



**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**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
DOMÉSTICAS TRATADAS EN PLANTA DE OXIDACIÓN Y EN  
PANTANO SECO ARTIFICIAL APLICANDO SAL MARINA.**

**TUTOR**

**MSC. ING. PABLO MARIO PAREDES RAMOS**

**AUTOR**

**ORLANDO OLMEDO VELÁSQUEZ LÓPEZ**

**GUAYAQUIL**

**2021**



<b>REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>	
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS</b>	
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b> EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS TRATADAS EN PLANTA DE OXIDACIÓN Y EN PANTANO SECO ARTIFICIAL APLICANDO SAL MARINA.	
<b>AUTORES/ES:</b> ORLANDO OLMEDO VELÁSQUEZ LÓPEZ	<b>REVISORES O TUTORES:</b> MSC. ING. PABLO MARIO PAREDES RAMOS
<b>INSTITUCIÓN:</b> UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTEN DE GUAYAQUIL	<b>Grado obtenido:</b> INGENIERO CIVIL
<b>FACULTAD:</b> FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	<b>CARRERA:</b> INGENIERIA CIVIL
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b> 2021	<b>N. DE PAGS:</b> 146
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b> Arquitectura y Construcción.	
<b>PALABRAS CLAVE:</b> Sal marina, Coliformes fecales, Depuración, Macrófitas, Junco de río, Lechos, E. coli.	
<b>RESUMEN:</b> <p>El presente proyecto de investigación relacionado con el tema “<b>Evaluación del comportamiento de aguas residuales domesticas tratadas en planta de oxidación y en pantano seco artificial aplicando sal marina</b>” tiene como finalidad evaluar la remoción de los parámetros DBO, DQO y coliformes fecales en planta de oxidación y pantano seco artificial.</p> <p>Cumpliendo con el objetivo en la parte teórica, haciendo referencia de conceptos emitidos por varios autores sobre el tratamiento de aguas residuales, explicando sobre tipos de lagunas, pantanos, mecanismos de remoción y diseño. Posteriormente, se describe la</p>	

construcción en los dos sistemas de tratamientos entre otros, realizando pruebas de laboratorio para determinar el DBO, DQO y coliformes fecales, tipo de muestra, métodos, materiales, operaciones previas, procedimiento, aplicación de fórmulas, reportes de resultados, precisión y registros.

<b>N. DE REGISTRO</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>
-----------------------	-----------------------------

**DIRECCIÓN URL (tesis en la web):**

<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>
---------------------	---	------------------------------------

<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b> VELÁSQUEZ LÓPEZ ORLANDO OLMEDO	<b>Teléfono:</b> 0980022158	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:ovelasquezl@ulvr.edu.ec">ovelasquezl@ulvr.edu.ec</a> <a href="mailto:ecuaorlandotopo@hotmail.com">ecuaorlandotopo@hotmail.com</a>
--	--------------------------------	--

<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	Mg. ALEX BOLIVAR SALVATIERRA ESPINOZA, DECANO <b>Teléfono:</b> (04) 2596500 Ext. 241 <b>E-mail:</b> <a href="mailto:asalvatierrae@ulvr.edu.ec">asalvatierrae@ulvr.edu.ec</a> MSc. Ing. MILTON GABRIEL ANDRADE LABORDE, SUBDECANO <b>Teléfono:</b> (04) 2596500 Ext. 210 <b>E-mail:</b> <a href="mailto:mandradel@ulvr.edu.ec">mandradel@ulvr.edu.ec</a>
------------------------------------	--

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

# tesis final

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

5%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

1	<a href="http://es.lawinsider.com">es.lawinsider.com</a> Fuente de Internet	1%
2	Submitted to Universidad de Cundinamarca Trabajo del estudiante	<1%
3	<a href="http://www.dsi.uanl.mx">www.dsi.uanl.mx</a> Fuente de Internet	<1%
4	Submitted to Universidad de Manizales Trabajo del estudiante	<1%
5	<a href="http://fdocuments.ec">fdocuments.ec</a> Fuente de Internet	<1%
6	García, . "Outlet works", Dam Maintenance and Rehabilitation II, 2010. Publicación	<1%
7	<a href="http://www.concyteg.gob.mx">www.concyteg.gob.mx</a> Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Systems Link Trabajo del estudiante	<1%
9	Submitted to Universidad Santo Tomas Trabajo del estudiante	<1%

<1 %

10

[www.etapa.net.ec](http://www.etapa.net.ec)

Fuente de Internet

<1 %

11

[www.portaldelaguapwp.com.pe](http://www.portaldelaguapwp.com.pe)

Fuente de Internet

<1 %

12

[www.duran.gob.ec](http://www.duran.gob.ec)

Fuente de Internet

<1 %

13

[pirhua.udep.edu.pe](http://pirhua.udep.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

14

[repositorio.uncp.edu.pe](http://repositorio.uncp.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

15

Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola

Trabajo del estudiante

<1 %

16

[web.minambiente.gov.co](http://web.minambiente.gov.co)

Fuente de Internet

<1 %

17

Submitted to Universidad Internacional del Ecuador

Trabajo del estudiante

<1 %

18

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

<1 %

19

[www.cip.org.ec](http://www.cip.org.ec)

Fuente de Internet

<1 %

20	<a href="http://www.oalib.com">www.oalib.com</a> Fuente de Internet	<1 %
21	<a href="http://fernandeztorreblanca.blogspot.com">fernandeztorreblanca.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="http://www.adacolombia.org">www.adacolombia.org</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://livrosdeamor.com.br">livrosdeamor.com.br</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="http://somodemocracia.org">somodemocracia.org</a> Fuente de Internet	<1 %
25	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	<1 %
26	<a href="http://areadecivica.blogspot.com">areadecivica.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://www.youtube.com">www.youtube.com</a> Fuente de Internet	<1 %
28	Cristina Mateus, Christian A. Guerrero, Galo Quezada, Daniel Lara, Valeria Ochoa-Herrera. "An Integrated Approach for Evaluating Water Quality between 2007–2015 in Santa Cruz Island in the Galapagos Archipelago", Water, 2019 Publicación	<1 %
29	<a href="http://documentacion.ideam.gov.co">documentacion.ideam.gov.co</a> Fuente de Internet	

<1 %

30

[maeeloro.files.wordpress.com](http://maeeloro.files.wordpress.com)

Fuente de Internet

<1 %

31

[repository.lasalle.edu.co](http://repository.lasalle.edu.co)

Fuente de Internet

<1 %

32

[www.cadivi.gov.ve](http://www.cadivi.gov.ve)

Fuente de Internet

<1 %

33

[www.eluniverso.com](http://www.eluniverso.com)

Fuente de Internet

<1 %

34

[www.mapasconagua.net](http://www.mapasconagua.net)

Fuente de Internet

<1 %

35

[www.transredes.com](http://www.transredes.com)

Fuente de Internet

<1 %

36

Submitted to Universidad Estatal a Distancia

Trabajo del estudiante

<1 %

37

Submitted to Universidad Privada Boliviana

Trabajo del estudiante

<1 %

38

[pt.slideshare.net](http://pt.slideshare.net)

Fuente de Internet

<1 %

39

Submitted to Universidad Andina Nestor  
Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

<1 %

40

[id.scribd.com](http://id.scribd.com)

Fuente de Internet

<1 %

41

[purl.org](http://purl.org)

Fuente de Internet

<1 %

42

[www.areaciencias.com](http://www.areaciencias.com)

Fuente de Internet

<1 %

43

Submitted to Fundación Universitaria del Area Andina

Trabajo del estudiante

<1 %

44

Submitted to University of Lancaster

Trabajo del estudiante

<1 %

45

[ga.water.usgs.gov](http://ga.water.usgs.gov)

Fuente de Internet

<1 %

46

[repositorio.unh.edu.pe](http://repositorio.unh.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

47

[www.camdipsalta.gov.ar](http://www.camdipsalta.gov.ar)

Fuente de Internet

<1 %

48

Maria Eugenia Garcia, Oscar Betancourt, Edwin Cueva, Jean Remy D. Gimaraes. "Mining and Seasonal Variation of the Metals Concentration in the Puyango River Basin—Ecuador", Journal of Environmental Protection, 2012

Publicación

<1 %

49

Submitted to Universidad de Piura

Trabajo del estudiante

<1 %

50	<a href="http://www.constitucion.es">www.constitucion.es</a> Fuente de Internet	<1 %
51	<a href="http://www.ips.org">www.ips.org</a> Fuente de Internet	<1 %
52	Submitted to University of Strathclyde Trabajo del estudiante	<1 %
53	<a href="http://mejorconsalud.as.com">mejorconsalud.as.com</a> Fuente de Internet	<1 %
54	<a href="http://repositorio.usdg.edu.pe">repositorio.usdg.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
55	<a href="http://www.bnamericas.com">www.bnamericas.com</a> Fuente de Internet	<1 %
56	<a href="http://www.buga.gov.co">www.buga.gov.co</a> Fuente de Internet	<1 %
57	"Water Availability and Management in Mexico", Springer Science and Business Media LLC, 2020 Publicación	<1 %
58	<a href="http://www.discapnet.com">www.discapnet.com</a> Fuente de Internet	<1 %
59	<a href="http://www.pnud.cl">www.pnud.cl</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

*Doble Pareto Jarama*

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

El estudiante egresado ORLANDO OLMEDO VELASQUEZ LOPEZ, declara bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS TRATADAS EN PLANTA DE OXIDACIÓN Y EN PANTANO SECO ARTIFICIAL APLICANDO SAL MARINA, corresponde totalmente a e suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

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

Autor

Firma: 

ORLANDO OLMEDO VELASQUEZ LOPEZ

C.I. 0927288373

## **CERTIFICACIÓN DE ACEPTACION DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS TRATADAS EN PLANTA DE OXIDACIÓN Y EN PANTANO SECO ARTIFICIAL APLICANDO SAL MARINA, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Administración de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### **CERTIFICO:**

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS TRATADAS EN PLANTA DE OXIDACIÓN Y EN PANTANO SECO ARTIFICIAL APLICANDO SAL MARINA, presentado por los estudiantes ORLANDO OLMEDO VELASQUEZ LOPEZ como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



MSC. ING. PABLO MARIO PAREDES RAMOS

C.C. 0911828150

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto investigativo está dedicado a Jesús (DIOS), ya que gracias a él he logrado culminar mi carrera.

A Flavio Velásquez y María López (mis padres), siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo desde el comienzo de mi carrera, con amor les dedico mi esfuerzo en la culminación del proyecto de titulación.

A mis hermanos y a mis sobrinos, por su compañía, a Oswaldo Velásquez (hermano), aunque no esté físicamente con nosotros, pero sé que desde el cielo siempre me cuida y me guía para que todo me salga bien.

**Orlando Olmedo Velásquez López.**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Jesús (DIOS), por haberme dado la vida y permitirme salir adelante y afrontar situaciones que nunca me imaginé que me iba a pasar en mi corta vida ya que está en cada paso que doy, darme la confianza y la sabiduría para poder culminar mis estudios, a mis padres por su apoyo moral y su sabiduría ya que ellos han sido una base para seguir adelante cada día, les doy las gracias por confiar en mí cada día.

Al Ing. Pablo Paredes, por guiarme en el desarrollo de la investigación.

A todos los docentes que me brindaron su conocimiento a lo largo de la carrera, que cada día los pongo en práctica en diferentes actividades que me exige el medio laboral y empresarial.

Se les quiere un mundo.

**Orlando Olmedo Velásquez López.**

## ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.- Tema .....	1
1.2.- Planteamiento del Problema .....	1
1.2.1.- Formulación del Problema .....	2
1.2.2.- Sistematización del Problema.....	2
1.3.- Objetivos de la Investigación. ....	2
1.3.1.- Objetivo General. ....	2
1.3.2.- Objetivos Específicos.....	2
1.4.- Justificación de la Investigación.....	2
1.5.- Delimitación o Alcance de la Investigación. ....	3
1.6.- Idea a Defender. ....	3
CAPÍTULO II .....	4
2.1. Marco Teórico.....	4
2.2. Laguna de Oxidación.....	5
2.3. Pantano Seco Artificial.....	12
2.3.1. Clasificación de Pantano Seco Artificial. ....	15
2.3.2. Pantano de Flujo Superficial.....	15
2.3.3. Pantano de Flujo Subsuperficial. ....	17
2.3.3.1. Pantanos Subsuperficiales de Flujo Horizontal.....	17
2.3.3.2. Pantanos Subsuperficiales de Flujo Vertical. ....	19
2.3.4.- Ventajas y Desventajas de los Pantano Seco Artificiales. ....	20
2.3.5. Tipos de Macrófitas.....	24
2.3.6. Coliformes Fecales .....	28
2.3.7. Material Ganular.....	29
2.4. Aguas Residuales. ....	31
2.4.1. Clasificación de las Aguas Residuales Según su Origen.....	32
2.4.2. Principales Contaminantes de las Aguas Residuales. ....	33
2.4.3. Uso de Aguas Residuales. ....	35
2.4.4. Tratamientos de Aguas Residuales.....	35
2.4.5. Depuración de Aguas Residuales. ....	36
2.4.6. Acción de los Microorganismos Anaeróbicos. ....	37
2.4.7. Acción de los Microorganismos Aeróbicos.....	37

2.5. Sal Marina.....	38
2.5.1.- La Sal en el Ecuador Precolombino y Colonial.....	40
2.5.2.- Tipos de Sal Marina.....	41
2.5.3.- Aplicaciones y Usos de la Sal Marina.....	48
2.6. Marco legal.....	49
2.6.2.- TULSMA (TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE).....	57
CAPÍTULO III.....	69
METODOLOGÍA.....	69
3.1.- Metodología.....	69
3.1.1.- Tipos de Metodología.....	69
3.1.1.1.- Metodología Experimental.....	69
3.1.1.2.- Metodología Científica.....	69
3.2.-Técnicas Implementadas en el Proyecto de Investigación.....	71
3.2.1. Implementación de plantas pilotos: Laguna de Oxidación y Pantano Seco Artificial. ...	73
3.3.-Procedimiento para el dimensionamiento en el Proyecto de Investigación.....	87
3.3.1.- Laguna Facultativa.....	87
3.3.1.1.-Procedimiento Para el Diseño de Laguna Facultativa.....	88
3.3.2.- Laguna de Maduración.....	91
3.3.2.1.-Procedimiento Para el Diseño de Laguna Maduración.....	93
3.3.3- Resumen de Dimensiones de Laguna Facultativa y Maduración.....	94
3.3.3.1.-Procedimiento Para el Diseño de Laguna Maduración.....	94
3.3.4.- Pantano Seco Artificial.....	95
3.3.4.1.- Diseño del Pantano Seco Artificial.....	97
3.3.4.2.- Procedimiento Para el Diseño del Pantano Seco artificial.....	98
CAPÍTULO IV.....	99
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	99
4.1.- Análisis de los Resultados.....	99
4.1.1- Determinación de Capacidad de Remoción del DBO y DQO en Laguna de Maduración. .....	102
4.1.2.- Determinación de Capacidad de Remoción del DBO y DQO en Laguna de Maduración con Sal Marina.....	103
4.1.3.- Determinación de Capacidad de Remoción del DBO y DQO en Pantano Seco Artificial.....	103
4.1.4.- Determinación de Capacidad de Remoción del DBO y DQO en Pantano Artificial Seco con Sal Marina.....	104

4.1.5.- Efectividad de remoción de concentraciones de DBO y DQO en la Laguna de Oxidación y Pantano Seco Artificial. ....	104
4.1.7.- Determinación de Capacidad de Remoción del Coliformes Fecales en Pantano Seco Artificial. ....	105
4.1.8.- Determinación de Capacidad de Remoción del Coliformes Fecales en la Laguna de Oxidación con Sal Marina. ....	106
4.1.9.- Determinación de Capacidad de Remoción del Coliformes Fecales en Pantano Seco Artificial con Sal Marina. ....	106
4.1.10.- Efectividad de remoción de concentraciones de Coliformes Fecales en la Laguna de Oxidación y Pantano Seco Artificial. ....	106
4.2.- Análisis Económico y Ambiental. ....	107
4.2.1.- Análisis Económico. ....	107
4.2.2.- Análisis Ambiental. ....	109
CONCLUSIONES .....	116
RECOMENDACIONES .....	118
BIBLIOGRAFÍA .....	119
ANEXOS .....	123

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Características de Diseño y Desempeño de los Sistemas con Lagunas. ....	9
<b>Tabla 2.</b> Ventajas y Desventajas de un Pantano SFS (Sistema de Flujo superficial). ....	16
<b>Tabla 3.</b> Ventajas y Desventajas de un Pantano SFSS (Sistemas de Flujo Sub-Superficial). ....	19
<b>Tabla 4.</b> Especies Vegetales Utilizadas en los Pantano Seco Artificiales. ....	27
<b>Tabla 5.</b> Características de Especies Vegetales. ....	28
<b>Tabla 6.</b> Principales Contaminantes de las Aguas Residuales. ....	34
<b>Tabla 7.</b> Criterios de Calidad Para Aguas de Usos Pecuarios. ....	57
<b>Tabla 8.</b> Criterios de Calidad Para Aguas Destinadas Para Fines Recreativos. ....	60
<b>Tabla 9.</b> Criterios de Calidad de Aguas Para Fines Recreativos Mediante Contacto Secundario. ....	61
<b>Tabla 10.</b> Datos de Diseño Para Laguna de Facultativa y Maduración. ....	87
<b>Tabla 11.</b> Resumen de Datos de Diseño Para Laguna de Facultativa. ....	90
<b>Tabla 12.</b> Resumen de Datos de Diseño Para Laguna de Maduración. ....	93
<b>Tabla 13.</b> Resumen del Diseño para Laguna Facultativa y Maduración. ....	94
<b>Tabla 14.</b> Datos de Diseño Para Pantano Seco Artificial. ....	95
<b>Tabla 15.</b> Resumen de Datos de Diseño Para Pantano Seco Artificial. ....	97

<b>Tabla 16.</b> Resumen del Diseño del Pantano Seco Artificial. ....	98
<b>Tabla 17.</b> Resultados del agua afluyente tanto a la laguna de maduración como al pantano seco artificial. ....	99
<b>Tabla 18.</b> Informe de los Resultados del agua efluente en Laguna de Oxidación (Laguna de Maduración).....	100
<b>Tabla 19.</b> Informe de los Resultados del agua tratada de la Laguna de Oxidación con Sal Marina. ....	100
<b>Tabla 20.</b> Informe de los Resultados del agua efluente del Pantano Seco Artificial.....	101
<b>Tabla 21.</b> Informe de los Resultados del agua tratada del Pantano Seco Artificial con Sal Marina. ....	102
<b>Tabla 22.</b> Costo General del Sistema Implementado en Laguna de Oxidación. ....	107
<b>Tabla 23.</b> Costo General del Sistema Implementado en el Pantano Seco Artificial.....	108
<b>Tabla 24.</b> Análisis del Impacto Ambiental en la Laguna de Oxidación. ....	110
<b>Tabla 25.</b> Análisis del Impacto Ambiental en el Pantano Seco Artificial. ....	113

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.-</b> Laguna de Oxidación Norte de Guayaquil.....	7
<b>Figura 2.-</b> Laguna de Estabilización Aerobia. ....	10
<b>Figura 3.-</b> Reacciones en Lagunas Facultativas. ....	11
<b>Figura 4.-</b> Lagunas Airadas con Mezcla Parcial. ....	11
<b>Figura 5.-</b> Estructura de Lagunas Anaerobias.....	12
<b>Figura 6.-</b> Planta del Pantanos Secos Artificiales. ....	14
<b>Figura 7.-</b> Esquema General del Funcionamiento y Elementos de un Pantano Seco Artificial.....	14
<b>Figura 8.-</b> Pantano Seco Artificial de Flujo Superficial.....	16
<b>Figura 9.-</b> Pantano Subsuperficial de Flujo Horizontal.....	18
<b>Figura 10.-</b> Clasificación de Macrófitas: Emergentes (1-4), Sumergidas (5-7), Flotantes (8).....	26
<b>Figura 11.-</b> Coliformes Fecales. ....	29
<b>Figura 12.-</b> Material Granular (Rocas, Suelo, Sustrato). ....	30
<b>Figura 13.-</b> Material Granular (Arena). ....	30
<b>Figura 14.-</b> Planta Guayacanes, en el Río Daule. ....	32
<b>Figura 15.-</b> Reconocimiento del Terreno.....	73
<b>Figura 16.-</b> Replanteo para la Construcción del Proyecto Investigativo. ....	74
<b>Figura 17.-</b> Inicio de Construcción de Laguna de Oxidación .....	74
<b>Figura 18.-</b> Conformación de Talud de la Laguna de Oxidación.....	75

<b>Figura 20.-</b> Material Pétreo. ....	76
<b>Figura 21.-</b> Conformación de Corona y Talud de la Laguna de Oxidación. ....	76
<b>Figura 22.-</b> Impermeabilización de Solera, Corona y Talud de la Laguna de Oxidación.....	77
<b>Figura 23.-</b> Impermeabilización de la Estructura.....	77
<b>Figura 24.-</b> Sal Marina. ....	78
<b>Figura 25.-</b> Inicio de Construcción del Pantano Seco Artificial. ....	78
<b>Figura 26.-</b> Conformación de Talud del Pantano Seco Artificial.....	79
<b>Figura 27.-</b> Conformación de Corona del Pantano Seco Artificial. ....	79
<b>Figura 28.-</b> Impermeabilización de Solera, Corona y Talud del Pantano Seco Artificial.....	80
<b>Figura 29.-</b> Instalación de Grava y Arena en el Pantano Seco Artificial. ....	80
<b>Figura 30.-</b> Transporte del Junco de Rio para el Pantano Seco Artificial. ....	81
<b>Figura 31.-</b> Reforestación del Pantano Seco Artificial con el Junco de Rio. ....	81
<b>Figura 32.-</b> Crecimiento del Junco de Rio en el Pantano Seco Artificial.....	82
<b>Figura 33.-</b> Filtro para el Pantano Seco Artificial.....	82
<b>Figura 34.-</b> Instalación del Filtro en el Pantano Seco Artificial.....	83
<b>Figura 35.-</b> Pantano Seco Artificial. ....	83
<b>Figura 36.-</b> Sal Marina Color Marrón.....	84
<b>Figura 37.-</b> Sal Marina Color Blanca. ....	84
<b>Figura 38.-</b> Proyecto Final.....	85
<b>Figura 39.-</b> Toma de Muestra en la Salida del Pantano Seco Artificial. ....	85
<b>Figura 40.-</b> Toma de Muestra en la Salida de la Laguna de Oxidación. ....	86
<b>Figura 42.-</b> Toma de Muestra Para su Respectivo Estudio. ....	87
<b>Figura 43.-</b> Efectividad de Remoción de Concentración de DBO. ....	104
<b>Figura 44.-</b> Efectividad de Remoción de Concentración de DQO.....	105
<b>Figura 45.-</b> Efectividad de Remoción de Concentración de Coliformes Fecales. ....	106

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1.- Tema.**

Evaluación del comportamiento de aguas residuales domésticas tratadas en planta de oxidación y en pantano seco artificial aplicando sal marina.

### **1.2.- Planteamiento del Problema.**

El planteamiento muestra en evidencia la afectación en la contaminación del Rio Guayas y el Estero Salado, en su mayoría por la materia biológica disuelta en el agua del lugar actual, esto ha contribuido en los últimos años a la contaminación de la misma, sobre todo en la cuenca del Rio Guayas. Un estudio que fue realizado por medio de la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), al que tuvo acceso EXPRESO, el 16 de diciembre del 2019, indican que el 53% del agua de riego en Guayas, la cual se determina por medio de un nivel alto de metales pesados y coliformes en la cuenca del Rio Guayas., en los años 2015 y 2017, dicha entidad determino que el agua usada con fines agrícolas no cumple los parámetros requeridos a niveles nacionales, sino que sus índices de contaminación supera la norma permitida ambiental vigente actualmente, contemplando un impacto negativo de riesgo en los cultivos que es una actividad económica actual principalmente en la provincia del Guayas.

Las plantas de tratamiento de agua residuales tradicionales son utilizadas para el proceso de separación de los contaminantes, como en el caso de sólidos grandes, sólidos suspendidos y materia biológica disuelta la misma que no llega ser tratada en su tiempo adecuado, permitiendo que el cuerpo receptor no logre complementar con el saneamiento de las aguas usadas que depende de la capacidad de auto purificación del mismo.

### **1.2.1.- Formulación del Problema.**

¿De qué manera afecta la aplicación de sal marina en el comportamiento de aguas tratadas en plantas de oxidación y en pantano seco artificial?

### **1.2.2.- Sistematización del Problema.**

¿Cómo se eliminará la mayor cantidad de materia biológica disuelta?

¿Cuáles serán los diseños a implementar para una estructura hidráulica en la conservación de la sal en grano?

¿Cómo mejorará la calidad del agua tratada en las plantas de oxidación y en pantano seco artificial?

## **1.3.- Objetivos de la Investigación.**

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

Evaluar el comportamiento de aguas residuales domésticas tratadas en planta de oxidación y en pantano seco artificial aplicando sal marina.

### **1.3.2.- Objetivos Específicos.**

- Analizar los resultados de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y coliformes fecales, a la entrada y salida de las dos plantas piloto a implementar.
- Evaluar la efectividad del uso de sal marina en las dos plantas piloto a implementar.
- Elaborar un análisis económico y ambiental de las dos plantas piloto a implementar.

## **1.4.- Justificación de la Investigación.**

Es importante implementar una investigación con sal marina, buscando reducir el impacto socio-ambiental que causa las aguas residuales que no son tratadas, así evaluar otro método antes de reingresar las aguas usadas al ciclo hidrológico, para evitar la contaminación en los cuerpos receptores de la zona más cercana de las plantas de tratamiento ya que es importante evitar que el cuerpo receptor sufra un impacto mayor.

Se justifica el presente tema de investigación debido a que años anteriores la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA) indicó que los índices de las pruebas realizadas en el agua del Río Guayas dieron como resultado que el 53% del agua de riego en Guayas está contaminada debido al alto nivel de metales pesados y coliformes en la cuenca del Guayas, provocando un impacto en el ecosistema y en las actividades agrícolas de la provincia del Guayas.

La investigación tiene como objetivo principal evaluar el comportamiento de la sal marina para determinar la capacidad de efectividad de remoción de las materias orgánicas y coliformes en las aguas tratadas por plantas tradicionales.

#### **1.5.- Delimitación o Alcance de la Investigación.**

La investigación tendrá el alcance hasta el análisis correspondiente de cada prueba que se realice en las dos plantas de tratamiento para su comparación o efecto que causa al implementar la sal marina para el proceso de eliminar la materia biológica disuelta en el agua tratada. Se realizará en dos tipos de plantas piloto: laguna de oxidación y pantano seco artificial; Ya que son diferentes procesos en tratamientos de agua servida para obtener un resultado en distintos tratamientos del agua usada en el país.

#### **1.6.- Idea a Defender.**

Con la investigación se busca mejorar los procesos de tratamientos de aguas servidas convencionales usando sal marina para las aguas tratadas en planta de oxidación (lodos activados) y en pantano seco artificial para eliminar la mayor cantidad de materia biológica disuelta que no lograron ser tratadas adecuadamente.

En el proceso de la investigación se obtendrá una mejor calidad del agua usada para no afectar al cuerpo receptor que culmine con su proceso hidrológico.

## CAPÍTULO II

### 2.1. Marco Teórico.

Las aguas residuales son al día de hoy consideradas como dispersiones, dicho termino se debe a la gran cantidad de impurezas que contienen en la misma. Las impurezas contempladas en el agua residual varían de tamaño en un rango amplio, las cuales oscilan entre los 10-8 cm para sustancias solubles 10-2 cm, en la materia en suspensión. (Aguilar, Saéz, Lloréns, Soler, & Ortuño, 2002)

La separación de la impureza proviene de la sedimentación en gran parte de este, sin embargo, a que muchos de estos contaminantes son demasiado pequeñas para lograr un proceso de eliminación de forma eficiente para la ejecución de dicha operación, siendo preciso llevar a cabo la unión de las partículas en grandes cantidades con un tamaño mayor y más fácilmente de cantables, con la finalidad de obtener una mejor separación por sedimentación en los resultados. Dicho proceso de formación de agregados tiene el nombre genérico de coagulación. (Aguilar, Saéz, Lloréns, Soler, & Ortuño, 2002)

Las aguas residuales domesticas son aguas turbias relativamente fácil de tratar por las diversas características que tiene dicha agua contaminada por sustancias, siendo un tratamiento aplicado de forma Anaeróbico, por otro lado, la demanda de agua (DA), es aplicada por medio de un tratamiento grueso, lo cual quiere decir que entre un 60% a 80% de la remoción del (DQO) es ejecutable, siendo un límite superior difícil para lograr obtener resultados óptimos con los diseños actuales. Por ende, la medida se puede aplicar cuando no se dispone de los recursos económicos necesarios para su ejecución de tratamiento.

Considerando la evidencia en la mayoría de pequeñas poblaciones del tercer mundo y en donde tampoco existen restricciones de los olores fuertes que se producen por medio de las mismas contaminaciones no solo industriales, sino también humana que están asentados en las causales de los ríos. Sin embargo, estas pueden ser controladas de manera eficiente,

pero con un costo mayor y no aporta en nada a la efectividad de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Esto se evidencia en las aguas residuales o aguas negras, las cuales no son las mismas que las actuales que se presentan en el agua del río, por los diversos asentamientos poblacionales en el agua doméstica, la cual se mezcla con las aguas residuales industriales, siendo la entrada de diferentes productos en el consumo primario de las actividades humanas como es el caso: detergentes, lavado de platos, entre otras. Por ende, esta se emplea por medio de procesos previos para sus descargas en el alcantarillado municipal, modificando el tratamiento tradicional para mejorar los resultados del tratamiento de aguas residuales.

## **2.2. Laguna de Oxidación.**

Una laguna o estanque de oxidación se la conoce también comúnmente como un estanque de estabilización, en una pileta de tierra poco profunda entre 1 a 2 metros, la cual se utiliza para realizar el tratamiento biológico de diferentes efluentes municipales e industriales tienen conductos de descarga directos a un río cercano. Las condiciones que tienen los estanques suelen variar de aeróbicas, facultativas y anaeróbicas; siendo indispensable los suministros de aireación complementaria en la profundidad en los estanques y el grado de la mezcla, tanto natural o inducida.

Las condiciones aeróbicas se pueden mantener completamente en un tanque de oxidación de fotosíntesis sin mezclar solo si se tratan desechos orgánicos moderadamente solubles. Por lo tanto, por conveniencia, casi todos los estanques son opcionales. (Ingeniería Ambiental- Segunda Edición, 1999)

En este tipo de estanque, los sólidos retenidos se descomponen aeróbicamente en el fondo del estanque, mientras que los residuos orgánicos son solubles en mayor medida por bacterias aeróbicas y se disuelven en dióxido de carbono y agua. Las algas de la fotosíntesis

utilizan dióxido de carbono y producen oxígeno para las bacterias (relación simbiótica). (Ingeniería Ambiental- Segunda Edición, 1999)

Los comederos opcionales a menudo se colocan en serie para reducir la formación de cortocircuitos, y cuando se aplican altas cargas de DBO, se puede proporcionar ventilación adicional, posiblemente a través de conductos de aire difusos, para reducir la pérdida de olores y aumentar la manipulación de la carga. Desafortunadamente, las algas son difíciles de eliminar de los estanques de oxidación porque tienden a escapar hacia los afluentes, lo que a veces causa límites de descarga excesivos para la DBO y los sólidos en suspensión en las aguas residuales. (Ingeniería Ambiental- Segunda Edición, 1999)

Además de los problemas con las algas, los estanques de estabilización experimentan una reducción de la eficiencia de tratamiento cuando el tiempo es frío y están bajo una cubierta de hielo, además de que se desprenden olores cuando el hielo se rompe. (Ingeniería Ambiental- Segunda Edición, 1999)

Se puede utilizar lagunas anaerobias dos o tres veces más profundas que los estanques de oxidación cuando no existen objeciones a la descomposición anaerobia. Estos estanques solo proporcionan una estabilización parcial de los residuos y por tanto suelen utilizarse en serie con estanques facultativos para proporcionar un tratamiento completo. Vale la pena tomarlas en cuenta en localidades remotas donde los olores no constituyen un problema y en especial donde los residuos son muy concentrados ( $DBO_5 > 1,000 \text{ mg/L}$ ), porque la producción de lodos es mucho menos que la que se tiende en condiciones aeróbicas. (Ingeniería Ambiental- Segunda Edición, 1999)



**Figura 1.-** Laguna de Oxidación Norte de Guayaquil. Fuente: El Universo, 2017

El estanque o laguna de estabilización es el sistema de tratamiento biológico de efluentes más simple de operar y mantener. Estos incluyen estanques, que generalmente se excavan parcialmente en el suelo, de superficie y volumen suficientes para garantizar los largos tiempos de procesamiento (meses) necesarios para la descomposición de la materia orgánica mediante procesos "naturales" de limpieza. El curso del tratamiento suele durar varios meses, lo cual es uno de sus principales inconvenientes, ya que es un proceso degenerativo completamente natural. (Gallegos , Machuca , Pecho Soto, & Rojas Ruiz, 2015)

Dependiendo de los componentes presentes o inexistentes del oxígeno disuelto (OD) en el líquido contenido en la laguna o estanque se las clasifica de la siguiente manera:

El estanque de estabilización es una estructura sencilla que contiene aguas residuales para mejorar sus propiedades sanitarias. Los estanques estables se construyen a poca profundidad (2-6 m) y tienen un período de retención relativamente largo, generalmente de varios días. Cuando las aguas residuales se descargan en un estanque de estabilización, un proceso conocido como autofiltración o estabilización natural ocurre automáticamente a través de fenómenos físicos, químicos, bioquímicos y biológicos. Este proceso tiene lugar

en la mayoría de las aguas estancadas que contienen un alto porcentaje de materia orgánica combustible o degradable. (Gallegos , Machuca , Pecho Soto, & Rojas Ruiz, 2015)

Los parámetros más comúnmente utilizados para evaluar el comportamiento y las aguas residuales de los estanques sedimentados son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de las cargas orgánicas; El mayor número posible de coliformes en las heces (NMPCF / 100 ml) indica contaminación microbiológica. Los sólidos totales estables, suspendidos y disueltos también son importantes. Los estanques estables con una gran relación de aspecto (largo a ancho > 5) se denominan estanques de almacenamiento altos. Estos lagos son muy efectivos para eliminar cargas orgánicas y bacterias patógenas, pero deben estar precedidos por dos o más lagos para atrapar los sólidos que pueden precipitar. A partir de entonces, que se denominan estanques primarios, evite el cierre prolongado de los estanques para realizar dragados periódicos. (Gallegos , Machuca , Pecho Soto, & Rojas Ruiz, 2015)

Los lagos poco profundos que reciben aguas residuales sin tratar son los principales lagos. Se dice que los lagos que reciben aguas residuales de los registros primarios son secundarios; Las cuencas sucesivas y estables pueden denominarse terciarias, cuaternarias, cuaternarias, entre otras. Los lagos que reciben aguas residuales de las escuelas secundarias también se conocen como lagos de acabado, maduración o pulido. Siempre se deben construir al menos dos tanques principales (paralelos) para mantener uno en funcionamiento mientras el otro limpia los lodos. (Gallegos , Machuca , Pecho Soto, & Rojas Ruiz, 2015)

Hoy en día, las lagunas de estabilización son una interesante alternativa terapéutica para filtrar las aguas residuales de las ciudades pequeñas y medianas de una población. (Cardenas Murillo, 2012)

El tratamiento de aguas residuales Lagunaje implica almacenar las aguas residuales por un período variable, dependiendo de la carga aplicada y las condiciones climáticas, de

modo que la materia orgánica se descomponga por la actividad microbiana heterogénea presentes en el dicho entorno. (Cardenas Murillo, 2012)

Dado que el tratamiento de depuración por lagunaje, no implica trabajo humano y se limita a proporcionar un sitio adecuado para los estanques, el lago es un sistema de tratamiento biológico natural, basado en los siguientes principios: Procesos similares ocurren en ríos y lagos (Cardenas Murillo, 2012)

**Tabla 1.**

*Características de Diseño y Desempeño de los Sistemas con Lagunas.*

Características	Clase de laguna		
	Aerobia parcial	Facultativa	Aireada con mezcla
Objetivo del tratamiento	Secundario	Secundario, preliminar a un sistema de disposición sobre el suelo	Secundario, pulimiento preliminar a un sistema de disposición sobre el suelo o tratamiento
Clima necesario	Cálido	No requiere	No requiere
Tiempo de retención (días)	5--10	25—180	3--20
Profundidad (metros)	1-1,5	1,5-2,5	2--6
Características del afluente (mg/L) DBO	20-40	30-40	20-40
DQO	80-140	40-100	30-60

Fuente: Crites Tchobanoglous, 2000

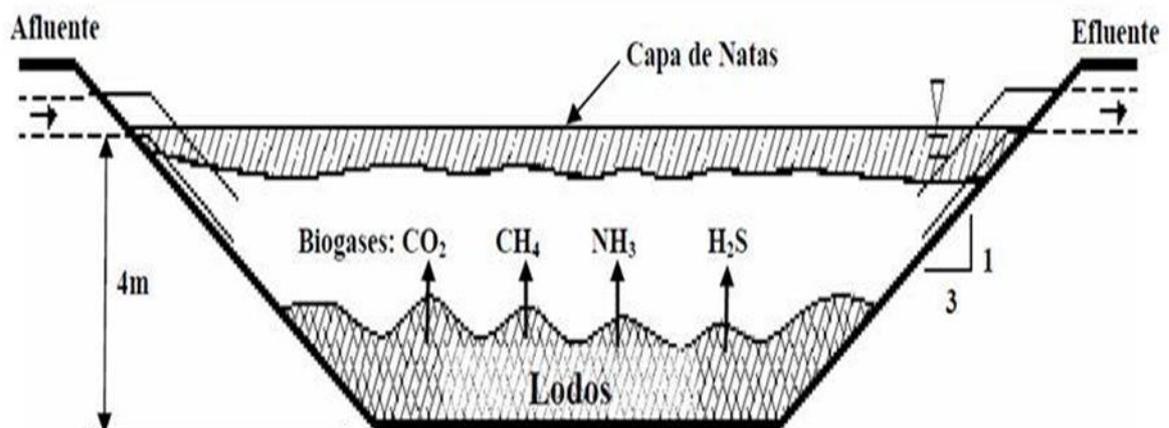
### **Clases de lagunas.**

Los lagos pueden clasificarse según el nivel de concentración de oxígeno disuelto (nivel aeróbico) y su suministro de oxígeno necesario para absorber los diversos compuestos orgánicos en las aguas residuales, y también se detallarán en las siguientes categorías:

#### **Lagunas Aerobias.**

Esto es un tipo de lagunas poco profundas, ya que deben permitir la penetración de la luz solar en toda la columna de agua; Por esta razón, funciona una gran fotosíntesis en las

horas de la luz solar, en toda la columna de agua, su profundidad osciló entre 1 y 1,5 m; La laguna está diseñada para aumentar la actividad fotosintética de las algas conocidas como de alta velocidad, se refiere la tasa de producción de la fotosíntesis de oxígeno por las algas presentes y no está presente en el metabolismo anabólico de la velocidad de los compuestos orgánicos, aún inmutables. El oxígeno es generado por algas permite que las bacterias degradan las formas aeróbicas, crean compuestos orgánicos presentes en el agua restante. En la luz del sol, el oxígeno y el pH aumentan para lograr el valor máximo, mientras que, en el tiempo de la tarde, estos parámetros reducirán significativamente, en relación con el valor máximo. El tiempo de retención de estos sistemas es relativamente corto (generalmente de 5 a 10 días). La laguna aeróbica se usa en combinación con otras lagunas y su aplicación se limita a climas cálidos y soleados. (Toscano Pozo , Jhoana Gabriela, 2014)



**Figura 2.-** Laguna de Estabilización Aerobia. Fuente: Manual de Oklay.

### **Lagunas Facultativas.**

Este tipo de lagos son los más utilizados, con profundidades que oscilan entre 1,5 y 2,5 metros. También se conocen como estabilizadores. El procesamiento se realiza mediante la acción de bacterias aeróbicas en la capa superior y bacterias anaeróbicas o anaeróbicas en la capa inferior, dependiendo de la mezcla creada por la influencia del viento. Los sólidos pueden precipitarse al fondo del lago. El oxígeno es suministrado por fotosíntesis y reventilación natural de la superficie. Los estanques opcionales pueden funcionar como

estanques de aguas residuales, estanques de almacenamiento completos o como unidades de almacenamiento de postratamiento sobre el suelo. (Toscano Pozo , Jhoana Gabriela, 2014)

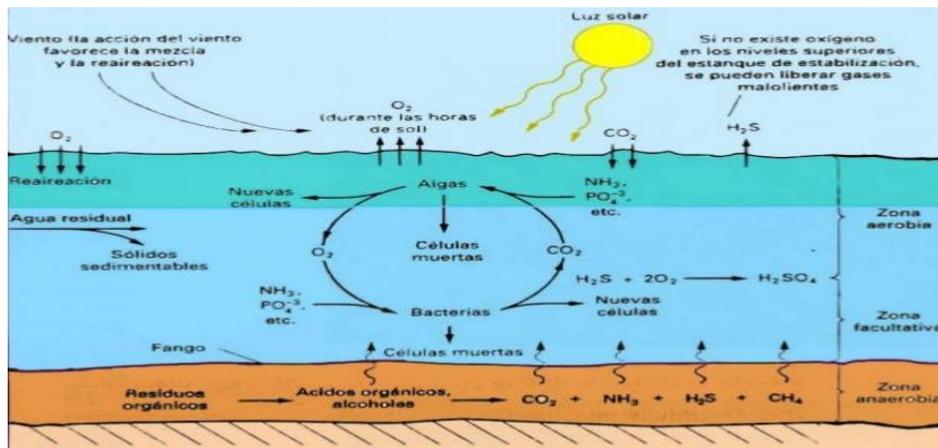


Figura 3.- Reacciones en Lagunas Facultativas. FUENTE: Ortiz, 2014

### Lagunas aireadas con mezcla parcial.

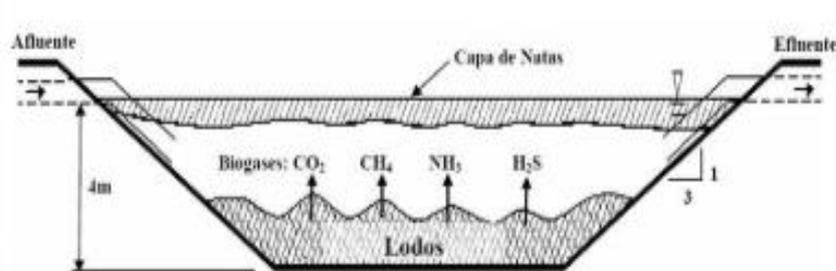
Los lagos aireados parcialmente mezclados son más profundos y pueden recibir mayores cargas orgánicas. El oxígeno se suministra a través de aireadores mecánicos flotantes o difusores sumergibles. Los lagos de aireación tienen una profundidad de 2 a 6 m, los cuales están diseñados con un tiempo de retención bajo (de 3 a 20 días). La principal ventaja es que requieren menos espacio que otros sistemas lacustres. (Toscano Pozo , Jhoana Gabriela, 2014)



Figura 4.- Lagunas Airadas con Mezcla Parcial. FUENTE: Ortiz, 2014

## Lagunas Anaerobias.

Este tipo de lagos están diseñados para manejar efluentes con alto contenido orgánico, generalmente aguas residuales de industrias ubicadas en áreas rurales remotas. Estos lagos no tienen zona de aire, su profundidad varía de 5 a 10 m. El tiempo de su retención varía de 20 a 50 días, por lo que emiten olores desagradables y deben cubrirse o aislarse por un período de tiempo. (Toscano Pozo , Jhoana Gabriela, 2014)



**Figura 5.-** Estructura de Lagunas Anaerobias. FUENTE: Manual de Oklay

### 2.3. Pantano Seco Artificial.

Los humedales o lagos artificiales son sistemas diseñados para eliminar contaminantes de las aguas residuales. Durante la última década, el uso de estos sistemas para el tratamiento de aguas residuales se ha incrementado en todo el mundo, especialmente en áreas con economías menos desarrolladas y sin saneamiento público, debido a los precios más bajos. Mantenimiento y operación, así como alta capacidad de remoción. (ROBLES ORTEGA, 2019)

Para esta evaluación se revisaron los análisis de aguas residuales de los últimos 5, 6, 7, 8 y 9 meses, datos proporcionados por Interagua C. Ltda y Emapag-EP, y se encontraron resultados en tres parámetros (surfactante, sulfuro y coliforme fecal). Que El límite de descarga permisible en el área de agua de mar en el Anexo 1 excede los estándares de calidad ambiental y el detector de imágenes mejoradas por agua en el Libro VI del documento de Ley Ambiental Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA). (ROBLES ORTEGA, 2019)

Un sistema de humedales artificiales (PSA) es una tecnología que simula procesos físicos, químicos y biológicos a medida que se desarrollan en ecosistemas naturales. Su sencillez y facilidad de construcción es asombrosa. (SUSTAINABILITY, 2020)

Los pantanos secos o artificiales son superficies que se inundan periódicamente con agua que consiste en una capa de grava u otro sustrato sobre el cual se cultivan plantas acuáticas de especies de plantas grandes; El agua circula a través de esta capa porosa, poniéndola en contacto con sus raíces. (El Oficial, 2017)

Los contaminantes se eliminan a través de una variedad de fenómenos microbianos que incluyen la descomposición aeróbica y anaeróbica de materia orgánica y la absorción de sedimentos contaminados. (El Oficial, 2017)

Estos lagos son sistemas de biorremediación que intentan imitar y maximizar lo que sucede en el entorno natural a través de plantas anegadas, las mismas especies que se reproducen, se reproducen y flotan río abajo o lagos, estas plantas tienen la capacidad de captar el oxígeno presente en el ambiente y trasladarlo a través del tallo a las raíces, de manera que estas últimas quedan cubiertas y así los microorganismos aeróbicos digieren las moléculas orgánicas. (El Oficial, 2017)

Los pantanos secos artificiales están diseñados para proporcionar un hábitat adicional para las muchas especies de aves, animales e insectos que viven en ambientes húmedos. (El Oficial, 2017)

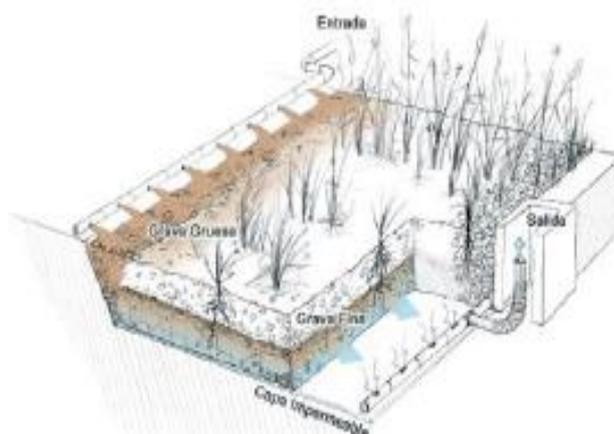


**Figura 6.-** Planta del Pantanos Secos Artificiales. FUENTE: Metro Ecuador, 2018

### **Pantanos Artificiales.**

Los humedales artificiales son áreas creadas por el hombre en las que los mecanismos que eliminan los contaminantes de las aguas residuales recicladas en los humedales naturales se controlan mediante procesos físicos, biológicos y químicos. (Remtavares, 2013)

El carácter artificial de este tipo de humedal está determinado por: Humedales confinados, construidos mecánicamente e impermeabilizados para evitar la pérdida de agua en el suelo, utilizando medios diferentes al suelo original para "enraizamiento de plantas y selección de cultivos. Los humedales invadirán". (Remtavares, 2013)



**Figura 7.-** Esquema General del Funcionamiento y Elementos de un Pantano Seco Artificial. FUENTE: (Remtavares, 2013)

Actualmente, en muchas ciudades, las plantas de tratamiento de aguas residuales ya no son el objetivo debido a la obsolescencia y / o la sobrecarga debido a la actividad industrial. La construcción de nuevas plantas de tratamiento o la conexión de plantas remotas es costosa, por lo que conectar las plantas viejas a un humedal artificial puede ser una alternativa asequible. Aspectos económicos y ambientales, porque este tipo de sistemas son fáciles de construir, de bajo costo, de bajo mantenimiento y confiables en purificación, incluso durante grandes cambios de flujo. (Remtavares, 2013).

En este tipo de ecosistemas también se desarrollan algunos procesos físicos y químicos capaces de depurar el agua ya que eliminan grandes cantidades de materia orgánica, materia en suspensión, nitrógeno, fósforo e incluso otros productos peligrosos.

Esencialmente, los humedales artificiales son áreas artificiales en las que se repone sistemáticamente la eliminación de contaminantes físicos, químicos y biológicos que normalmente se encuentran en los humedales naturales. (Durango, 2018)

### **2.3.1. Clasificación de Pantano Seco Artificial.**

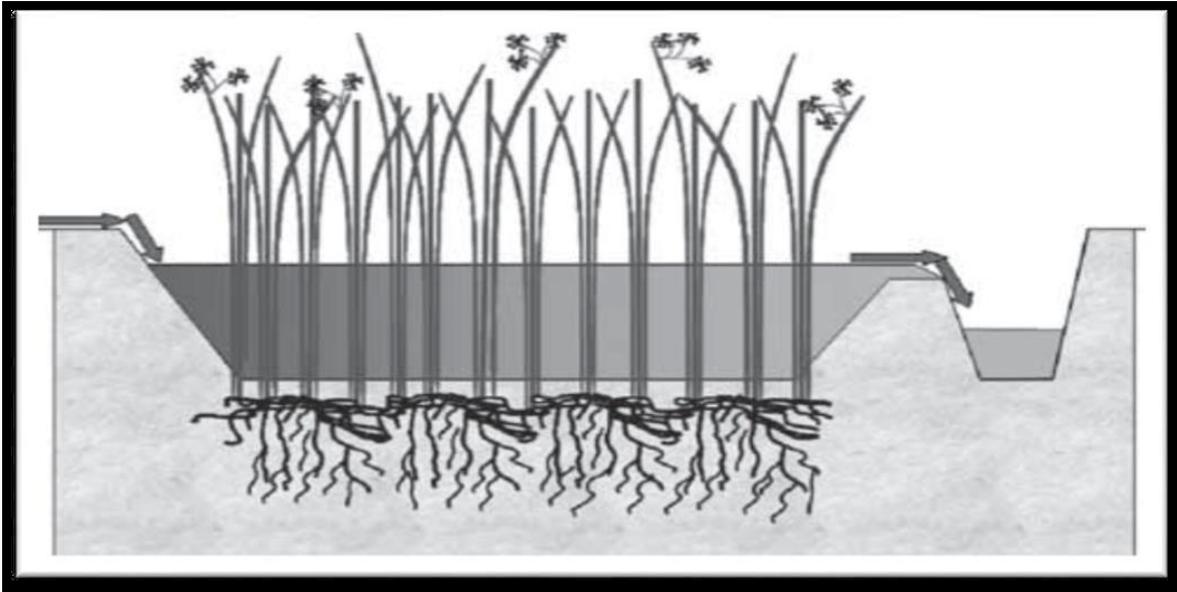
Los humedales artificiales se pueden calificar de la siguiente manera a continuación mácrófitas fijas al sustrato (enraizadas) o macrófitas flotantes libres. (Delgadillo, Oscar, Alan Camacho, Luis Perés, & Mauricio Andrade, 2010)

### **2.3.2. Pantano de Flujo Superficial.**

Los sistemas de esorrentía son aquellos en los que el agua se transporta preferentemente a través de los troncos de los árboles y directamente a la atmósfera. Estos tipos de presión son una mejora o modificación de un sistema de estanques tradicional. Una diferencia con estos métodos es que son poco profundos (hasta 0,6 m) y se adaptan a vegetales o plantas. (Delgadillo, y otros 2010).

Este sistema es muy recomendable por su capacidad para albergar peces, anfibios, aves, entre otras. Diferente. Pueden formarse, tanto en sitios turísticos como en sitios de

investigación de diversas disciplinas, debido a las complejas interacciones biológicas que se generan y establecen. (Delgadillo, Oscar, Alan Camacho, Luis Perés, & Mauricio Andrade, 2010)



**Figura 8.-** Pantano Seco Artificial de Flujo Superficial. FUENTE: (Delgadillo, Oscar, Alan Camacho, Luis Perés, & Mauricio Andrade, 2010)

**Tabla 2.**

*Ventajas y Desventajas de un Pantano SFS (Sistema de Flujo superficial).*

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<p>Proporcionan tratamiento efectivo en forma pasiva y minimizan la necesidad de equipos mecánicos, electricidad y monitoreo por parte de operadores adiestrados.</p> <p>Pueden ser menos costosos de construir, operar y mantener, que los procesos mecánicos de tratamiento.</p> <p>Los sistemas de humedales proporcionan una adición valiosa al "espacio verde" de la comunidad, e incluye la incorporación de hábitat de vida silvestre y oportunidades para recreación pública.</p>	<p>Las necesidades de terreno de los humedales SFS pueden ser grandes, especialmente si se requiere la remoción de nitrógeno o fósforo.</p> <p>La remoción de DBO (demanda bioquímica de oxígeno), DQO (demanda química de oxígeno) y nitrógeno en los humedales son procesos biológicos y son esencialmente continuos y renovables. El fósforo, los metales y algunos compuestos orgánicos persistentes que son removidos permanecen en el sistema ligados al sedimento y por ello se acumulación el tiempo.</p> <p>La mayoría del agua contenida esencialmente anóxica, limitando el potencial de nitrificación rápida del amoníaco. El aumento del tamaño del humedal y, consecuentemente, el tiempo de retención puede hacerse en forma</p>

---

compensatoria, pero puede no ser eficiente en términos económicos. Métodos alternos de nitrificación en combinación han sido utilizados con éxito.

No producen biosólidos ni lodos residuales que requerirían tratamiento subsiguiente y disposición.

Los mosquitos y otros insectos vectores de enfermedades pueden ser un problema.

La remoción de DBO (Demanda bioquímica de oxígeno, SST (sólidos suspendidos totales), DQO (Demanda Química de Oxígeno), metales y compuestos orgánicos refractarios de las aguas residuales domésticas puede ser muy efectiva con un tiempo razonable de retención. La remoción de nitrógeno y fósforo a bajos niveles puede ser también efectiva con un tiempo de retención significativamente mayor.

---

FUENTE: (EPA, 2000)

### **2.3.3. Pantano de Flujo Subsuperficial.**

Un humedal artificial de flujo subterránea artificial diseñado específicamente para tratar un tipo específico de aguas residuales, o su etapa de tratamiento final, generalmente construido como una cadena o canal. Contiene un medio adecuado.(EPA, 2000)

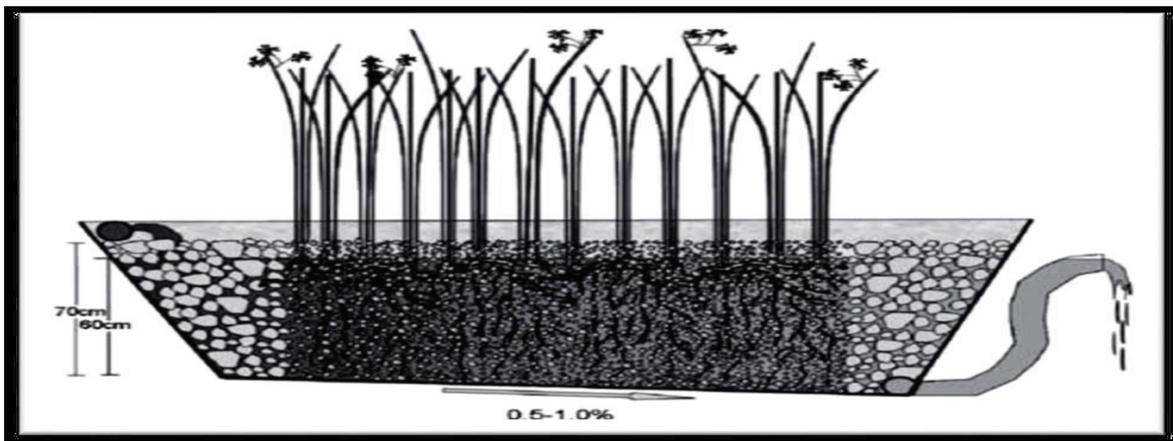
Las estructuras de entrada y salida se utilizan para garantizar una distribución adecuada y una recolección uniforme de las aguas residuales aplicadas. El método más común utilizado para sistemas pequeños es la herramienta de ensamblaje perforada. La profundidad media en este humedal de flujo superficial varía de 0,3 a 0,9 m (1 a 3 pies), siendo el valor más común de 0,6 m (2 pies). (EPA, 2000)

#### **2.3.3.1. Pantanos Subsuperficiales de Flujo Horizontal.**

Estos sistemas cuentan con un origen de investigación por el autor Seidel (1967) y Kickuth (1977). (Delgadillo, Oscar, Alan Camacho, Luis Perés, & Mauricio Andrade, 2010)

El diseño de estos sistemas incluye un lecho, suelo o arena y grava, sembrado con plantas acuáticas, y en la mayoría de los casos de caña o carrizo (*Phragmites australis*), todo el lecho debe cubrirse con una membrana impermeable para evitar filtraciones en el suelo

(Brix en Kolb, 1998). (Delgadillo, Oscar, Alan Camacho, Luis Perés, & Mauricio Andrade, 2010).



**Figura 9.-** Pantano Subsuperficial de Flujo Horizontal. FUENTE: (Delgadillo, Oscar, Alan Camacho, Luis Perés, & Mauricio Andrade, 2010)

El agua fluye constantemente. Se aplica en la parte superior de un extremo y se recoge a través de una manguera de drenaje en la parte inferior correspondiente. Las aguas residuales se tratan a medida que fluyen a través del medio poroso (flujo pistón). La profundidad del lecho varía de 0,45 m a 1m y tiene una pendiente de 0,5% a 1%. (Delgadillo, Oscar, Alan Camacho, Luis Perés, & Mauricio Andrade, 2010)

Las aguas residuales no van directamente al entorno de grava (cuerpo), sino que se enfrentan a una zona de amortiguación generalmente hecha de grava con un diámetro mayor que el diámetro del objeto. (Delgadillo, Oscar, Alan Camacho, Luis Perés, & Mauricio Andrade, 2010).

El método de recolección es un tubo de drenaje con tamiz, rodeado por un medio granular del mismo espesor que el medio utilizado inicialmente. Los diámetros de la grava en la entrada y salida van desde 50 mm hasta 100 mm. El área trasplantada consta de pequeños guijarros que varían en diámetro de 3 mm a 32 mm. (Delgadillo, Oscar, Alan Camacho, Luis Perés, & Mauricio Andrade, 2010)

El exceso de agua que ingrese al sistema se mantendrá por debajo de la superficie (5-10 cm), donde el nivel de salida se ajustará de acuerdo con estos requisitos. (Delgadillo, Oscar, Alan Camacho, Luis Perés, & Mauricio Andrade, 2010).

### **2.3.3.2. Pantanos Subsuperficiales de Flujo Vertical.**

Estos sistemas se cargan de forma intermitente, de modo que las condiciones de saturación de agua en la capa madre siguen períodos de insaturación, lo que estimula el suministro de oxígeno. (Delgadillo, Oscar, Alan Camacho, Luis Perés, & Mauricio Andrade, 2010)

Este tipo de humedal recibe aguas residuales de arriba a abajo, a través de un sistema de tuberías, y el agua se filtra verticalmente a través de un sustrato inerte (arena y grava) y se recoge en una red de drenaje ubicada en el fondo del humedal. El suministro de agua es intermitente, para mantener y mejorar las condiciones aeróbicas tanto como sea posible. La reforestación de plantas flotantes en medio poroso. (Delgadillo, Oscar, Alan Camacho, Luis Perés, & Mauricio Andrade, 2010).

Además, para potenciar las condiciones aeróbicas en medios porosos, es común utilizar un sistema de ventilación con chimeneas, que serán tubos de malla con salidas a la atmósfera. En este tipo de humedal, la capa inferior consta de muchas capas, la mejor capa está en la parte superior, aumentando el diámetro de la grava hacia el fondo. (Delgadillo, Oscar, Alan Camacho, Luis Perés, & Mauricio Andrade, 2010).

### **Tabla 3.**

*Ventajas y Desventajas de un Pantano SFSS (Sistemas de Flujo Sub-Superficial).*

VENTAJAS	DESVANTAJAS
<p>Proporcionan tratamiento efectivo en forma pasiva y minimizan la necesidad de equipos mecánicos, electricidad y monitoreo por parte de operadores calificados</p> <p>Pueden ser menos costosos de construir, y usualmente también son menos</p>	<p>Requiere un área extensa en comparación con los sistemas mecánicos convencionales de tratamiento.</p> <p>La remoción de DBO (Demanda bioquímica de oxígeno), DQO (Demanda</p>

costosos para operar y mantener, que los procesos mecánicos de tratamiento diseñados para un nivel equivalente de calidad de efluente.

No producen biosólidos ni lodos residuales que requerirían tratamiento subsiguiente y disposición.

Son muy efectivos en la remoción de la DBO (Demanda bioquímica de oxígeno), la DQO (Demanda química de oxígeno), los SST (sólidos suspendidos totales), los metales y algunos compuestos orgánicos refractarios de las aguas residuales domésticas. La remoción de nitrógeno y fósforo a bajos niveles es también posible, pero se requiere un tiempo de retención mucho mayor.

Los mosquitos y otros insectos vectores similares no son un problema con los humedales SFS mientras el sistema se opere adecuadamente y el nivel subsuperficial de flujo se mantenga.

---

FUENTE: (EPA, 2000)

#### **2.3.4.- Ventajas y Desventajas de los Pantano Seco Artificiales.**

(Lara, 1999), (ITRC, 2003), (Garcia, Morató , & Bayona, 2004), el cual expone un listado de ventajas y desventajas de los humedales artificiales, exponen el siguiente:

##### **Ventajas**

- Poco o ningún consumo de energía eléctrica, ya que durante el día el oxígeno requerido es suministrado por la fotosíntesis a los macrófagos y por la noche por el parénquima (sistema vascular) de los macrófagos. (Garcia, Morató , & Bayona, 2004)
- Fácil de usar y mantener. Requiere pocos operadores, requiere poca capacitación (aunque hay que enfatizar que necesitan una atención completa, lo que significa que no se debe descuidar la operación. Las personas son suficientes para

química de oxígeno) y nitrógeno es un proceso continuo renovable. El fósforo, los metales y algunos compuestos orgánicos persistentes que son removidos permanecen en el sistema ligados a sedimento y por ello se acumulan con el tiempo

La mayoría del agua contenida en los humedales es anóxica, limitando el potencial de nitrificación del amoníaco del agua residual.

No pueden ser diseñados para lograr una remoción completa de compuestos orgánicos, SST (sólidos suspendidos totales), nitrógeno o bacterias coliformes. Los ciclos ecológicos en estos humedales producen concentraciones naturales de esos compuestos en el efluente.

humedales artificiales con una población de menos de 2.500 habitantes (zonas rurales). (Garcia, Morató , & Bayona, 2004)

- No emite olores cuando está diseñado y utilizado correctamente. (Garcia, Morató , & Bayona, 2004)
- Sin ruido (falta de equipo electromecánico). (Garcia, Morató , & Bayona, 2004)
- Produce menos lodos residuales. (Garcia, Morató , & Bayona, 2004)
- No existen riesgos significativos para el crecimiento de moscas y mosquitos en los humedales subterráneos. (Garcia, Morató , & Bayona, 2004)
- Eliminación eficaz de DBO (demanda bioquímica de oxígeno), sólidos en suspensión (sólidos en suspensión), patógeno y nutriente (N y P). (Garcia, Morató , & Bayona, 2004)
- Menores costos operativos que otros sistemas de procesamiento. (Garcia, Morató , & Bayona, 2004)
- Alta flexibilidad o capacidad para soportar cambios de cargas, hidráulicas (caudal) y orgánicas. (Garcia, Morató , & Bayona, 2004)
- Conservación del medio ambiente. Las reservas de vida silvestre forman y contribuyen al desarrollo y aumento de la biodiversidad, ya que forman nuevos hábitats. (Garcia, Morató , & Bayona, 2004)
- Soporta una mayor variedad de cambios de cargas orgánicas e hidráulicas (hasta un 300%) que los sistemas electromecánicos. (Garcia, Morató , & Bayona, 2004)
- Puede abarcar desde ciudades unifamiliares hasta ciudades medianas en suelo. (Garcia, Morató , & Bayona, 2004)
- Proporcionan aguas residuales con escasa demanda de oxígeno bioquímico, macronutrientes (por ejemplo, nitrógeno, fósforo, potasio) y microorganismos patógenos. (Garcia, Morató , & Bayona, 2004)

- El agua tratada se puede reutilizar para muchos usos diferentes (riego de espacios verdes, riego de cultivos, acuicultura, reposición de aguas subterráneas, protección de organismos acuáticos en ríos y lagos). (Garcia, Morató , & Bayona, 2004)
- Utilizable en climas fríos, templados y cálidos. La biomasa vegetal actúa como un amortiguador de sedimentos, asegurando una fuerte actividad microbiana en todas las estaciones del año. (Garcia, Morató , & Bayona, 2004)
- Desde un punto de vista estético, crear un espacio verde fresco en armonía con el medio ambiente. (Garcia, Morató , & Bayona, 2004)
- Subproductos utilizables (flores, forrajes, materiales artesanales). (Garcia, Morató , & Bayona, 2004)
- Brindar oportunidades recreativas y educativas. (Garcia, Morató , & Bayona, 2004)

### **Desventajas**

- Requiere una gran cantidad de tierra (mayor tiempo de retención), 20 veces más necesidades de tierra que los sistemas intensivos, lo que afecta la disponibilidad. (Garcia, Morató , & Bayona, 2004)
- Incrementar los costos de inversión en áreas donde la tierra es cara. (Garcia, Morató , & Bayona, 2004)
- Cuando es ineficaz, existe el riesgo de obstruir el medio filtrante. (Garcia, Morató , & Bayona, 2004)
- Los olores se generan cuando son de tamaño pequeño o cuando se excede su capacidad de procesamiento cuando se introducen nuevos desechos en las categorías previstas en el diseño original, o porque se ha alcanzado la capacidad

de procesamiento durante la fase de diseño planificada. (García, Morató , & Bayona, 2004)

- En climas fríos, con inviernos marcados, nieve acumulada o en áreas con heladas severas, frena el ritmo de reducción de contaminantes. (García, Morató , & Bayona, 2004)
- Por ser un sistema biológico, la presencia de sustancias tóxicas puede afectar su efectividad. (García, Morató , & Bayona, 2004)
- Las plantas grandes del sistema pueden verse afectadas en lugares donde hay períodos prolongados de escasez de agua, por ejemplo, en escuelas donde la descarga de aguas residuales se reduce durante la temporada de vacaciones. El sistema funciona mientras la zona de la raíz permanezca húmeda. (García, Morató , & Bayona, 2004)
- Las fugas (roturas, defectos de vulcanización) son difíciles de reparar durante la construcción, por lo que se deben realizar pruebas hidráulicas antes de colocar el medio filtrante en sistemas de flujo subterráneo o vegetación en esas áreas. flujo superficial. (García, Morató , & Bayona, 2004)
- Existe riesgo de infestación por moscas y mosquitos en áreas húmedas con escorrentía. (García, Morató , & Bayona, 2004)
- La pérdida de flujo se produce debido a la evaporación, que se agrava en climas secos con altas temperaturas ambientales. (García, Morató , & Bayona, 2004)
- La salinidad puede acumularse en los lechos después de varios años de funcionamiento. (García, Morató , & Bayona, 2004)
- Todavía hay una falta de comprensión de los procesos físicos, químicos, biológicos e hidrológicos que intervienen en la purificación del agua,

individualmente o en su conjunto. El dimensionamiento no suele incluir un dispositivo hidráulico eficiente. (García, Morató , & Bayona, 2004)

- Este proceso se limita a la penetración de raíces o aguas poco profundas. (García, Morató , & Bayona, 2004)
- La eficiencia de remoción de contaminantes se reduce sin un sistema de poda para material cortado en sitios fuera del lecho (extracción de nutrientes) o recuperación de áreas de ensilaje, esto reduce las tasas de procesamiento en tiempo real y por lo tanto elimina efectivamente los contaminantes. (García, Morató , & Bayona, 2004)
- Requiere experiencia de diseñador para determinar el tipo de ecualizador que se utilizará, el tipo de material a granel, el tamaño de partícula, la forma más adecuada y la ubicación de las estructuras de entrada y salida (reducción de flujo preferencial) o zona). (García, Morató , & Bayona, 2004)
- Requiere una buena supervisión durante la fase de construcción. (García, Morató , & Bayona, 2004)

### **2.3.5. Tipos de Macrófitas.**

Las macrófitas incluyen diferentes grupos de comunidades vegetales. El término se refiere a las plantas acuáticas visibles a simple vista, que son esencialmente plantas vasculares acuáticas, aunque también incluyen microorganismos (algas acuáticas y algas marinas), microalgas y cianobacterias. Las plantas macrovasculares de interior constituyen algo más del 1% del total de plantas vasculares globales y son un grupo interesante por su alto grado de especialización y organismos simples, así como por su capacidad para ser utilizados como productos alimenticios, fertilizantes, producción de biogás, plantas de tratamiento de aguas residuales o como indicadores biológicos de las condiciones del suelo. (Ramírez, R. Godoy, Contreras, & Stegmaier, 1982)

La ventaja de utilizar plantas grandes como indicadores es que son estables y fáciles de recolectar debido a su tamaño y ubicación en el cuerpo de agua (orilla). El muestreo cualitativo de estos organismos incluyó observaciones visuales y recolección de las especies más representativas en el área de estudio. Los biomas de las plantas grandes están influenciados por el clima, la geología y el tipo de sustrato. (Peña Salamanca, Cantera Kintz, & Muñoz , 2012)

Las macrófitas grandes son útiles para detectar y monitorear tensiones físicas y químicas que conducen a una disminución de la claridad del agua, cambios en la mineralización (conductividad y salinidad) y eutrofización. (Peña Salamanca, Cantera Kintz, & Muñoz , 2012)

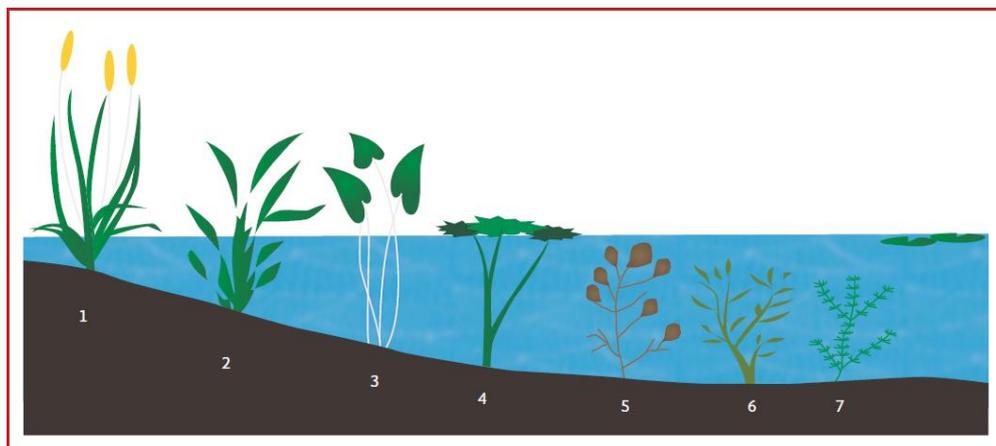
Es sensible a las presiones hidrológicas que producen diferencias en el régimen de flujo, la continuidad del flujo y las características morfológicas de la capa aguas abajo. Las plantas acuáticas reflejan este tipo de cambio, generalmente en respuesta a una mayor cobertura de estas especies, un cambio en los niveles de agua del lago, un cambio en la duración de las inundaciones en los humedales y un cambio en los niveles del agua. La morfología cambió las características de la cuenca del lago. (Peña Salamanca, Cantera Kintz, & Muñoz , 2012)

La vegetación tiene la capacidad de transferir oxígeno de la atmósfera a través de las hojas y los tallos al medio de enraizamiento. Este oxígeno crea zonas aeróbicas donde los microorganismos utilizan el oxígeno disponible para inducir diversas reacciones de nitrificación y descomposición de la materia orgánica. (Arias, 2004)

Las plantas emergentes más comunes en los humedales SFS incluyen alholva, trébol (*Typha spp*), junco (*Scirpus spp*) y junco (*Phragmitis spp.*). (EPA, 2000)

Las fábricas emergentes contribuyen al tratamiento de aguas residuales y pluviales de diversas formas. (Rodríguez, 2008).

- Estabilizan el sustrato y limitan la desviación del flujo. (ESTÉVEZ, 2014)
- Hace que la velocidad del agua disminuya y permita que la materia en suspensión se asiente. Toman carbono, nutrientes y oligoelementos y los incorporan a los tejidos vegetales. (ESTÉVEZ, 2014)
- Toman carbono, nutrientes y oligoelementos y los incorporan a los tejidos vegetales. (ESTÉVEZ, 2014)
- Transportan gases entre la atmósfera y los sedimentos. (ESTÉVEZ, 2014)
- La liberación de oxígeno de las estructuras de las plantas subterráneas y oxígeno de otros espacios dentro del sustrato. (ESTÉVEZ, 2014)
- El tallo y el sistema de raíces proporcionan sitios para que los microorganismos se adhieran. (ESTÉVEZ, 2014)



**Figura 10.-** Clasificación de Macrófitas: Emergentes (1-4), Sumergidas (5-7), Flotantes (8). FUENTE: (Odum, 1972)

Dependiendo del lugar donde se desarrollen (Figura 13) dentro del cuerpo de agua, las macrófitas se clasifican en:

- Emergentes: Se caracterizan porque sus raíces se encuentran ancladas a los sedimentos del fondo, mientras sus tallos y hojas emergen por encima del agua, siendo perennes y erectas, capaces de alcanzar una altura de hasta 3 metros. Sus hojas pueden ser planas, gruesas y esponjosas, observándose gran cantidad de canales que permiten la entrada del aire proveniente de la atmósfera. (CURT & al., 2005)

- **Sumergidas:** Corresponden a especies vegetales que se encuentran completamente sumergidas en el agua, a profundidades comprendidas entre los 10 y 11 metros. (SCULTHORPE & COOK., 1990.)

- **Flotantes:** Son plantas acuáticas angiospermas no enraizadas, y que comúnmente se encuentran en climas tropicales. Sus tallos y hojas son flotantes o aéreos, su reproducción se da mediante semillas y por propagación vegetativa. (CURT & al., 2005)

**Tabla 4.**

*Especies Vegetales Utilizadas en los Pantano Seco Artificiales.*

<b>Sistemas de flujo superficial (especies flotantes o sumergidas)</b>		<b>Sistemas de flujo superficial (especies flotantes o sumergidas)</b>	
<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>
Eichornia crassipes	Jacinto o lirio acuático	Typha angustifolia	Tule
Lemna sp	Lenteja de agua	Typha latifolia	Tule, espadaña
Wolffia sp		Scirpus sp	Tule, Junco
Pistia stratiotes	Lenteja de agua	Carex sp	Junco
Elodea canadensis		Eleocharis sp	Junco
Hydrilla verticillata		Juncus sp.	Junco
Limnobium stoloniferum	Cucharita, Chilicastle tostón	Arundo donax	Caña
Lemna gibba	Lenteja de agua	Pragmites communis	Carrizo
		Phragmites australis	Carrizo
		Schoenoplectus californicus	Junco
		Cyperus papyrus	Papiro
		Zantedeschia aethiopica	Alcatraz o cala

FUENTE: (Knight, 1996); (EPA, 1988), (2000a).

En la Tabla 4, se presenta las condiciones de clima y temperatura en la cual se desarrollan las diferentes macrófitas, los cuales se deben de considerar para la selección de las mismas. Tal como se indica en la tabla, la temperatura y la altitud son los aspectos más importantes para la selección de las especies. Pero, de manera adicional, es indispensable seleccionar una especie vegetal que se encuentre en abundancia en la zona, como un requisito

indispensable para ser tomado en cuenta en los proyectos que incluya este sistema de tratamiento.

**Tabla 5.**

*Características de Especies Vegetales.*

<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Clima</b>	<b>Temperatura ambiental óptima para su desarrollo</b>
<b>Sistemas de flujo subsuperficial (especies emergentes)</b>			
Arundo donax	Caña	Calido, templado	Tolera temperaturas en el rango de 5°C y 35°C, aunque prefiere temperaturas entre los 9°C y 28,5°C.
Cyperus albobstriatus	Papiro paraguíta	Cálido	Tolera temperaturas de 20 a 33 °C.
Glyceria máximos	Gramínea glicería acuática	Frío	
Iris pseudacorus	Lirio amarillo	Frío	Puede soportar heladas, aunque no es recomendable que tengan temperaturas inferiores a -8°C.
Scirpus sp.	Junco	Templado	16°C-27°C.2
Phragmites australis	Carrizo	Frío	12-23 °C, tolera hasta -5 °C.
Typha angustifolia	Totora, espadaña	Templado y templado-frío	10°C - 30°C, existiendo diferencias entre especies.2
Typha latifolia	Totora, espadaña		
Zantedeschia aethiopica	Alcatraz o cala	Cálidos y templados	Tolera hasta -5°C.
<b>Sistemas de flujo superficial (especies flotantes o sumergidas)</b>			
Eichornia crassipes	Lirio acuático	Tropical y subtropical	22.5 °C-35 °C.2
Lemna spp.	Lenteja de agua	Se adapta a todos los climas, menos a lo muy fríos.	8°C – 20°C, tolera hasta 0 °C
Pistia stratiotes	Lenteja de agua	Tropical y subtropical	Su temperatura mínima de crecimiento es de 15°C y la óptima de crecimiento es de 22 a 30°C.

FUENTE: (CONAGUA, 2015)

### 2.3.6. Coliformes Fecales

Las bacterias coliformes están compuestas por varios tipos de bacterias que se encuentran en el medio ambiente. Son comunes en aguas subterráneas y superficiales y

pueden aparecer en la piel. Se puede encontrar una gran cantidad de bacterias coliformes en los excrementos de animales y humanos. La mayoría de las bacterias coliformes no son dañinas para los humanos, pero algunas de estas bacterias pueden causar enfermedades. (Continente, 2015)

Las bacterias coliformes también se denominan "indicadores" porque indican la posible presencia de bacterias patógenas en el agua. La presencia de coliformes en el agua no garantiza que el agua potable cause enfermedades. En cambio, su presencia advierte de un vínculo contaminante entre el suministro de agua y la fuente de las bacterias. Las bacterias patógenas pueden usar este enlace para ingresar al suministro de agua. (Continente, 2015)

*E. coli* es un tipo de bacteria coliforme fecal que vive naturalmente en los intestinos de humanos y animales. Un resultado positivo para *E. coli* es más peligroso que la bacteria *E. coli* sola porque advierte que los desechos humanos o animales no ingresen al suministro de agua. (Continente, 2015). (Ver Figura 14).



**Figura 11.-** Coliformes Fecales. FUENTE: (Crespo, 2011)

### **2.3.7. Material Ganular.**

A decir de (Andrade, Delgadillo , & Pérez, 2010), el material granular se refiere a lo siguiente:

Los componentes de un humedal artificial son: roca, suelo, arena, grava o sustrato, los mismos componentes que sostienen la vegetación al tiempo que incorporan todos los microorganismos que forman parte del proceso. Descompone los sólidos y, por lo tanto, filtra

los contaminantes del agua a tratar (residuos). (MOREIRA VELIZ & MACÍAS CHOEZ, 2018)



**Figura 12.-** Material Granular (Rocas, Suelo, Sustrato). FUENTE: (Andrade, Delgadillo , & Pérez, 2010)

El sustrato es importante para facilitar la permeabilización, al mismo tiempo dan soporte a los organismos existentes en el humedal, incluso es un componente que permite la transformación tanto químicas como biológicas para almacenar los elementos contaminantes del agua a tratar, en la materia granular se van formando anóxido para eliminar la contaminación (nitrógeno-metales), es decir, que extrae las sustancias contaminantes, siendo un modelo inicial de filtración y el desempeño adecuado de la conductividad hidráulica. (MOREIRA VELIZ & MACÍAS CHOEZ, 2018)

Otro tipo de material granular es la arena, que consiste en rocas de pequeño tamaño, el tamaño individual de cada grano de este material varía de 0.063 cm a 2 mm, y se clasifica como limo y grava, llamado así porque el primero es más pequeño del tamaño especificado y el segundo porque es más grande que la misma. (MOREIRA VELIZ & MACÍAS CHOEZ, 2018)



**Figura 13.-** Material Granular (Arena). FUENTE: (Andrade, Delgadillo , & Pérez, 2010)

Además, el volumen de arena depende de la zona en la que se ubique, ya sea natural, una mina o una playa, incluyendo componentes como: cuarzo, silicio y piedra caliza, que se utilizan principalmente como materiales en el tratamiento de aguas residuales domésticas, las cuales son parte de la liquidación. (MOREIRA VELIZ & MACÍAS CHOEZ, 2018)

El medio granular es el componente que ayuda a la construcción de humedales, puesto que facilitan la ejecución de los procesos de retención y sedimentación de la materia o elementos en suspensión, además de la degradación, transformación e inactivación de microorganismos patógenos. Este componente se coloca en la entrada y salida del agua, por lo que debe estar limpio, además, el material granular debe seleccionarse de acuerdo a la resistencia, dureza, forma y capacidad de soporte. Soporte a largo plazo. (García y Corzo, 2010)

Otros aspectos a considerar es la facilidad de componente granular de los procesos de crecimiento de las plantas, de 5 a 8 mm, conductividad de flujo. (MOREIRA VELIZ & MACÍAS CHOEZ, 2018)

#### **2.4. Aguas Residuales.**

Las aguas residuales resultantes del uso doméstico o industrial, también se conocen como alcantarillado. El término residuo se usa porque el agua después de su uso es un desperdicio que no se puede usar directamente, es negra porque a menudo está coloreada. A veces existe una diferencia entre las aguas domésticas y las aguas residuales, dado que la primera fuente es solo para uso doméstico, mientras que la segunda fuente de aguas residuales es una mezcla de agua doméstica e industrial. (Toscano Pozo , Jhoana Gabriela, 2014)

Las aguas residuales se generan a partir de instalaciones residenciales, institucionales, comerciales e industriales. Puede eliminarse en el sitio donde se produce como fosas sépticas u otras instalaciones de purificación o puede recolectarse y transportarse

a través de una red de tuberías y posiblemente bombas a una planta de tratamiento de agua de la ciudad. Los esfuerzos de recolección y tratamiento de aguas residuales domésticas provenientes de la descarga están generalmente sujetos a regulaciones y estándares locales, estatales y federales (regulaciones y controles). Algunos de los contaminantes industriales de las aguas residuales suelen requerir un tratamiento especializado. (Ecured, (s.f.).)

Las aguas residuales son residuos líquidos que suelen proveerse de tocadores, baños, regaderas o duchas, cocinas, entre otras; que son desechados a las alcantarillas o cloacas de una ciudad o población. En muchas áreas, las aguas residuales también incluyen un poco de agua sucia de industrias y tiendas. La división de agua de drenaje en aguas grises y negras es más común en los países desarrollados, el agua negra es una que proviene de los inodoros y los urinarios y el agua gris, desde las piletas y el baño se pueden usar en los vegetales de riego y el reciclaje en el uso de baños (si Cumpliera los estándares de calidad, dependiendo de cada país y regulaciones), donde se transforma en agua negra. Muchas aguas residuales también incluyen agua de lluvia de superficie. Las aguas residuales urbanas contienen residuos residenciales, residuos comerciales e industriales, y pueden incluir la contribución de las precipitaciones al usar el uso restante residual de los tubos. (Ecured, (s.f.).)



**Figura 14.-** Planta Guayacanes, en el Río Daule. FUENTE: Gerardo Menoscal/Expreso, 2019

#### **2.4.1. Clasificación de las Aguas Residuales Según su Origen.**

Dependiendo de su fuente, las aguas residuales se pueden clasificar en:

**Infiltración y caudal adicionales:** Fugas de agua al sistema de alcantarillado a través de accesorios de tubería, paredes de tubería defectuosas, inspección y limpieza de tuberías, etc. También existe el agua de lluvia, que se descarga a través de diversas fuentes, como canales, alcantarillas y colectores de agua de lluvia. (EcuRed, S.F, s.f.)

**Pluviales:** Es agua de lluvia, que vierte grandes cantidades de agua en el suelo. Parte de esta agua se aspira y parte de ella cae a la superficie transportando arena, tierra, hojas y otros escombros que pueden estar en el suelo. (EcuRed, S.F, s.f.)

**Domésticas:** Artículos de uso higiénico (baños, cocinas, lavaderos, etc.). Básicamente, los desechos humanos llegan a los sistemas de alcantarillado a través de los desagües de los sistemas hidráulicos de los edificios, así como los desechos de las instalaciones comerciales, públicas y similares. (EcuRed, S.F, s.f.)

**Industriales:** Son líquidos creados en procesos industriales. Tienen características específicas, según el tipo de industria. (EcuRed, S.F, s.f.)

#### **2.4.2. Principales Contaminantes de las Aguas Residuales.**

Los principales contaminantes del agua son:

- Aguas residuales carentes de oxígeno y otros desechos (principalmente materia orgánica descompuesta que elimina el oxígeno del agua). (EcuRed, S.F, s.f.)
- Agentes infecciosos. (EcuRed, S.F, s.f.)
- Los fitonutrientes pueden estimular el crecimiento de plantas acuáticas. Por lo tanto, estas sustancias interfieren con el uso previsto del agua y, cuando se descomponen, agotan el oxígeno disuelto y producen un olor desagradable. (EcuRed, S.F, s.f.)
- Productos químicos, incluidos pesticidas, diversos productos industriales, tensioactivos en detergentes y otros productos de descomposición de compuestos orgánicos. (EcuRed, S.F, s.f.)
- Aceite, especialmente de derrames accidentales. (EcuRed, S.F, s.f.)

- Minerales inorgánicos y compuestos químicos. (EcuRed, S.F, s.f.)
- Los sedimentos consisten en partículas de suelo y minerales transportadas por tormentas y escorrentías de tierras agrícolas, suelos desprotegidos, operaciones mineras, carreteras y escombros urbanos. (EcuRed, S.F, s.f.)
- Materiales radiactivos de desechos generados por la extracción y refinación de uranio y torio, plantas de energía nuclear y usos industriales, médicos y científicos de materiales radiactivos. (EcuRed, S.F, s.f.)
- El calor también puede considerarse un contaminante porque la descarga de agua utilizada para enfriar fábricas y centrales eléctricas aumenta la temperatura del agua en la que se suministra. (EcuRed, S.F, s.f.)

### Tabla 6.

#### *Principales Contaminantes de las Aguas Residuales.*

Contaminante	Fuente	Importancia Ambiental
Sólidos suspendidos.	Uso doméstico, desechos industriales y agua infiltrada a la red	Causa depósitos de lodo y condiciones anaerobias en ecosistemas acuáticos Causa degradación biológica, que incrementa la demanda de 15 oxígeno en los cuerpos receptores y ocasiona condiciones indeseables
Compuestos orgánicos biodegradables	Desechos domésticos e industriales	Causan enfermedades transmisibles
Microorganismos patógenos	Desechos domésticos e industriales	Pueden causar eutroficación
Nutrientes	Desechos domésticos e industriales	Pueden causar problemas de sabor y olor, pueden ser tóxicos o carcinogénicos
Compuestos orgánicos refractarios	Desechos industriales	Son tóxicos, pueden interferir con el tratamiento y reúso del efluente
Metales pesados	Desechos industriales, minería, etc. Debido al uso doméstico o industrial se incrementan con respecto a su nivel en el suministro de agua	Pueden interferir con el reúso del efluente
Sólidos inorgánicos disueltos		

FUENTE: (Metcalf & Eddy , 1995)

### **2.4.3. Uso de Aguas Residuales.**

La creciente escasez de agua dulce debido al crecimiento de la población, la urbanización y posiblemente el cambio climático ha llevado a un mayor uso de aguas residuales en la agricultura, la acuicultura, la recarga de aguas subterráneas y las regiones. En algunos casos, las aguas residuales son la única fuente de agua para las comunidades pobres que dependen de la agricultura. Si bien el uso de aguas residuales en la agricultura puede proporcionar beneficios (incluidos beneficios para la salud, como una mejor nutrición y alimentos para muchas familias), el uso incontrolado a menudo tiene impactos significativos en la salud humana. Estos efectos sobre la salud se pueden minimizar mediante buenas prácticas de gestión. (OMS, 2020)

Las directrices para el uso seguro de las aguas residuales en la agricultura deben lograr el equilibrio adecuado entre maximizar los beneficios para la salud pública y los beneficios de utilizar recursos escasos. Las directrices deben ser lo suficientemente flexibles para adaptarse a las condiciones locales, sociales, económicas y ambientales. Además, debe implementarse junto con otras intervenciones de salud, como un mayor saneamiento, el suministro de agua potable y saneamientos adecuados y otras medidas de atención primaria de salud. (OMS, 2020)

### **2.4.4. Tratamientos de Aguas Residuales.**

El tratamiento de aguas residuales incluye una serie de procesos físicos, químicos y biológicos destinados a eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en las aguas residuales para uso humano. El objetivo del proceso de tratamiento es producir agua limpia (o aguas residuales tratadas) o reutilizable en el medio ambiente, y los residuos sólidos o lodos (también conocidos como biosólidos o lodos de depuradora) tienen el potencial de ser eliminados o reutilizados. A menudo se le conoce como tratamiento de aguas residuales para distinguirlo del tratamiento de agua doméstica. (Ecured, (s.f.))

De acuerdo con el principio general, el tratamiento de aguas residuales comienza con la separación física inicial de sólidos grandes (residuos) de flujo de agua o industria por medio de un sistema de cuadrícula (cuadrícula), aunque también se puede triturar este documento con equipo especial; Después de eso, se aplica un retraso (separar pequeños sólidos muy densos, como la arena), entonces está retrasando la eliminación principal (o un tratamiento similar) suspendido por separado en el agua restante disponible. Luego, siga las transiciones graduales de material biológico disuelto en una masa biológica sólida utilizando bacterias adecuadas, a menudo presentes en estas aguas. Cuando el volumen biológico está separado o eliminado (el proceso llamado decantamiento secundario), el agua procesada puede someterse a un proceso adicional (tratamiento universitario), como la desinfección, el filtrado de estas aguas residuales finales, etc. se puede descargar o reinstalar a agua natural (corriente, río o Bahía) o cualquier otro entorno (área de superficie, sótano, etc.). Los sólidos biológicos se someten a una separación adicional de procesamiento y neutralización antes de escapar o reutilizar adecuadamente. Estos procesos de procesamiento se mencionan a menudo: (Ecured, (s.f.))

- Tratamiento primario (separación y sedimentación de sólidos) (Ecured, (s.f.))
- Tratamiento secundario (tratamiento biológico de la materia orgánica disuelta en aguas residuales y conversión en materia en suspensión de fácil eliminación) (Ecured, (s.f.))
- Tratamiento terciario (pasos adicionales como lago, microfiltración o esterilización) (Ecured, (s.f.))

#### **2.4.5. Depuración de Aguas Residuales.**

La agregación se realiza en base a la acción que los microorganismos de estas aguas puedan tener sobre la salud humana, vegetal y animal o sobre las sustancias transportadas por estas aguas (EcuRed, S.F, s.f.). Por lo que existen dos grupos:

1. Los microorganismos cambian el contenido de las aguas residuales. (EcuRed, S.F, s.f.)
2. Microorganismos patógenos. (EcuRed, S.F, s.f.)

#### **2.4.6. Acción de los Microorganismos Anaeróbicos.**

Las bacterias anaeróbicas atacan y descomponen grandes cantidades de materia en suspensión en las aguas residuales. Por este motivo, esta agua se recoge en tanques profundos, donde se produce la descomposición anaeróbica. Estos microorganismos descomponen la celulosa, el almidón, las proteínas y las grasas en compuestos más simples. Se dice que se puede disolver el 50% de la materia orgánica. (EcuRed, S.F, s.f.)

Géneros de microorganismos más activos: Escherichia, Aerobacter, Proteus, Clostridium. (EcuRed, S.F, s.f.)

#### **2.4.7. Acción de los Microorganismos Aeróbicos.**

El proceso aeróbico reduce la cantidad de sólidos en suspensión y disueltos en las aguas residuales, lo que conduce a la mineralización de los productos del proceso anaeróbico. Se utilizan tres métodos de purificación: (EcuRed, S.F, s.f.)

- 1. Lechos aerobios o de contacto:** Son sedimentos con un fondo formado por grava, grava, guijarros y arena dispuestos en capas. Se regula la penetración del agua, se produce la oxidación y descomposición de los solutos. Se utilizan en pueblos pequeños. El agua se puede reciclar sin ningún riesgo. (EcuRed, S.F, s.f.)
- 2. Sistema de riego subsuperficial:** El agua se distribuye en el suelo de tal manera que siempre prevalezcan las condiciones aeróbicas, por lo que la fosa séptica ubicada a 40-50 cm por debajo de la superficie del suelo fluye periódicamente una o dos veces al día, para no saturar el sistema. El agua tiende a subir debido a la acción de los capilares y en este proceso aeróbico descompone la materia orgánica, que es la fuente

del dióxido de carbono, junto con los cationes del suelo, produciendo carbonatos. (EcuRed, S.F, s.f.)

- 3. Lodos activados:** Consiste en aire que fluye durante un período de algunas horas a través de todo el cuerpo de agua en el desagüe. La materia suspendida se deposita como una suspensión estable e inofensiva, y el líquido sedimentado se puede verter en lagos, mares, arroyos, etc. sin peligro. El lodo sedimentado se puede vender como fertilizante para uso agrícola. (EcuRed, S.F, s.f.)

## 2.5. Sal Marina.

La sal marina es una sal natural resultante de la evaporación del agua del mar, cristaliza a través del sol y el viento en forma de partículas de sal marina y se obtiene mediante un sistema mecánico, sin ningún tipo de proceso que altere la naturaleza y química original. (INFOSA, 2013)

Por lo general, no están procesados y esto permite retener cantidades muy pequeñas de minerales como magnesio, potasio y calcio. (Fundación Bengoa)

El principal centro de producción es Salinas.

Dependiendo del contenido de humedad y el tipo de sal marina, se puede clasificar en sal marina húmeda y sal marina seca. (INFOSA, 2013)

Dado que las sales son fácilmente solubles en agua, son solubles en agua de mar. El agua de mar contiene en promedio 34 gramos de sal por litro, la mayoría de los cuales son iones de sodio y cloro cuando cristaliza, dando cloruro de sodio (una sal común), pero también hay otros iones que pueden combinarse para formar cloruro de sodio. Especialmente en cloruro de magnesio y potasio. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

El sodio es un metal muy sensible a la electricidad. La sal común contiene sodio y cloro y tiene un enlace iónico. Cuando se disuelve en agua, se disocia en iones de sodio positivos e iones de cloro negativos. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

La salinidad del agua de mar depende en cierta medida de la temperatura; Disminuye ligeramente a medida que el agua se enfría. Pero sobre todo depende del agua dulce de los ríos o de la evaporación en mares cálidos. La sal en el agua de mar hace que el punto de congelación caiga por debajo de 0 ° C, el valor al que se forma el hielo cuando el agua es pura o destilada. El Mar Báltico suele estar cubierto de una capa de hielo en invierno, debido a su bajo contenido en sal, mientras que, en mar abierto, norte y a bajas temperaturas, sus aguas no se congelan, debido a su alta temperatura contenido en sal. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

La mayor parte de la sal se disuelve en el agua de mar, pero también se encuentra en la tierra en sedimentos formados hace millones de años cuando los mares primordiales se secaron. La sal es el único mineral que pueden consumir directamente humanos y animales. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

La sal marina actual no es realmente pura, ya que los mares tienen altos niveles de contaminación, donde se acumulan metales pesados como mercurio, plomo, cadmio y arsénico, entre otros. Las toxinas de las que está hecha la sal marina, aunque son mucho mejores que la sal de mesa refinada, ya no son tan positivas como antes. La única sal pura y completa en la Tierra hoy se encuentra solo en lugares donde el mar principal se ha secado: las minas. Esta sal contiene todos los elementos que están presentes en nuestro organismo, prácticamente sin contaminación alguna, porque los mares en los que se forman estos sedimentos estaban libres de suciedad. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

En los sedimentos existen dos tipos de sal: una constituye el 95% de la masa de la mina y es "sal de mina" y la otra es vascular y tiene forma cristalina: "sal cristalina de roca". Ambos son normales. Está claro que cuanto mayor es la presión, más completa es la estructura cristalina resultante. Por lo tanto, los cristales de roca tienen una geometría y una composición orgánica perfectas, pero la sal de roca no lo es. Las sales cristalinas están

presentes como vetas o vetas cristalinas blancas, translúcidas, rosadas o rojizas en depósitos rodeados de sal gema. Los círculos suelen ocupar el 1% de toda la mina y tienen que ser minados manualmente para no alterar su estructura, por lo que su minería ha sido muy limitada en la medida en que no es muy rentable. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

### **2.5.1.- La Sal en el Ecuador Precolombino y Colonial.**

En la colonia, debido a la demanda de mineral de los colonos europeos, se desarrolló un comercio abierto, que eventualmente determinaría el uso generalizado de sal entre los grupos indígenas de las montañas, o de productos locales o sal marina costera. Sin embargo, proporcionar este recurso se convertirá en la parte más larga y difícil de su trabajo diario, especialmente debido a la distancia de los recursos naturales. Simbólicamente, la sal representaría una de las interfaces entre la civilización y la barbarie, y sería una clara señal de estatus en la comunidad aborigen. (Ernesto, 2011)

En su estado natural, la sal se encuentra en las rocas, de ahí el nombre de sal de roca o sal de roca. No se conocen excrecencias naturales de este tipo en Ecuador; Pero en la colonia se traía al país excelente sal procedente de los diversos afloramientos que se ubicaban en el Gran Pajonal del Perú, en los alrededores del Cerro de Chanchamayo o Cerro de la Sal. (Ernesto, 2011)

Esta sal estuvo durante mucho tiempo restringida a los indios Kampa, los indios extranjeros que buscaban permiso para explotar los afloramientos, después de "pagar" en efectivo como plumas, loros y otros productos del bosque. Los comerciantes de larga distancia, como los indios del río Napo y Putumayo, acudieron en masa a lo que gradualmente se estaba volviendo cosmopolita con diferentes grupos étnicos haciendo sus negocios sin ninguna hostilidad. (Ernesto, 2011)

La sal, tanto del mar como de la montaña, es de vital importancia para las sierras y costas. En la época precolombina, la ingesta diaria de sal indicaba el estado económico de

una sociedad. Hoy, las sales minerales de montaña han sido reemplazadas por sales marinas en todas las montañas del Ecuador. Los usos tradicionales de la sal incluyen principalmente la conservación y el procesamiento de alimentos, los usos medicinales y los rituales y símbolos nacionales. (Wörrle, 1999).

### **Elementos de la Sal Marina:**

Por lo general las sales que se obtienen por evaporación del agua de mar tienen:

- 86% NaCl (cloruro sódico)
- Trazas de oligoelementos: calcio, cloruro de magnesio, yodo y potasio.

La sal marina refinada: tiene una composición del 99% de cloruro de sodio.

Esto siempre va a variar según la ubicación geográfica en la que se encuentre la salina de donde proviene.

### **2.5.2.- Tipos de Sal Marina.**

El origen del mineral (mina o sal marina), el procesamiento posterior y el proceso que produce diversas sales. Las diferentes sales se diferencian entre sí por factores como el sabor, el tamaño de partícula (tamaño de partícula), el color, la composición o la solubilidad. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017).

**Sal Marina.** hoy en día, existen muchos tipos de sal aptos para el consumo humano. Sin embargo, la sal marina, granulada fina o gruesa, es la más utilizada. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Maldon.** procede de las salinas del condado de Essex (Inglaterra y se distingue por su excelente pureza y su intenso sabor salado. Suele formar cristales escamosos de tamaño medio. Adecuado para condimentar barbacoa, pescado y verduras. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Guérande.** procede de la Bretaña francesa. Esta sal marina contiene cristales de tamaño mediano. Es rico en oligoelementos y tiene un color gris. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Negra.** es una sal originaria del norte de la India y se compone de carbón activado y cloruro de sodio. Sal sin refinar, sabor único, apreciado por muchos buenos chefs. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Flor de Sal.** apreciada su pureza. Se obtiene de la primera capa de cristales de cloruro de sodio que se forman en la superficie del agua cuando comienza a evaporarse. Su textura es ligeramente húmeda y tiene un tinte gris. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Rosa del Himalaya.** se extrae de depósitos fósiles en el Himalaya y se distingue por su característico color rosa. La sal de grano grueso y duro tiene un sabor salado fino. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sales Aromatizadas.** la combinación de sal marina con otras especias (apio, sésamo, ajo, cebolla, entre otras.) es muy diversa. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Glutamato Monosódico.** La sal sódica del ácido glutámico (un aminoácido). No tiene sabor por sí solo, pero realza el sabor de los otros ingredientes. Se utiliza en la cocina oriental y puede provocar reacciones alérgicas. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Ahumada.** la sal tiene un sabor fuerte y un aroma ahumado. Se utiliza principalmente para procesar carnes ahumadas, verduras o pescados caseros. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**También hay otras clases de sal:**

**Sal Ácida.** La que tiene exceso de ácido y goza de la propiedad de enrojecer la tintura de tornasol. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Aeralus.** Nombre dado en Estados Unidos a una mezcla de crémor tártaro (ó ácido tartárico), carbonato sódico y sal común. Es una de las mezclas llamadas de

panificación, empleadas en la preparación del pan sin levadura. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Amarga.** Es el sulfato magnésico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Amoniaca Nitrosa.** Es el carbonato de amoníaco. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Amoniaca Vitriólica.** Es el sulfato de amoníaco. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Amoniaca.** Es el cloruro amónico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Arsenical de Macques.** Es el arseniato de potasa. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Básica.** Es la que tiene exceso de base y goza de la propiedad de enverdecer el jarabe de violeta y de volver azul la tintura de tornasol. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Catártica.** Es el sulfato de magnesio. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Catártica Amaga.** Sal amarga. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Acederas.** Es el oxalato potásico ácido. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Ajenjos.** Nombre que se daba al carbonato potásico extraído de las cenizas del ajenjo. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Alembroth.** Llámese también “*sal de la sabiduría*”. Compuesto de cloruro mercuríco y cloruro amónico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Ámbar.** Nombre anticuado del ácido succínico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Antimonio.** Compuesto de fluoruro de antimonio y sulfato amónico empleado como mordiente. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Barrillas.** Es el carbonato sódico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Calatayud.** Es el sulfato magnésico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Carlsbad.** Sal natural de Carlsbad, que contiene principalmente bicarbonato sódico (35,95%), sulfato sódico (42,03%) y cloruro sódico (18,16%), además de pequeñas cantidades de bicarbonato lítico, sulfato potásico, fluoruro sódico, borato sódico, sílice y óxido férrico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Carnalita.** Sal de los bancales de Stassturt, que contiene (65%) de carnalita pura, (20 a 25%) de cloruro sódico, (15 a 20%) de kieserita y (4%) de taquidrita y otras sales. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Cocina.** Es el cloruro sódico ó sal común. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Cólcotar.** Sulfato de hierro neutro. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Compás.** Sal gema. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Conservas.** Nombre dado al sulfito sódico ácido. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Cuerno de Ciervo.** Es el carbonato amónico comercial. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Derosne.** Nombre que primitivamente se dio a la narcotina. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Duobus.** Es el sulfato potásico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Egra.** Sulfato de magnesia. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Epsom.** Es el sulfato magnésico cristalizado. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Estaño.** Es el cloruro estañoso. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Figuiet.** Es el cloruro áurico sódico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Fordos y Gélis.** Es el tiosulfato sódico acuoso, que se usó en fotografía con este nombre. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Fósforo.** Es el fosfato sódico amónico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Glauber.** Es el sulfato sódico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Glazier.** Es el sulfato potásico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Gmelin.** Es el ferricianuro potásico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Gozzi.** Es el cloruro áurico sódico oficinal. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Grégory.** Clorhidrato doble de morfina y codeína o mezcla de los dos clorhidratos. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Inglaterra.** Es el sulfato magnésico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Júpiter.** Cloruro de estaño. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Labouré.** Nombre dado al yoduro mercuríco potásico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de la Higuera.** Es el sulfato magnésico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de la Rochela.** Es el tartrato sódico potásico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Lemery.** Es el sulfato potásico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Limones.** Nombre dado a veces al oxalato potásico ácido. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Filósofos.** Nombre que daban los alquimistas al mercurio. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Madrid.** Nombre que se ha dado en España al sulfato magnésico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Meniantes.** Es el bioxalato de potasio. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Mohr.** Es el sulfato ferroso amónico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Oro.** Es el cloruro áurico sódico oficinal. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Perla.** Es el acetato de cal. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Pink.** Sal doble de cloruro estánnico y cloruro amónico, empleado en tintorería. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Roca.** Es cloruro sódico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Saturno.** Es el acetato de plomo. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Schlippe.** Es el sulfoantimoniato sódico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Sedlitz.** Es el sulfato magnésico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Seignette.** Es el tartrato sódico potásico, que se llama sal de Seignette por haber sido descubierto por el farmacéutico Seignette, de la Rochela, en 1672.

**Sal de Sosa.** Es el carbonato sódico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Tartaria.** Nombre que se daba antiguamente al hidrocloreto de amoníaco por ser únicamente de Tartaria de donde se extraía esta sal. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Tártaro.** Es el carbonato pótasio. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Trébol Acuático.** Es el bioxalato de potasio. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Vichy.** Nombre que se da alguna vez al bicarbonato de sosa. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Vinagre.** Sulfato de potasa cristalizado e impregnado de ácido acético. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal de Vitriolo.** Es el sulfato de zinc. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Digestiva de Silvio.** Es el cloruro potásico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Fijadora.** Es el tiosulfato sódico, ordinariamente llamado hiposulfito sódico, empleado en fotografía. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Fusible.** Es el fosfato sódico amónico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Infernal.** Es el nitrato de plata. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Inglesa.** Es el sulfato magnésico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Lixivial de la Sangre.** Es el ferrocianuro potásico o prusiato amarillo de potasio. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Lixivial Roja de la Sangre.** Es el ferricianuro potásico o prusiato rojo de potasio. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Marina.** Es el cloruro sódico o sal común. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Marina Arcillosa.** Es el cloruro de aluminio. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Marina Barítica.** Cloruro de bario. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Marina Calcárea.** Cloruro de calcio. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Marina Magnésica.** Cloruro de magnesio. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Martis.** Es el sulfato ferroso. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Microcómica.** Es el fosfato sódico amónico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Neutra.** Aquella que no predominan el ácido ni la base. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Nitro.** Sinónimo de nitrato potásico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal para Soldar.** Mezcla de dos partes de cloruro de zinc ordinario y una parte de sal de amoníaco. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Parisiense.** Es el sulfato potásico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Perlada.** Es el fosfato sódico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Piedra.** Nombre que se da, a veces, a la sal común sólida, llamada también sal gema. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Sedativa de Homberg.** Es el ácido bórico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Sulfurosa de Sthal.** Sulfato de potasa. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Vegetal.** Nombre que se dio al tartrato potásico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Volátil de Cuerno de Ciervo.** Nombre anticuado que se dio al carbonato amónico.

**Sal Volátil de Inglaterra.** Es el sesquicarbonato amónico. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

**Sal Volátil de Succino.** Es el ácido succínico ordinario. (Ribalta Mañanós, 2016 / 2017)

### **2.5.3.- Aplicaciones y Usos de la Sal Marina.**

Considerando el tipo o clase de sal le podemos otorgar diferentes tipos de usos o aplicaciones, basado en su tipología y características físico-químicas:

#### **Deshielo y Nieve.**

El Cloruro sódico o la sal es el agente de deshielo que derrite la nieve o previene de la formación del hielo más utilizado en el mundo por sus grandes ventajas respecto a las otras soluciones. (Infosa, 2013)

#### **Descalcificación, Tratamiento de Aguas y Piscinas.**

La composición química de la sal y su contenido de NA (sodio) y CL (cloruro) permiten que la sal se utilice en diversos procesos químicos e industriales como la desinfección en el tratamiento del agua y el cloro y la sal en el agua de los estanques. (Infosa, 2013)

#### **Gourmet.**

Las Sales Gourmet s de cocina son todas sales creativas que, en virtud de su cristalización especial y su composición física y química diferente a la sal común, confieren a estas sales de cocina un valor organoléptico muy distinto. (Infosa, 2013)

#### **Agrícola.**

El principal uso de la sal en la agricultura es como aditivo para conservar alimentos frescos como maíz, pasto, legumbres y alfalfa mediante ensilaje. (Infosa, 2013)

#### **Ganadería.**

La sal se encuentra generalmente en cantidades muy pequeñas en plantas forrajeras y pastos naturales, y la presencia e ingesta de sal natural no es suficiente para satisfacer las necesidades básicas de los animales. (Infosa, 2013)

#### **Industria General.**

La sal se utiliza en muchas industrias generales (productos químicos, textiles, curtidos) y en diversas industrias alimentarias (porcino, panaderías, entre otras.), ya sea como ingrediente o como parte de un proceso para obtener el producto final. (Infosa, 2013)

## **2.6. Marco legal.**

Este trabajo se relaciona con el Estatuto de la Constitución ecuatoriana de 2008, la Ley Orgánica de la Organización de Territorios Autónomos Descentralizados (COOTAD), el Plan para el Buen Vivir y las metas marcadas por Naciones Unidas, con el fin de promover el equilibrio ecológico del entorno para el crecimiento de la población.

### **Constitución de la República del Ecuador 2008.**

Capítulo sexto Derechos de libertad **Art. 66.-** Se reconoce y garantiza al ser humano:

- 27. El derecho a vivir en un medio ambiente limpio, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

**Art. 264.- 4.** Prestar servicios públicos como agua potable, alcantarillado, tratamiento de aguas residuales, manejo de residuos sólidos, saneamiento ambiental y los servicios que especifique la ley.

**Art. 276.- 4.** Restaurar y preservar la naturaleza y mantener un medio ambiente saludable y sostenible que garantice un acceso equitativo, a largo plazo y de calidad al agua, el aire y el suelo, y sus beneficios de los recursos subterráneos y el patrimonio natural.

**Art. 397.-** En caso de degradación ambiental, el estado actuará de manera inmediata y alternativa para asegurar la salud y restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado reitera al operador de la actividad que ocasionó el daño la obligación de indemnizar íntegramente, de acuerdo con las condiciones y procedimientos establecidos en la ley. La responsabilidad también recae en los empleados o agentes encargados de realizar el control ambiental. Con el fin de garantizar el derecho de las personas y grupos a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el estado se

compromete a lo siguiente: Literal 2 Establecer mecanismos efectivos para prevenir y controlar la contaminación ambiental, promover espacios degradados para los recursos naturales y gestionar la naturaleza de manera sostenible de recursos.

**Sección Cuarta: Recursos Naturales. Art. 408.-** Los recursos naturales no renovables y, en general, los productos subterráneos, los depósitos minerales e hidrocarburos y los materiales de naturaleza diferente a la del suelo, incluidos los de las áreas cubiertas, son propiedad inviolable del Estado, inviolable y esquivas aguas de los mares territoriales y zonas costeras; Así como su biodiversidad, patrimonio genético y espectro radioeléctrico. Estas propiedades solo pueden operarse en estricto cumplimiento de los principios ambientales consagrados en la Constitución.

#### **Sección sexta Agua**

**Art. 411.-** El estado vela por la preservación, promoción y manejo de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ambientales asociados al ciclo hidrológico en general. Se modificará cualquier actividad que pueda afectar la calidad y cantidad del agua y el equilibrio del ecosistema, especialmente en fuentes de agua y áreas adicionales.

**Art. 412.-** La Autoridad del Agua será responsable de la planificación, regulación y supervisión. La agencia cooperará y coordinará con la agencia responsable de la gestión ambiental para garantizar que el agua se gestione con un enfoque ecosistémico.

#### **Capítulo tercero Integración latinoamericana**

**Art. 423 - 2.** Promover estrategias conjuntas para la gestión sostenible del patrimonio natural, en particular la regulación de las actividades de explotación; cooperación en el campo de la energía sostenible e integrada; conservación de la biodiversidad, los ecosistemas y el agua; Investigación y desarrollo científico e intercambio de conocimientos y tecnología; e implementar estrategias coordinadas sobre soberanía alimentaria.

**Código Orgánico de Organización Territorial Autónomo Descentralizado  
(COOTAD)**

**Artículo 136.** Los municipios descentralizados crearán paulatinamente sistemas completos de gestión de residuos, destinados a eliminar los residuos contaminantes en ríos, lagos, arroyos, estuarios o mares y las aguas residuales de la red de alcantarillado, pública o privada, así como a eliminar los residuos en la red de alcantarillado.

**REGLAMENTOS**

**Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental**

**NORMAS GENERALES**

**Art. 45.-** Principios generales Todas las acciones relacionadas con la gestión ambiental deben ser planificadas e implementadas sobre la base de los principios de sostenibilidad, equidad, consentimiento informado, representación verificada, coordinación, prevención, reducción y remediación de impactos negativos, solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, residuos, reciclaje y reutilización, conservación general de recursos, minimización de residuos, uso de tecnologías limpias, tecnologías alternativas respetuosas con el medio ambiente, respeto por las culturas, prácticas y características ancestrales. Asimismo, los impactos ambientales de cualquier producto, sea industrial o no, deben ser considerados a lo largo de su ciclo de vida.

**DEL CONTROL AMBIENTAL**

**Estudios Ambientales**

**Art. 58.-** Estudios de Impacto Ambiental Toda nueva estructura, actividad o proyecto, o ampliación o modificación de estructuras existentes, realizada por cualquier persona física o jurídica, pública o privada, que pudiera generar contaminación, será objeto de un estudio de impacto ambiental, que incluirá un plan de gestión ambiental, en

cumplimiento de los Sistemas Estandarizados de Gestión Ambiental (SUMA). El EIA debe demostrar que la operación cumplirá con este reglamento sobre calidad ambiental y especificaciones ambientales, antes de la construcción e inicio de proyectos o inicio de operaciones.

**Art. 59.-** Plan de Manejo Ambiental El Plan de Manejo Ambiental incluirá, entre otras cosas, un programa de monitoreo y seguimiento a ser implementado por el regulador, el cual definirá los aspectos ambientales, los impactos y estándares de la organización, que serán monitoreados, y la frecuencia de tal seguimiento. Frecuencia de envío de resultados a la ECU. El plan de manejo ambiental aprobado y sus actualizaciones tendrán el efecto legal de operar como normas técnicas emitidas al amparo de este sexto libro sobre la calidad del medio ambiente.

**Art. 60.-** Evaluación de Cumplimiento Ambiental Un año después del inicio de la actividad para la cual el EIA ha sido aprobado, la Parte Modificante deberá realizar una Evaluación de Cumplimiento Ambiental con el EMP y sus regulaciones ambientales aplicables, estas regulaciones y sus normas técnicas. La evaluación ambiental para el cumplimiento del EMP y las regulaciones ambientales aplicables incluirá una descripción de las nuevas actividades de la organización, si las hubiera, y una actualización del EMP, según sea necesario.

## **DEL REGULADO**

### **De los Permisos de Descargas, Emisiones y Vertidos**

**Art. 92.-** Permisos de descarga y descarga Un permiso de descarga y descarga es un instrumento administrativo que permite a la actividad de un sujeto regulado realizar sus actividades de descarga al medio ambiente, siempre que se encuentre dentro de los parámetros especificados en el Reglamento Técnico Nacional Ambiental o Reglamento emitido en el estado y provincia donde se ubican dichas actividades. Los permisos de

drenaje, drenaje y descarga se aplicarán a cuerpos de agua, sistemas de alcantarillado, aire y tierra.

## **FINANCIAMIENTO**

**Art. 133.-** Impuesto a las emisiones. Un impuesto a las emisiones es un pago específico al Estado de Ecuador por un servicio ambiental que utiliza los recursos hídricos, aéreos y terrestres como reservorio o receptor de residuos activos, emisiones, vertidos y residuos. La tasa de descarga al medio ambiente es determinada por las ciudades centrales o los consejos provinciales por decreto, independientemente de que la Agencia de Supervisión Ambiental sea designada para su beneficio. Para la determinación de esta tarifa, la Secretaría de Medio Ambiente brindará asistencia técnica a los Consejos Nacionales, en caso de que la requieran, de acuerdo con y siguiendo los lineamientos de la norma técnica que este departamento emita al efecto. La falta de pago de la Lista de Tarifas de Descarga Ambiental resultará en la suspensión de permisos y licencias que la Agencia de Supervisión Ambiental debe cumplir con las regulaciones.

### **2.6.1.- NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES:**

#### **RECURSO AGUA.**

##### **Criterios generales para la descarga de efluentes.**

##### **Normas de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público.**

No descargar en el alcantarillado público ninguna sustancia que pueda interferir con los colectores o sus accesorios, formar humos o gases tóxicos, explosivos o inodoros, o que pueda causar daños graves a los materiales de construcción.

##### **Biodiversidad y recursos naturales.**

##### **Sección primera Naturaleza y ambiente.**

**Art. 395.-** La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

El estado garantiza un modelo de desarrollo sustentable, equilibra el medio ambiente y respeta la diversidad cultural, preserva la biodiversidad y la renovación natural del ecosistema, y asegura que se satisfagan las necesidades de las diferentes generaciones, sistemas actuales y futuros.

Las políticas de gestión ambiental se aplicarán a nivel nacional y serán de obligado cumplimiento para el Estado en todos los niveles y para todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional. El Estado garantiza la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y países afectados en la planificación, ejecución y control de todas las actividades que afecten al medio ambiente. La escuela. En caso de duda sobre el alcance de la normativa legal en el ámbito del medio ambiente, esta normativa se aplicará de la forma más adecuada para proteger la naturaleza.

**Art. 397.-** La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

2. Las políticas de gestión ambiental serán de aplicación integral y vinculante para el Estado en todos los niveles y para todas las personas naturales o jurídicas del territorio nacional.

**Art. 398.-** El estado contará con políticas y medidas adecuadas para evitar impactos negativos en el medio ambiente cuando el daño sea seguro. Si existe alguna duda sobre el impacto ambiental de cualquier acto u omisión, incluso si no hay evidencia científica de daño, el estado tomará medidas preventivas efectivas y oportunas.

#### **Sección sexta.**

##### **Agua.**

**Art. 411.-** El estado vela por la preservación, promoción y manejo de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ambientales asociados al ciclo hidrológico en general. Se modificará cualquier actividad que pueda afectar la calidad y cantidad del agua y el equilibrio del ecosistema, especialmente en fuentes de agua y áreas adicionales. La

sostenibilidad del ecosistema y el consumo humano primará sobre el uso y aprovechamiento del agua.

**Art. 412.-** La Autoridad del Agua será responsable de la planificación, regulación y supervisión. La agencia cooperará y coordinará con la agencia responsable de la gestión ambiental para garantizar que el agua se gestione con un enfoque ecosistémico.

### **Sección séptima.**

#### **Biosfera, ecología urbana y energías alternativas.**

**Art. 413.-** El estado promueve la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías limpias y ambientalmente racionales, así como energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y no peligrosas, la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas o el derecho al bienestar.

#### **Objetivo del Milenio.**

##### **Objetivo 7: Garantizar el sustento del medio ambiente.**

- Integrar los principios del desarrollo sostenible en las políticas y programas nacionales y limitar la pérdida de recursos ambientales.
- Reducir y ralentizar significativamente la pérdida de biodiversidad en 2010
- Mejorar significativamente la vida de al menos 100 millones de habitantes de barrios marginales para 2020.

##### **Indicadores del Objetivo 7:**

7.3 Proporción de poblaciones de peces que están dentro de unos límites biológicos seguros.

7.4 Porcentaje del total de recursos hídricos utilizados.

7.5 Porcentaje de áreas protegidas terrestres y marinas.

7.6 Porcentaje de especies en riesgo de extinción.

7.7 Porcentaje de la población con acceso a fuentes mejoradas de agua potable.  
(Naciones Unidas, 2012)

## **Derechos del Buen Vivir.**

### **Sección segunda.**

#### **Ambiente sano.**

**Art. 14.-** Reconociendo el derecho de las personas a vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado, asegurando la sostenibilidad y el bienestar, Sumac Kawsai.

**Art. 15.-** En los sectores público y privado, el estado fomentará el uso de tecnologías amigables con el medio ambiente y energías alternativas, no contaminantes y de bajo impacto.

## **Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.**

### **Capítulo II.**

#### **De la Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas.**

**Art. 6.-** Los residuos que no cumplan con las normas y reglamentaciones técnicas correspondientes no podrán ser vertidos a la red de alcantarillado, arroyos, trincheras, ríos y lagos naturales o artificiales al mar, así como su vertido a aguas residuales que contengan contaminantes. Nocivo para la salud humana, animal, vegetal y patrimonial.

**Art. 7.-** El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en colaboración con los Ministerios de Salud y Medio Ambiente, de ser necesario, preparará proyectos de normas y reglamentos técnicos para permitir la descarga de los fluidos remanentes, de acuerdo con la cantidad de agua que se deba tener como una agencia receptora de calidad.

**Art. 8.-** Los Ministerios de Salud y Medio Ambiente, en el ámbito de su competencia, determinan el nivel de tratamiento de los residuos líquidos a descargar a la entidad receptora, independientemente de su procedencia

**Art. 9.-** Los Ministerios de Salud y Medio Ambiente, en sus áreas de competencia, tienen la autoridad para supervisar el establecimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales, y la operación y mantenimiento de estas plantas para lograr sus objetivos de esta ley.

**2.6.2.- TULSMA (TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE).**

**LIMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO.**

Nota: Para leer Tabla, ver Registro Oficial Suplemento 387 de 4 de noviembre de 2015, página 20.

**Tabla 7.**

*Criterios de Calidad Para Aguas de Usos Pecuarios.*

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor máximo Permisible</b>
Aluminio (Total)	Al	mg/l	5
Arsénico	As	mg/l	0,2
Bario	Ba	mg/l	1
Boro (total)	B	mg/l	5
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Carbamatos (Totales)	Concentraciones de carbamatos totales	mg/l	0,1
Cianuro (Total)	CN	mg/l	0,2
Cinc	Zn	mg/l	25
Cobre	Cu	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	1,0
Litio	Li	mg/l	5,0
Materia flotante	visible	mg/l	Ausencia
Manganesio	Mn	mg/l	0,5
Molibdeno	Mo	mg/l	0,0
Mercurio (Total)	Hg	mg/l	0,01
Nitratos+nitritos	N	mg/l	10,0
Nitritos	N-nitrito	mg/l	1,0
Niquel	Ni	mg/l	0,5
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	3,0

Organofosforados (totales)	Concentraciones de organofosforados totales	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentraciones de organoclorados totales	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	6--9
Plata	Ag	mg/l	0,05
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sólidos disueltos totales		mg/l	3000
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi.			mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/l	10,0
Coliformes fecales	nmp por cada 100ml		Menor a 1000
Coliformes totales	nmp por cada 100ml		Promedio mensual menor a 5000

Adaptado del "Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente". Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

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

**5.2.4.1** Dentro de los límites del procedimiento, las ciudades tendrán la capacidad de determinar la carga máxima permisible en los cuerpos receptores del objeto de control, de acuerdo con el balance de masa para cumplir con los estándares de calidad para mantener los usos previstos en condiciones de flujo. Cargas contaminantes críticas y futuras. Estas cargas máximas serán aprobadas y validadas por la Agencia Nacional de Medio Ambiente y se incluirán en el permiso de descarga. Si el tema de control es municipal, puede sugerir una carga máxima aceptable para su descarga, la cual debe estar técnicamente justificada; Será revisado y aprobado por la Agencia Nacional de Medio Ambiente.

**5.2.4.2** La carga máxima permisible para una descarga dada se determina de acuerdo con la siguiente relación desarrollada por el balance de masa, en el punto de descarga, en cualquier sistema compuesto por unidades, de las cuales consiste:

$$Q_e.C_e = (Q_e + Q_r) C_c - Q_r C_r$$

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

$C_c$  = 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  $C_c$ .

$Q_r$  = 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).

**5.2.4.3** Dado que no es aplicable en un caso particular a ninguno de los parámetros especificados en esta norma o en ausencia de parámetros relevantes de la descarga en consideración, los estándares de calidad de la Agencia Nacional de Medio Ambiente deben establecerse en el organismo receptor para flujos mínimos futuros y cargas contaminantes. La carga máxima tolerable a la que se somete el objeto de control vendrá determinada por el balance de masa del parámetro considerado.

La Unidad de Monitoreo Ambiental determinará el método de muestreo del organismo receptor en el área afectada por la liberación, incluyendo la hora y el lugar para el muestreo.

#### **4.1.6 Criterios de calidad para aguas con fines recreativos**

El uso del agua con fines recreativos se entiende como el uso del agua en ella:

- a) Exposición inicial, como natación y buceo, incluidos baños medicinales y
- b) Exposición secundaria como deportes acuáticos y pesca.

A continuación, se muestran los estándares de calidad del agua para uso recreativo por exposición inicial, se muestra lo siguiente: (ver tabla 8).

**Tabla 8.**

*Criterios de Calidad Para Aguas Destinadas Para Fines Recreativos.*

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Coliformes fecales	nmp por cada 100 ml		200
Coliformes totales	nmp por cada 100 ml		1000
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% de Concentración de saturación y no menor a 6 mg/l
Materia flotante	visible		Ausencia
Potencial de hidrógeno	pH		6,5 – 8,5
Metales y otras		mg/l	cero
•sustancias tóxicas			
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1 (para cada compuesto detectado)
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2 (para cada compuesto detectado)
Residuos de petróleo	visibles		Ausencia
	Sustancias activas al azul de metileno.	mg/l	0,5
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi			Mínimo 2,0 m.
Relación hidrógeno, fósforo orgánico			15:01

Adaptado del “Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente”. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

Los criterios de calidad para aguas destinadas a fines recreativos mediante contacto secundario se presentan en la tabla 9.

**Tabla 9.**

*Criterios de Calidad de Aguas Para Fines Recreativos Mediante Contacto Secundario.*

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Coliformes totales	nmp/100 ml		4 000
Coliformes fecales	nmp/100 ml		1 000
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% de Concentración de saturación
Potencial de hidrógeno	pH		6,5 – 8,5
Metales y otras •sustancias tóxicas		mg/l	Cero
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2
Residuos de petróleo			Ausencia
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno.	mg/l	0,5
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Sólidos flotantes	visible		Ausencia
Relación hidrógeno, fósforo orgánico			15:01

Adaptado del “Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente”. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

#### **4.1.7 Criterios de calidad para aguas de uso estético.**

El uso estético del agua es realizar y crear la belleza de un paisaje.

El agua utilizada con fines estéticos debe cumplir con los siguientes estándares de calidad:

- a) No hay materiales flotantes y espumosos de la actividad humana.
- b) Libres de grasas y aceites que formen una película visible.
- c) Sin coloración, olor, sabor, turbidez no más de 20 UTN.
- d) El oxígeno disuelto no debe ser inferior al 60% de oxígeno saturado ni inferior a 6 mg/l.

#### **4.1.8 Criterios de calidad de las aguas para transporte.**

Se entiende como el uso de agua para el transporte, o el uso de agua para el transporte a bordo de cualquier tipo de embarcación o para el envasado de sustancias inocuas en contacto directo.

El único parámetro especificado es el oxígeno disuelto, que debe ser superior a 3 mg/l.

#### **4.1.9 Criterios de calidad para aguas de uso industrial.**

Se entiende por uso de agua industrial el uso del agua en actividades tales como:

- a) Operaciones industriales y / o de fabricación, procesamiento u operación, así como operaciones relacionadas o complementarias;
- b) Generación de energía y
- c) Minería.

Se entiende por uso de agua industrial el uso del agua en actividades tales como:

- a) operaciones industriales y / o de fabricación, procesamiento u operación, así como operaciones relacionadas o complementarias;

## **4.2 Criterios generales para la descarga de efluentes.**

### **4.2.1 Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado, como a los cuerpos de agua.**

**4.2.1.1** El organismo regulador mantendrá un registro de los flujos de aguas residuales generados, que muestre el caudal de las aguas residuales, la frecuencia de descarga, el método de tratamiento aplicado a las aguas residuales, el laboratorio de análisis y tratamiento, su tratamiento y la identificación del organismo receptor.

Es necesario almacenar el caudal declarado de efluentes con datos de producción.

**4.2.1.2** En las Tablas 11, 12 y 13 de esta norma se determinan los parámetros de drenaje en los sistemas de alcantarillado y cuerpos de agua (aguas dulces y marinas), y los valores máximos permisibles correspondientes al promedio diario. El controlador ambiental deberá realizar las disposiciones adicionales para las que fue establecido: frecuencia de monitoreo, tipo de muestra (simple o sintética), número de muestras a tomar e interpretación estadística de los resultados para que pueda determinar si se respeta o no los límites permisibles establecidos en esta ley para vertidos en alcantarillas y cuerpos de agua.

**4.2.1.3** Está prohibido utilizar agua para diluir efluentes no tratados.

**4.2.1.4** Las ciudades, de acuerdo con sus propios estándares de calidad ambiental, deben determinar sus propios estándares de manera independiente, a través de ordenanzas, teniendo en cuenta los estándares de calidad especificados para los usos o fines para los que se utiliza el agua. Siga los requisitos de las regulaciones de prevención y control de la contaminación.

**4.2.1.5** Está estrictamente prohibido cualquier vertido de residuos líquidos en vías públicas, canales de riego o sistemas de recogida de aguas pluviales y subterráneas. El observador ambiental podrá, siempre que no exista un sistema de alcantarillado aprobado por el prestador de servicios de alcantarillado y depuración de agua y que tenga una opinión

favorable sobre dicho vertido, podrá permitir el vertido de aguas residuales en las redes de captación de aguas pluviales, salvo que cumplan con la normativa relativa a vertidos en cuerpos de agua.

**4.2.1.6** Las aguas residuales que no cumplan con los criterios de descarga especificados en esta norma antes de la descarga deben ser tratadas por métodos de tratamiento convencionales, independientemente de su fuente: pública o privada. Por tanto, los sistemas de tratamiento deben ser modulares para evitar el fallo absoluto del tratamiento de aguas residuales en el caso de que una de las unidades deje de funcionar por mal funcionamiento o mantenimiento.

**4.2.1.7** En el caso de los plaguicidas, si las aguas residuales, después del tratamiento normal y antes de su descarga al objeto receptor o la red de alcantarillado, no cumplen con las normas de descarga especificadas en este Código (tablas 11, 12 y 13), debe aplicarse antes del tratamiento.

**4.2.1.8** Los laboratorios que realizan análisis para determinar el grado de contaminación de aguas residuales u organismos receptores deben tener buenas prácticas de laboratorio, seguir métodos analíticos estandarizados y estar certificados por laboratorios internacionales, hasta que el organismo de acreditación ecuatoriano establezca un sistema nacional de acreditación que deben cumplir los laboratorios.

**4.2.1.9** Los sistemas de drenaje de aguas pluviales domésticas, industriales e industriales deben separarse en sus propios sistemas o colectores.

**4.2.1.10** Los materiales y desechos peligrosos (líquidos, sólidos y semisólidos) no deben descargarse fuera de los parámetros permitidos por la agencia receptora, el sistema de alcantarillado y el sistema de drenaje de aguas pluviales.

**4.2.1.11** Prohibición de descarga de efluentes no tratados en redes de alcantarillado, o en cuerpos de agua, debido al lavado y / o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres,

así como herramientas, contenedores, embalajes, contenedores manuales y aéreos que no contengan ni contengan químicos agrícolas u otras sustancias peligrosas.

**4.2.1.12** Está estrictamente prohibido ingresar al suelo aguas residuales industriales tratadas y no tratadas sin obtener el permiso de la Agencia de Control Ambiental.

**4.2.1.13** El agua obtenida de la extracción de petróleo y gas natural puede reciclarse de acuerdo con las disposiciones de las leyes, regulaciones y normas específicas aplicables en el sector de los hidrocarburos.

**4.2.1.14** El órgano regulador debe tener las actitudes adecuadas para determinar las características y capacidades de las aguas residuales, y debe proporcionar todos los medios por los cuales el personal técnico responsable del control pueda realizar su trabajo de la mejor manera posible. Se debe proporcionar un sistema de medición de flujo local adecuado a la salida de las aguas residuales sin tratar y tratadas. Para medir el caudal en canales o ductos, se utilizarán presas rectangulares o triangulares, medidores Parshall u otros dispositivos aprobados por la Autoridad de Control Ambiental. Las tuberías o canales de descarga y drenaje de aguas residuales deben conectarse al tanque de disipación de energía y acumulación de fluidos, que debe colocarse en un lugar plano y tranquilo, antes de llegar a la tubería de drenaje. La presa será perpendicular al lecho del canal y sus características dependerán del tipo de presa y del ancho del canal de acceso o embalse.

**4.2.1.15** Los lixiviados generados en los rellenos sanitarios estarán sujetos a los rangos y límites previstos en la normativa para su vertido en un cuerpo de agua.

**4.2.1.16** Por su propia naturaleza, cualquier punto de descarga en una alcantarilla y un punto o no descarga al organismo receptor deberá cumplir con las disposiciones de esta Norma. El Contralor Ambiental emitirá orientaciones técnicas para los estándares mínimos de vertido a analizar o monitorear, los cuales deberán cumplir con todas las normativas. La guía técnica se publicará en un plazo máximo de un mes después de la publicación de esta

norma. Hasta que se publiquen los lineamientos técnicos, es responsabilidad de la Agencia de Supervisión Ambiental determinar los parámetros de descarga que el regulador debe monitorear.

**4.2.1.17** La descarga de líquidos, barcos u otros barcos, transporte marítimo, transporte o lagos marítimos, hasta sistemas de drenaje o agencias receptores. Sin embargo, las regulaciones válidas deben respetarse en el Código de Policía Marítimo y se establecen acuerdos internacionales, sin embargo, una vez que los residuos sean evacuados para la tierra, la entidad ambiental de control puede ser un consejo urbano o provincial, si ha transformado las habilidades ambientales, incluida la prevención y el control de la contaminación. Sigue siendo la dirección general de la Marina Mercante. El gerente general de la Marina Comerciante (DIGMER) establecerá las reglas de aprobación del caso, se estiman en este artículo, manteniendo un acuerdo con las normas técnicas nacionales actuales y puede ser equivalente o más limitado para esta norma. Digmer será una entidad ambiental para buques, barcos, otros mares, vehículos o piscinas.

**4.2.1.18** Las empresas reguladas que amplían o modifiquen su producción actualizarán inmediatamente la información enviada a la consola y serán consideradas el nuevo regulador para futuros controles de liberación, cumpliendo con la extensión de la ampliación deberá obtener el permiso de gestión correspondiente.

**4.2.1.19** El controlador ambiental determinará los criterios específicos para cada tipo de actividad económica, especificando la frecuencia de seguimiento, el tipo de muestra (simple o compleja), el número de muestras a tomar y la interpretación de las estadísticas. Los resultados lo hacen posible. Determinar si el cuerpo sujeto a control ha cumplido con los límites aceptables estipulados en esta ley para vertidos en alcantarillas y cuerpos de agua.

**4.2.1.20** Cuando se especifica, incluso cumpliendo con los criterios de descarga, resulta en concentraciones en el organismo receptor o la red de alcantarillado que exceden

los criterios de calidad para el uso o usos previstos. País, la ESA puede solicitar valores de liberación más restrictivos. Ante los estudios técnicos realizados por la Autoridad de Control Ambiental para explicar esta decisión.

**4.2.1.21** No desechar residuos, lodos, sólidos de los sistemas de depuración y tratamiento de aguas residuales y otros materiales como residuos de construcción, cenizas, cachaza, bagazo o cualquier tipo de residuo doméstico o industrial, no deberán ser vertidos en aguas superficiales o arroyos subterráneos, mares, esteros, arroyos y arroyos secos estacionales y su disposición deberá cumplir con las disposiciones de la legislación sobre residuos sólidos no peligrosos.

#### **4.2.2** Normas de drenaje en alcantarillado público.

**4.2.2.1** No descargue en las alcantarillas públicas ninguna sustancia que pueda interferir con los colectores o sus accesorios, formar humos o gases tóxicos, explosivos o inodoros, o que pueda causar daños importantes a los materiales de construcción. Esto incluye, entre otros, los siguientes materiales:

a) Trozos de piedra, ceniza, vidrio, arena, desperdicios, hilados, trozos de cuero, textiles, etc. (Los sólidos no deben desecharse incluso cuando estén triturados).

b) Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio.

c) Residuos de malta, levaduras, cauchos, betunes, emulsiones bituminosas y oleosas, efluentes que tienden a solidificarse.

d) Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, hidrocarburos clorados, ácidos y álcalis.

e) Fosgeno, cianuro, ácido hidrazoico y sus sales, carburos formadores de acetileno y sustancias tóxicas comprobadas.

**4.2.2.2** El proveedor de servicios de disposición de la ciudad puede obtener la autorización necesaria de la Agencia de Supervisión Ambiental de la Agencia Reguladora,

en su totalidad o en parte, para descargar aguas residuales de una calidad superior a los estándares de descarga estándar en el sistema de alcantarillado, establecidos en esta norma.

Los proveedores de servicios de tratamiento municipales deben cumplir con los estándares de descarga en un cuerpo de agua, establecidos en este estándar.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1.- Metodología.**

El enfoque investigativo que se empleará en este estudio de implementación y criterio utilizado, es mediante el sistema de la investigación experimental y científica.

##### **3.1.1.- Tipos de Metodología.**

El presente proyecto aplicará los siguientes tipos de metodología.

###### **3.1.1.1.- Metodología Experimental.**

La técnica que se utilizara en la investigación del presente estudio será experimental debido que se realizará la toma de muestra del agua filtrada a una altura determinada del material filtrante que se aplicara en este proyecto investigativo para observar los cambios que presenta el agua filtrada; y cumplir con el objetivo principal, entre otros parámetros en el agua residual domestica tratada con sal marina para determinar la capacidad de efectividad de remoción y calcular las tasas de remoción, o si cumple con los límites máximos permisibles, desarrollando información para estudios futuros.

La sal marina usada como material filtrante en un pantano seco artificial de flujo subsuperficial aportara una solución en el tratamiento de aguas residuales doméstica para disminuir el impacto ambiental en el cuerpo receptor.

###### **3.1.1.2.- Metodología Científica.**

El método científico se basa en un conjunto de técnicas que se implementarán en la investigación de materiales filtrantes, que se utilizarán en este proyecto de investigación para mejorar el tratamiento de aguas residuales domésticas. Obteniendo nuevos conocimientos o modificará e integrará los métodos y procesos de las ciencias naturales, incluida la observación, medición, prueba, formulación, análisis y modificación de hipótesis de manera sistemática. (Eugenia Baena Paz, 2014)

A continuación, el "método científico experimental" incluye prácticas utilizadas y aprobadas por la comunidad científica como válidas para presentar y validar sus teorías. Las teorías científicas, que tienen como objetivo explicar los fenómenos que observamos de una forma u otra, pueden ser apoyadas por experimentos que confirmen su validez. Esto significa que solo usar los experimentos no significa necesariamente que se use el método científico y que no sea 100% eficiente. Así, Francis Bacon definió el método científico como:

1. Observación: Consiste en aplicar cuidadosamente los sentidos a un objeto o fenómeno, y estudiarlo tal como aparece en la realidad, esto puede ser sistemático o sutil.
2. Inducción: el principio básico de cada observación o experimento.
3. Hipótesis: preparar una explicación temporal de las observaciones o experiencias y sus posibles causas.
4. Probar la hipótesis a través del experimento.
5. Probar o refutar (oponerse) la hipótesis.
6. Una tesis o teoría científica.(Eugenia Baena Paz, 2014)

Es así como se define el método científico como sentido común, es decir, la representación social dominante. Sin embargo, esta definición solo se ajusta a la visión de la ciencia conocida como positivismo en su forma más primitiva. Sin embargo, está claro que los requisitos para el experimento no se aplican a campos del conocimiento como la astronomía, la física teórica, entre otras. En tales casos, es suficiente observar los fenómenos que ocurren naturalmente usando el método científico. (Arturo Hernández Escobar, Marcos Ramos Rodríguez, Barbara Placencia López, 2018)

Hay ciencias que no están incluidas en las ciencias naturales, especialmente en el caso de las humanidades y las ciencias sociales, donde los fenómenos no pueden repetirse únicamente de forma controlada y artificial (en eso consiste la experiencia). Pero es esencialmente insustituible, como la historia.

Por método o proceso científico, nos referimos a prácticas que son utilizadas y aprobadas por la comunidad científica como válidas cuando se trata de desacreditar y validar sus teorías, como las suposiciones de Koch en microbiología. Las teorías científicas, que tienen como objetivo explicar los fenómenos que observamos de una forma u otra, pueden ser apoyadas por experimentos que confirmen su validez. (Humberto Ñaupas Paitán, 2014)

### **3.2.-Técnicas Implementadas en el Proyecto de Investigación.**

Entre los tipos de estudios tenemos:

**Estudios descriptivos:** Describa los eventos tal como fueron observados.

**Estudios explicativos:** este tipo de investigación busca las causas de los eventos, estableciendo relaciones de causa y efecto.

Según Hernández, Fernández y Batista (2003), establecieron estos cuatro tipos de investigación, a partir de la estrategia de investigación utilizada, comenzando por el diseño, recolección de datos, muestreo, muestreo y otros componentes del proceso de investigación. Diversos métodos y técnicas de investigación. (Roberto Hernandez Sampieri, 2018)

#### **Técnicas de la Investigación**

• **Técnica:** conjunto de herramientas y medios mediante los cuales se implementa un método y es aplicable a una sola rama de la ciencia.

La diferencia entre método y técnica es que un método es un conjunto de pasos y pasos que debe completar la investigación y es aplicable a muchas ciencias, mientras que la ingeniería es un conjunto de herramientas en las que se implementa el método.

Esta técnica es muy necesaria en el proceso de investigación científica, ya que la estructura organizativa de la investigación está integrada, y la tecnología tiene como objetivo lograr los siguientes objetivos:

- Organización del período de investigación.
- Proporcionar una herramienta para la gestión de la información.

- Seguimiento de datos.
- Guía de adquisición de conocimientos.

En cuanto a las técnicas de investigación, se estudian dos modalidades generales: las técnicas documentales y las técnicas de campo.

- **La Técnica Documental:** permite recolectar información para desarrollar teorías que apoyen el estudio de fenómenos y procesos. Incluye el uso de herramientas identificadas por el material o fuente al que se refieren.
- **La Técnica de campo:** las observaciones permiten el contacto directo con el sujeto de la investigación y la recopilación de testimonios, permitiendo la comparación de la teoría con la práctica para la búsqueda de la verdad objetiva.
- **Técnica Estadísticas:** La estadística es la ciencia que estudia cómo se utiliza la información y cómo dirigir la acción en situaciones reales que implican incertidumbre. (Juan Antonio Gil Pascual, 2016)

La estadística es la ciencia de los datos, que incluye la recopilación, clasificación, síntesis, organización, análisis e interpretación de la toma de decisiones frente a la incertidumbre. (García Pérez Alfonso, 2015)

La estadística es una ciencia que facilita la toma de decisiones gracias a la presentación organizada de los datos observados en tablas y gráficos estadísticos que permiten la comparación entre diferentes conjuntos de datos y una estimación de la probabilidad de éxito de cada posible decisión. (Adán Barreto Villanueva , 2012)

El objetivo de las estadísticas es mejorar la comprensión de los hechos a partir de los datos. (Hector Huaman Valencia, 2015)

### 3.2.1. Implementación de plantas pilotos: Laguna de Oxidación y Pantano Seco Artificial.

Se inició con el reconocimiento, al mismo tiempo se realizó la limpieza o desbroce del terreno para dar paso al replanteo para la construcción de los taludes y bermas de los dos tipos de tratamiento que se usara en este proyecto investigativo.



**Figura 15.-** Reconocimiento del Terreno. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.



**Figura 16.-** Replanteo para la Construcción del Proyecto Investigativo. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.



**Figura 17.-** Inicio de Construcción de Laguna de Oxidación. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.



**Figura 18.-** Conformación de Talud de la Laguna de Oxidación. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.



**Figura 19.-** Conformación de Solera de la Laguna de Oxidación. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.



**Figura 20.-** Material Pétreo. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.



**Figura 21.-** Conformación de Corona y Talud de la Laguna de Oxidación. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

Posteriormente, se realizó la impermeabilización de la estructura para que el agua a tratar no contamine el medio ambiente.



**Figura 22.-** Impermeabilización de Solera, Corona y Talud de la Laguna de Oxidación. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.



**Figura 23.-** Impermeabilización de la Estructura. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

La sal marina se la colocó el día que se realizó la toma de las muestras ya que se disuelve con rapidez y facilidad.

Se colocó cuatro veces de carga de sal en el agua a tratar según la cantidad por litro.



**Figura 24.-** Sal Marina. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.



**Figura 25.-** Inicio de Construcción del Pantano Seco Artificial. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.



**Figura 26.-** Conformación de Talud del Pantano Seco Artificial. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.



**Figura 27.-** Conformación de Corona del Pantano Seco Artificial. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

Se procedió a las pruebas de filtrados, al no tener filtraciones se inició el llenado del pantano seco artificial con 10 cm de altura de grava fina en el fondo y 60 cm de altura de arena y piedra 3/4 completando una altura de 0.70 metros de filtro.



**Figura 28.-** Impermeabilización de Solera, Corona y Talud del Pantano Seco Artificial. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.



**Figura 29.-** Instalación de Grava y Arena en el Pantano Seco Artificial. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

Luego, se realizó la ubicación, cosecha, traslado y sembrado del junco de río para que oxigene el agua a tratar en el Pantano seco artificial, lo cual se esperó por un mes aproximado para que crezcan.



**Figura 30.-** Transporte del Junco de Río para el Pantano Seco Artificial. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.



**Figura 31.-** Reforestación del Pantano Seco Artificial con el Junco de Río. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.



**Figura 32.-** Crecimiento del Junco de Río en el Pantano Seco Artificial. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.



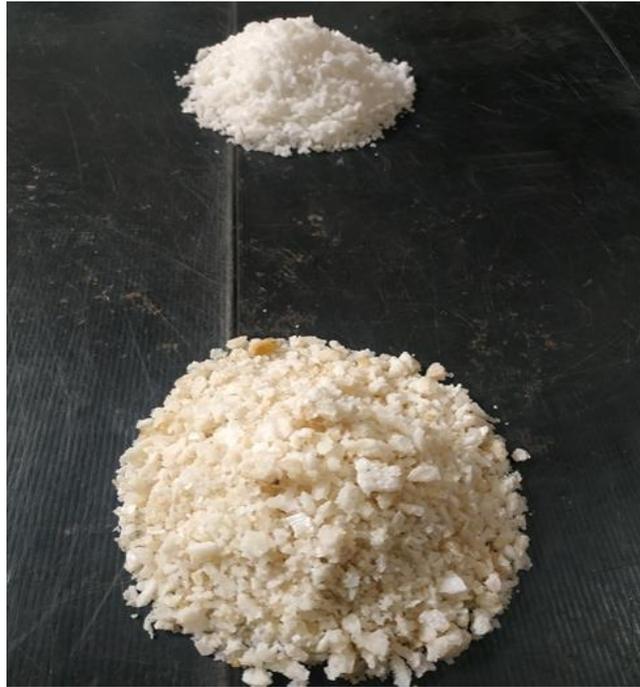
**Figura 33.-** Filtro para el Pantano Seco Artificial. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.



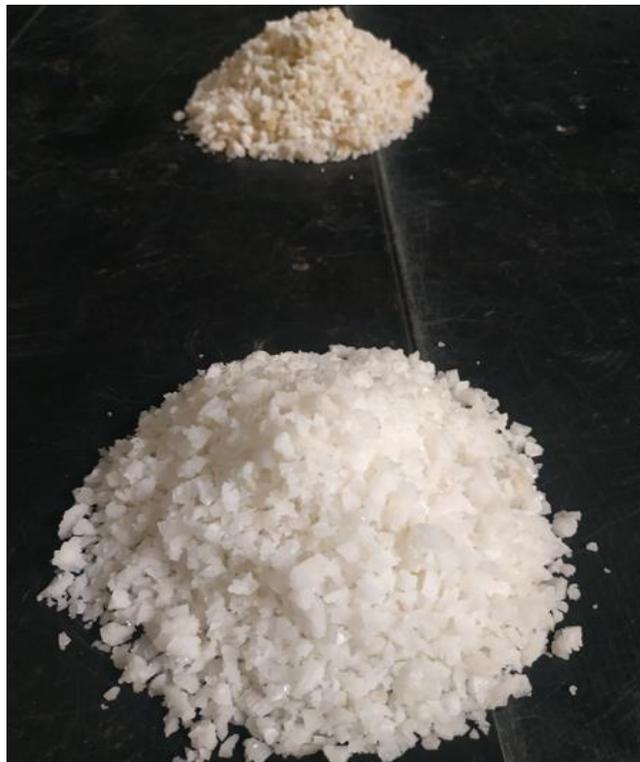
**Figura 34.-** Instalación del Filtro en el Pantano Seco Artificial. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.



**Figura 35.-** Pantano Seco Artificial. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.



**Figura 36.-** Sal Marina Color Marrón. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.



**Figura 37.-** Sal Marina Color Blanca. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

El llenado de las estructuras se la realizo con un agua residual la cual pasó por un tratamiento primario de sedimentación y, luego pasó por fases diferentes con tiempo de tratado que corresponde a cada sistema.



**Figura 38.-** Proyecto Final. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

El 23 de agosto del presente año se procedió a realizar la toma y envío de las muestras al laboratorio de calidad de aguas “INGEESTUDIOS”, el cual es un laboratorio acreditado por el SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriano).



**Figura 39.-** Toma de Muestra en la Salida del Pantano Seco Artificial. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.



**Figura 40.-** Toma de Muestra en la Salida de la Laguna de Oxidación. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.



**Figura 41.-** Toma de Muestra en la Salida de la Estructura con Sal Marina. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.



**Figura 42.-** Toma de Muestra Para su Respectivo Estudio. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

### 3.3.-Procedimiento para el dimensionamiento en el Proyecto de Investigación.

#### 3.3.1.- Laguna Facultativa.

##### Datos iniciales para el diseño.

**Tabla 10.**

*Datos de Diseño Para Laguna de Facultativa y Maduración.*

PARÁMETRO DE DISEÑO	
PARÁMETROS	VALORES
POBLACIÓN ACTUAL	10
TASA DE CRECIMIENTO (%)	2.0
PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)	20
POBLACION FUTURA	14 Habitantes
DOTACIÓN	150 lt/hab/día
CONTRIBUCIONES:	
AGUA RESIDUAL	80 %
CONTRIBUCION PER CAPITA DE DBO5	40 grDBO/hab/día
TEMPERATURA DEL AGUA PROMEDIO DEL MES MAS FRIO	24 °C
Caudal de Aguas residuales (Q):	
Población x Dotación x %Contribución	1.68 m3/día
Q(l/s)	0.02 l/s

Carga de DBO5 (C):		
Población x Contribución per cápita	0.56	KgDBO5/día
Carga superficial de diseño (CSdis)		
$Cs = 250 \times 1.05^{(T-20)}$	303.88	KgDBO5/Ha.día
Área Superficial requerida para lagunas primarias (At)		
$At = C/CSdis$	0.0018	Ha
Tasa de acumulación de lodos	0.10	m3/(habitante.año)
Periodo de limpieza	2.00	años
Volumen de lodos	2.80	m3
Número de lagunas en paralelo (N)		
Número de lagunas en paralelo seleccionado	1	Unidad(es)
AREA UNITARIA (Au)		
	0.0018	Ha
CAUDAL UNITARIO AFLUENTE (Qu)		
	1.68	m3/día
RELACION Largo/Ancho (L/W)		
	2.00	<entre 2 y 3>
ANCHO APROXIMADO (W):		
	3.00	
LONGITUD APROXIMADA (L):		
	6.00	
Perdida: infiltración - evaporación		
	0.50	cm/día
Coliformes fecales en el afluente		
	1.00E+0	NMP/100 ml
	7	

Parámetros para el Diseño de las Lagunas de Oxidación. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

### 3.3.1.1.-Procedimiento Para el Diseño de Laguna Facultativa.

Se determina la carga superficial de diseño mediante:

$$Cs = 250 * (1.085)^{T-20}$$

Dónde:

Cs: Carga de diseño en, Kg DBO/ha.d

T: Temperatura de la laguna en, °C

$$Cs = 40 \frac{kg \ DBO}{ha. \ d}$$

Para la carga removida del sistema, se utiliza la siguiente correlación de carga

$$Csr = 0.8063 * Cs + 7.67$$

Se obtiene el área de laguna facultativa.

$$A = \frac{Si * Q}{CSa}$$

Se considera una altura de 1.50 metros, según Tabla 1 y se calcula el volumen de la laguna

$$V = A * h$$

Dónde:

V: Volumen de la laguna en, m<sup>3</sup>

A: Área de laguna en, hectáreas (ha)

h: Altura de diseño asumida en, metros (m)

Se procede al dimensionamiento de la laguna adoptando una relación largo/ancho de 2

$$\frac{L}{X} = X = \frac{Largo}{Ancho} = 2$$

Dónde:

L: Longitud de la laguna en, metros (m).

X: Relación largo/ ancho de laguna asumido.

$$W = \sqrt{\frac{A}{X}}$$

W: Ancho de laguna en, metros (m)

El tiempo de retención Tr, se calcula a partir de la expresión

$$Tr = \frac{2 * A * h}{(2 * Q) - (0.001) * A * e}$$

Dónde:

Tr: Tiempo de retención en, días

A: Área de laguna en, hectáreas (ha)

h: Altura de diseño asumida en, metros (m)

Qdiseño: Caudal de diseño en, m<sup>3</sup>/d

e: Tasa de evaporación neta, 4.09 mm/d

Concentración de coliformes fecales y DBO

La concentración de coliformes fecales a la salida de la laguna facultativa, está dada por la siguiente ecuación. Yáñez 1993 (en CONAGUA, 2007):

$$Kcf = 0.841 * (1.07)^{T-20}$$

Cálculo de factor de dispersión (d)

$$d = \frac{X}{-0.26118 + 0.25392 * X + 1.01460 * X^2}$$

Dónde:

d: coeficiente de dispersión (adimensional)

X: Relación largo/ ancho de laguna asumido.

Cálculo de la constante "a":

$$a = \sqrt{(1 + 4) * Kcf * Tr * d}$$

Dónde:

Kcf: coeficiente de mortalidad neto de coliformes fecales

Tr: Tiempo de retención en, días

d: coeficiente de dispersión (adimensional)

Luego con los valores calculados de "a" "d" y "e", se calcula la cantidad de coliformes fecales en el efluente, N

$$N = \frac{No * 4 * a * e^{\left(\frac{1-a}{2d}\right)}}{(1 + a)^2}$$

Con la altura asumida se verifica que la carga superficial de diseño se encuentre en el rango.

$$Csa = 250 * 1.05^{T-20}$$

### Tabla 11.

*Resumen de Datos de Diseño Para Laguna de Facultativa.*

LAGUNAS PRIMARIAS FACULTATIVAS	
PARÁMETROS	VALORES
Tasas netas de mortalidad	
Kb PRIMARIAS $Kb(P) = 0.6x 1.05^{(T-20)}$	0.729 (1/días)
Diseño:	
Longitud Primarias (Lp)	6.00 m
Ancho Primarias (Wp)	3.00 m
Profundidad Primarias (Zp)	1.50 m
P.R. (Primarias)	17.0 días
Factor de corrección hidráulica (HCF) 0,3 a 0,8	0.80
P.R. (Primarias) corregido	13.6 días
Numero de dispersión	d= 0.091
Factor adimensional	a= 2.149
Caudal efluente unitario	1.59 m3/día
Caudal efluente total	1.59 m3/día

Coliformes fecales en el efluente	1.60E+04	NMP/100ml
Eficiencia parcial de remoción de Coliformes fecales	99.8397	%
Área Unitaria	0.0018	Ha
Área Acumulada	0.0018	Ha
Volumen de lodos	2.80	m3

Resultado de los Parámetros de Diseño para Laguna Facultativa. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

### 3.3.2.- Laguna de Maduración.

Procedimiento de diseño para la laguna de maduración.

Se calcula el área de la laguna por medio de:

$$Am = \frac{Q * Tr}{h}$$

Am: Área de la laguna en, hectáreas (ha)

Asumiendo una relación largo/ancho de 3 se obtiene

$$\frac{L}{X} = X = \frac{Largo}{Ancho} = 3$$

Dónde:

L: Longitud de la laguna en, metros (m).

X: Relación largo/ ancho de laguna asumido.

$$W = \sqrt{\frac{A}{X}}$$

W: Ancho de laguna en, metros (m)

Se considera una profundidad de 1.00 m, de acuerdo a lo expresado, y con ello el volumen de la laguna de maduración es:

$$V = A * h$$

Dónde:

V: Volumen de la laguna en, m3

A: Área de laguna en, hectáreas (ha)

h: Altura de diseño asumida en, metros (m)

Se procede a revisar la carga sobre la laguna de pulimento con la finalidad de evitar una sobrecarga:

$$CS = \frac{Si * Q}{A}$$

Para la remoción de DBO, se utiliza la siguiente correlación de carga.

$$Csr = -0.8 + 0.765 * Cs$$

Dónde:

Csr: Carga superficial removida

Cs: Carga superficial aplicada a la laguna.

Con el tiempo de remoción asumido, se procede al cálculo de la remoción de coliformes fecales y DBO

Concentración de coliformes fecales y DBO

La concentración de coliformes fecales a la salida de la laguna facultativa.

$$Kcf = 0.841 * (1.05)^{T-20}$$

Cálculo de factor de dispersión (d)

$$d = \frac{X}{-0.26118 + 0.25392 * X + 1.01460 * X^2}$$

Dónde:

d: coeficiente de dispersión (adimensional)

X: Relación largo/ ancho de laguna asumido.

Cálculo de la constante "a":

$$a = \sqrt{(1 + 4) * Kcf * Tr * d}$$

Dónde:

Kcf: coeficiente de mortalidad neto de coliformes fecales

Tr: Tiempo de retención en, días

d: coeficiente de dispersión (adimensional)

Luego con los valores calculados de "a" "d" y "e", se calcula la cantidad de coliformes fecales en el efluente, N.

$$N = \frac{N_0 * 4 * a * e^{\left(\frac{1-a}{2a}\right)}}{(1 + a)^2}$$

### 3.3.2.1.-Procedimiento Para el Diseño de Laguna Maduración.

**Tabla 12.**

*Resumen de Datos de Diseño Para Laguna de Maduración.*

<b>LAGUNAS SECUNDARIAS DE MADURACIÓN</b>	
PARAMETROS	VALORES
Tasas netas de mortalidad Kb secundarias Kb(S) = 0.8 x 1.05^(T-20)	0.972 1/(día)
Número de lagunas secundarias	1 unidad(es)
Caudal afluente unitario	1.59 m3/día
Relación Longitud/Ancho (L/W)	3.00
Longitudes secundarias (Ls)	9.00 m
Ancho Secundarias (Ws)	3.00 m
Profundidad Secundarias (Zs)	1.00 m
P.R. (Secundarias)	18.56 días
Factor de corrección hidráulica (HCF)	0.80
P.R. (Secundarias) corregido	14.85 días
Numero de dispersión	d= 0.121
Factor adimensional	a= 2.827
Caudal efluente	1.46 m3/día
Coliformes fecales en el efluente	6.56E+00 NMP/100ml
Área Unitaria	0.0027 Ha
Período de retención total	28.43 días
Eficiencia global de remoción en: Coliformes Fecales	99.9999 %
Área Total Acumulada (Sección media)	0.0045 Ha

Resultado de los Parámetros de Diseño para Laguna de Maduración. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

### 3.3.3- Resumen de Dimensiones de Laguna Facultativa y Maduración.

#### 3.3.3.1.-Procedimiento Para el Diseño de Laguna Maduración.

**Tabla 13.**

*Resumen del Diseño para Laguna Facultativa y Maduración.*

LAGUNA PRIMARIA (FACULTATIVA)			LAGUNA SECUNDARIA (MADURACIÓN)		
Núm. de primarias	1.00		Número de secundarias	1.00	
Inclinación de taludes (z)	1.50		Inclinación de taludes (z)	2.00	
Profundidad útil	1.50	m	Profundidad	1.00	m
Altura de lodos	0.10	m			
Borde Libre	0.50	m	Borde Libre	0.50	m
Profundidad total	2.10	m	Profundidad total	1.50	m
Dimensiones de espejo de agua			Dimensiones de espejo de agua		
Longitud	8.25	m	Longitud	11.00	m
Ancho	5.25	m	Ancho	5.00	m
Dimensiones de Coronación			Dimensiones de Coronación		
Longitud	9.75	m	Longitud	13.00	m
Ancho	6.75	m	Ancho	7.00	m
Dimensiones de fondo			Dimensiones de fondo		
Longitud	3.75	m	Longitud	7.00	m
Ancho	0.75	m	Ancho	1.00	m
Caudal efluente unitario			Caudal efluente unitario		
q	1.59	m <sup>3</sup> /día	q	1.46	m <sup>3</sup> /día
q	0.02	l/s	q	0.02	l/s
Caudal efluente total primario			Caudal efluente total secundario		
Q	1.59	m <sup>3</sup> /día	Q	1.46	m <sup>3</sup> /día
Q	0.02	l/s	Q	0.02	l/s
Área unitaria en la coronación			Área unitaria en la coronación		
	0.007	ha		0.009	ha
Área total primarias (coronación)			Área total secundarias (coronación)		
	0.007	ha		0.009	ha
Área total de tratamiento (Primarias y secundarias-coronación)			0.016 ha		
Área Total (+ 15%)			0.018 Ha		
Requerimiento de terreno:			12.88 m <sup>2</sup> /habitante		

Resultado de los Parámetros de Diseño para Laguna Facultativa y Maduración. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

### 3.3.4.- Pantano Seco Artificial.

#### Datos iniciales para el diseño.

**Tabla 14.**

*Datos de Diseño Para Pantano Seco Artificial.*

<b>PARÁMETROS DE DISEÑO</b>	
POBLACIÓN ACTUAL	10
TASA DE CRECIMIENTO (%)	2.0
PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)	20
POBLACION FUTURA	14 Habitantes
DOTACION	150 lt/hab/día
CONTRIBUCIONES:	
AGUA RESIDUAL	80 %
CONTRIBUCION PER CAPITA DE DBO5	40 grDBO/hab/día
TEMPERATURA DEL AGUA PROMEDIO DEL MES MAS FRIO	24 °C
Caudal de Aguas residuales (Q):	
Población x Dotación x %Contribución	1.68 m3/día
Q(l/s)	0.02 l/s
Carga de DBO5 (C):	
Población x Contribución per cápita	0.56 KgDBO5/día
Carga superficial de diseño (CSdis)	
$C_s = 250 \times 1.05^{(T-20)}$	303.88 KgDBO5/Ha.día
Área Superficial requerida para lagunas primarias (At)	
$At = C/CSdis$	0.0018 Ha
Tasa de acumulación de lodos	0.10 m3/(habitante.año)
Periodo de limpieza	1.00 años
Volumen de lodos	1.40 m3
Número de lagunas en paralelo (N)	
Número de lagunas en paralelo seleccionado	1 Unidad(es)
AREA UNITARIA (Au)	0.0018 Ha
CAUDAL UNITARIO AFLUENTE (Qu)	1.68 m3/día
RELACION Largo/Ancho (L/W)	3.00 <entre 2 y 3>
ANCHO APROXIMADO (W):	2.00
LONGITUD APROXIMADA (L):	6.00
Perdida: infiltración - evaporación	0.50 cm/día
Coliformes fecales en el crudo	1.00E+07 NMP/100 ml

Parámetros para el Diseño del Pantano Seco Artificial. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

Relación de primer orden.

$$Kb = 0.6 * (1.05)^{T-20}$$

Dónde:

T: Temperatura del agua (°C)

Determinación del área superficial requerida para el pantano.

$$As = \frac{Q * (LnCo - LnCe)}{Kb * h * n}$$

Dónde:

Q = Caudal de entrada

Ln Co = DBO5 entrada

Ln Ce = DBO5 salida

Kb: Constante de temperatura proveniente de las ecuaciones.

h: Profundidad de diseño del sistema, m

n: Porosidad del pantano

Tiempo de retención hidráulica

$$THR = \frac{As * h * n}{Q}$$

Dónde:

Q = Caudal de entrada

As = Área Superficial

h: Profundidad de diseño del sistema, m

n: Porosidad del pantano

Ancho de la celda del pantano

$$W = \frac{1}{h} \left[ \frac{Q * As}{S * Ks} \right]^{0.5}$$

Dónde:

Q = Caudal de entrada

As = Área Superficial

Ks = Conductividad Hidráulica

S: Pendiente

h: Profundidad de diseño del sistema, m

Largo de la celda del pantano

$$L = \frac{As}{W}$$

Dónde:

W = Ancho del Pantano

As = Área Superficial

### 3.3.4.1.- Diseño del Pantano Seco Artificial.

**Tabla 15.**

*Resumen de Datos de Diseño Para Pantano Seco Artificial.*

<b>LAGUNA DEL PANTANO SECO ARTIFICIAL FLUJO LIBRE</b>		
Tasas netas de mortalidad		
Kb PRIMARIAS $Kb(P) = 0.6 \times 1.05^{(T-20)}$	0.729	(1/días)
Diseño:		
Longitud Primarias (Lp)	6.00	m
Ancho Primarias (Wp)	2.00	m
Profundidad Primarias (Zp)	0.50	m
P.R. (Primarias)	3.7	días
Factor de corrección hidráulica (HCF) 0,3 a 0,8	0.50	
P.R. (Primarias) corregido	1.9	días
Numero de dispersión	d= 0.068	
Factor adimensional	a= 1.170	
Caudal efluente unitario	1.62	m <sup>3</sup> /día
Caudal efluente total	1.62	m <sup>3</sup> /día
Coliformes fecales en el efluente	2.86E+0	NMP/100m
	6	l
Eficiencia parcial de remoción de Coliformes fecales	71.3756	%
Área Unitaria	0.0012	Ha
Área Acumulada	0.0012	Ha
Volumen de lodos	1.40	m <sup>3</sup>
Remoción de nitrógeno amoniacal $N_e = N_o e^{-kt}$	6.86	mg/L

Resultado de los Parámetros de Diseño de la Laguna para el Pantano Seco Artificial. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

### 3.3.4.2.- Procedimiento Para el Diseño del Pantano Seco artificial.

**Tabla 16.**

*Resumen del Diseño del Pantano Seco Artificial.*

<b>LAGUNA PRIMARIA (PANTANO SECO ARTIFICIAL)</b>		
Núm. de primarias		1.00
Inclinación de taludes (z)		1.50
Profundidad útil		0.50 m
Altura de lodos		0.10 m
Borde Libre		0.10 m
Profundidad total		0.70 m
Dimensiones de espejo de agua		
Longitud		6.75 m
Ancho		2.75 m
Dimensiones de Coronación		
Longitud		7.05 m
Ancho		3.05 m
Dimensiones de fondo		
Longitud		5.25 m
Ancho		1.25 m
Caudal efluente unitario		
	q	1.62 m <sup>3</sup> /día
	q	0.02 l/s
Caudal efluente total primario		
	Q	1.62 m <sup>3</sup> /día
	Q	0.02 l/s
Área unitaria en la coronación		
		0.002 ha
Área total primarias (coronación)		
		0.002 ha
Área total de tratamiento (Pantano Seco Artificial)		
	Área Total (+ 15%)	0.002 Ha
	Requerimiento de terreno:	1.77 m <sup>2</sup> /habitante

Resultado de los Parámetros de Diseño para el Pantano Seco Artificial. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1.- Análisis de los Resultados.

De acuerdo a los resultados obtenidos que se muestran en la siguiente Tabla 17, se observa que los parámetros en el agua que entra, es decir, el agua afluente cumple con los límites del proceso del tratamiento en el agua servida, a excepción de los parámetros DQO y coliformes fecales.

**Tabla 17.**

*Resultados del agua afluente tanto a la laguna de maduración como al pantano seco artificial.*

Resultado						
Parámetros	Unidades	Resultado	U*	Método de Referencia	Procedimiento	Límites de Referencia
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	54,2	12 %	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	207	15 %	SM5220 D PE 1.4	PE 1.4	200
Salinidad	mg/l	340,00		Electrométrico	PE 1.35	--
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	220x10 <sup>5</sup>		Standard methods 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos Múltiples)	PE 1.23	2000

Resultados Emitidos por el Laboratorio "INGEESTUDIO". Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

De acuerdo a los resultados obtenidos que se muestran en la siguiente Tabla 18, se observa que los parámetros en el agua efluente de la laguna de maduración cumplen con los límites de descarga a un cuerpo receptor de agua dulce del (TULAS) Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente, a excepción del parámetro coliformes fecales.

**Tabla 18.**

*Informe de los Resultados del agua efluente en Laguna de Oxidación (Laguna de Maduración).*

Parámetros	Unidades	Resultado	Resultado				Límites de Referencia
			U*	Método de Referencia	Procedimiento		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	10,2	12 %	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	24	15 %	SM5220 D PE 1.4	PE 1.4	200	
Salinidad	mg/l	150,00		Electrométrico	PE 1.35	--	
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	540x10 <sup>3</sup>		Standard methods 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos Múltiples)	PE 1.23	2000	

Resultados Emitidos por el Laboratorio "INGEESTUDIO". Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

De acuerdo a los resultados obtenidos que se muestran en la siguiente Tabla 19, se observa que los parámetros en la prueba del agua tratada con sal marina luego de la laguna de oxidación, la misma que provoca que supere todos los límites de descarga establecidos a un cuerpo receptor de agua dulce del (TULAS) Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente.

**Tabla 19.**

*Informe de los Resultados del agua tratada de la Laguna de Oxidación con Sal Marina.*

Parámetros	Unidades	Resultado	Resultado				Límites de Referencia
			U*	Método de Referencia	Procedimiento		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	1088,4	12 %	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100	

Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	3150	15 %	SM5220 D PE 1.4	PE 1.4	200
Salinidad	mg/l	10000,00		Electrométrico	PE 1.35	--
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	540x10 <sup>3</sup>		Standard methods 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos Múltiples)	PE 1.23	2000

Resultados Emitidos por el Laboratorio "INGEESTUDIO". Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

De acuerdo a los resultados obtenidos que se muestran en la siguiente Tabla 20, se observa que los parámetros en el agua efluente del pantano seco artificial seco cumplen con los límites de descarga a un cuerpo receptor de agua dulce del (TULAS) Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente, a excepción del parámetro coliformes fecales.

**Tabla 20.**

*Informe de los Resultados del agua efluente del Pantano Seco Artificial.*

<b>Resultado</b>						
Parámetros	Unidades	Resultado	U*	Método de Referencia	Procedimiento	Límites de Referencia
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	24,6	12 %	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	45	15 %	SM5220 D PE 1.4	PE 1.4	200
Salinidad	mg/l	450,00		Electrométrico	PE 1.35	--
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	920x10 <sup>4</sup>		Standard methods 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos Múltiples)	PE 1.23	2000

Resultados Emitidos por el Laboratorio "INGEESTUDIO". Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

De acuerdo a los resultados obtenidos que se muestran en la siguiente Tabla 21, se observa que los parámetros en la prueba de descarga del agua tratada con sal marina luego del pantano artificial, la misma que provoca que supere todos los límites de descarga establecidos a un cuerpo receptor de agua dulce del (TULAS) Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente.

**Tabla 21.**

*Informe de los Resultados del agua tratada del Pantano Seco Artificial con Sal Marina.*

<b>Resultado</b>						
Parámetros	Unidades	Resultado	U*	Método de Referencia	Procedimiento	Límites de Referencia
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	507,6	12 %	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	1200	15 %	SM5220 D PE 1.4	PE 1.4	200
Salinidad	mg/l	10000,00		Electrométrico	PE 1.35	--
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	920x10 <sup>2</sup>		Standard methods 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos Múltiples)	PE 1.23	2000

Resultados Emitidos por el Laboratorio "INGEESTUDIO". Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

#### **4.1.1- Determinación de Capacidad de Remoción del DBO y DQO en Laguna de Maduración.**

Ecuación de cálculo de porcentaje de remoción del DBO.

$$\left(1 - \frac{\text{Concentracion DBO salida}}{\text{Concentracion DBO entrada}}\right) * 100$$

$$\left(1 - \frac{10.2}{54.2}\right) * 100 = 81.18 \%$$

Ecuación de cálculo de porcentaje de remoción del DQO.

$$\left(1 - \frac{\text{Concentracion DQO salida}}{\text{Concentracion DQO entrada}}\right) * 100$$

$$\left(1 - \frac{24}{207}\right) * 100 = 88.41 \%$$

**4.1.2.- Determinación de Capacidad de Remoción del DBO y DQO en Laguna de Maduración con Sal Marina.**

Ecuación de cálculo de porcentaje de remoción del DBO.

$$\left(1 - \frac{\text{Concentracion DBO salida}}{\text{Concentracion DBO entrada}}\right) * 100$$

$$\left(1 - \frac{1088.4}{10.2}\right) * 100 = -10570.59 \%$$

Ecuación de cálculo de porcentaje de remoción del DQO.

$$\left(1 - \frac{\text{Concentracion DQO salida}}{\text{Concentracion DQO entrada}}\right) * 100$$

$$\left(1 - \frac{3150}{24}\right) * 100 = -13025 \%$$

**4.1.3.- Determinación de Capacidad de Remoción del DBO y DQO en Pantano Seco Artificial.**

Ecuación de cálculo de porcentaje de remoción del DBO.

$$\left(1 - \frac{\text{Concentracion DBO salida}}{\text{Concentracion DBO entrada}}\right) * 100$$

$$\left(1 - \frac{24.6}{54.2}\right) * 100 = 54.61 \%$$

Ecuación de cálculo de porcentaje de remoción del DQO.

$$\left(1 - \frac{\text{Concentracion DQO salida}}{\text{Concentracion DQO entrada}}\right) * 100$$

$$\left(1 - \frac{45}{207}\right) * 100 = 78.26 \%$$

#### 4.1.4.- Determinación de Capacidad de Remoción del DBO y DQO en Pantano Artificial Seco con Sal Marina.

Ecuación de cálculo de porcentaje de remoción del DBO.

$$\left(1 - \frac{\text{Concentracion DBO salida}}{\text{Concentracion DBO entrada}}\right) * 100$$

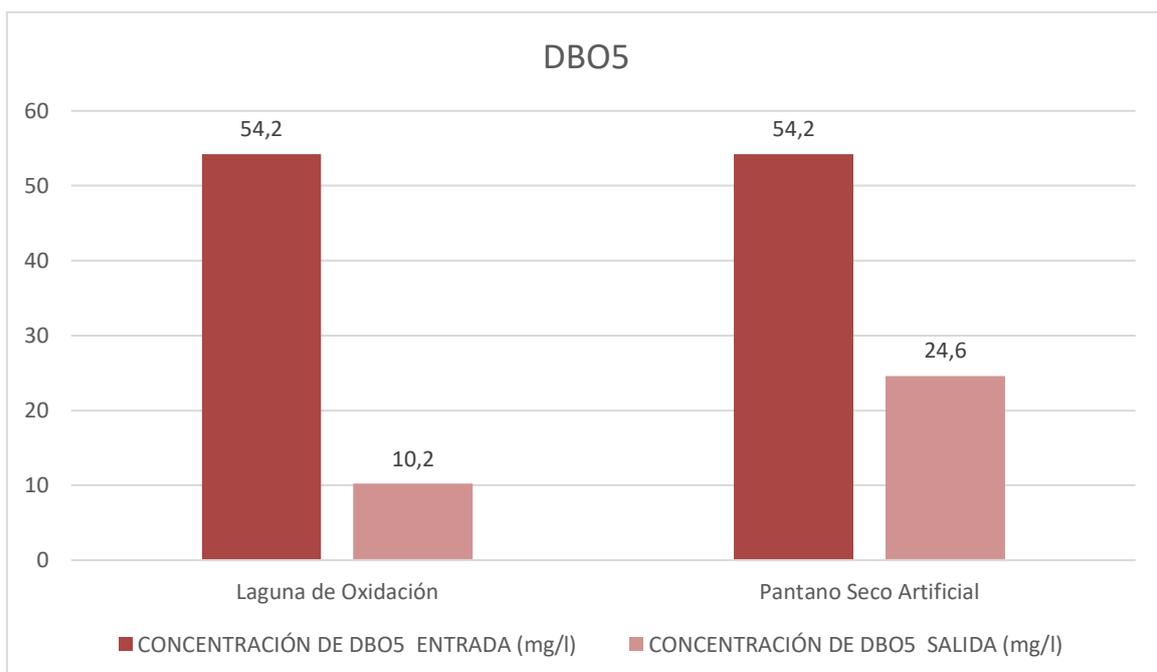
$$\left(1 - \frac{507.6}{24.6}\right) * 100 = -1963.41 \%$$

Ecuación de cálculo de porcentaje de remoción del DQO.

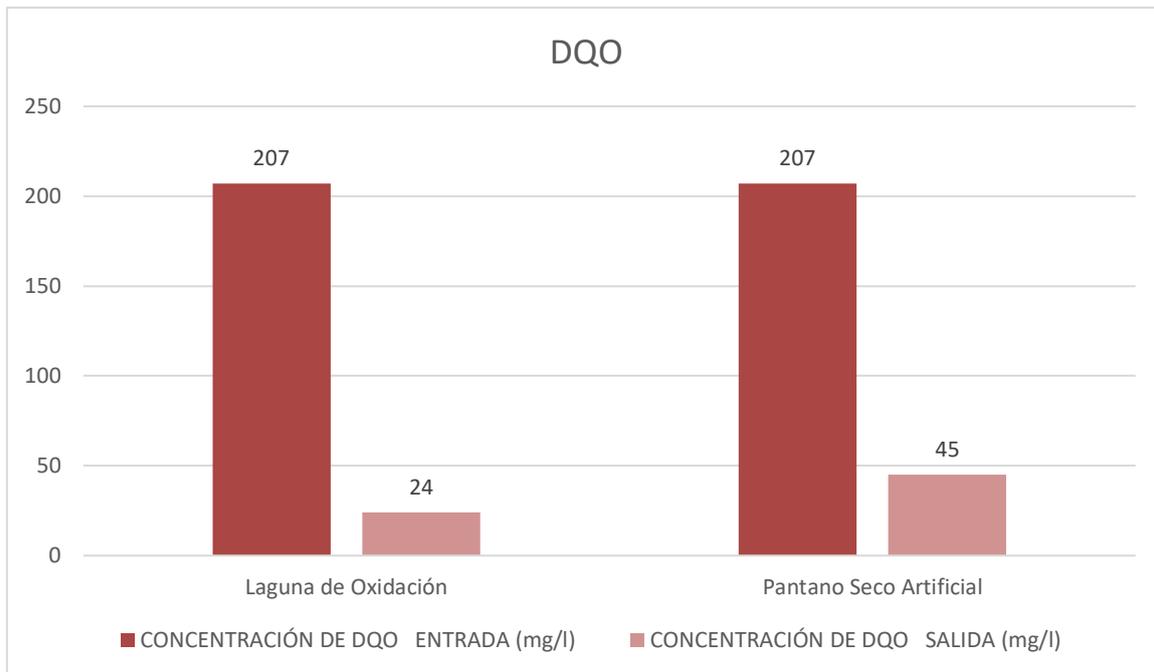
$$\left(1 - \frac{\text{Concentracion DQO salida}}{\text{Concentracion DQO entrada}}\right) * 100$$

$$\left(1 - \frac{1200}{45}\right) * 100 = -2566.67 \%$$

#### 4.1.5.- Efectividad de remoción de concentraciones de DBO y DQO en la Laguna de Oxidación y Pantano Seco Artificial.



**Figura 43.-** Efectividad de Remoción de Concentración de DBO. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.



**Figura 44.-** Efectividad de Remoción de Concentración de DQO. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

#### 4.1.6.- Determinación de Capacidad de Remoción del Coliformes Fecales en la Laguna de Oxidación.

Ecuación de cálculo de porcentaje de remoción del coliformes fecales.

$$\left(1 - \frac{\text{Concentracion coliformes fecales salida}}{\text{Concentracion coliformes fecales entrada}}\right) * 100$$

$$\left(1 - \frac{540000}{22000000}\right) * 100 = 97.55 \%$$

#### 4.1.7.- Determinación de Capacidad de Remoción del Coliformes Fecales en Pantano Seco Artificial.

Ecuación de cálculo de porcentaje de remoción del coliformes fecales.

$$\left(1 - \frac{\text{Concentracion coliformes fecales salida}}{\text{Concentracion coliformes fecales entrada}}\right) * 100$$

$$\left(1 - \frac{9200000}{22000000}\right) * 100 = 41.82 \%$$

**4.1.8.- Determinación de Capacidad de Remoción del Coliformes Fecales en la Laguna de Oxidación con Sal Marina.**

Ecuación de cálculo de porcentaje de remoción del coliformes fecales.

$$\left(1 - \frac{\text{Concentracion coliformes fecales salida}}{\text{Concentracion coliformes fecales entrada}}\right) * 100$$

$$\left(1 - \frac{540000}{540000}\right) * 100 = 00.00 \%$$

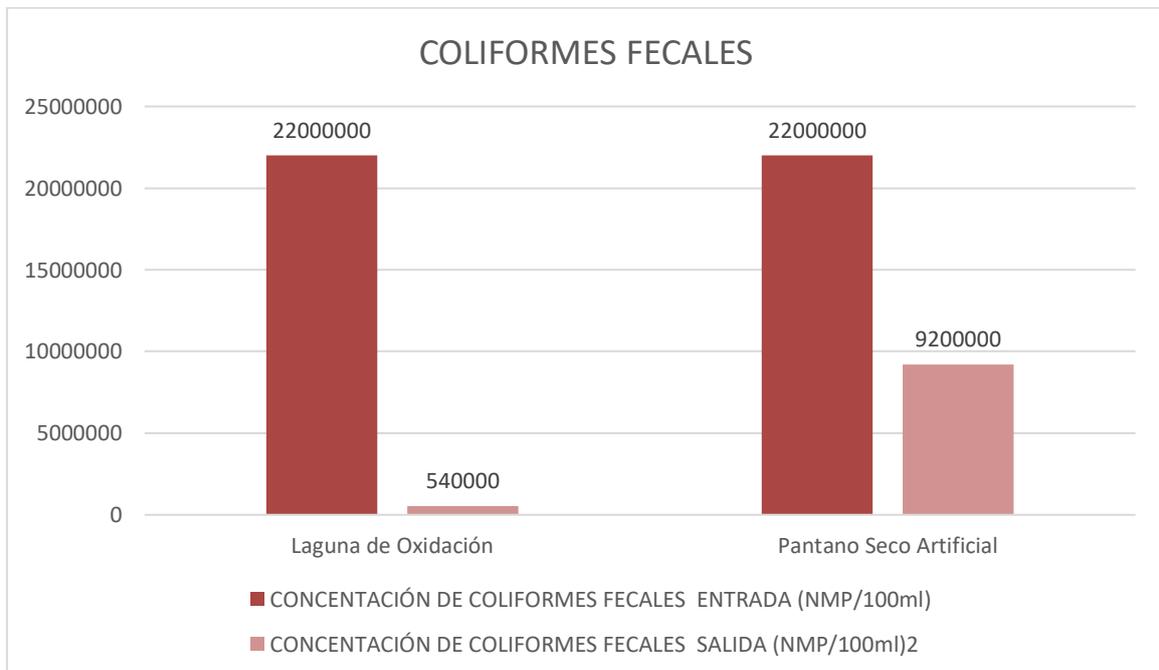
**4.1.9.- Determinación de Capacidad de Remoción del Coliformes Fecales en Pantano Seco Artificial con Sal Marina.**

Ecuación de cálculo de porcentaje de remoción del coliformes fecales.

$$\left(1 - \frac{\text{Concentracion coliformes fecales salida}}{\text{Concentracion coliformes fecales entrada}}\right) * 100$$

$$\left(1 - \frac{92000}{9200000}\right) * 100 = 99.00 \%$$

**4.1.10.- Efectividad de remoción de concentraciones de Coliformes Fecales en la Laguna de Oxidación y Pantano Seco Artificial.**



**Figura 45.-** Efectividad de Remoción de Concentración de Coliformes Fecales. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

## 4.2.- Análisis Económico y Ambiental.

### 4.2.1.- Análisis Económico.

Se inició con el desglose de los siguientes costos generales para el proyecto investigativo.

**Tabla 22.**

*Costo General del Sistema Implementado en Laguna de Oxidación.*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Total</b>
Material Pétreo	m <sup>3</sup>	150	3.333	499.95
Tuberías Ø110mm PVC	Unid.	4	10	40.00
Plástico Negro	ml	150	1.833	274.95
Plywood	Unid.	2	15	30.00
Tiras	Unid.	5	2.50	12.50
Codos 90° Ø110mm	Unid.	1	2.00	2.00
Codos 45° Ø110mm	Unid.	1	2.00	2.00
Tee Ø110mm	Unid.	2	2.50	5.00
Tubo Ø50mm	Unid.	1	3.80	3.80
Codos 45° Ø50mm	Unid.	2	0.60	1.20
Manguera PEAD	ml	15	1.00	15.00
Cisterna	Unid.	1	80.00	80.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 966.40</b>

Adaptado al Ferrisariato. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

El costo total de la implementación de la laguna de oxidación fue de \$966.40 dólares de los estados unidos de Norteamérica esto es para un caudal de tratamiento de 1.68 m<sup>3</sup>/día = 0.019 l/seg, pero para el caudal de tratamiento de 1 l/s el costo corresponde a \$ 50863.16 dólares de los estados unidos de Norteamérica.

**Tabla 23.***Costo General del Sistema Implementado en el Pantano Seco Artificial.*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Total</b>
			<b>Unitario</b>	
Material Pétreo	m <sup>3</sup>	20	3.333	66.66
Arena	m <sup>3</sup>	8	12.5	100.00
Piedra 3/4	m <sup>3</sup>	8	12.5	100.00
Tuberías Ø110mm PVC	Unid.	3	10	30.00
Tapón Ø110mm PVC	Unid.	2	1.85	3.70
Plástico Negro	ml	50	1.833	91.65
Plywood	Unid.	2	15	30.00
Tiras	Unid.	5	2.50	12.50
Codos 90° Ø110mm	Unid.	1	2.00	2.00
Codos 45° Ø110mm	Unid.	1	2.00	2.00
Tee Ø110mm	Unid.	2	2.50	5.00
Tubo Ø50mm	Unid.	1	3.80	3.80
Codos 45° Ø50mm	Unid.	2	0.60	1.20
Manguera PEAD	ml	15	1.00	15.00
Cisternas	Unid.	1	80.00	80.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 543.51</b>

Adaptado al Ferrisariato. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

El costo total de la implementación del pantano seco artificial fue de \$543.51 dólares de los estados unidos de Norteamérica esto es para un caudal de tratamiento de 1.68 m<sup>3</sup>/día = 0.019 l/seg, pero para el caudal de tratamiento de 1 l/s el costo corresponde a \$ 28605.79 dólares de los estados unidos de Norteamérica.

#### **4.2.2.- Análisis Ambiental.**

El desarrollo de un proyecto genera molestia a los habitantes del sector y también se ven afectados el medio ambiente por las actividades que se generan en la ejecución de este proyecto. La generación de empleo es un impacto positivo ya que se pueden incluir a los mismos habitantes del sector como el personal que se necesita para la ejecución del mismo.

**Tabla 24.**

*Análisis del Impacto Ambiental en la Laguna de Oxidación.*

MEDIO	COMPONENTE AMBIENTALES	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	ALTERACIÓN	CARÁCTER	DURACIÓN	TIPO DE EFECTO	IMPORTANCIA	Intensidad	Extensión	Plazo	Reversibilidad	Riesgo	Magnitud	VÍA	DICTAMEN
COMPONENTE ABIÓTICO	AGUA	Generación de limpieza de residuos comunes (papel, plástico y cartones).	Residuos que generan en las áreas administrativas, comedores y aulas que no existen una clasificación adecuada.	Deterioro de la calidad del agua de producto reciclable en el mal uso doméstico.	Negativo	Temporal	Directo	Media	2	2	2	2	2	2	2,00	Compatible
		Calidad del agua.	Generación de residuos sólidos e inorgánicos.	Deterioro de la calidad del agua en el uso doméstico.	Negativo	Temporal	Directo	Media	2	2	2	2	2	2	2,00	Compatible

	AIRE	Partículas	Generación de partículas coloidales en el aire por movimiento de tierras.	Deterioro de la calidad del aire por el incremento de la concentración de material particulado.	Negativo	Temporal	Directo	Media	2	2	2	2	2	2	2,00	Compatible
		Niveles Sonoros	Generación de elevados niveles de ruido por el uso de explosivos y maquinaria pesada.	El incremento de los niveles sonoros causará perturbación a la fauna y población existente.	Negativo	Temporal	Directo	Menor	2	2	2	2	2	2	2,00	Compatible
		Gases	Concentración de elementos o compuestos químicos gaseosos producidos por las maquinarias.	Los gases que pueden emanar las maquinarias pesadas pueden deteriorar el aire.	Negativo	Temporal	Directo	Menor	2	2	2	2	2	2	2,00	Compatible
	SUELO	Compactación	Consistencia y permeabilidad del suelo.	Incremento de la compactación del suelo.	Negativo	Temporal	Directo	Menor	2	2	2	2	2	2	2,00	Compatible

		Erosionabilidad	Facilidad con la que un tipo de suelo se erosiona por la acción de factores ambientales, físicos, bióticos, antrópicos y etc.	Incremento de la erosión del suelo, en la fase de construcción.	Negativo	Temporal	Directo	Menor	2	2	2	2	2	2	2,00	Compatible
		Contaminación	Sustancias que pueden alterar las condiciones físicas y químicas del suelo.	Presencia de sustancias tóxicas en el suelo producido por derrames de combustible y mala disposición de desechos.	Negativo	Temporal	Directo	Menor	2	2	2	2	2	2	2,00	Compatible
COMPONENTE SOCIOECONÓMICO	SOCIOECONÓMICO	Generación de empleo	Generación de empleo temporal en sector.	Incremento de la economía en los hogares o en el sector.	Positivo	Temporal	Directo	Media	5	5	5	2	2	5	3,47	Compatible
		Actividades comerciales	Generación del comercio en sector.	Incremento de la economía en el sector.	Positivo	Temporal	Directo	Menor	2	2	2	2	2	2	2,00	Compatible

Análisis del Impacto Locales del Proyecto. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

**Tabla 25.**

*Análisis del Impacto Ambiental en el Pantano Seco Artificial.*

MEDIO	COMPONENTE AMBIENTALES	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	ALTERACIÓN	CARÁCTER	DURACIÓN	TIPO DE EFECTO	IMPORTANCIA	Intensidad	Extensión	Plazo	Reversibilidad	Riesgo	Magnitud	VÍA	DICTAMEN
COMPONENTE ABIÓTICO	AGUA	Generación de limpieza de residuos comunes (papel, plástico y cartones).	Residuos que generan en las áreas administrativas, comedores y aulas que no existen una clasificación adecuada.	Deterioro de la calidad del agua de producto reciclable en el mal uso doméstico.	Negativo	Temporal	Directo	Media	2	2	2	2	2	2	2,00	Compatible
		Calidad del agua.	Generación de residuos sólidos e inorgánicos.	Deterioro de la calidad del agua en el uso doméstico.	Negativo	Temporal	Directo	Media	2	2	2	2	2	2	2,00	Compatible

	AIRE	Partículas	Generación de partículas coloidales en el aire por movimiento de tierras.	Deterioro de la calidad del aire por el incremento de la concentración de material particulado.	Negativo	Temporal	Directo	Media	2	2	2	2	2	2	2	2,00	Compatible
		Niveles Sonoros	Generación de elevados niveles de ruido por el uso de explosivos y maquinaria pesada.	El incremento de los niveles sonoros causará perturbación a la fauna y población existente.	Negativo	Temporal	Directo	Menor	2	2	2	2	2	2	2	2,00	Compatible
		Gases	Concentración de elementos o compuestos químicos gaseosos producidos por las maquinarias.	Los gases que pueden emanar las maquinarias pesadas pueden deteriorar el aire.	Negativo	Temporal	Directo	Menor	2	2	2	2	2	2	2	2,00	Compatible
	SUELO	Compactación	Consistencia y permeabilidad del suelo.	Incremento de la compactación del suelo.	Negativo	Temporal	Directo	Menor	2	2	2	2	2	2	2,00	Compatible	

		Erosionabilidad	Facilidad con la que un tipo de suelo se erosiona por la acción de factores ambientales, físicos, bióticos, antrópicos y etc.	Incremento de la erosión del suelo, en la fase de construcción.	Negativo	Temporal	Directo	Menor	2	2	2	2	2	2	2	2,00	Compatible
		Contaminación	Sustancias que pueden alterar las condiciones físicas y químicas del suelo.	Presencia de sustancias tóxicas en el suelo producido por derrames de combustible y mala disposición de desechos.	Negativo	Temporal	Directo	Menor	2	2	2	2	2	2	2	2,00	Compatible
		Alteración de la flora local	Perturbación de nueva flora (junco de río).	Erosión en el suelo, de una nueva especie de flora (junco de río).	Positivo	Temporal	Directo	Media	5	5	5	2	2	5	3,47	Compatible	
COMPONENTE SOCIOECONÓMICO	SOCIOECONÓMICO	Generación de empleo	Generación de empleo temporal en sector.	Incremento de la economía en los hogares o en el sector.	Positivo	Temporal	Directo	Media	5	5	5	2	2	5	3,47	Compatible	
		Actividades comerciales	Generación del comercio en sector.	Incremento de la economía en el sector.	Positivo	Temporal	Directo	Menor	2	2	2	2	2	2	2,00	Compatible	

Análisis del Impacto Locales del Proyecto. Elaborado por: Orlando Velásquez López, 2021.

## CONCLUSIONES

Con base a los resultados en la investigación se observa que en el sistema de tratamiento de las agua servida en la laguna de oxidación se obtuvo un porcentaje de remoción de 81.18 % del parámetro DBO, 88.41 % para el DQO y 97.55 % para los coliformes fecales; Para el tratamiento en el pantano seco artificial el porcentaje de remoción es de 54.61 % del parámetro DBO y 78.26 % para el DQO y 41.82 % para los coliformes fecales, los dos sistema corresponde para el tratamiento de una vivienda donde habiten 10 personas con una extensión a futura de 14 personas.

Los resultados obtenidos en la investigación experimental en la búsqueda de un tratamiento más viable y amigable para la conservación del medio ambiente mediante el tratamiento de las aguas residuales domestica aplicando sal marina se observa que la salinidad están relacionado con los cloruros, sulfatos y sodio, se verifica lo que indica la literatura técnica de que la salinidad modifica los valores tanto de DBO y DQO generando valores altos de estos parámetros superando de esta manera los límites establecidos por la descarga a un cuerpo receptor de agua dulce del (TULAS) Texto Unificado de Legislación Secundaria Del Medio Ambiente.

Los cationes y aniones presentan valores muy altos de concentración sobre todo cloruros, sulfatos y sodio que son tres parámetros muy relacionados con la salinidad e indican que estas aguas presentan un carácter bastante salino y superan todos los límites establecidos y el agua está clasificada de mala calidad para una posible reutilización para el riego (García, 2012).

Se encontró una significativa remoción de coliformes fecales a la salida del pantano seco artificial con sal marina, con un porcentaje de remoción del 99 %.

Se procedió a mantener una cantidad de agua tratada con sal marina en la cual se observó con el pasar del tiempo una claridad de la misma como si se tratara de agua

potabilizada dejando en el fondo una costra de color blanca y la decantación de partículas o de efluentes fecales.

## RECOMENDACIONES

Para finalizar esta investigación experimental científica se plantea que, este tipo de tratamiento se realice en zona que tenga un cuerpo receptor de agua con salinidad ya que en los cuerpos receptores de agua dulce causan daño en el medio ambiente producto de la salinidad.

Según mi punto de vista es necesario que la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil tenga un área disponible y adecuada para que los estudiantes realicen sus investigaciones experimentales, ya que se pierde infraestructura hecha por los estudiantes con el objetivo de alcanzar un título universitario y que les sirva a otros estudiantes de la misma facultad o universidad.

Como resultado se recomienda proseguir con la evaluación de más investigaciones con sal marina ya que contienen muchos minerales como es el ejemplo del cloruro y sodio que son utilizado en muchas actividades para la desinfección de bacterias o virus y con el paso del tiempo el agua servida tratada con sal marina se puede obtener un resultado de un agua clara como si se tratara de un agua potabilizada, tal como se encontró con el uso de sal luego del pantano seco artificial logrando un 99 % de remoción de coliformes fecales.

## BIBLIOGRAFÍA

- TORANZOS, M. (16 de 12 de 2019). Recuperado el Sábado 18 de Abril de 2020, de Expreso: <https://www.expreso.ec/guayaquil/agua-riego-contaminada-guayas-1498.html>
- (2000a).
- (2002). En M. Aguilar, J. Saéz, M. Lloréns, A. Soler, & J. Ortuño, *Tratamiento Físico-químico de Aguas Residuales COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN* (págs. 19-20). Murcia-España: Universidad de Murcia.
- Andrade, M. C., Delgadillo , O., & Pérez, L. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba, Bolivia.
- Arias. (2004).
- Cardenas Murillo, J. G. (2012). *MODELACION DINAMICA DE LAS LAGUNAS DE OXIDACION DE LA CIUDAD DE PORTOVIEJO*. Junio: Universidad De Guayaquil.
- Comisión Nacional del Agua. (s.f.). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Humedales Artificiales*. Coyoacán, México, D.F.: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONAGUA. (2015). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Humedales Artificiales*. Comisión Nacional del Agua. Coyoacán, México, D.F.: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Crespo. (2011).
- CURT, M., & al., e. (2005). *Manual de Fitodepuración: Filtros de macrófitas en flotación*. Madrid- España: Universidad Politecnica de Madrid.
- Delgadillo, Oscar, Alan Camacho, Luis Perés, & Mauricio Andrade. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba-Bolivia: Nelson Antequera Durán.
- Durango, Á. (2018). *HUMEDALES NATURALES*.
- Ecured, (s.f.). (s.f.). *Ecured( conocimientos con todos y para todos)*. Recuperado el Miércoles 15 de Abril de 2020, de [https://www.ecured.cu/Tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales](https://www.ecured.cu/Tratamiento_de_aguas_residuales)

- EcuRed, S.F;. (s.f.). *Aguas Residuales*. Recuperado el Miércoles 15 de Abril de 2020, de [https://www.ecured.cu/Aguas\\_residuales#Clasificaci.C3.B3n\\_seg.C3.BAn\\_su\\_orig](https://www.ecured.cu/Aguas_residuales#Clasificaci.C3.B3n_seg.C3.BAn_su_orig) en
- El Oficial. (11 de Diciembre de 2017). *El Oficial*. Recuperado el Sábado 18 de Abril de 2020, de <https://www.eloficial.ec/pantanos-secos-obra-que-beneficiara-a-mas-de-120-000-personas/>
- EPA. (1988).
- EPA. (2000). *Folleto informativo de tecnología de aguas residuales. Humedales de flujo libre superficial*. Washington, D.C: Office of Water. EPA 832-F-00-024.
- Ernesto, S. (2011). *Historia de la sal en el Ecuador Precolombino y Colonial*. Arqueología Ecuatoriana.
- ESTÉVEZ, J. S. (2014). “*DISEÑO DE UN SISTEMA DE PANTANOS ARTIFICIALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS Y GRISES DEL CAMPO BASE Y ÁREA DE MANTENIMIENTO EL COCA DE LA EMPRESA TRIBOILGAS*”. Quito: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
- Fernandez, J., de Miguel, E., de Miguel, J., & Curt, M. (2004). *Manual de Fitodepuración, filtros de macrófitas en flotación. Editado dentro del Programa Life por el Ayuntamiento de Lorca, la Obra Social de Caja Madrid, la ETSIA de la UPM y la Fundación Global Nature*.
- Fundación Bengoa. (s.f.). Recuperado el Sábado 18 de ABRIL de 2020, de [https://www.fundacionbengoa.org/informacion\\_nutricion/sal.asp](https://www.fundacionbengoa.org/informacion_nutricion/sal.asp)
- Gallegos , D., Machuca , Y., Pecho Soto, F., & Rojas Ruiz, R. (2015). “*DISEÑO DE UNA LAGUNA DE OXIDACION DE AGUAS RESIDUALES PARA EL DISTRITO DE PUCARA, PROVINCIA D HUANCAYO, REGIÓN JUNIN*”. HUANCAYO. Obtenido de SCRIBD.
- García, J., & Corzo, A. (2010). *Guía práctica de diseño, construcción, y explotación de sistemas de humedales de flujo subsuperficial*. Cataluña, España: FI-IQUC.
- García, J., Morató , J., & Bayona, J. M. (2004). *Nuevos criterios para el diseño y operación de humedales construidos*. Barcelona, España: Ediciones CPET.
- Infosa. (2013). Recuperado el Sábado 18 de Abril de 2020, de <http://www.infosa.com/es/sal/aplicaciones#.Xpr9HshKjIU>
- INFOSA. (2013). Recuperado el Miércoles 15 de Abril de 2020, de <http://www.infosa.com/es/sal/tipo/Sales-Marinas-1#.XpbkushKjIV>
- Ingeniería Ambiental- Segunda Edición. (1999). En H. J. Glynn, & H. Gary W.. Mexico: Ultrasol S.A.

- Iowa DNR. (2007). *Constructed Wetlands Technology Assessment and Design Guidance*. Pleasant Hill: MSA. Department of Natural Resources.
- ITRC. (2003). *Technical and Regulatory Guidance Document for Constructed Treatment Wetlands*. The interstate technology & Regulatory council.
- ITRC, T. (2003). *Technical and Regulatory Guidance Document for Constructed Treatment Wetlands*.
- Juan Gualberto Limón Macías. (2013). *LOS LODOS DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ¿PROBLEMA O RECURSO?* Guadalajara, Jalisco.
- Lara, J. (1999). *Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales*. España: Tesis maestría, Instituto Catalán de Tecnología, UPC.
- (s.f.). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Humedales Artificiales*. Tlalpan, México, D.F.: Comisión Nacional del Agua. Obtenido de [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/CONAGUA%202015.%20Manual%20Humedales%20Artificiales%2030.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA%202015.%20Manual%20Humedales%20Artificiales%2030.pdf)
- Metcalf & Eddy. (2003).
- Metcalf , & Eddy , I. (1995). *Ingeniería de aguas residuales*. España: FreeLibros.
- Metro Ecuador*. (Lunes 22 de Octubre de 2018). Recuperado el Miércoles 15 de Abril de 2020, de <https://www.metroecuador.com.ec/ec/noticias/2018/10/22/emapag-ep-autoridades-visitaron-la-planta-pantanos-secos-artificiales-en-operacion.html>
- Moeller, D., & Tomasini Ortiz, M. C. (2004). *MICROBIOLOGÍA DE LODOS ACTIVADOS*.
- MOREIRA VELIZ, A. A., & MACÍAS CHOEZ, M. I. (2018). “*ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL DBO EN HUMEDAL ARTIFICIAL PARA TRATAR AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE BAÑOS, LAVADORAS Y FREGADEROS*”. Guayaquil: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.
- Naciones Unidas. (20 de Agosto de 2012). *Objetivos del Milenio*. Obtenido de <http://www.un.org/spanish/millenniumgoals/index.shtml>.
- Odum, E. (1972). *Ecología*. Interamericana. .
- OMS. (2020). *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado el MIÉRCOLES 15 de ABRIL de 2020, de [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/wastewater/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/es/)
- Peña Salamanca, E. J., Cantera Kintz, J. R., & Muñoz , E. (2012). *EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN ECOSISTEMAS ACUÁTICOS: UN ESTUDIO DE CASO*

- EN LA LAGUNA DE SONSO, CUENCA ALTA DEL RIO CAUCA.* (G. Editores, Ed.) Cali, Colombia: Programa Editorial.
- Ramírez, C., R. Godoy, Contreras, D., & Stegmaier, E. (1982). *Guía de plantas acuáticas y palustres valdivianas.* Universidad Austral de Chile. Valdivia: Facultad de Ciencias
- Remtavares. (16 de Mayo de 2013). *Humedales artificiales como sistemas naturales de depuración de aguas residuales.* Obtenido de <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2013/05/16/131891>
- Ribalta Mañanós, A. (2016 / 2017). *La sal de la vida.* Universitat Jaume I.
- ROBLES ORTEGA, M. A. (2019). *EVALUACIÓN DE LA OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PANTANOS SECOS ARTIFICIALES DE PUERTO AZUL.* Guayaquil.
- Rodriguez. (2008).
- SCULTHORPE, & COOK., &. (1990.). *Hidrófitas.* Estados Unidos.
- SENPLADES. (20 de Agosto de 2012). *Objetivos del Buen Vivir.* Obtenido de <http://plan.senplades.gob.ec/>
- SUSTAINABILITY.* (2020). Recuperado el Sábado 18 de Abril de 2020, de <https://sustainability.zone/es/contaminacion/tratamiento-de-desechos-liquidospantanos-secos-artificiales>
- Toranzos, M. (Lunes 16 de Diciembre de 2019). El 53 % del agua de riego en Guayas está contaminada. *Expreso.*
- Toscano Pozo , Jhoana Gabriela. (2014). *“DISEÑO DE LAGUNAS DE OXIDACIÓN PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN EL CAMPAMENTO EL COCA DE LA EMPRESA TRIBOILGAS”.* Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Toscano Pozo , Jhoana Gabriela. (ENERO de 2014). *DISEÑO DE LAGUNAS DE OXIDACIÓN PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN EL CAMPAMENTO EL COCA DE LA EMPRESA TRIBOILGAS. QUITO.* Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2257/1/T-UCE-0012-295.pdf>
- Toscano Pozo, J. G. (2014). Quito: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.

**A**

**N**

**E**

**X**

**O**

**S**

## ANEXO #1



INFORME DE RESULTADOS						No.0348-21
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 2021/08/30 <b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b> <b>Empresa :</b> <b>Dirección :</b> Guayaquil <b>Solicitado por :</b> Sr Orlando Olmedo Velasquez Lopez		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b> <b>Tipo de Muestra :</b> Simple <span style="float: right;"><b>Ubicación con GPS:</b></span> <b>Identificación de la muestra :</b> Ciudadela ADESDAC P2 <b>Norma técnica de muestreo :</b> INEN 2169/2176:2013 <b>Fecha de Toma :</b> 2021/08/23 <b>Responsable toma de muestra :</b> Muestra proporcionada por el cliente <b>Hora :</b> 14:20- simple <span style="float: right;"><b>T°C :</b></span> <b>Fecha de Ingreso :</b> 2021/08/23				
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b> <b>F.Inicio del Análisis :</b> 2021/08/23 <b>T°C :</b> 25,4 <b>F.Fin del Análisis :</b> 2021/08/28 <b>%H :</b> 60,06						
RESULTADOS						
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia
**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	10,2	12%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100
**Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	24	15%	SM 5220 D PE 1.4	PE 1.4	200
salinidad	mg/l	150,00	--	Electrónico	PE 1.35	--
Coliformes Fecales	NMP/100ml	540x10 <sup>5</sup>	--	Standard Methods 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos múltiples)	PE 1.23	2.000



*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 SAE.
  4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
  5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes:
- (\*\*) Parámetro incluido en el alcance de acreditación solicitado al SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriano).
- (U\*) Incertidumbre de medida



## ANEXO #3



INFORME DE RESULTADOS						No.0349-21
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 2021/08/30 <b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b> Empresa : Dirección : Guayaquil Solicitado por : Sr Orlando Olmedo Velasquez Lopez		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b> Tipo de Muestra : Simple <span style="float: right;">Ubicación con GPS:</span> Identificación de la muestra : Ciudadela ADESAC P3 Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013 Fecha de Toma : 2021/08/23 Responsable toma de muestra : Muestra proporcionada por el cliente Hora : 14:25- simple <span style="float: right;">T°C :</span> Fecha de Ingreso : 2021/08/23				
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b> F.Inicio del Análisis : 2021/08/23 T°C : 25,4 F.Fin del Análisis : 2021/08/28 %H : 60,06						
RESULTADOS						
Parámetros	Unidades	Resultados	U <sup>a</sup>	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia
**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	1088,4	12%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100
**Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	3150	15%	SM 5220 D PE 1.4	PE 1.4	200
salinidad	mg/l	10000,00	-	Electrónico	PE 1.35	-
Coliformes Fecales	NMP/100ml	540x10 <sup>3</sup>	-	Standard Methods 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos múltiples)	PE 1.23	2.000



firmado electrónicamente por:  
**MARIO ARTURO MARQUEZ GALLEGOS**

*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 SAE.
  4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
  5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de
- (\*\*) Parámetro incluido en el alcance de acreditación solicitado al SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriano).  
 (U<sup>a</sup>) Incertidumbre de medida



## ANEXO #5



INFORME DE RESULTADOS						No.0351-21
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 2021/08/30 <b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b> Empresa : Dirección : Guayaquil Solicitado por : Sr Orlando Olmedo Velasquez Lopez		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b> Tipo de Muestra : Simple      Ubicación con GPS: Identificación de la muestra : Ciudadela ADESDAC P5 Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013 Fecha de Toma : 2021/08/23 Responsable toma de muestra : Muestra proporcionada por el cliente Hora : 14:35- simple      T°C : Fecha de Ingreso : 2021/08/23				
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b> F.Inicio del Análisis : 2021/08/23    T°C : 25,4 F.Fin del Análisis : 2021/08/28    %H : 60,06						
RESULTADOS						
Parámetros	Unidades	Resultados	U <sup>1</sup>	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia
**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	507,8	12%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100
**Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	1200	15%	SM 5220 D PE 1.4	PE 1.4	200
salinidad	mg/l	10000,00	-	Electrométrico	PE 1.35	--
Coliformes Fecales	NMP/100ml	920x10 <sup>2</sup>	-	Standard Methods 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos múltiples)	PE 1.23	2.000

Firmado electrónicamente por:  
**MARIO ARTURO MARQUEZ GALLEGOS**

**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 SAE.
  4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
  5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de
- (\*\*) Parámetro incluido en el alcance de acreditación solicitado al SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriano).
- (U<sup>1</sup>) Incertidumbre de medida