s = \ln 99 = 4,595$$

$$KT = 1.50$$

$$y = 0.60 \text{ m}$$

$$n = 35\%$$

$$A_s = \frac{2,96 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} (\ln(250 \text{ mg/l})_e - \ln(99)_s)}{1.5(0.6)(0.35)}$$

$$A_s = 8 \text{ m}^2$$

### 3.3.2.1. Agua residual

Para la elaboración del prototipo se utilizó en la totalidad de las aguas provenientes de la fosa séptica, sin considerar las grasas y aceites que son retenidas en la cámara desgrasadora previa a la fosa séptica.

### 3.3.2.2. Material Aislante

Se utiliza una geomembrana de PVC flexible de espesor 0,2 mm como material impermeable, este material se seleccionó debido a la vida útil de la membrana y su flexibilidad para evitar la ruptura del material aislante por las raíces de las plantas, tal como se muestra a continuación.



**Figura 31.** Impermeabilización de humedal artificial

**Elaborado por:** Díaz Alberto 2021

### 3.3.2.3. Sistema de entrada y salida de aguas

El sistema de entrada consiste en la distribución homogénea del caudal de salida de la fosa séptica, por ende, se utiliza tubos de PVC sanitario de 110 cm de diámetro perforados cada 10cm en la parte baja del tubo y a lo largo de este para abarcar el ancho completo del humedal una vez ingresada el agua, tal como se muestra en la siguiente imagen



**Figura 32.** Distribuidores de caudal del humedal artificial

**Elaborado por:** Díaz Alberto 2021

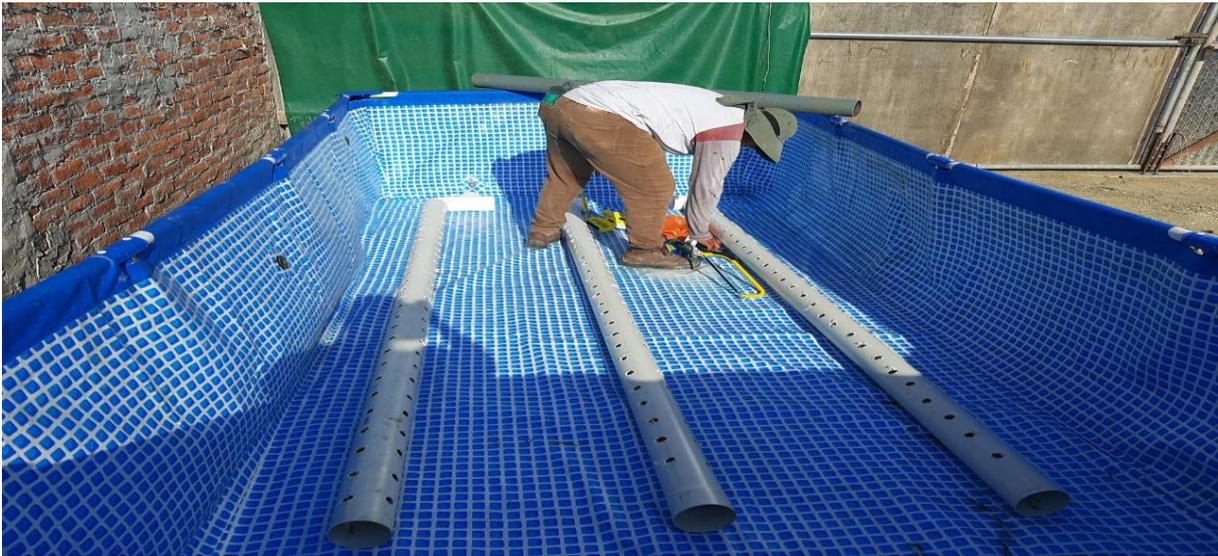
A continuación, se colocó una capa de piedra  $\frac{3}{4}$  de 25 cm de altura x 4,5 mts x 2,5



**Figura 33.** Colocación de la capa de piedra

**Elaborado por:** Díaz Alberto 2021

Se colocaron 3 líneas de tubos de recepción con dos filas de agujeros cada 10 cm



**Figura 34.** Instalación de los tubos de recepción

**Elaborado por:** Díaz Alberto 2021

Se procedió a forrar los tubos con geotextil para permitir la filtración



**Figura 35.** Tubos forrados con geotextil

**Elaborado por:** Díaz Alberto 2021

Para continuar con la construcción del humedal artificial se colocó una capa de 60cm de arena



**Figura 36.** Colocación de la capa de arena

**Elaborado por:** Díaz Alberto 2021

#### 3.3.2.4. Vegetación

Se utilizaron para la construcción de este humedal artificial piñón y girasol que fueron trasplantados a la semana respectivamente por su capacidad de adaptación al medio y su posible proliferación, dándole tanto la posibilidad de depuración de las aguas como una característica estética del humedal, tal como se muestra en las siguientes imágenes a continuación:



**Figura 37.** Trasplante de girasol

**Elaborado por:** Díaz Alberto 2021



**Figura 38.** Trasplante de piñón

**Elaborado por:** Díaz Alberto 2021

### **3.3.2.5. Sistema de acopio y riego de agua tratada**

Al final del humedal artificial, se recolectan las aguas a través de rebalse del sistema, captándolo en tanques de 50 galones de volumen, el cual sirve de almacenador de agua tratada hasta que se llene y sea vaciado por el sistema de riego flauta con 80 cm de separación de ambos lados, tal como se muestra en la imagen a continuación:



**Figura 39.** Construcción del sistema de riego flauta

**Elaborado por:** Díaz Alberto 2021



**Figura 40.** Sistema de riego flauta en el humedal artificial con girasol

**Elaborado por:** Díaz Alberto 2021



**Figura 41.** Sistema de riego flauta en el humedal artificial con piñón

**Elaborado por:** Díaz, A. (2021)

El riego utiliza una bomba 1/4 HP TECNO, junto a un sistema de interruptor de nivel Bestflow, el cual es accionado una vez que el estanque se encuentra cercano a su llenado, encendiendo la bomba que succiona el agua y la envía a los diferentes árboles conectados a través de la tubería plana de ½ pulgada con sus respectivos goteros.

### **Materiales para la construcción del humedal artificial**

Para la construcción del humedal artificial se utilizaron los siguientes materiales que se detallan a continuación:

**Tabla 19.** Materiales para la construcción del humedal

<b>#</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>1</b>	1	PISCINA 2X5 M
<b>2</b>	1	LLAVE DE PASO 4"
<b>3</b>	6	TUBOS PVC 4"
<b>4</b>	2	CODOS PVC 4"
<b>5</b>	1	TEE PVC 4"
<b>6</b>	1	GEOTEXTIL 2MTS
<b>7</b>	1	PIOLA
<b>8</b>	3	TANQUES 50 GAL
<b>9</b>	1	BOMBA 1/4 HP TECNO
<b>10</b>	12	ARENA M <sup>2</sup>
<b>11</b>	2	PIEDRA 3/4
<b>12</b>	14	FLETE DE ARENA
<b>13</b>	2	TUBOS 1/2 PLASTIGAMA
<b>14</b>	10	CODOS 1/2
<b>15</b>	5	TEE 1/2
<b>16</b>	2	NUDOS 1/2
<b>17</b>	4	LLAVE DE PASO 1/2
<b>18</b>	2	TUBO 1 1/2 CEDULA 40
<b>19</b>	12	TEE 1 1/2 CEDULA 40
<b>20</b>	12	TAPON 1 1/2 MACHO
<b>21</b>	50	PLANTAS DE GIRASOL
<b>22</b>	50	PLANTAS DE PIÑON
<b>23</b>	8	METROS DE MANGUERA NEGRA 1/2
<b>24</b>	5	CALIPEGA 1/4
<b>25</b>	1	TARRAJA
<b>26</b>	4	MUESTRAS DE LABORATORIO
<b>27</b>	2	TEFLON

**Elaborado por:** Díaz Alberto 2021

## Costos de la construcción e implementación del humedal artificial

Dentro de los costos de la construcción e implementación del humedal artificial se incluyeron los materiales y el costo de las pruebas de muestreo de laboratorio para verificar la calidad del agua tratada con la implementación del humedal artificial.

El costo de la construcción e implementación del humedal artificial piloto se refiere al caudal de 0.034 L/ Seg, que fue el 1% del caudal total necesario a tratar de toda la Lotización El Triángulo, es decir que para tratar el caudal de 1 L/Seg el costo sería \$39411.76

A continuación, se detallan los costos que se incurrieron para su implementación:

**Tabla 20.** Costos de la construcción e implementación del humedal artificial

#	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	1	PISCINA 2X4 M	\$ 150,00	\$ 150,00
2	1	LLAVE DE PASO 4"	\$ 20,00	\$ 20,00
3	6	TUBOS PVC 4"	\$ 8,00	\$ 48,00
4	2	CODOS PVC 4"	\$ 4,40	\$ 8,80
5	1	TEE PVC 4"	\$ 5,30	\$ 5,30
6	1	GEOTEXTIL 2MTS	\$ 15,00	\$ 15,00
7	1	PIOLA	\$ 1,50	\$ 1,50
8	3	TANQUES 50 GAL	\$ 20,00	\$ 60,00
9	1	BOMBA 1/4 HP TECNO	\$ 55,00	\$ 55,00
10	12	ARENA M <sup>2</sup>	\$ 15,00	\$ 180,00
11	2	PIEDRA 3/4	\$ 20,00	\$ 40,00
12	14	FLETE DE ARENA	\$ 5,00	\$ 70,00
13	2	TUBOS 1/2 PLASTIGAMA	\$ 8,80	\$ 17,60
14	10	CODOS 1/2	\$ 0,80	\$ 8,00
15	5	TEE 1/2	\$ 1,10	\$ 5,50
16	2	NUDOS 1/2	\$ 1,60	\$ 3,20
17	4	LLAVE DE PASO 1/2	\$ 2,00	\$ 8,00

18	2	TUBO 1 1/2 CEDULA 40	\$ 12,00	\$ 24,00
19	12	TEE 1 1/2 CEDULA 40	\$ 2,10	\$ 25,20
20	12	TAPON 1 1/2 MACHO	\$ 1,60	\$ 19,20
21	50	PLANTAS DE GIRASOL	\$ 2,00	\$ 100,00
22	50	PLANTAS DE PIÑON	\$ 1,00	\$ 50,00
23	8	METROS DE MANGUERA NEGRA 1/2	\$ 0,50	\$ 4,00
24	5	CALIPEGA 1/4	\$ 3,50	\$ 17,50
25	1	TARRAJA	\$ 15,00	\$ 15,00
26	4	MUESTRAS DE LABORATORIO	\$ 97,00	\$ 388,00
27	2	TEFLON	\$ 1,00	\$ 2,00
28	1	Costo caudal de 0.034 L/ Seg	\$39411.76	\$39411.76
<b>TOTAL</b>				\$ 40.752,56

**Elaborado por:** Díaz Alberto 2021

### **Prueba de funcionamiento del humedal artificial**

Se realizó la prueba de funcionamiento del sistema de bombeo empleando tanques de 50 galones, los mismos que en una hora se procesaron, tal como se muestra en la imagen que se presenta a continuación:



**Figura 42.** Prueba de funcionamiento

**Elaborado por:** Díaz Alberto 2021

### **3.4. Resultados obtenidos**

Los humedales artificiales son sistemas que han sido diseñados y construidos para replicar los procesos de la vegetación, los suelos y los ensamblajes microbianos propios de los humedales naturales, que están asociados a los procesos de purificación de aguas residuales. (Vymazal J. , 2017)

**3.4.1. Procesos de remoción físicos.** - Los humedales son capaces de remover gran cantidad de sólidos suspendidos de manera natural, gracias a su vegetación enraizada en el lecho natural. Los humedales artificiales son capaces de proporcionar una alta eficiencia física en la remoción de contaminantes asociado con material particulado (Rers, 2018)

La eficiencia de remoción de sólidos suspendidos es proporcional a la velocidad de particulado fijo y la longitud del humedal (Benefield & Randall, 2018).

**3.4.2. Procesos de remoción biológicos.** - La remoción biológica posiblemente es la vía más aceptable para la remoción de contaminantes en los humedales. La captación de contaminantes por las plantas es clave, ya que estos son absorbidos en forma de nutrientes e incluso algunos son esenciales para las plantas tales como nitrato, amonio y fosfato, que son tomados fácilmente por el vegetal. Sin embargo algunas especies que se encuentran presentes en los humedales son capaces de captar e incluso acumular metales tóxicos, como cadmio y plomo (Rers, 2018).

**3.4.3. Procesos de remoción químicos.** - En los humedales artificiales la absorción es el proceso químico para la remoción de suelo, el mismo que da lugar a la retención a corto plazo o a la inmovilización a largo plazo de varias clases de contaminantes. La absorción hace referencia a la unión de iones con las partículas del suelo, por medio del intercambio catiónico o absorción química, lo cuales realizado de manera natural por las plantas que se encuentran conformando los humedales naturales o artificiales.

**3.4.4. Procesos de muestreo** -Para el buen manejo y toma de las muestras nos regimos a las exigencias del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) de la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE), aplicando las siguientes normas:

- NTE INEN 2 169: 2013 CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS. Esta norma establece las técnicas para conservar y transportar todo tipo de muestras de agua.

•NTE INEN 2 176: 2013 CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO. Esta norma establece pautas sobre las técnicas de muestreo usadas para obtener los datos necesarios en los análisis de control de calidad de las aguas.

Las mediciones y tomas de muestras para medir los resultados obtenidos de la implementación y funcionamiento del humedal artificial se realizaron 4 pruebas de laboratorio, 2 pruebas para el cultivo de piñón y 2 pruebas para el cultivo de girasol de entrada y de salida respectivamente.

Las muestras fueron recolectadas de agua residual y envasadas en los frascos correspondientes, según indicaciones del laboratorio, donde se señaló la fecha, hora, datos de aforo y lugar de toma de muestra, parámetros que se cumplieron a cabalidad para que no se afectara en las determinadas analíticas.

De acuerdo a las características del sistema de tratamiento propuesto se analizaron los siguientes parámetros para determinar la eficiencia en la remoción de los principales contaminantes de las aguas residuales domiciliarias.

- Demanda bioquímica de oxígeno
- Coliformes fecales
- Sólidos suspendidos totales

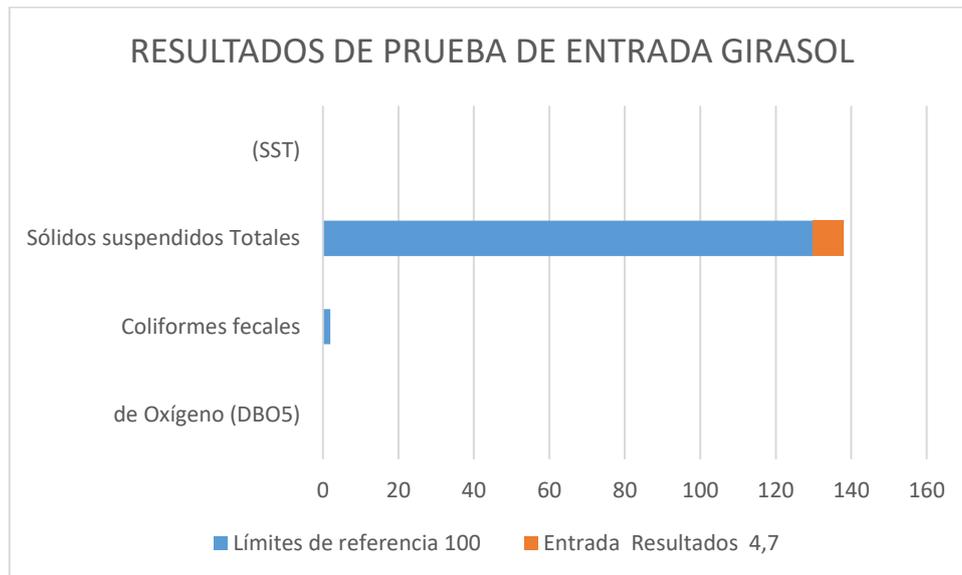
Los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio en el tratamiento de las aguas residuales en la entrada, tanto en los cultivos de piñón como de girasol son los siguientes que se muestran a continuación:

**Tabla 21.** Resultado de las pruebas de entrada de girasol

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES						GIRASO L
PARÁMETRO S	Unidades	U*	Método de referencia	Procedimient o	Límites de referenci a	Entrada Resultados
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)</b>	mg/l	12 %	SM 5210B PE - 1.3	PE 1.3	100	93,3
<b>Coliformes fecales</b>	NMP/10 0 ml		Standard Methods 9221E, 9221c, 9223B	PE 1.23	2.000	450000

		(Tubos múltiples)			
<b>Sólidos suspendidos Totales (SST)</b>	mg/l	Standard Methods- Método gravimétrico	PE 1.8	130	274

Elaborado por: Díaz Alberto 2021



**Figura 43.** Prueba de funcionamiento de entrada de girasol

Elaborado por: Díaz Alberto 2021

Como se evidencia en el gráfico estadístico la presencia de grandes cantidades de coliformes fecales y sólidos suspendidos son superiores a los límites de referencia permitidos en la muestra, valores que servirán de referencial para determinar el correcto funcionamiento del sistema de la planta de tratamiento.

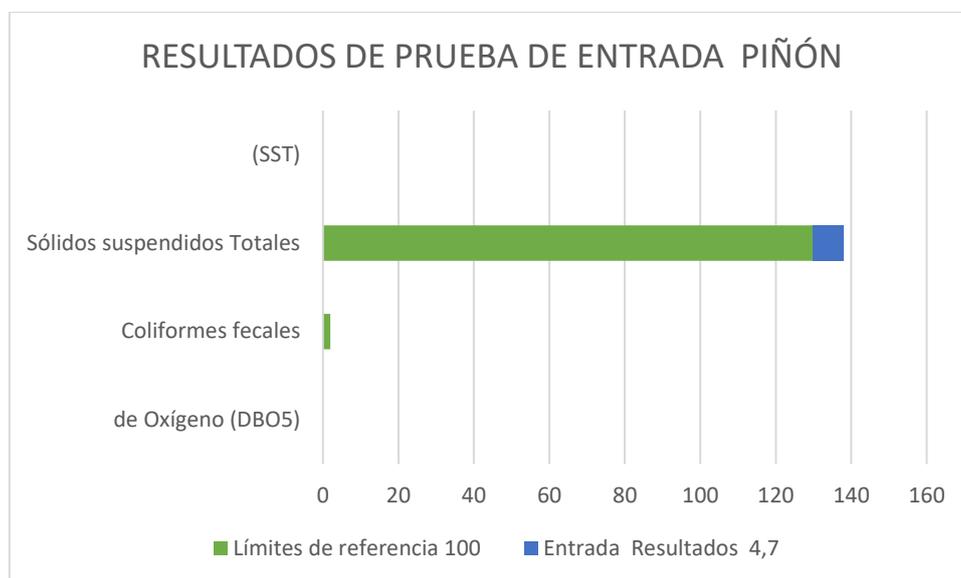
A continuación, se detallan los resultados obtenidos en la prueba de entrada de piñón en la siguiente tabla:

**Tabla 22.** Resultado de las pruebas de entrada de piñón

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES						PIÑÓN
PARÁMETROS	Unidades	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia	Entrada Resultados

<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)</b>	mg/l	12 %	SM 5210B PE - 1.3	PE 1.3	100	40,5
<b>Coliformes fecales</b>	NMP/10 0 ml		Standard Methods 9221E, 9221c, 9223B (Tubos múltiples)	PE 1.23	2.000	320000
<b>Sólidos suspendidos Totales (SST)</b>	mg/l		Standard Methods- Método gravimétric o	PE 1.8	130	48,6

**Elaborado por:** Díaz Alberto 2021



**Figura 44.** Prueba de funcionamiento de entrada de piñón

**Elaborado por:** Díaz Alberto 2021

A continuación, se muestran los resultados obtenidos usando efluente de agua de piñón, que se muestran a continuación:

**Tabla 23.** Resultado de las pruebas usando efluentes de agua de piñón

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES						PIÑÓN
Parámetros	Unidades	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia	Entrada Resultados

<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)</b>	mg/l	12%	SM 5210B PE - 1.3	PE 1.3	100	2,9
<b>Coliformes fecales</b>	NMP/100 ml		Standard Methods 9221E, 9221c, 9223B (Tubos múltiples)	PE 1.23	2.000	1700
<b>Sólidos suspendidos Totales (SST)</b>	mg/l		Standard Methods- Método gravimétrico	PE 1.8	130	4,6

Elaborado por: Díaz Alberto 2021

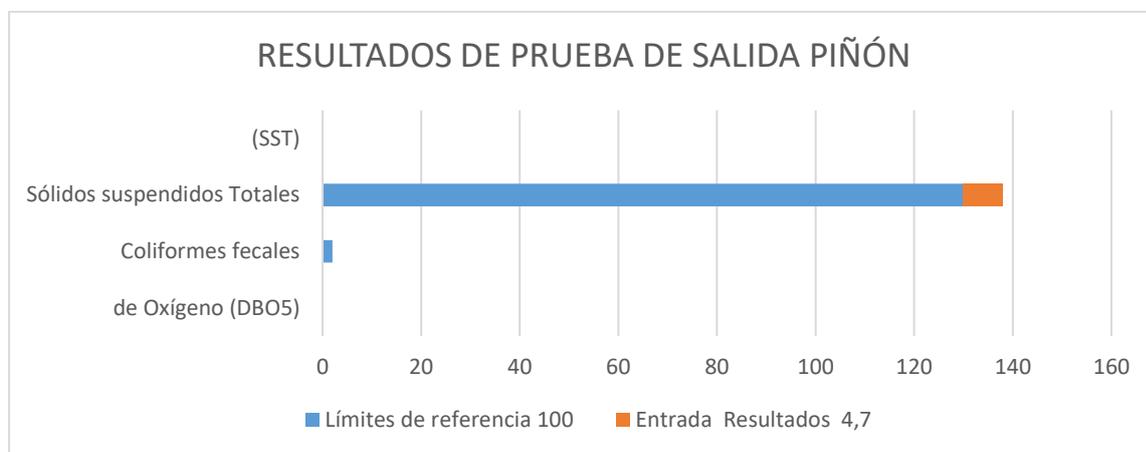


Figura 45. Prueba de funcionamiento utilizando efluente de agua de piñón

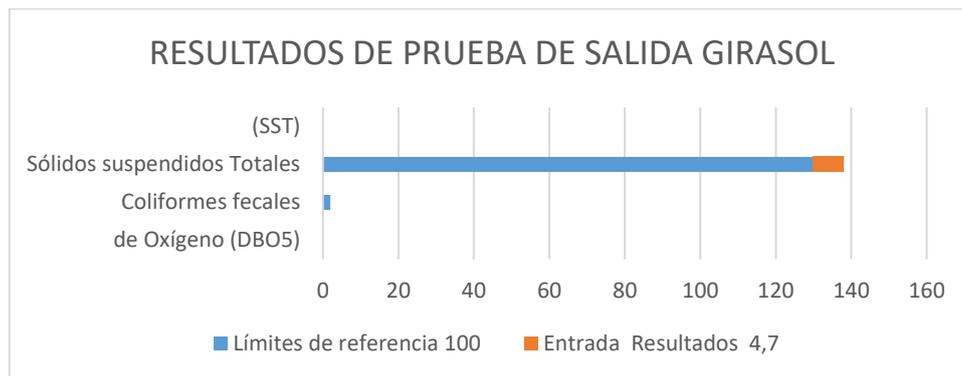
Elaborado por: Díaz Alberto 2021

Tabla 24. Resultado de las pruebas usando efluentes de agua de girasol

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES						GIRASOL
PARÁMETRO S	Unidades	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia	Entrada Resultados
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)</b>	mg/l	12 %	SM 5210B PE - 1.3	PE 1.3	100	4,7
<b>Coliformes fecales</b>	NMP/100 ml		Standard Methods 9221E, 9221c,	PE 1.23	2.000	<1,8

		9223B (Tubos múltiples)			
<b>Sólidos suspendidos Totales (SST)</b>	mg/l	Standard Methods- Método gravimétrico	PE 1.8	130	8
		0			

**Elaborado por:** Díaz Alberto 2021



**Figura 46.** Prueba de salida utilizando efluente de agua de girasol

**Elaborado por:** Díaz Alberto 2021

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Análisis de la calidad de los vertidos

Considerando los resultados de salida de tratamiento de las aguas residuales de piñón y de girasol que se obtuvieron de la muestra tomada en la Lotización El Triángulo se realiza el siguiente cuadro comparativo para verificar el cumplimiento de la calidad de acuerdo a la normativa ambiental ecuatoriana, tal como se detalla a continuación:

**Tabla 25. Comparación de los resultados obtenidos en el efluente con la Normativa Ambiental vigente.**

Parámetros	Unidades	Muestra de agua usando como medio filtrante Piñón	Muestra de agua usando como medio filtrante Girasol	Normativa Ambiental Ecuatoriana
<b>DBO5</b>	mg/l	2,9	4,7	100
<b>Coliformes fecales</b>	NMP/100 ml	1700	<1,8	2000
<b>SST</b>	mg/l	4,6	8	130

Elaborado por: Díaz Alberto 2021

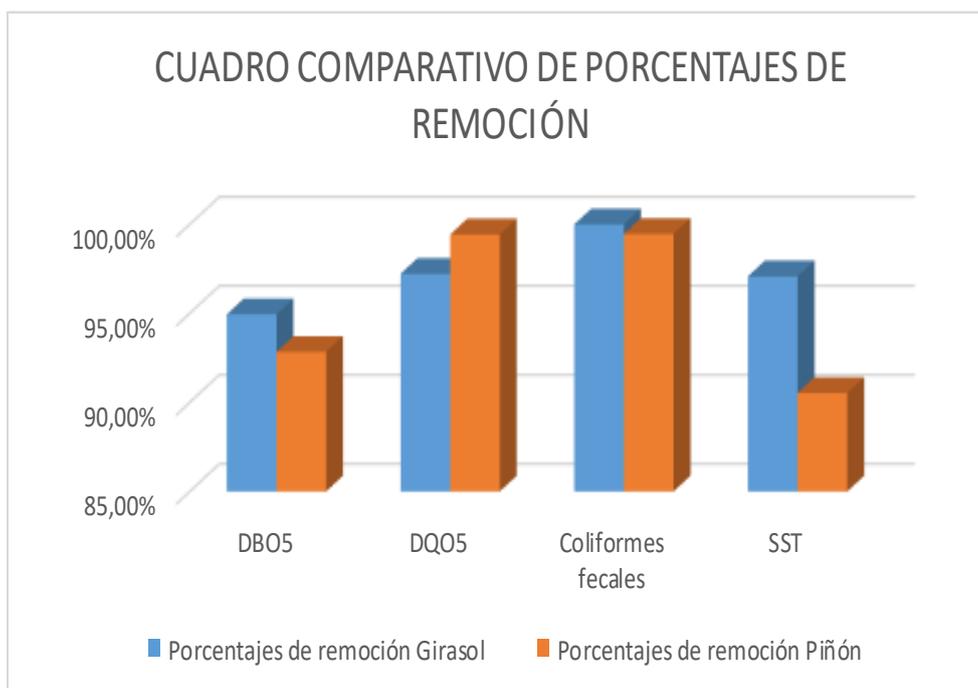
Para medir el porcentaje de remoción aplicamos la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Remoción} = \frac{\text{Muestra de entrada} - \text{muestra de salida}}{\text{Muestra de entrada}} * 100$$

**Tabla 26. Comparación de los resultados de remoción obtenidos**

Porcentajes de remoción			
Parámetros	Muestral de agua usando medio filtrante Girasol	Piñón de agua usando medio filtrante	
<b>DBO5</b>	94,96%	92,84%	
<b>Coliformes fecales</b>	100,00%	99,47%	
<b>Solidos Suspendidos Totales</b>	97,08%	90,53%	

Elaborado por: Díaz Alberto 2021



**Figura 47.** Cuadro comparativo de porcentajes de remoción

**Elaborado por:** Díaz Alberto 2021

Con los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio tanto de piñón como girasol tienen un porcentaje de efectividad superior al 90%, que permite afirmar que con la implementación de un humedal artificial los resultados son satisfactorios al verificar el cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos en la normativa ambiental ecuatoriana.

#### **4.2. Principal aprovechamiento de agua residual**

El tratamiento y la reutilización tienen un papel imprescindible en la administración y manejo del agua en todos los países, con mayor énfasis en aquellos que presentan problemas de escasez, o bien en los que ésta ha sido contaminada, considerando que este es un líquido esencial para garantizar la vida de todas las especies existentes en el planeta, que los efectos del cambio climático están disminuyendo las reservas de agua dulce de nuestro planeta.

El tratamiento de las aguas residuales debe ser un compromiso de las entidades gubernamentales porque mientras más se contamine el agua más costosa resulta su tratamiento, de ahí la importancia del cumplimiento de la normativa ambiental existente.

Los principales usos que se le dará a las aguas residuales, se encuentran:

- Reúso agrícola por los sistemas de riego para cultivos de la zona de influencia del proyecto que representa una fracción importante en la demanda del agua, especialmente en los sistemas de irrigación superficial de huertos.
- Para el reúso urbano que incluye la irrigación de parques públicos, áreas verdes de las residencias y fuentes de ornato que pertenezcan a la Lotización El Triángulo y sus alrededores.
- Reúso para actividades recreativas, puesto que los efluentes no presentan olores molestos, además se encuentran libres de sustancias como aceites, grasas, materia flotante que pudieran provocar dificultades para su uso, dado que están libres de sustancias tóxicas.
- Reúso en servicios públicos

### 4.3. Conclusiones

Se ha cumplido con los objetivos planteados en el presente proyecto de investigación desarrollado en la Lotización El Triángulo de la cabecera cantonal de Playas, provincia del Guayas.

- El dimensionamiento del humedal artificial de flujo subsuperficial se realizó en función de las características del agua residual, flora, parámetros ambientales y demográficos del lugar, considerando que una de las características de las aguas residuales de origen doméstico de la zona de influencia corresponde a un agua biodegradable que si puede ser tratada por medios naturales cuyo diseño del sistema está proyectado para una vida útil de 20 años.
- Una vez identificadas las particularidades de la zona de influencia del proyecto, se identificó que la vegetación seleccionada de piñón y girasol para el diseño es idónea debido a que se adapta fácilmente al lugar y cumple con las condiciones de remoción de contaminantes previsto para un sistema de humedales, permitiendo que cumpla con los límites establecidos en la Normativa Ambiental vigente pero es necesario que la empresa HIDROPLAYAS EP sea responsable de realizar análisis continuos de agua residual para tener un registro de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos en las vertientes de los cuerpos de agua, contará con un manual de diseño y operación para capacitar a los habitantes de la comunidad sobre cómo realizar el mantenimiento y operación, para que el sistema garantice su eficacia y la vida útil para la cual fue diseñado.
- Considerando las diferentes alternativas de tratamiento de aguas residuales el presupuesto de la construcción es económica comparada con otros sistemas depuradores, la obra civil es pequeña y requiere mantenimientos mínimos con un bajo costo de operación, en este piloto la inversión realizada corresponde a 1.340,80 USD y que es un proyecto factible a nivel económico, social y financiero que contribuye de manera directa al cambio de la matriz productiva; por tanto, al evaluar el sistema podemos determinar que se debe impulsar a nivel territorial la implementación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizando piñón y girasol por la reducción de costos y la calidad que se obtiene en más comunidades para Playas se ha demostrado su eficiencia operativa especialmente para la prestación de servicio para la empresa HIDROPLAYAS EP.

#### **4.4.Recomendaciones**

Al concluir el siguiente piloto de planta de tratamiento de aguas residuales, se establecen las siguientes recomendaciones:

- HIDROPLAYAS EP debe dotar de una red de alcantarillado interconectada de toda la comunidad para tener un solo punto de descarga y así realizar controles de la calidad del agua residual.
- La siembra de la vegetación, el mantenimiento (poda) y operación luego de entrar en funcionamiento el sistema se los puede realizar con mingas por parte de la comunidad y así abaratar los costos y reducir los gastos únicamente a la obra civil. El área del terreno es un gasto nulo debido a que la empresa HIDROPLAYAS EP ya cuenta con un área de terreno adecuado para la implementación del sistema. Si se desea utilizar otras especies en el humedal artificial a futuro utilizar vegetación adecuada, que pertenezca a la zona de implementación para su pronta adaptabilidad y no alterar el ecosistema del lugar.
- Es fundamental capacitar al personal de HIDROPLAYAS EP para que lleven un correcto funcionamiento de cada una de las etapas que corresponde a la planta de tratamiento y se realice un mantenimiento preventivo a todos los elementos de la planta cada cierto tiempo para preservar este sistema depurador de forma eficiente.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- 9.1, N. C. (1992). *Normas para Estudio Y Diseño de Sistema de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Ecuador.
- Abarza, F. (2018). *Investigación Aplicada*. México: Mc Graw Hill.
- Administrador. (20 de Febrero de 2015). *Estrucplan*. Obtenido de Estrucplan: <https://estrucplan.com.ar/tecnologias-sostenibles-para-la-potabilizacion-y-el-tratamiento-de-aguas-residuales/>
- Aguas Nacionales. (10 de Febrero de 2013). *Aguas Nacionales EP Colombia*. Obtenido de Aguas Nacionales EP Colombia: <https://www.grupo-epm.com/site/aguasnacionales/nuestra-gestion/glosario>
- Alarcón, I. (18 de Agosto de 2019). Aguas servidas, un riesgo para los ríos del país. *El Comercio*, págs. 12-13.
- Arias, & Brix. (2003). *Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales*. Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.
- Arias, D., Teuta, C., & Parra, J. (2011). Caracterización de las propiedades del biodiesel de girasol bajo la Norma NTC de 100/04 y medición de poder calorífico. *Investigación en Ingeniería*.
- Arias, F. (2017). *Proyecto de Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito: Lexus.
- Barreno, A. (2018). *Las Aguas Residuales Domésticas y su incidencia en las condiciones sanitarias de los habitantes de la Comunidad Yayulihuí del Cantón Quero, Provincia de Tungurahua*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Benfield, L., & Randall, C. (2018). *Biological process design for wastewater treatment*. Madrid: Prentice Hall.
- Calle, J. (05 de Agosto de 2017). El agua en el Ecuador: Cambio climático, agua y ecosistemas. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Cayón, D., & Pedraza, E. (2015). Caracterización morfofisiológica de *Jatropha curcas* L. variedad Brasil cultivada en dos zonas de Colombia. *UNAL*, 5-10.

- CEPAL, C. E. (2015). *Panorama Social de América Latina*. Santiago: CEPAL.
- Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research (CISPDR). (2016). *Plan Nacional de la Gestión Integrada e Integral de los Recursos Hídricos de las Cuencas y Microcuencas Hidrográficas de Ecuador*. Quito: Secretaría del Agua.
- Comisión Nacional de Ahorro de Energía. (2017). *Ventajas y desventajas del uso de biocombustibles*. México: Mc Graw Hill.
- Cortés, M. (2020). *Generalidades sobre Metodología de la Investigación*. Campeche: Universidad Autónoma del Carmen.
- Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2012). *Sistemas de Manejo de Aguas Residuales para Núcleos Pequeños y Descentralizados*. Santa Fé - Bogotá: McGrawHill.
- Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba, Bolivia: Universidad Mayor de San Simón - Facultad de Agronomía.
- Díaz, E., Alvarado, A., & Camacho, K. (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energías (SUTRANE) en San Miguel de Almaya, México. *Quiviera*, vol.14, núm.1, 78-97.
- EcuRed. (20 de Mayo de 2016). *EcuRed*. Obtenido de EcuRed: [https://www.ecured.cu/Sostenibilidad\\_tecnol%C3%B3gica](https://www.ecured.cu/Sostenibilidad_tecnol%C3%B3gica)
- Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (15 de Julio de 2018). *Fibras y Normas de Colombia S.A.S*. Obtenido de Fibras y Normas de Colombia S.A.S.: <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/aguas-residuales-definicion-e-importancia/>
- GAD MUNICIPAL DE PLAYAS. (2020). *Censo de Población y Vivienda en el Sector el Triángulo*. General Villamil Playas: Unidad de Planificación y Gestión Territorial.
- Galarza, A. (2017). *Plan de intervención para mejorar la motivación laboral de los empleados de una empresa de procesamiento y comercialización de harinas y cereales de la ciudad de Ambato*. Ambato.
- Gallegos, A. (2013). *Dimensionamiento de un sistema de tratamiento aerobio de aguas contaminadas domésticas*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

- García Serrano, J., & Corzo Hernández, A. (2008). *Depuración con humedales construidos. Guía práctica de diseño, construcción y explotación de sistemas de humedales de flujo subsuperficial*. Barcelona: Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental de la Universidad Politécnica de Catalunya.
- Garzón, K., & Vélez, T. (2017). *Plan motivacional de la empresa importadora Suhey para mejorar la calidad de vida laboral y familiar de sus colaboradores*. Guayaquil.
- Gerena, L. (2017). *Investigación aplicada*. Madrid: Calameo.
- Guereca Hernández, L., Morgan Sagastume, J., & Noyola Robles, A. (2013). *Selección de tecnología para el tratamiento de aguas residuales municipales*. México: UNAM S.A.
- Henry, G., & Heinke, G. (2004). *Ingeniería ambiental*. México: Prentice Hall.
- Hernández Sampieri, R. (2019). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- HIDRITEC. (10 de Octubre de 2016). *HIDRITEC*. Obtenido de HIDRITEC: <http://www.hidritec.com/hidritec/tratamiento-de-aguas-residuales-y-disminucion-de-dqo>
- Horsford, R., & Bayarre, H. (2020). *Métodos y Técnicas aplicadas a la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- INEN. (2009). *Norma Técnica para uso de Biodiesel como combustible*. Quito: INEN.
- INIAP. (15 de Octubre de 2020). *Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Ganadería: <https://www.agricultura.gob.ec/el-pinon-crece-en-zonas-secas-y-su-aceite-se-utiliza-para-biocombustibles-y-para-elaborar-jabones-caseros/>
- Investigación* . (2019).
- Irene Altafin, C. d. (2020). *Innovaciones en el Desarrollo e Implementación de Humedales construidos para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en Latinoamérica y el Caribe*. Chile: INE /WSA.
- IVAN, C. M. (2016). *DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO*. Ecuador.
- La Hora . (04 de Octubre de 2018). 19 humedales son fuente de vida. Carchi, Carchi, Ecuador.

- Lara, J. (10 de Septiembre de 1999). Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales. *Geocities*, 122. Obtenido de Geocities.
- Lara, J. (2012). *Introducción a Sistemas Naturales*. Quito: PUJ.
- Libhaber, M., & Jaramillo, A. (2012). *Sustainable Treatment and Reuse of Municipal Wastewater*. Londres, Reino Unido: IWA Publishing.
- Llagas, W., & Gómez, E. (2017). Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. *Revista del Instituto de Investigaciones*, 12.
- Macloni, D. (2014). *Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para el Municipio de San Juan Chamelo, Alta Verapaz*. Mexico.
- Madera Jorge, Silva Patricia Torres Carlos. (2008). Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. *agronomia*.
- MAE. (2015). *TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente)*. Quito: Asamblea Nacional.
- Menéndez, C., & Pérez, J. (2007). *Procesos para el Tratamiento Biológico de Aguas Residuales Industriales*. La Habana: Cuba: Universitaria.
- Merino González, C. (2010). *Estudio y selección de tecnologías de tratamiento de aguas residuales domésticas aplicadas a las cabeceras cantonales con poblaciones menores a 5000 habitantes mediante métodos naturales en la Provincia de Loja*. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja - Escuela de Ingeniería Civil.
- Metcalf, E. (2013). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse*. New York: Mc Graw Hill.
- Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2017). *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente*. Quito: Lexus.
- Moreno Merino, L. (2010). *La depuración de aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones mediante infiltración directa en el terreno*. Madrid: Ministerio de Ciencia y Tecnología, Instituto Geológico y Minero de España.
- Murillo, W. (2018). La investigación científica. *Ciencia y tecnología*, 11-12.
- Nota, S. (2019). Biocombustibles. *Industria Ambiental*, 10-12.

- Noyola, A., Morgan, J., & Guereca, L. (2016). *Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Guía de Apoyo para ciudades pequeñas y medianas*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Nriagu. (1980). *Zinc in the environment*. New York, Estados Unidos: Ecological cycling.
- Observatorio del Agua. (2017). *Taller de Aguas: Humedales Artificiales*. San Salvador: Marn.
- Rabat, J. (2018). *Análisis de los modelos de diseño de los sistemas naturales de depuración*. Alicante: Universidad de Alicante.
- Ramalho, R. (2009). *Tratamiento de aguas residuales*. México: Reverté S.A.
- Rers, C. (2018). *El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales*. México : Mc Graw Hill.
- Rubio, J., & Montenegro, A. (2018). *Humedal Artificial en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la 3era. Brigada de Fuerzas Especiales, Batallón de Servicios N°300, Distrito de Rioja, Provincia de Rioja, Departamento de San Martín*. Moyomba - Perú: Universidad Nacional de San Martín (Tarapoto) - Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria.
- Sampieri. (2018). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Santos, P., & Martins, F. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas: FECUPEL.
- Secretaría del Agua. (2016). *Tratamiento de aguas residuales en Ecuador*. Quito: Lexus.
- SEDAPAR. (12 de Septiembre de 2019). *SEDAPAR*. Obtenido de SEDAPAR: <https://www.sedapar.com.pe/portal-doctor/el-agua/aguas-servidas/>
- SENPLADES, S. N. (2016). *Proyecciones Referenciales a Nivel Cantonal Período 2001 - 2030*. Quito: SENPLADES.
- Terán, C., & Sangucho, J. (2018). *Boletín Técnico N° 02-2017 - GAD MUNICIPALES - Gestión de Agua Potable y Alcantarillado*. Quito: INEC.
- Tratamiento de Aguas Residuales. (08 de Agosto de 2018). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Obtenido de Tratamiento de Aguas Residuales: <https://tratamientodeaguasresiduales.net/etapas-del-tratamiento-de-aguas-residuales/>

Ucha, F. (02 de Agosto de 2016). Aguas residuales domésticas. Quito, Pichincha, Ecuador.

UNESCO. (21 de Marzo de 2017). *UNESCO*. Obtenido de UNESCO:  
<https://es.unesco.org/news/son-aguas-residuales-nuevo-oro-negro>

Vymazal, J. (2017). *Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. Science of the Total Environment*. Chicago: Mc Graw Hill.

Vymazal, J., & Kropfelová, L. (2010). *Wastewater Treatment in Constructed Wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow*. The Netherlands: Springer: Dordrecht.

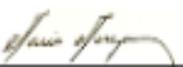
WBCSD. (03 de Noviembre de 2015). *Ecointeligencia*. Obtenido de Ecointeligencia:  
<https://www.ecointeligencia.com/2015/11/ecoeficiencia/>

# **ANEXOS**

## Anexos 1 Muestra de entrada de agua usando medio filtrante Piñón.



INFORME DE RESULTADOS						No.0095-21
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 2021/04/05 <b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b> Empresa : INDEPENDIENTE Dirección : Playas Solicitado por : Sr. Alberto Diaz		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b> Tipo de Muestra : Simple Identificación de la muestra : Entrada (Agua residual) Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013 Fecha de Toma : 2021/03/24 Responsable toma de muestra : El Cliente Hora : 11:00 simple Fecha de Ingreso : 2021/03/24				
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b> F.Inicio del Análisis : 2021/03/24 T°C : 31,2 F.Fin del Análisis : 2021/03/29 %H : 64,5						
RESULTADOS						
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia
**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	40,5	12%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100
**Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	178	15%	SM 5220 D PE 1.4	PE 1.4	200
Coliformas Fecales	NMP/100ml	320000	--	Standard Methods 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos múltiples)	PE 1.23	2.000
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	48,6	--	Standards methods - Método gravimétrico	PE 1.8	130

  
**Ing. Mario Márquez**  
 Jefe de Laboratorio

### NOTAS:

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

## Anexos 2 Resultados de Muestra de agua usando medio filtrante Piñón



INFORME DE RESULTADOS						No.0088-21
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 2021/04/05		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b>				
<b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b>		Tipo de Muestra : Simple				
Empresa : INDEPENDIENTE		Identificación de la muestra : Balda (Agua residual)				
Dirección : Playas		Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013				
Solicitado por : Sr. Alberto Diaz		Fecha de Toma : 2021/03/24				
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b>		Responsable toma de muestra : El Cliente				
F.Inicio del Análisis : 2021/03/24 T°C : 31,2		Hora : 11:00 simple				
F.Fin del Análisis : 2021/03/29 %H : 64,5		Fecha de Ingreso : 2021/03/24				
RESULTADOS						
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia
**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	2,0	12%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100
**Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	1	15%	SM 5220 D PE 1.4	PE 1.4	200
Coliformes Fecales	NMP/100ml	1700	--	Standard Methods 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos múltiples)	PE 1.23	2.000
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	4,6	--	Standards methods - Método gravimétrico	PE 1.8	130

  
**Ing. Mario Márquez**  
 Jefe de Laboratorio

### NOTAS:

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

### Anexos 3 Muestra de entrada de agua usando medio filtrante Girasol



INFORME DE RESULTADOS						No.0077-21
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 2021/03/19 <b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b> <b>Empresa :</b> INDEPENDIENTE <b>Dirección :</b> Playas <b>Solicitado por :</b> Sr. Alberto Díaz		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b> <b>Tipo de Muestra :</b> Simple <b>Identificación de la muestra :</b> Entrada (Agua residual) <b>Norma técnica de muestreo :</b> INEN 2169/2176:2013 <b>Fecha de Toma :</b> 2021/03/05 <b>Responsable toma de muestra :</b> El Cliente <b>Hora :</b> 13:00 simple <b>Fecha de Ingreso :</b> 2021/03/05				
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b> <b>F.Inicio del Análisis :</b> 2021/03/05 <b>T°C :</b> 31,5 <b>F.Fin del Análisis :</b> 2021/03/10 <b>%H :</b> 53,7						
RESULTADOS						
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia
**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	93,3	12%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100
**Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	505	15%	SM 5220 D PE 1.4	PE 1.4	200
Coliformes Fecales	NMP/100ml	450000	--	Standard Methods 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos múltiples)	PE 1.23	2.000
Sólidos Totales (SST)	mg/l	274,0	--	Standards methods - Método gravimétrico	PE 1.8	130

Digitally signed by MARIO ARTURO MARQUEZ GALLEGOS

Date: 2021.03.19 15:50:51 COT

Reason: Informe de resultados

Location: Guayaquil

Ing. Mario Márquez  
Jefe del Laboratorio

#### NOTAS:

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

## Anexos 4 Resultados de Muestra de agua usando medio filtrante Girasol



INFORME DE RESULTADOS						No.0073-21
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 2021/03/19 <b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b> <b>Empresa :</b> INDEPENDIENTE <b>Dirección :</b> Playas <b>Solicitado por :</b> Sr. Alberto Díaz		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b> <b>Tipo de Muestra :</b> Simple <b>Identificación de la muestra :</b> Salida (Agua residual) <b>Norma técnica de muestreo :</b> INEN 2169/2176:2013 <b>Fecha de Toma :</b> 2021/03/05 <b>Responsable toma de muestra :</b> El Cliente <b>Hora :</b> 13:30 simple <b>Fecha de Ingreso :</b> 2021/03/05				
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b> <b>F.Inicio del Análisis :</b> 2021/03/05 <b>T°C :</b> 31,5 <b>F.Fin del Análisis :</b> 2021/03/10 <b>%H :</b> 53,7						
RESULTADOS						
Parámetro	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia
**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	4,7	12%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100
**Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	14	15%	SM 5220 D PE 1.4	PE 1.4	200
Coliformes Fecales	NMP/100ml	<1,8	--	Standard Methods 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos múltiples)	PE 1.23	2.000
Sólidos Totales (SST)	mg/l	8,0	--	Standards methods - Método gravimétrico	PE 1.8	130

Digitally signed by MARIO ARTURO MARQUEZ GALLEGOS

Date: 2021.03.19 15:51:49 COT

Reason: Informe de resultados

Location: Guayaquil

Ing. Mario Márquez

Jefe del Laboratorio

### NOTAS:

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