



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

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

TEMA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES USANDO UN HUMEDAL ARTIFICIAL COMO MEDIO DE SOPORTE EL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR Y ARENA, PARA LAS CIUDADELAS LOS PARQUES I Y LOS PARQUES II DEL CANTÓN CRNEL. MARCELINO MARIDUEÑA, PROVINCIA DEL GUAYAS.

TUTOR

ING. PABLO MARIO PAREDES RAMOS, Msc.

AUTORES

AXELL MANZURT ANASTACIO RODRIGUEZ

DERIAN JAIR ZUÑIGA FARIÑO

GUAYAQUIL

2022

REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES USANDO UN HUMEDAL ARTIFICIAL COMO MEDIO DE SOPORTE EL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR Y ARENA, PARA LAS CIUDADELAS LOS PARQUES I Y LOS PARQUES II DEL CANTÓN CRNEL. MARCELINO MARIDUEÑA, PROVINCIA DEL GUAYAS.	
AUTORES/ES: Anastacio Rodríguez Axell Manzurt Zuñiga Fariño Derian Jair	REVISORES O TUTORES: Ing. Pablo Mario Paredes Ramos, Msc.
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Tercer Nivel.
FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	CARRERA: INGENIERÍA CIVIL
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2022	N. DE PAGS: 146
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción	
PALABRAS CLAVE: tratamiento, ambiente, agua residual, Normativa	

RESUMEN:		
<p>El presente trabajo tiene como objetivo principal el Diseño conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales usando un humedal artificial como medio de soporte el bagazo de caña de azúcar y arena, para las ciudadelas Los Parques I y Los Parques II del cantón Crnel. Marcelino Maridueña, provincia del Guayas. Basados en la investigación bibliográfica y con metodología precisa se logrará definir el tipo de humedal que presente las mejores condiciones para establecer un diseño adecuado que elimine los contaminantes presentes en las aguas residuales. Se debe cumplir con parámetros específicos de acuerdo a la normativa, por ello es necesario evaluar las características de las aguas a tratar y con dichos resultados proceder al diseño. Los materiales como el bagazo de la caña de azúcar y arena, son elementos de gran importancia y fáciles de obtener, además de sus propiedades de filtración y depuración. El tratamiento de aguas residuales sin duda tiene diferentes métodos y existen muchos tipos de PTAR con diferentes características e incluso con tecnología moderna, no obstante, los sistemas de humedales artificiales se presentan como una alternativa amigable con el ambiente. Los humedales artificiales son 100% ecológicos ya que no necesitan ningún tipo de energía para su funcionamiento y sus resultados son efectivos, con una depuración que cumple con las normas ecuatorianas y evita la contaminación de los cuerpos hídricos.</p>		
N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES: Anastacio Rodríguez Axell Manzurt Zuñiga Fariño Derian Jair	Teléfono: 0978702838 0991694090	E-mail: aanastacio@ulvr.edu.ec derianzf@hotmail.com
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Msc. Ing. Civ. Milton Andrade Laborde, Decano Teléfono: 04 2596500 Ext. 241 E-mail: mandradel@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO

Tesis final

por Axell Anastacio Derian Zúñiga

Fecha de entrega: 14-sep-2021 01:40p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1648456152

Nombre del archivo: TESIS-FORMATO_DE_PRESENTACION_DEL_PROYECTO..docx (15.8M)

Total de palabras: 19538

Total de caracteres: 114462



Tesis final

INFORME DE ORIGINALIDAD

7% INDICE DE SIMILITUD	6% FUENTES DE INTERNET	1% PUBLICACIONES	2% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador Trabajo del estudiante	1%
3	www.italaw.com Fuente de Internet	1%
4	www.culturarecreacionydeporte.gov.co Fuente de Internet	<1%
5	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	<1%
6	www.ingeaguas.co Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1%
8	Submitted to uisek Trabajo del estudiante	<1%



9	www.guiamiguelin.com Fuente de Internet	< 1%
10	sapam.gob.mx Fuente de Internet	< 1%
11	NOELIA BOUZÓN ORGEIRA. "ACTIVADORES ALCALINOS ALTERNATIVOS A PARTIR DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ PARA LA PREPARACIÓN DE GEOPOLÍMEROS", Universitat Politecnica de Valencia, 2015 Publicación	< 1%
12	www.proteccioncivil.org Fuente de Internet	< 1%
13	info4.juridicas.unam.mx Fuente de Internet	< 1%
14	www.ulvr.edu.ec Fuente de Internet	< 1%
15	www.sustenta.org.mx Fuente de Internet	< 1%
16	revistas.unal.edu.co Fuente de Internet	< 1%
17	www.tecnicadelfuturo.com Fuente de Internet	< 1%
18	clairelin.jimdo.com Fuente de Internet	< 1%



19	encolombia.com Fuente de Internet	<1%
20	www.usta.edu.co Fuente de Internet	<1%
21	Submitted to Heriot-Watt University Trabajo del estudiante	<1%
22	Submitted to UNILIBRE Trabajo del estudiante	<1%
23	eprints.ucm.es Fuente de Internet	<1%
24	www.salud.gob.ec Fuente de Internet	<1%
25	www.timetoast.com Fuente de Internet	<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 10 words

Excluir bibliografía

Activo

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados AXELL MANZURT ANASTACIO RODRIGUEZ Y DERIAN JAIR ZUÑIGA FARIÑO, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES USANDO UN HUMEDAL ARTIFICIAL COMO MEDIO DE SOPORTE EL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR Y ARENA, PARA LAS CIUDADELAS LOS PARQUES I Y LOS PARQUES II DEL CANTÓN CRNEL. MARCELINO MARIDUEÑA, PROVINCIA DEL GUAYAS, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

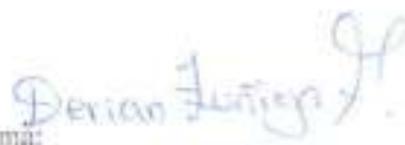
De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor(es)


Firma:

AXELL MANZURT ANASTACIO RODRIGUEZ

C.I.0951112101


Firma:

DERIAN JAIR ZUÑIGA FARIÑO

C.I. 0951922962

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES USANDO UN HUMEDAL ARTIFICIAL COMO MEDIO DE SOPORTE EL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR Y ARENA, PARA LAS CIUDADELAS LOS PARQUES I Y LOS PARQUES II DEL CANTÓN CRNEL. MARCELINO MARIDUEÑA, PROVINCIA DEL GUAYAS, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES USANDO UN HUMEDAL ARTIFICIAL COMO MEDIO DE SOPORTE EL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR Y ARENA, PARA LAS CIUDADELAS LOS PARQUES I Y LOS PARQUES II DEL CANTÓN CRNEL. MARCELINO MARIDUEÑA, PROVINCIA DEL GUAYAS, presentado por los estudiantes AXELL MANZURT ANASTACIO RODRIGUEZ Y DERIAN JAIR ZUÑIGA FARIÑO como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



ING. PABLO MARIO PAREDES RAMOS, Msc.

C.C. 0911828150

AGRADECIMIENTO

Empiezo dándole gracias a Dios por darme aliento a seguir adelante y ayudarme a cumplir mis metas propuestas, quiero agradecer a mi Tía Dayse que aun en el cielo siempre guiándome para seguir el camino que le prometí, quiero agradecer a mis padres, Geovanny y Martha, por estar en esos momentos donde necesitaba concejos para seguir esforzándome y por infundir buenos valores que han ayudado a mi desarrollo personal.

Quiero agradecer mis abuelas Nelly y Pilar por ayudarme emocionalmente en la parte estudiantil, a mi esposa Edith y mi hija Oriana por el apoyo incondicional y la paciencia infinita que me tuvieron en todo este tiempo, a mi hermana Melyna por sus concejos, a mi tío José Luis por los conocimientos transmitidos en la parte constructiva y el apoyo económico, y a toda mi familia en general por brindarme su apoyo en esta parte muy importante para mí.

A mi trabajo el GAD Municipal de Marcelino Maridueña por ayudarme a alcanzar una de mis metas propuesta.

Agradezco a nuestro tutor, Ing. Pablo Paredes por sus conocimientos brindados en la elaboración de la tesis, también a mi amigo y compañero Derian Zúñiga por la predisposición brindada en el proyecto.

Siempre agradecido con mis amigos, Derian, Génesis, Lilibeth, Jimmy con quienes hemos compartido momentos de amistad y estudiantil desde el primer día que empezamos la travesía universitaria y hemos llegado juntos al final de nuestras metas propuesta.

AXELL ANASTACIO

DEDICATORIA

Le dedico este logro primeramente a Dios, que ha dado la fuerza cada día para llegar a culminar el objetivo propuesto, se la dedico a mi tía Dayse, a mis padres, mis hermanos, mis abuelos y toda mi familia por ser un pilar muy esencial en mi vida para lograr mi meta propuesta, creer en mí y nunca dudar de mi capacidad para logra lo propuesto.

AXELL ANASTACIO

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Jehová, mi Dios por darme las fuerzas necesarias para salir adelante y cumplir con mis objetivos, quiero agradecer a mis padres, Francisco y Alexandra por estar siempre conmigo dándome sus consejos y apoyo incondicional.

Agradezco a mis hermanos, Ericka, Bryan, Ariel y Alisson que han sido parte de este proceso tan importante, a mis abuelos, Francisco y Elena que son mi inspiración y se han preocupado por cada paso que doy, inculcando valores y principios que han sido de gran ayuda para mi desarrollo personal.

Un agradecimiento muy especial para mi segunda mamá, Mayer a la que le debo tanto, de manera desinteresada estuvo ahí para ayudarme en lo que siempre necesité.

Agradezco de todo corazón a toda mi familia, tíos, primos y todos aquellos que siempre se hicieron presente con palabras de apoyo y motivación.

Agradezco a nuestro tutor, Ing. Pablo Paredes por esa predisposición y acompañamiento, también a mi amigo y compañero Axell Anastacio con quien hemos podido concluir este proyecto.

Siempre agradecido con mis amigos, Axell, Génesis, Lilibeth, Jimmy con quienes hemos compartido tantas cosas, empezamos juntos esta travesía universitaria y hemos llegado juntos.

DERIAN ZUÑIGA

DEDICATORIA

Le dedico este logro a Jehová el Dios todo poderoso, que me ha permitido llegar hasta aquí y culminar con éxito, ya que sin él nada de esto sería posible. Se la dedico a mis padres, mis hermanos, mis abuelos y toda mi familia, por ser esa guía tan importante en mi vida, ya que sin sus consejos y dedicación para conmigo no hubiese podido llegar hasta aquí y seguir cumpliendo con mis metas trazadas.

Dedico este trabajo a mis tías, Alexandra, Vitalia, Mayer, Edilma, Jessenia, Germania, Juliana y a mis tíos Saúl y Edgar porque siempre creyeron en mí, en mi capacidad y nunca dejaron apoyarme.

DERIAN ZUÑIGA

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA.....	ii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO	iv
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES.....	viii
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR.....	ix
AGRADECIMIENTO.....	x
DEDICATORIA.....	xi
AGRADECIMIENTO.....	xii
DEDICATORIA.....	xiii
ÍNDICE GENERAL.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xviii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xix
ÍNDICE ANEXOS.....	xxi
ABREVIATURAS.....	xxii
Introducción.....	1
Capítulo I DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1 Tema.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Formulación del problema.....	2
1.4 Sistematización del problema.....	3
1.5 Objetivo general.....	3
1.6 Objetivos específicos.....	3
1.7 Justificación del problema.....	4
1.8 Delimitación del problema.....	4
1.9 Hipótesis.....	5

1.10 Línea de investigación Institución/ Facultad.....	5
Capítulo II MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Antecedentes.....	6
2.2 Marco teórico	17
2.2.1.1 Aguas residuales domésticas.....	17
2.2.1.2 Consecuencias del aumento de aguas residuales.....	21
2.2.1.3 Características de las aguas residuales.....	22
2.2.1.3.1 Procesos físicos.....	23
2.2.1.3.1.1 Componentes físicos.....	23
2.2.1.3.2 Procesos químicos.....	24
2.2.1.3.2.1 Componentes químicos orgánicos.....	24
2.2.1.3.2.2 Componentes químicos inorgánicos.....	24
2.2.1.3.3 Procesos biológicos.....	25
2.2.1.4 Aguas negras.....	26
2.2.1.5 Aguas grises.....	28
2.2.2.1 Tratamiento de aguas residuales.....	31
2.2.2.2 Tipos de tratamiento.....	31
2.2.2.2.1 Tratamientos físicos.....	31
2.2.2.2.2 Tratamientos químicos.....	31
2.2.2.2.3 Tratamientos Biológicos.....	32
2.2.2.3 Etapas de tratamiento.....	32
2.2.2.3.1 Pretratamiento.....	32
2.2.2.3.2 Tratamiento primario.....	33
2.2.2.3.3 Tratamiento secundario.....	33
2.2.2.3.4 Tratamiento terciario.....	37
2.2.2.3.4.1 Desinfección.....	37
2.2.2.3.4.2 Tratamiento de Lodos.....	38

2.2.3.1 Humedales Artificiales.....	39
2.2.3.2 Estructura de un humedal artificial.....	42
2.2.3.3 Tipos de humedales artificiales.....	42
2.2.3.3.1 Humedales artificiales de flujo superficial (HAFS).....	43
2.2.3.3.2 Humedales artificiales de flujo subsuperficial (HAFSs).....	43
2.2.3.3.3 Humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontales.....	45
2.2.3.3.4 Humedales artificiales de flujo subsuperficial verticales.....	46
2.2.4.1 Funcionamiento de un humedal artificial.....	47
2.2.5.1. Medios de soporte que compone los humedales.....	48
2.2.5.2 Componentes de un humedal artificial tipo.....	49
2.2.5.3 Ámbitos de aplicación.....	51
2.3 Marco conceptual.....	52
2.4 Marco legal.....	56
2.4.1 Texto Unificado Legislación Secundaria del Ministerio del Medio Ambiente. (TULSMA).....	56
2.4.1.1 Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua.....	56
Capítulo III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	73
3.1 Metodología de la investigación.....	73
3.2 Tipo de investigación.....	74
3.3 Enfoque de la investigación.....	74
3.4 Técnicas de investigación.....	74
3.5 Ubicación del cantón.....	74
3.6 Estado actual del cantón.....	75
3.6.1 Red vial.....	76
3.6.2 Agua potable.....	77

3.6.3 Sistema de alcantarillado sanitario.....	78
3.6.4 Servicio de alcantarillado pluvial.....	79
3.7 Descripción del sitio donde se implementará el Sistema de tratamiento.	80
3.8 Población actual en Cdlas. Los Parques I y Los Parques II.....	82
3.8.1 Cálculo de población futura de las Cdlas. Los Parques I y Los Parques II.....	84
3.8.2 Cálculo del caudal medio diario del consumo de agua potable.....	87
3.8.3 Cálculo del caudal medio diario del agua residual.....	88
3.9 Pruebas de laboratorio.....	89
Capítulo IV INFORME FINAL.....	90
4.1 Diseño del Humedal de Flujo subsuperficial.....	90
4.2 Prefactibilidad Financiera.....	96
4.3 Propuesta de Valor.....	99
CONCLUSIONES.....	100
RECOMENDACIONES.....	101
BIBLIOGRAFÍA.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Línea de investigación.....	5
Tabla 2 Análisis Físico – químico del agua residual sin filtra (ARSF).....	12
Tabla 3 Análisis Físico – químico del agua residual sin filtra (ARSF).....	13
Tabla 4 Análisis del ARSF Y ARF	14
Tabla 5 Eficiencia del filtro.....	15
Tabla 6 Eficiencia sobre el DBO5.....	16
Tabla 7 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....	61
Tabla 8 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	65
Tabla 9 Límites de descarga de efluentes a cuerpos de agua marina....	70
Tabla 10 Dimensiones de las piscinas para el tratamiento.....	80
Tabla 11 Coordenadas de la ubicación de las lagunas de tratamiento de AASS.....	82
Tabla 12 Coordenadas de la ubicación de la cabecera cantonal Crnel. Marcelino Maridueña.....	83
Tabla 13 Datos en base al porcentaje de crecimiento de acuerdo a los censos 2001,2010 y la proyección del 2020 con respecto a la población actual.....	84
Tabla 14 Dotaciones de consumo de agua potable.....	87
Tabla 15 Resultados de las muestras llevadas al Laboratorio.	89
Tabla 16 Características del material granular.....	91
Tabla 17 Presupuesto referencial.....	98

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Operacionalización de la variable.....	9
Figura 2 Concentración de DBO vs tiempo	16
Figura 3 Eficiencia del filtro vs tiempo.....	17
Figura 4 Aguas domesticas.....	21
Figura 5 Las aguas residuales y sus efectos contaminantes.....	22
Figura 6 Diferencia y tratamiento de aguas grises y negras.....	30
Figura 7 Ventaja de cada sistema de Tratamiento secundario de aguas residuales.....	34
Figura 8 Esquema de tratamiento de aguas residuales.....	38
Figura 9 Sección transversal y longitudinal de un Humedal Artificial de Flujo Superficial.....	43
Figura 10 Esquema de componentes y funcionamiento de un humedal subsuperficial.....	43
Figura 11 Sección transversal y longitudinal de un Humedal Artificial de Flujo Superficial.....	45
Figura 12 Humedal construido de flujo subsuperficial horizontal.....	45
Figura 13 Humedal construido de flujo subsuperficial vertical.....	46
Figura 14 Componentes del humedal artificial.....	49
Figura 15 Tipos de humedales artificiales.....	50
Figura 16 Ubicación del cantón Crnel. Marcelino Maridueña	75
Figura 17 Fotografía de calles de la Cdla. Los Parques I.....	76
Figura 18 Fotografía de calles de la Cdla. Los Parques II.....	77
Figura 19 Estación de bombeo de agua potable para la Cdla. Los Parques I y Los Parques II.....	78
Figura 20 Estación de bombeo de agua servidas para la Cdla. Los Parques I y Los Parques II.....	79

Figura 21 Alcantarillado pluvial ubicado en la Cdla. Los Parques I y Los parques II.....	80
Figura 22 Área de la población beneficiada con el sistema de tratamiento de aguas servidas.....	81
Figura 23 Ubicación georreferenciada de la planta de tratamiento de AASS.....	82
Figura 24 Ubicación georreferenciada de la cabecera cantonal Crnel. Marcelino Maridueña.....	83
Figura 25. Corte transversal del humedal.....	95
Figura 26. Sección del lecho filtrante.....	95
Figura 27. Diseño longitudinal del humedal subsuperficial.....	96

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 Informes de resultados de los análisis físico- químicos emitidos por el laboratorio de servicios ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH).....	109
Anexo 2 Registro Fotográfico.....	119
Anexo 3 Informe de resultado de DBO y DQO.....	124

ABREVIATURAS

PTAR: Planta de tratamiento de Aguas Residuales

ARD: Aguas Residuales Domésticas

DQO: Demanda química de oxígeno

DBO5: Demanda Bioquímica de Oxígeno al quinto día

pH: Significa potencial de hidrógeno, es una medida de la acidez de una solución.

CO2: Dióxido de carbono

CH4: Metano

C: Carbono

HAFS: Humedales artificiales de flujo superficial

HAFSs: Humedales artificiales de flujo subsuperficial

AASS: Aguas servidas

AAPP: Agua potable

AALL: Aguas Lluvias

INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y censos

INTRODUCCIÓN

El cantón Crnel. Marcelino Maridueña cuenta con una población aproximada de 12.033 habitantes, por lo cual no cuenta con un tratamiento de aguas servidas adecuado, en el siguiente proyecto se tratara de implementar un tratamiento de aguas servidas que se adapte a las condiciones físicas, climáticas y económica del cantón, por ende se tomara una determinada población para el diseño conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales usando un humedal artificial como medio de soporte el bagazo de caña de azúcar y arena, para las ciudadelas Los Parques I y Los Parques II del cantón Crnel. Marcelino Maridueña, provincia del Guayas.

En la actualidad los humedales artificiales son la mejor opción eco amigable, ya que no necesitan ningún tipo de energía eléctrica y su funcionamiento tiene bajos costos de operación. Se comprobó que el tratamiento de humedal artificial de flujo subsuperficial presenta las mejores condiciones y se adapta al sitio donde será implementado el diseño. Este tipo de tratamiento contemplan varias ventajas con respecto a los demás sistemas, menos incidencia de malos olores, bajo riesgo de exposición a las personas, no permite la aparición de los mosquitos, etc. También cumple con todos los parámetros establecidos en la norma TULSMA, cuenta con una efectividad optima en la remoción de contaminantes.

La implementación del diseño conceptual es analizada con respecto a un estudio de diferentes tipos de obras ejecutadas a nivel nacional. Por lo tanto, el presupuesto referencial obtenido para la construcción del diseño conceptual del humedal artificial tiene un valor de \$345.572,46 con un área total de 399m². El costo aproximado de cada litro/seg para el tratamiento de aguas servidas en el humedal artificial propuesto es de \$34.835,93 por cada litro/seg con un caudal de $0.00992 \text{ m}^3/\text{seg} = 9,92 \text{ lt}/\text{seg}$.

CAPÍTULO I

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Tema

Diseño conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales usando un humedal artificial como medio de soporte el bagazo de caña de azúcar y arena, para las ciudadelas Los Parques I y Los Parques II del cantón Crnel. Marcelino Maridueña, provincia del Guayas.

1.2 Planteamiento del problema

El sistema convencional de tratamiento de aguas residuales en el cantón Crnel. Marcelino Maridueña no tiene capacidad para depurar las aguas provenientes de las ciudadelas Los Parques I y Los parques II. En la actualidad, el sistema existente es una laguna de oxidación que no cuenta con equipos adecuado para poder tratar el agua residual. Por ello es necesario plantear un nuevo diseño que cumpla con los parámetros establecidos en las normas ecuatorianas, por lo cual se requiere una mejora al sistema del tratado de agua residual y se procederá al diseño conceptual de una planta de humedales artificiales para una mayor calidad en el proceso de depuración e impacto ambiental de las aguas residuales y que cumplan con el ciclo adecuado.

1.3 Formulación del problema

¿Cuál es el problema sanitario que afecta a los habitantes de las ciudadelas Los Parques I y Los parques II del cantón Crnel Marcelino Maridueña?

1.4 Sistematización del problema

¿Con que sistema deben ser tratadas las aguas residuales de las ciudadelas Entre Ríos, Los Parques I y Los parques II del cantón Crnel Marcelino Maridueña?

¿Qué tipo de estudios se deben realizar en el agua tratada para verificar el cumplimiento de los parámetros establecidos por la norma?

¿Cuáles serán los resultados obtenidos aplicando el nuevo sistema de tratamiento?

1.5 Objetivo general

Diseñar conceptualmente una planta de tratamiento mediante el uso de un humedal artificial para la remoción de las aguas residuales de diferentes sectores del cantón Coronel Marcelino Maridueña para la utilización en diferentes áreas determinadas.

1.6 Objetivos específicos:

- Analizar alternativas de diseño conceptual para el tipo de tratamiento que se va a implementar.
- Evaluar que la descarga de aguas residuales cumpla con los parámetros establecidos por la legislación ambiental ecuatoriana para su utilización en áreas estratégicas.
- Diseñar conceptualmente una planta de tratamiento para optimizar y reutilizar las aguas residuales, ubicado en la Cdla. Los Parques I y Los Parques II del cantón Crnel. Marcelino Maridueña provincia del Guayas.

1.7 Justificación del problema

La población del sector cuenta con un sistema de alcantarillado y un tratamiento obsoleto, por ello buscamos medidas para ayudar a la población para que tenga un beneficio óptimo. Al no contar con un tratamiento de aguas residuales no se está cumpliendo con el derecho del buen vivir. Contaremos con diseño conceptual para darle un tratamiento a las aguas residuales y evitar la contaminación del medio ambiente. Este proyecto es de gran importancia para los sectores las ciudadelas Los Parques I y Los parques II del cantón Crnel Marcelino Maridueña.

En la actualidad las ciudadelas realizan sus descargas a una laguna de oxidación para su tratamiento manual, recordando que el tratamiento que se aplica en esta laguna está incompleto y eso perjudica a toda la población del cantón Crnel. Marcelino Maridueña. Por ello se requiere de una planta que se adapte al lugar, por lo tanto, se ha tomado en cuenta dicho tratamiento con el sistema de humedales artificiales en las que tienen lugar procesos físicos, químicos y biológicos, que van reduciendo los contaminantes presentes. Con esta nueva propuesta los habitantes recibirán como beneficio la disminución de los contaminantes que evita la propagación de enfermedades ya que los gases y las aguas residuales son perjudiciales para la salud.

1.8 Delimitación del problema

Campo: Educación superior pregrado

Área: Ingeniería Civil

Aspecto: Investigación Explicativa

Delimitación espacial: Crnel. Marcelino Maridueña-Guayas

Delimitación: 6 meses

1.9 Hipótesis

En este proyecto se planteará como objetivo general diseñar conceptualmente una planta de tratamiento para la captación de aguas residuales de diferentes sectores del cantón crnel. Marcelino Maridueña, por lo tanto se implementara el sistema de planta de tratamiento de humedales artificiales utilizando el bagazo de caña de azúcar como filtro, considerando las condiciones ambientales y particularidades del sistema, como el lecho filtrante y el uso de plantas ornamentales, hace posible su representación en modelos matemáticos desarrollados para describir este tipo de sistemas operando bajo distintas condiciones, cuya finalidad de los humedales artificiales es depurar por completo los microorganismos patógenos como principal objetivo, pudiendo ser reutilizados por la calidad de la depuración.

1.10 Línea de investigación Institución/ Facultad

TABLA 1: Línea de investigación

Línea de investigación de FIIC: Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables	LÍNEA: Territorio	SUBLÍNEA: Recursos Ambientales e Hídricos subterráneos
---	---------------------------------	--

Fuente: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Dentro del material referencial revisado, se pueden citar el trabajo de investigación relacionado al uso del bagazo de la caña de azúcar para el tratamiento de las aguas residuales domésticas.

En la primera investigación utiliza el bagazo de caña de azúcar como medio filtrante. El bagazo es un material lignocelulósico, compuesto principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina. Se obtiene como subproducto o residuo en un ingenio azucarero después de la extracción del jugo de caña de azúcar. Representa alrededor del 25% al 40% del total de materiales procesados, dependiendo del contenido de fibra de la caña de azúcar y la eficiencia de extracción de la caña de azúcar. Tradicionalmente, en las fábricas de azúcar, estos residuos se queman para producir una cierta cantidad de energía y como una forma de limitar la disposición final de estos residuos.

Según la tesis: ANÁLISIS DEL BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS “LÁCTEOS VALENZUELA DIVINO NIÑO” DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI, CANTÓN SAQUISILÍ

La investigación se orientó al uso de desechos de origen vegetal como bioadsorbente, mediante una investigación aplicada se partirá del criterio de incorporar un biofiltro de origen vegetal-natural de fácil adquisición y bajo costo para reducir los niveles contaminación producida por los efluentes lácteos en los sistemas receptores y así disminuir el impacto que generan estos en el medio ambiente, el nivel de investigación exploratoria será indispensable debido a que se tratará de diagnosticar la influencia y eficiencia del medio filtrante alternativo

de carácter poco usual y sin muchos precedentes en el tratamiento de aguas residuales lácteas, esto último ha impedido establecer o seguir un proceso definido reglamentado llevando a nuestra investigación a la parte experimental que nos proporcione la suficiente información y posteriormente antecedentes sobre los medios, materiales y técnicas usadas en la creación del filtro, dicha información deberá ser obtenida de investigaciones de laboratorio en donde se evalué el progreso y aporte del material propuesto sobre el efluente contaminado en relación al tiempo efectuando así análisis físico- químicos del agua filtrada y sin filtrar en un laboratorio acreditado, tomando muestras en periodos de 10 días durante 90 días. (MOLINA, 2017)

MUESTRA

La muestra es un subconjunto fielmente representativo de la población, para nuestro ejemplo:

55 GALONES X 90 DÍAS EN FUNCIONAMIENTO = 4950gal TRATADOS.

Aquí depende de los días en que cada industria se desenvuelve:

$40 \times 6 = 240 \text{ gal/semana} = 3635 \text{ ltrs/mes} = 10905 \text{ ltrs/ (3 meses)}$ Ecuación 4.1

El muestreo será discrecional en donde se tomará una muestra de agua sin filtrar “ARSF”, y una muestra filtrada “ARF” cada 10 días, el muestreo será por juicio de expertos en donde las características que forman parte de la muestra serán seleccionados por el investigador, este proceso permite ahorrar recursos, es rápido, subjetivo y a la vez proporciona resultados precisos cuando se conocen las características específicas del elemento en estudio. Las muestras seleccionadas por este método son representativas lo que les da la misma probabilidad de ser elegida bajo los criterios del investigador y puede basarse en la experiencia de otros estudios anteriores para enfocar su elección y limitación. (MOLINA, 2017)

En el transcurso de los 10 días para cada análisis físico – químico del agua filtrada se espera establecer el comportamiento del material expuesto al medio ambiente para simular las condiciones reales de trabajo bajo aspectos físicos como pudrición, color, olor, sedimentación, presencia de moho, etc., que pueden variar en beneficio o no del agua residual filtrada (ARF) por la generación de organismos los cuales probablemente ayudan a la degradación de la materia orgánica. También se considera q es el tiempo pertinente debido a que la filtración deberá estar sujeta a todas las condiciones de trabajo como: tipo de producción por día, tipo de productos, días no laborables en los que no se filtrará agua y el material filtrante podría tener otro comportamiento a partir de ese momento. (MOLINA, 2017)

Entonces para alcanzar una mayor eficiencia todas estas condiciones y otras posibles no contempladas, están destinadas a suceder dentro de este periodo de 10 días, lapso en el que al finalizar se efectuará el muestreo. (MOLINA, 2017)

Para obtener resultados que se acerquen más a la realidad y sean más exactos en cuanto al comportamiento del biofiltro y la medición de los parámetros: DBO5, DQO, Aceites y grasas, se considera la irregularidad en la producción diaria y diferentes procesos que se dan a lo largo de la jornada laboral y semanal haciendo difícil determinar con exactitud el grado efectividad del biofiltro por la gran diferencia en los resultado de los análisis a consecuencia de la toma de muestras de AR en diferentes días y bajo los aspectos previamente señalados por eso será necesario que durante los primeros 7 análisis efectuados desde la instalación del filtro incluido el del agua sin filtrar se consideren los tres parámetros mencionados y posterior a ellos en el tiempo restante del establecido correspondientes a los últimos 30 días de filtración se lleve a cabo el análisis de tres muestras de agua residual filtrada ARF y agua residual sin filtrar ARSF cada una, provenientes de la captación del mismo día en las cuales solo se analice el parámetro DBO5 que es considerado el más relevante por el efecto que produce el uso de sosa y lactosuero de la leche, para determinar la eficiencia del biofiltro durante los primeros 10 días con

un cambio de material posterior al muestreo (VER Figura 3), teniendo así una diferencia entre el ARF y ARSF que se manifiesta como la cantidad de materia orgánica removida. (MOLINA, 2017)

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Un filtro de origen natural poco convencional hace referencia a la facilidad de encontrarlo en el medio ambiente en su estado más puro sin alteraciones de carácter tecnológico y que por lo general su uso como medio depurador no ha sido considerado.	Biofiltración	Biodegradación	¿En qué medida se produce la biodegradación por microorganismos?	Barrido microscópico antes y después del tratamiento.
		Adsorción (Materia orgánica e inorgánica)	¿Cuál es la eficiencia del bagazo de caña como material depurador de aguas residuales?	Medición de Parámetros físico-químicos
	Degradación	Rápida	¿En qué tiempo el filtro pierde su eficiencia?	Comparación de análisis de parámetros
		Lenta	¿En qué tiempo el filtro pierde su eficiencia?	Comparación de análisis de parámetros

Figura 1. Operacionalización de la variable

Fuente: Iagua

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

II. Material filtrante.

Obtención del bagazo de caña de azúcar (BCA) El material se obtuvo de los trapiches ubicados en la ciudad de Latacunga donde se extrae el zumo y se desecha el residuo vegetal permitiendo encontrarlo en su estado más fresco a manera de basura lo que no genera costos de adquisición. (MOLINA, 2017)

- Extracción y Preparación de la muestra para el barrido microscópico.

Las muestras de bagazo no deben ser contaminadas con otros organismos o bacterias después de su extracción para evitar su alteración (Ver Figura 8), por lo que es indispensable seguir un proceso para toma de muestras y nos apoyaremos en las recomendaciones del artículo “FUNDAMENTOS EN LA PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO” [37], y en bibliografías como: Introducción a la Microscopía Electrónica [27], donde se expresa que las muestras destinadas al SEM deben cumplir dos condiciones: a).deben estar secas, b) ser conductoras.

El proceso de secado ha de llevarse a cabo conservando al máximo la estructura original del espécimen para ello tenemos el método clásico de fijación y deshidratación, que es el que usaremos en este punto, tomaremos las muestras del material usado y sin usar en una proporción de 2 gramos, la transportaremos en fundas plásticas con sello hermético hasta el laboratorio de la Universidad Técnica de Ambato, en donde serán colocadas en un horno a 60 °C durante una hora y al extraerlas posteriormente se colocarán en el desecador por 24 horas previas a realizar el barrido microscópico bajo vacío, en el caso de que la muestra no sea conductora se realizará un recubrimiento “sputtering” de oro para obtener las mejores condiciones de imagen. (MOLINA, 2017)

- Preparación del bagazo de caña de azúcar (BCA).

La preparación no siguió un proceso definido en ninguna normativa más bien se apoya en antecedentes experimentales orientados a tratamientos de efluentes contaminados con hidrocarburos y otros, pero no existen registros en el tratamiento de efluentes lácteos con este tipo de material. (MOLINA, 2017)

El bagazo de caña debe ser triturado y secado en un horno a una temperatura de 60°C durante 60 minutos. Una vez triturado las partículas más pequeñas se acomodan cerrando los vacíos o poros por donde podría pasar el agua.

La trituración del material fibroso se hará posterior al corte aproximado de 1 - 1,5 cm de longitud y secado al aire, se usará una licuadora (Oster) y agua destilada para reducir el tamaño y proporcionar partículas entre (0.50mm y 0.30mm), (Figura 9) de manera que puedan formar una especie de biomasa a través de la cual pasará el flujo residual, sin ocasionar una alta caída de presión, e impidiendo el arrastre por la corriente del efluente. (MOLINA, 2017)

El bioadsorbente no tendrá ningún pre-tratamiento químico debido a que el objetivo es aprovechar su forma natural de desecho y así disminuir costos en la implementación del

tratamiento en el efluente contaminado y será colocado en el filtro pesado y ocupando el volumen calculado a continuación en el siguiente literal. (MOLINA, 2017)

Volumen de material filtrante requerido (BCA).

Para determinar el volumen de material filtrante requerido en cuestión, nos basaremos en referencias bibliográficas o trabajos experimentales que han probado de cierta manera materiales similares como es el caso de: “LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y SU INCIDENCIA EN LA CONDICIONES SANITARIAS DE LOS HABITANTES DE LOS BARRIOS ALTOS DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.” [39], que se basó en el tiempo de retención hidráulica (TRH), recomendado para un sistema biológico y en las ecuaciones expuestas en el Manual de Plantas de Aguas de Rivas Mijares y URLITAS, con la intención de prediseñar el biofiltro. Además, se usará el criterio de casos especiales de TRH expuestos en la norma TULSMA, el concepto de (TRH) utilizado en el diseño de Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente (FAFA) y filtros anaerobios convencionales (MOLINA, 2017)

Caracterización morfológica del bagazo de caña de azúcar (BCA).

Para la caracterización morfológica del BCA se utilizó un Microscopio Electrónico de Barrido (MEB O SEM) de marca TESCAM VEGA3 [27], cuyas características principales del instrumento son la calidad superior de imagen, el alto nivel de automatización, la facilidad de uso y los rápidos resultados cuantitativos elementales directamente en la imagen en tiempo real, es un instrumento capaz de ofrecer diferentes rangos de información de la superficie de la muestra lo que facilita conocer su estructura y sus detalles antes ser sometido al proceso contaminante por efecto de la filtración del AR. (MOLINA, 2017)

Para el detalle morfológico se trabajó en bajo vacío con una presión en la cámara de alrededor de 20 Pascal y en la columna a 2×10^{-2} Pascales.

Volumen de material filtrante requerido.

El diseño y el cálculo de volumen se guía en el concepto de Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) empleado en el diseño de filtros anaeróbicos de flujo ascendente (FAFA) y filtros anaeróbicos convencionales permitiendo interpretar mediante este parámetro los fenómenos de remoción de la materia contaminante. (MOLINA, 2017)

Todos los informes obtenidos de los análisis de laboratorio de los parámetros evaluados del agua residual de la industria láctea se encuentran en el ANEXO 1.0

I. Agua residual sin filtrar ARSF (Agua cruda).

Es indispensable conocer las características del AR sin previo tratamiento, que es evacuada al alcantarillado público para direccionar un tratamiento que minimice el impacto generado por este efluente, como lo hicimos en nuestro proyecto obteniendo los siguientes resultados. (Ver Tabla N° 1)

Tabla 2. Análisis Físico – químico del agua residual sin filtra (ARSF)

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO			
ARSF		MUESTRA	LÍMITE
PARÁMETROS	UNIDADES	1	MÁX
		01/06/2017	
Aceites y Grasas	mg/l	1342	70
DBO ₅	mg/l	2631	250
DQO	mg/l	5560	500

Fuente: Informe del análisis fisico-quimico emitido por el laboratorio de servicios ambientales-UNACH. (2017)

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

II. Agua residual filtrada ARF (Agua tratada).

La efectividad del tratamiento propuesto se ve reflejado en los valores alcanzados al finalizar el tiempo de filtración, obteniendo así las siguientes variaciones.

Tabla 3. Análisis Físico – químico del agua residual sin filtra (ARSF)

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO								
ARF		MUESTRA						LÍM. MAX
PARÁMETROS	UNIDADES	2 09/06/ 2017	3 20/06/ 2017	4 30/06/ 2017	5 10/07/ 2017	6 20/07/ 2017	7 31/07/ 2017	
ACEITES Y GRASAS	mg/l	968	932	1086	958	1018	1462,2	70
DBO5	mg/l	498	1633	722	549	2690	2782	250
DQO	mg/l	1124	2120	1505	1151	5435	5613	500
CAMBIO DE MATERIAL FILTRANTE		MATERIAL FILTRANTE INICIAL			1º CAMBIO			
<i>Límite Máximo:</i> Tabla 9. Límites de descarga al Sistema de Alcantarillado Público. TULSMA. (2014)								

Fuente: Repositorio Universidad Técnica de Ambato

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

III. Agua residual filtrada ARF y sin filtrar ARSF (Agua tratada y sin tratar).

Debido a la gran variación de los primeros resultados expuestos en el literal anterior a consecuencia de los diversos procesos que se llevan a cabo en la industria láctea, y a que no representan en su totalidad la eficiencia con la que el filtro ha funcionado en cuanto al tratamiento con el BCA, en la Tabla se muestran valores más reales alcanzados en diez días de filtración durante 30 días, con sus respectivas fechas de muestreo y provenientes del mismo efluente residual es decir muestra filtrada y sin filtrar, bajo un solo parámetro (DBO5) siendo este el parámetro seleccionado por razones ya expuestas en los capítulos anteriores. (MOLINA, 2017) (Ver Tabla N° 3)

Tabla 4. Análisis del ARSF Y ARF.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO						
ARF Y ARSF			MUESTRAS			LÍM MAX
IDENTIFICACIÓN	PARÁMETROS	UNIDADES	8-9' 10/08/ 2017	10-11 21/08/ 2017	12-13' 30/08/ 2017	
AGUA SIN FILTRAR <i>ARSF</i>	DBO5	mg/l	1972,1	2489	2225,2	250
AGUA FILTRADA <i>ARF</i>	DBO5	mg/l	740	1183	1047	250
CAMBIO DE MATERIAL FILTRANTE			2^{do}, 3^{er} y 4^{to} CAMBIO			
Límite Máximo: Tabla 9. Límites de descarga al Sistema de Alcantarillado Público. TULSMA. (2015)						

Fuente: Repositorio Universidad Técnica de Ambato

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

Los valores de cada parámetro en esta tabla fueron determinados con un cambio de material cada diez días, tres cambios en total.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

EFICIENCIA DEL BIOFILTRO SOBRE EL EFLUENTE RESIDUAL EF (%).

La eficiencia fue determinada en base al porcentaje de materia orgánica removida y mediante la siguiente fórmula, para cada uno de los parámetros analizados (A y G, DBO5 Y DQO).

$$Ef = ((M1 - Mm) / M1) \times 100$$

Donde:

Ef: Eficiencia.

M1: Concentración inicial en la muestra de ARSF.

Mm: Concentración final en la muestra de ARF.

Eficiencia del filtro durante los primeros 60 días.

Cabe resaltar que el material filtrante BCA fue reemplazado una vez es decir a los 30 días y que la muestra 1 corresponde al ARSF, con lo que se obtuvo los siguientes valores (Ver Tabla N° 4).

Tabla 5. Eficiencia del filtro.

MUESTRAS	DÍA	ACEITES Y GRASAS		DBO5		DQO	
		mg/l	EF %	mg/l	EF %	mg/l	EF %
MUESTRA 1	0	1342	0	2631	0	5560	0
MUESTRA 2	9	968	27,87	498	81,07	1124	79,78
MUESTRA 3	20	932	30,55	1633	37,93	2120	61,87
MUESTRA 4	30	1086	19,08	722	72,56	1505	72,93
MUESTRA 5	40	958	28,61	549	79,13	1151	79,30
MUESTRA 6	50	1018	24,14	2690	-2,24	5435	2,25
MUESTRA 7	61	1462,2	-8,96	2782	-5,74	5613	-0,95

Fuente: Repositorio Universidad Técnica de Ambato

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

Las eficiencias con valor negativo conciernen a que las muestras de ARF alcanzaron niveles de contaminación más altos que el de la muestra ARSF inicial, la probabilidad más aceptada es que la concentración de materia y degradación del BCA contribuía a la alteración desfavorable de los parámetros evaluados al cabo de un tiempo. Por otra parte es ahí donde el filtro ya no mantenía funcionalidad. (MOLINA, 2017)

B. Eficiencia del filtro durante los últimos 30 días.

Aquí se trabajó con 6 muestras tres de ARSF y tres de ARF para la DBO5, (Ver Tabla N° 27) tomadas en el periodo (10, 21, 30 de agosto), el propósito fue determinar la eficiencia del filtro al cabo de 10 días comparando la concentración inicial y final de materia orgánica en el efluente proveniente del mismo proceso de producción que se realiza en un determinado día. Se hicieron tres cambios de material filtrante es decir después de cada análisis de la DBO5, (MOLINA, 2017) (Ver Tabla N° 5)

- DBO5

Tabla 6. Eficiencia sobre el DBO5.

MUESTRAS	DÍA	TIPO	DBO5	
			mg/l	EF %
MUESTRA 8	10	ARSF	1972,1	62,48
MUESTRA 9	10	ARF	740	
MUESTRA 10	21	ARSF	2489	52,47
MUESTRA 11	21	ARF	1183	
MUESTRA 12	30	ARSF	2225,2	52,95
MUESTRA 13	30	ARF	1047	
EFICIENCIA PROMEDIO A LOS 10 DÍAS				55,97

Fuente: Repositorio Universidad Técnica de Ambato

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

Para una mejor representación se muestran los Gráficos 1 y 2

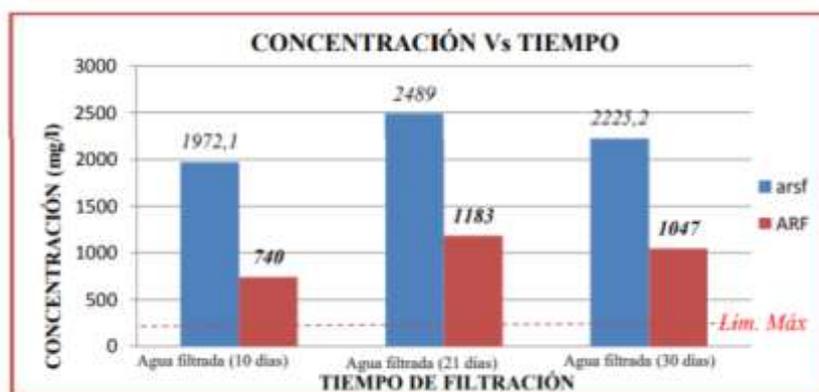


Figura 2. Concentración de DBO vs tiempo.

Fuente: Repositorio Universidad Técnica de Ambato

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

Interpretación. Las barras más altas del Gráfico N° 8 corresponden a la DBO5 del ARSF y las restantes al ARF, de muestras tomadas de la misma captación, se puede notar una disminución de concentración similar en todos los casos pero ninguna de ellas ingresa al límite máximo de descarga permisible para un sistema de alcantarillado público (250 mg/l) establecido en la Tabla N°9 del TULSMA pero si existe adsorción por parte del material, en

este caso a los 10 días se puede estimar una reducción de materia orgánica aproximada de 1250 mg/l. (MOLINA, 2017)



Figura 3. Eficiencia del filtro vs tiempo.

Fuente: Repositorio Universidad Técnica de Ambato

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

Interpretación. La eficiencia promedio del filtro se estima alrededor del 55,97% para diez días de filtración, correspondiendo una remoción de casi la mitad de la materia orgánica total contenida en una muestra.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Aguas residuales domésticas

La falta de plantas de tratamiento para las aguas residuales en las ciudades y en las industrias, hoteles y explotaciones mineras, agrícolas y ganaderas, ocasiona grandes desechos de aguas contaminadas que hacen mucho daño al medio ambiente. La mayoría de esas aguas es descargada en los ríos, lagos, mares, en los suelos a cielo abierto o en el subsuelo, a través de los llamados pozos sépticos y rellenos sanitarios. (MARQUEZ, IAGUA, 2017)

Las aguas de desecho dispuestas en una corriente superficial (lagos, ríos, mar) sin ningún tratamiento, ocasionan graves inconvenientes de contaminación que afectan la flora y la fauna. Estas aguas residuales, antes de ser vertidas en las masas receptoras, deben recibir un

tratamiento adecuado, capaz de modificar sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas, para evitar que su disposición cause los problemas antes mencionados. El grado de tratamiento requerido en cada caso para las aguas residuales deberá responder a las condiciones que acusen los receptores en los cuales se haya producido su vertimiento. (MARQUEZ, IAGUA, 2017)

Las aguas residuales son cualquier tipo de agua cuya calidad está afectada negativamente por la influencia antropogénica. Se trata de agua que no tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella. (ZARZA, IAGUA, s.f.)

Se considera agua residual a toda fuente proveniente de satisfacer una necesidad humana ya sea doméstica, industrial y otras. Esta agua considerada en un 99% agua y en un 1% sólidos en suspensión o sólidos disueltos, los mismos que por sus características se pueden clasificar en inorgánicos (carbonato, sulfato, nitrógeno, fósforo, cloruros y otros tóxicos como el zinc, mercurio, cromo, cadmio, cobre y plomo) y orgánicos (nitrogenados y no nitrogenados). Estas aguas también tienen altas concentraciones de microorganismo patógenos. (ABAD, REPOSITORIO UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, 2016)

Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, siendo recogidas por la red de alcantarillado que las conducirá hacia un destino apropiado; Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua, que provienen de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual (Rolim Mendonca, 2000). (CAMPOVERDE, 2019)

Las aguas residuales producidas en los hogares son de las que presentan mayor número de contaminantes y realizar un efectivo tratamiento previo a su liberación en los afluentes naturales se ha vuelto uno de los puntos más importantes actualmente en la prevención del deterioro ambiental provocado por el ser humano. Las aguas residuales domésticas son producto de la utilización del líquido en las diferentes actividades del hogar, las cuales producen un nivel de contaminación al agua que puede manifestar la presencia de sólidos, desechos orgánicos, detergentes, jabones y grasas, lo que precisa de un proceso para su eliminación. Debido a la gran cantidad de usos que se puede hacer del agua en los hogares, el nivel de contaminación de esta suele requerir de procesos de purificación extensos para liberarla de residuos como heces, grasas o minerales nocivos. Equipos tecnológicos altamente certificados son utilizados por las plantas de tratamiento para realizar la descontaminación. La importancia de su tratamiento radica en la posibilidad de devolver el líquido a afluentes naturales sin que represente un peligro para los seres vivos que tengan contacto con él. (S.A.S, 2017)

El proceso de tratamiento de aguas residuales domésticas inicia por la recolección del agua residual a través de fosas sépticas en las cuales se realiza el primer paso de depuración. En esta parte del proceso se da un efecto anaeróbico para asentar los residuos sólidos presentes que facilita su filtrado posterior. Después se recurre a las plantas de tratamiento especializadas en las cuales se realizará el proceso de descontaminación a nivel físico, químico y biológico que permitirán el tratamiento de aguas residuales domésticas. En las fases posteriores del tratamiento a nivel bioquímico se libera el agua de los contaminantes a un nivel más profundo, con lo que se puede lograr una purificación del líquido. La diferencia con los tratamientos aplicados a otro tipo de aguas residuales se fundamenta básicamente en el volumen del agua tratada. El tratamiento de agua doméstica permite recuperarla para ser reutilizada en funciones secundarias. (S.A.S, 2017)

Aguas Residuales Domésticas provenientes de lavamanos duchas, fregaderos y lavarropas son conocidas en el campo de la construcción como aguas grises. Para efecto del análisis y del tratamiento, a estas aguas se las denominaran Aguas Residuales Domésticas (ARD). No se utiliza aguas negras provenientes de los inodoros, ya que el agua a tratar será reutilizada para riego de áreas verdes y tanques de inodoros. (MOREIRA, 2018)

Las aguas residuales domésticas afectan a la salud de la población e incluso es un factor contaminante para el resto del entorno, es así que es necesario un tratamiento previo para evitar problemas a la salud, malos olores, y contaminación del resto del entorno. De tal forma que un tratamiento adecuado de las aguas residuales domésticas puede ser reutilizado en riego, lavar vehículos, evacuación de inodoros, etc., pero no para el consumo humano (MOREIRA, 2018)

Las aguas residuales domésticas son producto de la utilización del líquido en las diferentes actividades de un hogar, las cuales producen un nivel de contaminación al agua que puede manifestar la presencia de sólidos, desechos orgánicos, detergentes, jabones y grasas, lo que precisa de un proceso para su eliminación. (FRANCO, 2018)

Las aguas contaminadas provienen de diferentes fuentes, como pueden ser las industrias y las zonas habitacionales, compuestas de partículas muy variadas, tanto en tamaño como en composición, refiriéndose solo al agua proveniente de una casa, ésta trae consigo desperdicios alimenticios, grasas, desechos de inodoros, jabones utilizados en baños y para lavar ropa, y un sinnúmero de materia orgánica e inorgánica que es desalojada.

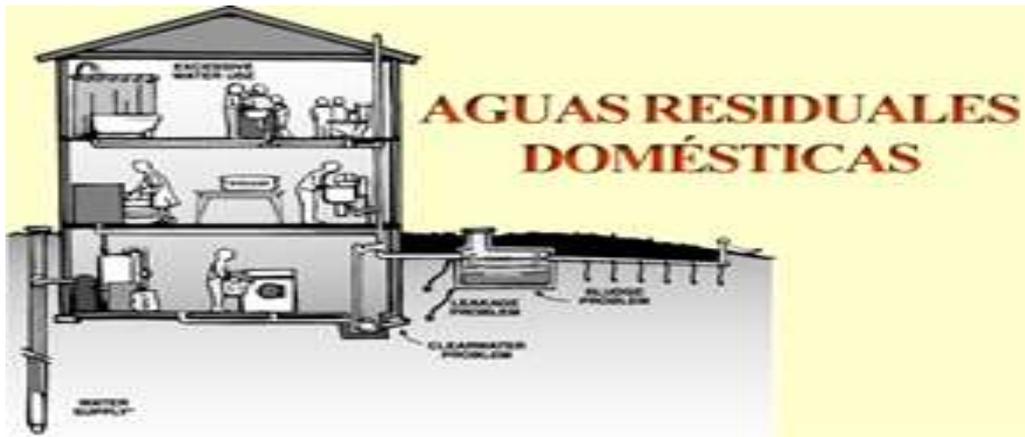


FIGURA 4. Aguas Domesticas

Fuente: Ptar Uniminuto

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

2.2.1.2 Consecuencias del aumento de aguas residuales

Como hemos visto, el aumento del uso y demanda del agua hace que cada vez generemos más aguas residuales y más contaminadas.

Cuando pensamos en la obtención de agua para nuestro día a día, pensamos en primer lugar en manantiales y en fuentes de agua limpia. Pensamos quizá en su tratamiento para el consumo, pero ¿por qué no pensar más allá? ¿Qué pasa con el agua que ya hemos utilizado?

Más del 80% de las aguas residuales resultantes de las actividades humanas se vierte en ríos o en el mar sin que se eliminen los contaminantes. Las consecuencias: 1.800 millones de personas en el mundo consumen agua contaminada con materia fecal y cada día, cerca de 1.000 niños y niñas mueren a causa de enfermedades diarreicas relacionadas con la mala calidad del agua y la ausencia de saneamiento. (SIMÓN, 2017)



FIGURA 5. Las aguas residuales y sus efectos contaminantes

Fuente: Iagua

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

2.2.1.3 Características de las aguas residuales

Las características de las aguas residuales o aguas negras están asociadas a sus propiedades físicas, químicas y biológicas, entre las que resaltan: (PIRE, 2019)

Características físicas: color, presencia de olores, sólidos y temperatura. (PIRE, 2019)

Características químicas: proteínas, carbohidratos, grasas y aceites, compuestos orgánicos volátiles, pesticidas, metales pesados, nutrientes, pH, gases disueltos (sulfuro de hidrógeno, metano, oxígeno). (PIRE, 2019)

Características biológicas: animales, plantas, microorganismos (bacterias, hongos) y virus. (PIRE, 2019)

2.2.1.3.1 Procesos físicos

Las características físicas más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras características físicas importantes son el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad. (CIDTA, s.f.)

2.2.1.3.1.1 Componentes físicos:

Sólidos en suspensión: Son contaminantes que afectan negativamente la estética del agua, ocasionando depósitos de lodo y demanda de oxígeno que puede generar condiciones anaerobias produciendo olores desagradables. (PIRE, 2019)

Olores: Son debidos a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. Las aguas residuales industriales pueden contener compuestos olorosos en sí mismos, o compuestos con tendencia a producir olores durante los diferentes procesos de tratamiento. (PIRE, 2019)

Color: Se refiere a la edad del agua residual, que puede ser determinada cualitativamente en función de su color y olor. El color del agua residual cambia gradualmente de gris a gris oscuro, para finalmente adquirir color negro. Algunas aguas residuales pueden añadir colores diferentes según sean los compuestos químicos que utilicen en su proceso productivo. (PIRE, 2019)

Temperatura: Afecta el desarrollo de la vida acuática y las reacciones químicas y velocidades de reacción. El oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría. Este

efecto se ve amplificado cuando se vierten cantidades considerables de agua caliente a las aguas naturales del cuerpo receptor. (PIRE, 2019)

2.2.1.3.2 Procesos químicos

2.2.1.3.2.1 Componentes químicos orgánicos:

Proteínas: son los principales componentes del organismo animal. Constituidas por carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno. La composición química de las proteínas es muy compleja e inestable, lográndose estructuras muy grandes con masas molares desde 20.000 hasta 20 millones g/mol. (PIRE, 2019)

Hidratos de carbono: son compuestos conformados por carbono, hidrógeno y oxígeno que forman las estructuras de los azúcares, almidones, celulosas y fibra de madera. Desde el punto de vista del volumen y la resistencia a la descomposición, la celulosa es el hidrato de carbono cuya presencia en el agua residual es más importante. Su destrucción se realiza sin dificultad, gracias a la actividad de diversos hongos. (PIRE, 2019)

Grasas y aceites: son compuestos de alcohol (ésteres) o glicerol (glicerina) y ácidos grasos. Son muy parecidos en su estructura química y están compuestos por carbono, oxígeno e hidrógeno. Las grasas se hallan entre los compuestos orgánicos de mayor estabilidad, y su descomposición por acción bacteriana no es sencilla. (PIRE, 2019)

Agentes tensoactivos: Están formados por moléculas de gran tamaño, ligeramente solubles en agua y que son responsables de la aparición de espumas en las plantas de tratamiento y en la superficie de los cuerpos de aguas receptoras. Se concentran en la interfase aire-agua, por lo que en la superficie de las burbujas de aire se crea una espuma muy estable. (PIRE, 2019)

2.2.1.3.2.2 Componentes químicos inorgánicos:

pH: Este parámetro mide la concentración del ion hidrógeno, es de gran importancia para el caso de aguas residuales, ya que afecta la proliferación y desarrollo adecuado de la mayor parte de la vida biológica (se da en un margen estrecho y crítico de pH que oscila entre 6 y 9 unidades). Cuando la concentración del ion hidrógeno es inadecuada se presentan dificultades para utilizar tratamientos de depuración con procesos biológicos. (PIRE, 2019)

Alcalinidad: Está provocada por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de calcio, magnesio, sodio, potasio o amoníaco. La alcalinidad ayuda a regular los cambios de pH producidos por la adición de ácidos. Este parámetro es de importancia especial cuando se utilizan tratamientos químicos y cuando se quieren eliminar nutrientes por vía biológica. (PIRE, 2019)

Nutrientes: Se refiere principalmente al nitrógeno y al fósforo que son utilizados por las formas de vida para su crecimiento. Si estos nutrientes se descargan a un cuerpo de agua pueden ocasionar el crecimiento de vida acuática indeseada que consumiría el oxígeno disuelto del agua y pondría en peligro la existencia de las poblaciones de seres vivos (proceso de eutrofización). (PIRE, 2019)

Metales pesados: Debido a su naturaleza tóxica, algunos metales pesados como el cromo, cadmio, mercurio, entre otros, causan impacto negativo al ser descargados sobre el ecosistema receptor, interfiriendo además con la efectividad de los tratamientos biológicos de depuración. (PIRE, 2019)

2.2.1.3.3 Procesos biológicos

Las aguas residuales presentan diferentes características con las Microbiológicas, las cuales aportan gran cantidad de materia orgánica que sirve de alimento para hongos y bacterias encargados de la descomposición.

A continuación, se deben tener en cuenta:

Bacterias: Responsables de la degradación y estabilización de la materia orgánica contenida en las aguas residuales. Su crecimiento ocurre a pH entre 6,5, y 7,5. De lo cual algunas de las bacterias son patógenas, como la Escherichia coli, indicador de contaminación de origen fecal.

Hongos: Los Hongos predominan en las aguas residuales de tipo industrial debido que resisten a valores de pH bajos y a la escasez de nutrientes.

Protozoos: Se alimentan de bacterias y materia orgánica, para mejorar la calidad microbiológica de los efluentes de las PTAR.

Actinomicetos: Son bacterias filamentosas conocidas por causar problemas en reactores de lodos activados, generando la aparición de espumas y la pérdida de sedimentabilidad del lodo, hinchamiento o filamentoso, incrementando los sólidos del efluente y la disminución de la eficiencia del TAR. (PULIDO, s.f.)

2.2.1.4 Aguas negras

Son las aguas servidas que provienen directamente de los excusados, con residuos en estado de suspensión, disueltos o en un punto intermedio conocido como coloidal. Estos residuos cuando son de origen orgánico afectan al líquido residual, generando malos olores y aspecto indeseable, por la descomposición a la que se somete una vez que los microorganismos asociados a estas aguas se alimentan de materia orgánica muerta. (SANDOVAL, 2019)

Se refiere como aguas negras, a aquel tipo de agua que se encuentra contaminada con sustancia fecal y orina, la cual es procedente de los desechos orgánicos tanto de animales como de los humanos. (Fibras y Normas de Colombia S.A.S, s.f.)

La denominación de aguas negras tiene sentido porque justamente la coloración que presentan las mismas es negra, como consecuencia de la alta presencia de agentes tóxicos, contaminantes y nocivos para la salud pública. (Fibras y Normas de Colombia S.A.S, s.f.)

Las aguas negras no presentan olores desagradables cuando se encuentran a temperaturas de entre 20 y 25 grados centígrados. Su descomposición comienza en periodo de tiempo de 2 horas, donde empieza a enturbiarse y cambiar de color, transformándose en aguas color marrón, de 6 a 8 horas se suscita el proceso de desprendimiento de gases conocido como septificación, para luego tomar un color más oscuro con producción de malos olores y convertirse en aguas acidas. (Fibras y Normas de Colombia S.A.S, s.f.)

Las aguas de desecho dispuestas en una corriente superficial (lagos, ríos, mar) sin ningún tratamiento, ocasionan graves inconvenientes, los sólidos se sedimentan formando depósitos objeccionables, las grasas, jabón, papeles flotan y forman una nata que afecta notablemente las características de las corrientes de agua, afectando la flora y la fauna. (FARIAS, 2016)

Estas aguas residuales, antes de ser vertidas en las masas receptoras, deben recibir un tratamiento adecuado, capaz de modificar sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas, para evitar que su disposición cause los problemas antes mencionados. (FARIAS, 2016)

Para que el tratamiento de aguas negras sea adecuado estas deben de pasar por varios procesos químicos y biológicos en donde se eliminan las sustancias contaminantes y se deja el agua que puede ser reutilizada. Una planta de tratamiento de aguas residuales consiste en una red de tuberías que conducen a las aguas negras hasta diferentes módulos que cuentan con distintos procesos especializados en donde se separan los residuos. En el catálogo de productos Rotoplas podrás encontrar una planta de tratamiento de aguas residuales que te ayudará a restaurar la calidad del agua para su reutilización o para ser reintegrada a los cuerpos de agua más grandes sin alterar el equilibrio ecológico. (ROTOPLAS, 2019)

Las sustancias residuales que aparecen formando parte de los líquidos cloacales pueden estar presentes como disueltos, suspendidos o en estado intermedio denominado coloidal. Estas sustancias pueden ser de naturaleza mineral u orgánica, en el caso de los minerales estas

sustancias provienen de los mismos minerales que formaron parte integral de las aguas de sobre abastecimiento, en el caso de sustancias orgánicas le comunican propiedades indeseables al líquido residual cuando los microorganismos asociados con estas aguas, alimentándose sobre materia orgánica muerta atacan esos complejos orgánicos destruyéndolos o estabilizándolos parcialmente a través de una serie de descomposiciones, con la aparición de malos olores y apariencia física objetable. (FARIAS, 2016)

2.2.1.5 Aguas grises

Estas provienen de los lavabos, duchas, lavaderos de ropa, las cuales se caracterizan por contener grasas y ser jabonosas. Su principal diferencia con las aguas negras es que estas no poseen bacterias fecales, y hasta se las puede reutilizar usándolas en regadíos de campo o para limpieza de inodoros. (SANDOVAL, 2019)

Las aguas grises son un recurso que, una vez recicladas, puede sustituir el agua de consumo humano en algunos usos comunes como: recarga de cisternas de WC, riego de jardines, limpieza y baldeo de pavimentos etc., en construcciones como: viviendas, hoteles, polideportivos, edificios Industriales, etc. (aguas residuales, 2018)

Se definen como aguas grises, las aguas residuales que proceden de duchas, bañeras y lavamanos, éstas presentan un bajo contenido en materia fecal. Si bien las aguas de cocinas y lavadoras también son aguas grises, éstas, generalmente, no se reciclan debido a la elevada contaminación que contienen. Las aguas grises están compuestas por materia orgánica e inorgánica y microorganismos. (aguas residuales, 2018)

Las aguas grises pertenecen al grupo de aguas residuales asimilables a domésticas, ya hablamos de ellas en el artículo Conoce los diferentes tipos de aguas residuales. Las aguas grises son aquellas aguas que contienen sustancias jabonosas, y restos orgánicos procedentes, normalmente, de las bañeras, duchas y lavabos. Son aguas que no tienen materia fecal por lo

que no pueden catalogarse como aguas negras o fecales. La composición de las aguas grises puede variar en función de su procedencia. Pero siempre contendrán jabón, sólidos sedimentables, pelos, restos de pasta de dientes, etc... Al tratarse de unas aguas diferentes a las fecales, éstas deben tratarse con un equipo de depuración especial. (DE AGUA, s.f.)

Las aguas grises son todas aquellas aguas que se recogen de los baños de los edificios, exceptuando las aguas del wc. Se recogen de las bañeras, duchas o lavabos de cualquier edificio que contenga estos elementos. Del total de aguas residuales de un edificio, las aguas grises pueden llegar a ser el 75% del total. Debemos recordar que las aguas grises, al ser procedentes de bañeras, duchas o lavabos son más cuantiosas que el resto de aguas residuales del edificio. (DE AGUA, s.f.)

Deben su nombre a su aspecto turbio y su condición de estar entre el agua dulce y potable y aguas residuales. Son un recurso que, una vez recicladas, puede sustituir el agua de consumo humano en algunos usos comunes. Las aguas grises o aguas usadas es el término utilizado para el agua que proviene del uso doméstico. Generalmente se descomponen más deprisa que las aguas negras y tienen mucho menos nitrógeno y fósforo y están compuestas por materia orgánica e inorgánica y microorganismos. (ZARZA, iagua, s.f.)

Las aguas grises son aquellas aguas que se generan a partir de los residuos líquidos causados por el desagüe de bañeras, lavabos, pilas de la cocina, lavavajillas o lavadoras, su nombre es debido a su aspecto turbio y por su condición de estar en un punto intermedio entre las aguas dulces y potables, conocidas también como aguas blancas y las aguas residuales o aguas negras; Este tipo de aguas se pueden reutilizar de manera directa en el inodoro y si se efectúa un tratamiento sencillo, pueden ser fácilmente utilizadas en usos como el riego de zonas verdes o la limpieza de exteriores. (Fibras y Normas de Colombia S.A.S, s.f.)

Las aguas grises se descomponen más rápido que otros tipos de aguas y presentan menores concentraciones de Nitrógeno y Fósforo, como característica principal, las aguas grises no tienen mal olor inmediatamente después de ser descargadas, se pueden distinguir de las aguas residuales cloacales contaminadas con excremento del inodoro, conocidas también como aguas negras porque las aguas grises no contienen concentraciones de bacterias fecales, como Escherichia Coli (E-Coli). Las aguas residuales domésticas se suelen combinar en las alcantarillas, por lo que las aguas negras y las aguas grises se eliminan en un sistema de alcantarillado compartido por medio de un proceso conocido como desagües cloacales. Las aguas provenientes de los hogares pueden ser tratadas para disminuir la concentración de agentes contaminantes y así prevenir afectaciones en la salud antes de ser vertidas al medio ambiente en general; la mayor parte de las aguas grises termina como efluente en lagunas, ríos y océanos. (Fibras y Normas de Colombia S.A.S, s.f.)



Figura 6. Diferencia y tratamiento de aguas grises y negras

Fuente: Bosstech

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

2.2.2.1 Tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de aguas residuales es un proceso de depuración, el cual funciona removiendo contaminantes del agua. Esta agua se puede utilizar en actividades como la agricultura y la industria, principalmente. Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química y biológica. Dichos aspectos determinan el tratamiento necesario para una descarga de aguas residuales que cumplan con todos los parámetros que establece la normatividad ambiental. (VISE, 2016)

En conclusión, la planta de tratamiento de aguas residuales, disminuye la materia orgánica, contaminante y restaura la presencia de oxígeno.

2.2.2.2 Tipos de tratamiento

2.2.2.2.1 Tratamientos físicos

Son aquellos métodos en los que se aplica una separación física, generalmente de sólidos. Estos métodos suelen depender de las propiedades físicas de los contaminantes, como la viscosidad, tamaño de partículas, flotabilidad, etc. Entre ellos podemos encontrarnos el tamizado, la precipitación, separación y filtración de sólidos. (LANDER, 2020)

2.2.2.2.2 Tratamientos químicos

Son aquellos métodos que dependen de las propiedades químicas del contaminante o reactivo incorporado al agua. Podemos destacar la eliminación del hierro y del oxígeno, la eliminación de fosfatos y nitratos, la coagulación, los procesos electroquímicos, la oxidación, intercambio de iones, etc. (LANDER, 2020)

2.2.2.2.3 Tratamientos Biológicos

En estos métodos se utilizan procesos biológicos, de manera que se pretende eliminar los contaminantes coloidales. Son microorganismos que actúan sobre la materia en suspensión transformándola en sólidos sedimentables. Pueden ser procesos aeróbicos o anaeróbicos, como los lodos activos, los filtros percoladores, la biodigestión anaerobia o las lagunas aireadas. (LANDER, 2020)

Cuando se remueven los contaminantes del agua se atacan o eliminan bacterias y distintos productos químicos, por ello, las aguas residuales pasan por diferentes niveles de limpieza en las plantas. Los principales niveles de tratamiento son:

2.2.2.3 Etapas de tratamiento

2.2.2.3.1 Pretratamiento

Esta es la etapa preliminar del tratamiento de la depuradora. Este proceso regula y mide el caudal de aguas residuales entrantes en la estación. En esta etapa se eliminan los sólidos de mayor tamaño, la arena y la grasa, que hay presente en las aguas negras. Estos compuestos son eliminados mediante filtrado. También suele realizarse un proceso de pre-aireación, para disminuir así los compuestos orgánicos volátiles disueltos en el agua, los cuales otorgan mal olor y aumentan la DQO del agua. Entre los dispositivos utilizados, se encuentran el pozo de gruesos, el desbaste de gruesos, desbaste de finos y desarenado-desengrasado. (LANDER, 2020)

2.2.2.3.2 Tratamiento primario

Los desagües sanitarios o separados llevan las aguas residuales desde las casas y negocios a la planta de tratamiento; otros drenajes combinados llevan el agua de tormenta de los drenajes de aguas pluviales. (BELZONA, 2018)

Reservorio: éstos sirven para el almacenaje de las aguas residuales a largo plazo. El propósito del almacenamiento es para poder descargar los efluentes en el período deseado del año y obtener efluentes de alta calidad. (BELZONA, 2018)

Áreas de Cribas: Permiten el paso del agua, pero no de la basura tales como trapos o palos. La basura es recolectada y luego se dispone de ella. La basura va a una moladora o pulverizadora y es luego desaguada antes de disponerse de ella. (BELZONA, 2018)

Separador de Partículas Sólidas: Es una cámara de sedimentación que es, esencialmente, un tanque grande. Esto disminuye el caudal del agua. Posteriormente, se deja que la arena, las partículas sólidas y otros sólidos pesados se asienten al fondo. Las partículas sólidas son luego arrastradas, secadas y se dispone de ellas, usualmente como relleno. (BELZONA, 2018)

Sedimentación Primaria: Involucra la evacuación de tanta materia sólida remanente como sea posible. El drenaje fluye hacia grandes tanques llamados Tanques de Sedimentación Primaria donde las partículas más pequeñas se asientan en el fondo. Un Lodo Primario o Lodo Crudo es barrido por restregadores eléctricos hacia una tolva y luego es bombeado a la planta de asimilación de lodos. El líquido restante llamado Efluente Primario pasa a un tratamiento secundario o proceso de sedimentación secundario. (BELZONA, 2018)

2.2.2.3.3 Tratamiento secundario

El objetivo de esta segunda etapa es el de eliminar la materia orgánica disuelta y en estado coloidal, mediante procesos de oxidación bioquímicos. Además, se degradan sustancias

biológicas originadas por los desechos humanos. En estos tratamientos nos encontramos con procesos aeróbicos y anaeróbicos. (LANDER, 2020)

Los procesos aerobios son realizados en presencia de oxígeno, introducido mediante burbujeo en os tanques de almacenamiento, los procesos anaerobios están realizados en ausencia de oxígeno. En estos procesos tienen lugar las reacciones de fermentación de la materia orgánica, que se convierte en energía liberada, CO₂, CH₄ y C. Algunos de los procesos aerobios y anaerobios más empleados son los lodos activos, los filtros verdes, las lagunas aireadas, los lechos bacterianos y la digestión anaerobia. También existen procesos físico-químicos como los lechos particulados. Estos procesos disminuyen gran parte de la DBO y eliminan el resto de sólidos sedimentables. Generalmente suelen darse combinaciones entre estos distintos tratamientos, dando lugar a procesos biológicos de dos o más etapas. También se pueden emplear reactores biológicos, como el de cama móvil o el de membrana, aunque el coste de construcción y operación de estos es usualmente más caro que el de un sistema de tratamiento de aguas residuales convencional de filtros. (LANDER, 2020)

	Aerobio	Anaerobio
Concentración materia orgánica	DQO<3.000 mg/L	DQO<3.000 mg/L
Espacio requerido	Muy elevado	Pequeño
Eliminación de nutrientes	Posible	No es posible
CAPEX (costes de inversión)	Bajo	Elevado
OPEX (costes de explotación)	Elevado	Bajo

Figura 7. Ventaja de cada sistema de Tratamiento secundario de aguas residuales

Fuente: Condorchem

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

Aerobio:

Los procesos biológicos permiten eliminar de las aguas residuales las sustancias biodegradables disueltas (substrato). El substrato suministra la fuente de alimento a los microorganismos y se transforma en condiciones aerobias en biomasa, dióxido de carbono y agua. Los microorganismos aerobios necesitan oxígeno para respirar. Además del substrato, generalmente también se tienen que eliminar del agua residual los compuestos de nitrógeno como el amonio y los nitratos. Un grupo de microorganismos convierten primero el amonio en nitrato (nitrificación). Otro grupo de microorganismos reduce luego el nitrato a nitrógeno elemental (desnitrificación). El nitrógeno producido escapa entonces como gas a la atmósfera. Existen dos tecnologías: los procesos de biopelícula y los de lodos activados. (GUNT, 2019)

Procesos de biopelícula:

Los procesos de biopelícula consisten en que los microorganismos se asientan en las superficies de las sustancias sólidas. La capa formada por microorganismos recibe el nombre de biopelícula. Las sustancias sólidas empleadas se denominan materiales portadores. El agua residual debe ponerse en contacto con la biopelícula fijada sobre el material portador (GUNT, 2019)

Proceso de lodos activados:

En este proceso, los microorganismos se encuentran en suspensión en las aguas residuales. La aireación del agua residual en el tanque de aireación suministra oxígeno a los microorganismos aerobios. Como resultado del metabolismo se agrupan en flóculos, que constituyen el llamado lodo activado (GUNT, 2019)

Anaerobio:

Al contrario de lo que ocurre en los procesos aerobios, la degradación anaerobia de sustancias orgánicas tiene lugar en ausencia de oxígeno. Los microorganismos anaerobios emplean las sustancias orgánicas como fuente de alimento, logrando su degradación. Como producto se forma biogás, compuesto principalmente de metano (60%) y dióxido de carbono (35%). El biogás se puede aprovechar como fuente de energía. Los complejos procesos de la degradación anaerobia constan, de forma simplificada, de cuatro fases (ilustración). Los procesos metabólicos que tienen lugar en cada fase son realizados por distintos microorganismos. Los procesos anaerobios son apropiados para el tratamiento de aguas residuales con concentraciones muy elevadas de sustancias orgánicas, como las que se producen, por ejemplo, en la industria alimentaria o en la papelera. Frecuentemente se implementan como etapa previa a un proceso aerobio (p. ej. el proceso de lodos activados). (GUNT, 2019)

Fases del proceso anaeróbico:

Fase 1: Hidrólisis Sustancias de cadenas moleculares largas, con frecuencia no disueltas, como proteínas, grasas e hidratos de carbono, se transforman en compuestos disueltos como aminoácidos, ácidos grasos y azúcares. (GUNT, 2019)

Fase 2: Acidificación Los microorganismos formadores de ácidos transforman las sustancias hidrolizadas en ácidos orgánicos de cadena corta (p. ej. ácido butírico, ácido propiónico y ácido acético). También se forman pequeñas cantidades de hidrógeno y dióxido de carbono. (GUNT, 2019)

Fase 3: Formación de ácido acético Las bacterias metanogénicas pueden producir metano acético o de hidrógeno y dióxido de carbono. Para ello los ácidos y alcoholes anteriormente formados, previamente se han de transformar en ácido acético. (GUNT, 2019)

Fase 4: Formación de metano Las bacterias metanogénicas producen metano a partir de hidrógeno, dióxido de carbono y ácido acético. Los microorganismos de las distintas fases tienen requisitos diferentes en lo que concierne a las condiciones ambientales. pH y temperatura son factores especialmente importantes. En consecuencia, las dos primeras y las dos últimas fases se agrupan respectivamente en una etapa (CH₄) a partir de ácido. Idealmente, el proceso se debería desarrollar, por tanto, por etapas en dos reactores separados. En principio, las cuatro fases se pueden desarrollar también en una etapa en un solo reactor (GUNT, 2019)

2.2.2.3.4 Tratamiento terciario

Tratamiento Terciario Consisten en procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes concretos: fósforo, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, etc. Es un tipo de tratamiento más caro que los anteriores y se usa en casos más especiales como por ejemplo para purificar desechos de algunas industrias. Una mejor posibilidad para el tratamiento terciario consiste en agregar uno o más estanques en serie a una planta de tratamiento convencional. El agregar esos estanques de “depuración” es una forma apropiada de mejorar una planta establecida de tratamiento de aguas residuales, de modo que se puedan emplear los efluentes para el riego de cultivos o zonas verdes y en acuicultura. (BELZONA, 2018)

2.2.2.3.4.1 Desinfección

La última parte del proceso es la adición de un desinfectante como el cloro. Este se agrega usualmente al agua residual antes de que salga de la planta de tratamiento. El desinfectante mata los organismos causantes de enfermedades en el agua. (BELZONA, 2018)

2.2.2.3.4.2 Tratamiento de Lodos

Los lodos pueden ser tratados o espesados para quitarles algo de agua y luego seguir siendo procesados por estabilización. En este proceso, se permite que el lodo crudo se descomponga en los tanques de asimilación. Se usan unos químicos especiales para la estabilización. El lodo estabilizado no tiene olor y está libre de organismos causantes de enfermedades. El proceso de desaguar el lodo evacúa la mayoría del agua de la mezcla de lodos. Se usan filtros, lechos de secado y varios tipos de prensas. Finalmente, el lodo seco llamado Pastel (Cake) está listo para ser usado o disponerse de éste. El lodo seco, a veces llamado lodo digestivo, puede ser usado como acondicionador de suelos. Usando ciertos procesos, el lodo puede ser usado también para producir gas metano. El metano puede luego ser quemado para abastecer de energía a una pequeña planta eléctrica o para otros propósitos. Si el lodo no puede ser usado con seguridad, es quemado en rellenos sanitarios aprobados o quemado usando tecnología especial para prevenir la contaminación del aire. (BELZONA, 2018).



Figura 8. Esquema de tratamiento de aguas residuales

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Sostenible

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

2.2.3.1 Humedales Artificiales

Los humedales artificiales son sistemas de ingeniería que aprovechan recursos de la naturaleza para limpiar residuos del agua. Básicamente, consisten en un terreno sobre el cual se coloca un material impermeable para evitar que el líquido se filtre en el subsuelo. Sobre esta herramienta se pone una mezcla de sustrato formada por arena, grava, piedra y otros componentes. Finalmente, se utilizan plantas acuáticas que flotan sobre el agua. (RUÍZ, 2019)

Tanto el sustrato como dicha flora absorben las partículas contaminantes, que utilizan como nutrientes. De esta forma, el agua sale más limpia para reusarse en alguna actividad –riego, por ejemplo– o para integrarla a un cuerpo de agua. El tamaño del humedal dependerá de la cantidad de casas o industrias a las que servirá. Asimismo, las plantas y el sustrato se adaptan según los materiales de suciedad que el líquido posea. (RUÍZ, 2019)

Son elementos artificiales, de escasa profundidad y con una elevada densidad de vegetación emergente, propia de pantanos y zonas húmedas. Esta alta cantidad de vegetación hace que los niveles de bioeliminación de contaminantes sean más que notables. (ABELLÁN, s.f.)

Además de la gran efectividad en el control de la calidad del agua, también son de utilidad en el control del volumen de escorrentía. Un punto a tener en cuenta en el diseño de estos elementos la importancia de asegurar siempre un flujo base, especialmente en períodos de sequía, ya que es imprescindible para mantener con vida la flora y la fauna que habitan en el humedal. (ABELLÁN, s.f.)

Una de las ventajas más significativas de estas técnicas es que aporta un gran potencial ecológico, estético, educacional y recreativo al lugar en el que son emplazadas. (ABELLÁN, s.f.)

La mayoría de los estudios realizados acerca de humedales se los ha hecho en países con climas fríos y considerando el invierno. Se ha comprobado con esto que la eficiencia de los

humedales es mayor en climas cálidos. Por su puesto esto está relacionado directamente con el crecimiento bacteriano y la velocidad de reacción para asimilar los contaminantes. De la investigación se ha conocido que la eficiencia del sistema aumenta significativamente cuando se utilizan varios humedales en serie para tratar el agua. En su mayoría los humedales artificiales son utilizados en zonas rurales, sin acceso a alcantarillado, donde existe terreno disponible y su costo es bajo. (ESPINOZA, 2018)

Los humedales artificiales tienen la particularidad de requerir grandes extensiones y de ser comúnmente utilizados en el tratamiento secundario del agua residual, por lo que es recomendable agregar unidades de pretratamiento para reducir la superficie de terreno y mejorar las condiciones de descarga. Los digestores anaerobios son la tecnología de pretratamiento más comúnmente usada para ser incorporada por sus bajos costos de construcción, instalación y operación, así como por la baja producción de lodos respecto a las unidades aerobias convencionales. (MERINO, 2017).

El funcionamiento de un humedal artificial está basado en los procesos que suceden de forma natural en el medio ambiente. Los sistemas que provocan la depuración de las aguas residuales se basan en los diversos principios, de los cuales cabe destacar: Eliminación de materia orgánica: sucede por sedimentación y filtración de partículas entre los espacios de grava y las raíces. Eliminación de sólidos en suspensión: se debe a fenómenos de filtración entre el sustrato y las raíces. Eliminación de organismos patógenos: tiene lugar mediante la adsorción sobre partículas del sustrato. Eliminación de nitrógeno: normalmente, se encuentra en forma de nitrógeno orgánico o amoniacal. En estas condiciones se generan procesos de nitrificación-desnitrificación desarrollados por diferentes microorganismos. (NUEVO, 2020)

Las transformaciones de los nutrientes y del carbono orgánico en humedales son el resultado del metabolismo microbiano que está directamente relacionada con el crecimiento de los

microorganismos. Éstos incluyen, principalmente, bacterias, hongos, y protozoarios. Esta biomasa se encuentra formando una biopelícula alrededor de las partículas del lecho. Los microorganismos utilizan los nutrientes y el carbono como su fuente de energía y para la formación de nueva biomasa microbiana. La velocidad de crecimiento de esta nueva biomasa dependerá tanto de las condiciones ambientales como de la disponibilidad del sustrato, la energía es obtenida por la oxidación de compuestos reducidos (dador de electrones) con un oxidante (aceptor de electrones) a través de la cadena respiratoria. (LUDIZACA, 2017)

La tecnología de Humedales Artificiales actúa pues como un complejo ecosistema en el que participan los siguientes elementos:

- Las aguas a tratar, que circulan a través del sustrato filtrante y/o de la vegetación.
- El sustrato, que tiene las finalidades de servir de soporte a la vegetación y de permitir la fijación de la población microbiana (en forma de biopelícula), que va a participar en la mayoría de los procesos de depuración. (SALAS, 2018)
- Las plantas emergentes acuáticas, que proporcionan superficie para la formación de las películas bacterianas, facilitan la filtración y la adsorción de los constituyentes del agua residual, contribuyen a la oxigenación del sustrato y a la eliminación de nutrientes y controlan el crecimiento de algas, al limitar la penetración de la luz solar. Además, la vegetación contribuye notablemente a la integración paisajística de estos dispositivos de tratamiento. (SALAS, 2018)

La vegetación que se emplea en este tipo de humedales es la misma que coloniza los humedales naturales: plantas acuáticas emergentes (carrizos, juncos, aneas, etc.), helófitos que se desarrollan en aguas poco profundas, arraigadas al subsuelo, y cuyos tallos y hojas emergen fuera del agua, pudiendo alcanzar alturas de 2-3 m. Este tipo de plantas toleran bien las condiciones de falta de oxígeno, que se producen en suelos encharcados, al contar con canales internos o zonas de aireación (aerénquima), que facilitan el paso del oxígeno desde las partes

aéreas hasta la zona radicular. Asimismo, presentan una elevada productividad (50-70 toneladas de materia seca/ha. Año). (SALAS, 2018)

2.2.3.2 Estructura de un humedal artificial

La formación de un humedal artificial requiere un conocimiento técnico y un personal altamente cualificado. De manera muy sencilla, podemos resumir que las tres partes fundamentales de un humedal son:

- el sustrato o material granular: tiene la función de soporte a la vegetación y posibilita la fijación de la biopelícula bacteriana que intercede en la gran mayoría de los procesos de eliminación de contaminantes orgánicos de las aguas residuales. (NUEVO D. , 2020)
- las plantas: en su mayor parte son plantas macrófitas emergentes que intervienen en a la oxigenación del sustrato radical y a la eliminación de contaminantes por absorción. (NUEVO D. , 2020)
- el agua: el agua residual con alta carga de contaminación aporta el alimento a las plantas y después de atravesar el humedal pierde esa DBO5, sólidos en suspensión, y retorna al cauce en unos parámetros de calidad superiores al inicio del tratamiento. (NUEVO D. , 2020)

2.2.3.3 Tipos de humedales artificiales

Los humedales artificiales se clasifican en función del modelo de circulación del agua:

2.2.3.3.1 Humedales artificiales de flujo superficial (HAFS)

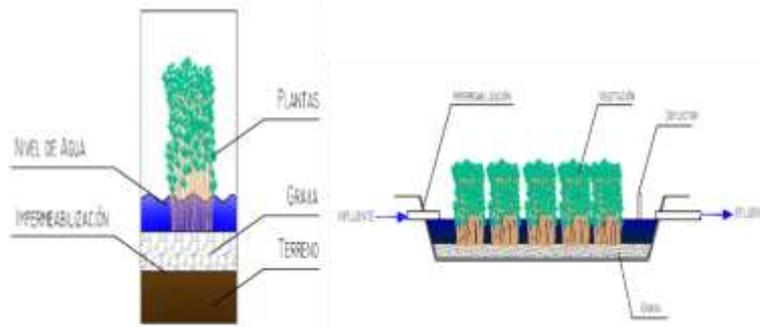


Figura 9. Sección transversal y longitudinal de un Humedal Artificial de Flujo Superficial

Fuente: Iagua

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

El agua circula libremente por la superficie a través de tallos, raíces y hojas caídas, donde se desarrolla la película bacteriana encargada de la eliminación de contaminantes. Generalmente, son instalaciones de varias hectáreas, constituidas por balsas o canales de vegetación emergente y con un nivel de agua poco profundo (inferior a 0,4 metros). La entrada de agua residual es continua (o intermitente si precisa bombeo). Se emplean principalmente como tratamiento de afino, recibiendo efluentes de un tratamiento secundario anterior. (NUEVO D. , 2020)

2.2.3.3.2 Humedales artificiales de flujo subsuperficial (HAFSs)

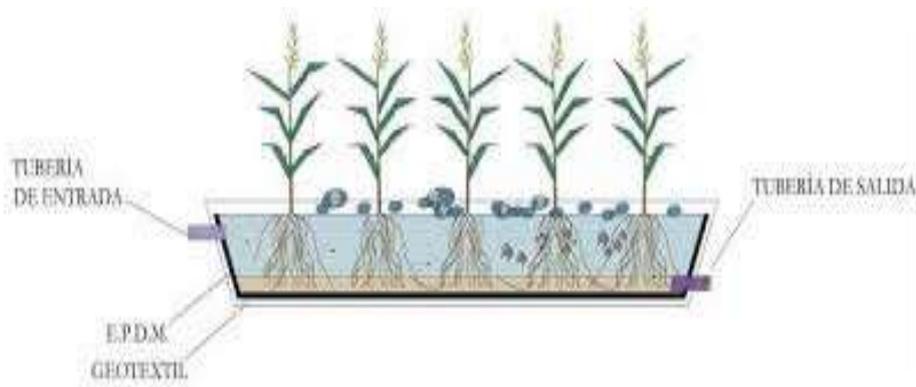


Figura 10. Esquema de componentes y funcionamiento de un humedal subsuperficial

Fuente: Universidad Politécnica Catalunya

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

En estos tipos de humedales el agua discurre de forma subterránea por los espacios intersticiales del lecho filtrante y en contacto con los rizomas y raíces de la vegetación del humedal. En este tipo de depuración actúa en mayor medida la acción del suelo. La profundidad del sustrato filtrante es del orden de 0,5-1,0 metros. (NUEVO D. , 2020)

Este tipo de humedales se encuentran confinados en recintos impermeabilizados, que contienen al material soporte para el enraizamiento de la vegetación. La profundidad del sustrato filtrante en el punto medio del humedal es del orden de 0,6-1,0 m. Son instalaciones de menor tamaño que los de Flujo Superficial y, en la mayoría de los casos, se emplean como tratamiento secundario de las aguas residuales generadas en pequeños núcleos de población. A parte de la menor superficie requerida, este tipo de humedales presenta ciertas ventajas con respecto a los de Flujo Superficial (SALAS, 2018):

- Menor incidencia de malos olores, debido a la naturaleza subterránea del flujo de agua.
- Bajo riesgo de exposición directa de las personas y de aparición de insectos (mosquitos) gracias al flujo subterráneo.
- Protección térmica, debido a la acumulación de restos vegetales y al flujo subterráneo. Esta es una ventaja interesante en zonas de clima frío. (SALAS, 2018)

Según la dirección en la que circulan las aguas a través del sustrato, este tipo de humedales se clasifican en Horizontales y Verticales.

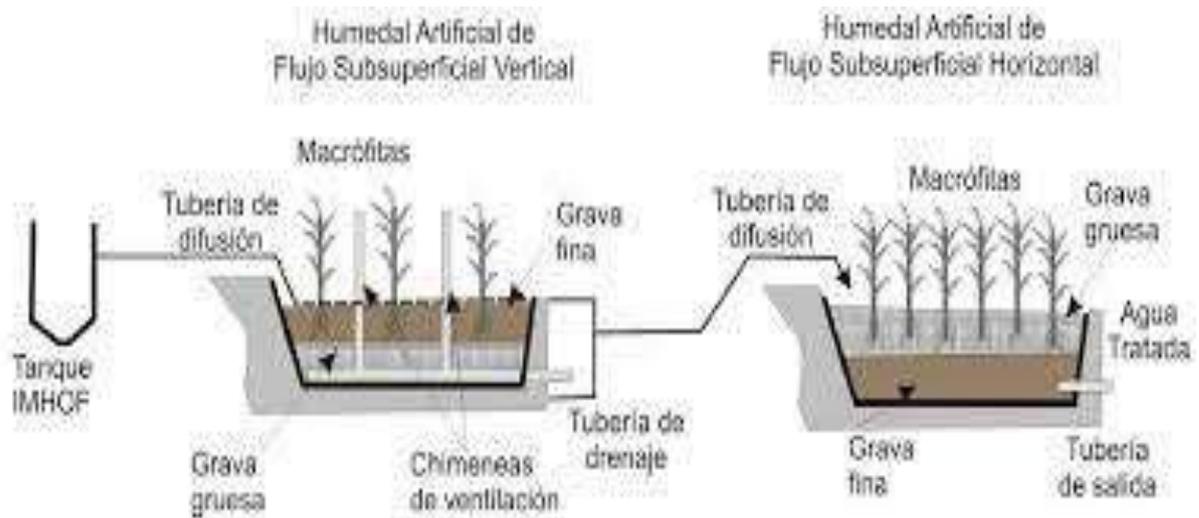
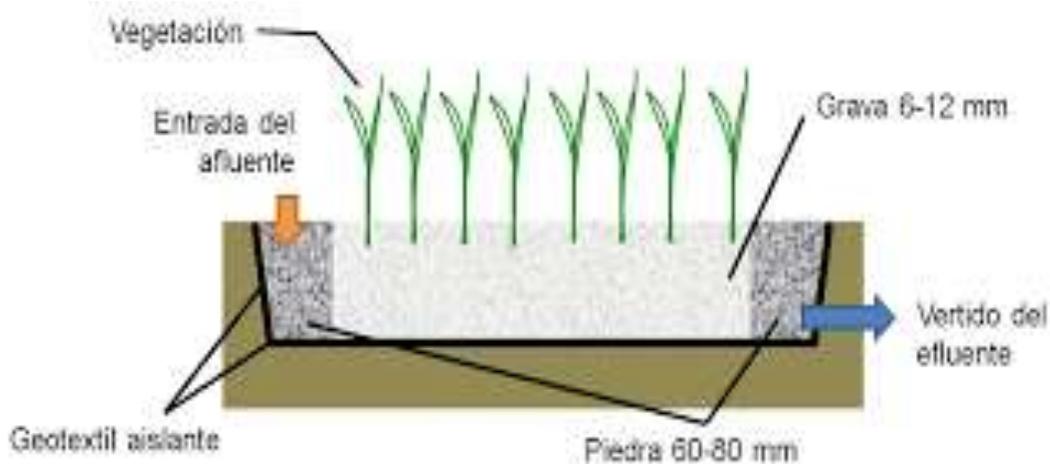


Figura 11. Sección transversal y longitudinal de un Humedal Artificial de Flujo Superficial

Fuente: Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

2.2.3.3.3 Humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontales



Humedal construido de flujo subsuperficial horizontal

Figura 12. Humedal construido de flujo subsuperficial horizontal

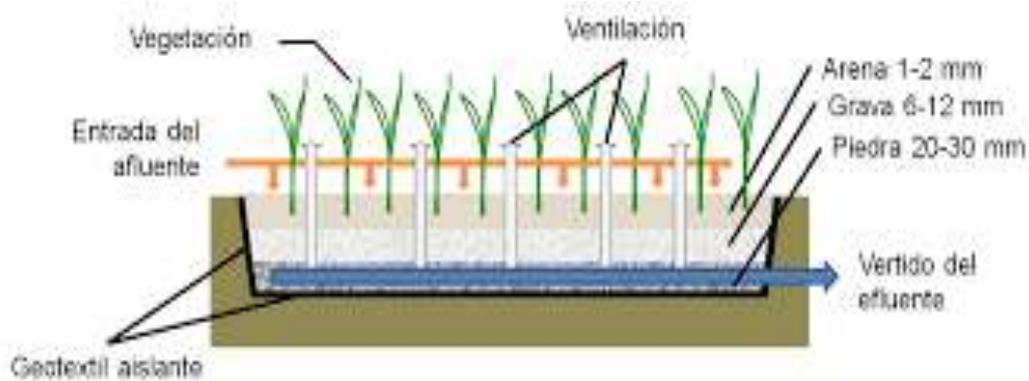
Fuente: Wetwine

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

En los Humedales Horizontales la alimentación se efectúa habitualmente de forma continua, aunque también pueden funcionar de forma intermitente, si fuese necesario bombear las aguas residuales. Las aguas circulan horizontalmente, atravesando un sustrato filtrante de gravilla-

grava de unos 0,6 m de espesor, en el que se fija la vegetación. A la salida de los humedales, una tubería flexible permite controlar el nivel de encharcamiento, que suele mantenerse unos 5 cm por debajo del nivel de los áridos, lo que impide que las aguas sean visibles. (SALAS, 2018)

2.2.3.3.4 Humedales artificiales de flujo subsuperficial verticales



Humedal construido de flujo subsuperficial vertical

Figura 13. Humedal construido de flujo subsuperficial vertical

Fuente: Wetwine

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

En los Humedales Artificiales de Flujo Vertical la alimentación se efectúa de forma intermitente, para lo que se recurre generalmente al empleo de bombes (comandados por temporizadores o boyas de nivel) o, cuando la topografía lo permite, a sifones de descarga controlada. (SALAS, 2018)

Para la distribución del agua sobre la superficie de filtración se recurre últimamente al empleo de tuberías que se apoyan en pivotes repartidos por toda la superficie, con un punto de alimentación cada 25-30 m² de superficie del humedal. (SALAS, 2018)

Las aguas circulan verticalmente a través de un sustrato filtrante de arena-gravilla-grava, del orden de 1 m de espesor, en el que se fija la vegetación. En el fondo de estos humedales una red de drenaje permite la recogida de los efluentes depurados. A esta red de drenaje se conectan un conjunto de conductos, que sobresalen de la capa de áridos, al objeto de incrementar la oxigenación del sustrato filtrante por ventilación natural (efecto chimenea). (SALAS, 2018)

2.2.4.1 Funcionamiento de un humedal artificial

El funcionamiento de un humedal artificial está basado en los procesos que suceden de forma natural en el medio ambiente. Los sistemas que provocan la depuración de las aguas residuales se basan en los diversos principios, de los cuales cabe destacar (NUEVO D. , 2020):

- Eliminación de materia orgánica: sucede por sedimentación y filtración de partículas entre los espacios de grava y las raíces. En este proceso intervienen diversos microorganismos (esencialmente bacterias). Los microorganismos que se desarrollan pueden ser aerobios o anaerobios. (NUEVO D. , 2020)
- Eliminación de sólidos en suspensión: se debe a fenómenos de filtración entre el sustrato y las raíces. Los sólidos en suspensión son eliminados en los cinco primeros metros de distancia desde la entrada. Normalmente, se logran valores del efluente inferiores a 20 mg/l. (NUEVO D. , 2020)
- Eliminación de organismos patógenos: tiene lugar mediante la adsorción sobre partículas del sustrato. También intervienen la acción depredadora de bacteriófagos y protozoos que habitan en el sustrato. Habitualmente, se logra una reducción de dos órdenes logarítmicos de los coliformes fecales. (NUEVO D. , 2020)

- Eliminación de nitrógeno: normalmente, se encuentra en forma de nitrógeno orgánico o amoniacal. En estas condiciones se generan procesos de nitrificación-desnitrificación desarrollados por diferentes microorganismos. El aumento de la poda de las plantas del humedal aumenta los rendimientos en este aspecto. (NUEVO D. , 2020)
- Eliminación de fósforo: sucede al contactar el fluido que contiene el fosforo, influente, y el sustrato. En estas circunstancias se producen fenómenos de adsorción que sujetan el fosforo, si bien esta reducción es muy baja. (NUEVO D. , 2020)

2.2.5.1. Medios de soporte que compone los humedales

En los humedales crecen y se desarrollan diferentes tipos de vegetales, animales y microorganismos adaptados a estas condiciones de inundaciones temporales y/o permanentes. En este tipo de ecosistema se desarrollan también determinados procesos físicos y químicos capaces de depurar el agua ya que eliminan grandes cantidades de materia orgánica, sólidos en suspensión, nitrógeno, fósforo e incluso productos tóxicos. (IAGUA, 2020)

Básicamente, los humedales artificiales son zonas construidas por el hombre en las que se reproducen, de manera controlada, los procesos físicos, químicos y biológicos de eliminación de contaminantes que ocurren normalmente en los humedales naturales. (IAGUA, 2020)



Figura 14. Humedales

Fuente: Iagua

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

2.2.5.2 Componentes de un humedal artificial tipo

Principalmente están compuestos por:

Un sustrato o material granular: sirve de soporte a la vegetación y permite la fijación de la biopelícula bacteriana que interviene en la mayoría de los procesos de eliminación de contaminantes presentes en las aguas a tratar. (IAGUA, 2020)

la vegetación: principalmente compuesta por macrófitas emergentes que contribuyen a la oxigenación del sustrato a nivel de la rizosfera, a la eliminación de nutrientes por absorción/extracción y al desarrollo de la biopelícula bacteriana. (IAGUA, 2020)

el agua a tratar o influente: circula a través del sustrato y la vegetación.

Los mecanismos por los que este tipo de sistemas son capaces de depurar las aguas residuales se basan en los siguientes principios:

Eliminación de sólidos en suspensión gracias a fenómenos de filtración que tienen lugar entre el sustrato y las raíces.

Eliminación de materia orgánica gracias a la acción de los microorganismos (principalmente bacterias). Los microorganismos que se desarrollan pueden ser aerobios (con O₂) o anaerobios (sin O₂).

Eliminación de nitrógeno bien por acción directa de las plantas, bien por procesos de nitrificación-desnitrificación desarrollados por los microorganismos antes mencionados.

Eliminación de fósforo principalmente debido a los fenómenos de adsorción sobre los componentes del sustrato.

Eliminación de patógenos mediante la adsorción sobre partículas del sustrato, la toxicidad producida por las raíces de las plantas y la acción depredadora de bacteriófagos y protozoos.

Existen diferentes tipos de humedales artificiales en función del sentido de circulación del flujo de agua:

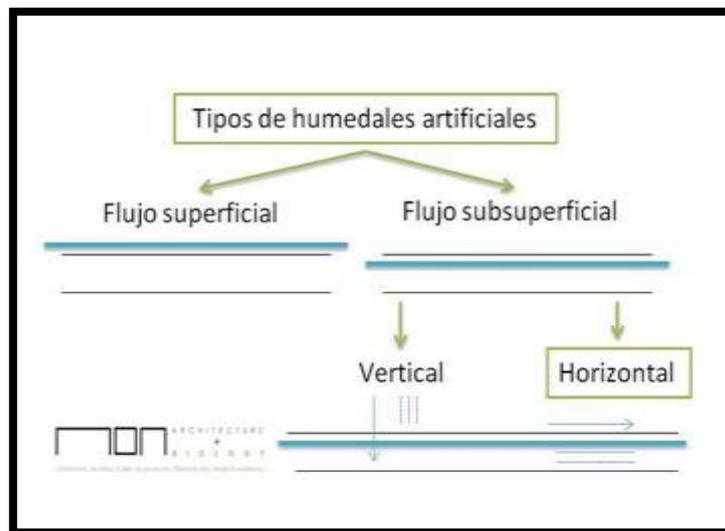


Figura 15. Tipos de humedales artificiales

Fuente: Iagua

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

Humedales artificiales de flujo libre o superficial: el agua circula por encima del sustrato continuamente. Se favorecen las condiciones aerobias al estar el agua directamente expuesta a

la atmósfera. Se emplean para tratar efluentes procedentes de tratamientos secundarios y para crear y restaurar ecosistemas acuáticos. (IAGUA, 2020)

Humedales artificiales de flujo subsuperficial: el agua circula a través del sustrato.

En la mayoría de los casos se usan para el tratamiento de aguas residuales generadas en núcleos de población de menos de 2000 habitantes. En función del sentido del flujo, pueden ser horizontales o verticales. (IAGUA, 2020)

Humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical: el agua circula verticalmente a través del sustrato de manera intermitente. Se suelen incluir chimeneas de aireación para favorecer las condiciones aerobias. Se suelen desarrollar procesos de nitrificación, entre otros. (IAGUA, 2020)

Humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal: el agua circula horizontalmente a través del sustrato de manera continua. Se favorecen las condiciones anaerobias al mantenerse el nivel del agua por debajo del sustrato. Se suelen desarrollar procesos de desnitrificación, entre otros. (IAGUA, 2020)

2.2.5.3 Ámbitos de aplicación

Aguas residuales de origen doméstico o municipal (municipios urbanos y rurales, centros de salud, campamentos, instalaciones hoteleras, clubes deportivos, escuelas, casas, villas). (IAGUA, 2020)

Aguas residuales de origen industrial (refinerías, fábricas de productos químicos, de papel, de curtiduría y textiles, de destilerías, mataderos). (IAGUA, 2020)

Aguas residuales de origen alimentario (producción y procesado de leche, quesos, patatas o azúcar, conserveras).

Aguas residuales de piscifactorías.

Lixiviados de diferentes orígenes (de la agricultura, aeropuertos, autopistas, invernaderos, viveros, vertederos de basura). (IAGUA, 2020)

2.3 Marco conceptual

Humedal artificial: Los humedales artificiales son sistemas de depuración en los que se reproducen los procesos de tratamiento de agua, en concreto, de reducción de contaminantes que tienen lugar en los humedales naturales. (NUEVO, 2020)

PTAR: Las Plantas de Tratamiento son un conjunto de operaciones y procesos unitarios de origen físico-químico o biológico, o combinación de ellos que están envueltos por fenómenos de transporte y manejo de fluidos. (MARQUEZ, I AGUA, 2016)

A. R. Municipales: Conocidas también como aguas servidas, se puede decir que son aguas combinadas ya que aquí encontraremos aguas pluviales, aguas residuales domésticas e incluso aguas residuales industriales, pero previamente tratadas. (ESPINOZA, 2018)

Tipos de tratamientos: Para el tratamiento de las aguas residuales existen muchos métodos que varían dependiendo de los contaminantes y de las descargas que se quieran realizar en general se realizan los tratamientos preliminares, tratamientos primarios, tratamientos secundarios y tratamientos terciarios. Las aguas que llegan a la PTAR se les realizan los siguientes tratamientos; (ABAD, 2016)

Tratamiento Preliminar: Es el tratamiento donde se remueven los sólidos de gran tamaño y las arenas presentes en las aguas negras. Se conoce también como el proceso de eliminación de los constituyentes de las aguas residuales que pueden provocar daños al funcionamiento de los equipos involucrados en los diferentes procesos y operaciones que conforman el sistema de tratamiento. (MARQUEZ, I AGUA, 2016)

Tratamiento Primario: Es el tratamiento donde se remueve una fracción los sólidos sedimentables y en suspensión por medios físicos y/o químicos. El Efluente del tratamiento primario suele tener una cantidad alta de materia orgánica y una DBO alta. (MARQUEZ, I AGUA, 2016)

Tratamiento Secundario: Es el tratamiento donde se transforma la materia orgánica biodegradable por la acción biológica en materia estable. Está principalmente diseñado a la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos, en algunos casos se incluye desinfección en esta etapa. (MARQUEZ, I AGUA, 2016)

Tratamiento Terciario o avanzado: Son tratamientos adicionales, que siguen a los tratamientos secundarios convencionales, para la eliminación de nutrientes, compuestos tóxicos y excesos de materia orgánica o de sólidos en suspensión. (MARQUEZ, I AGUA, 2016)

Reúso de agua residual: El reúso de aguas residual se puede considerar una estrategia fundamental para el ahorro y uso eficiente del agua, teniendo un valor fundamental para la colaboración en el desarrollo sostenible y que está enmarcado en la gestión integral del recurso hídrico. Otro punto de vista nos lo da Lavrador Filho: “El reúso de Agua Residual es el aprovechamiento del Agua previamente utilizada, una o más veces en alguna actividad para suplir las necesidades de otros usos”.

Aguas Negras: son aguas residuales que contienen coliformes fecales, son ricas en solidos suspendidos y nitrógeno (N), son las que provienen de los urinarios e inodoros trayendo consigo excrementos humanos (heces fecales) y orina. Aquí también entras las aguas provenientes de los lavatorios de cocinas que aportan grasas.

Aguas Grises: son aquellas aguas residuales que provienen principalmente de los lavamanos, duchas, tinas, lavadoras, lavarropas, jacuzzi, y que aportan en su mayoría sólidos suspendidos y pequeñas cantidades de grasas y coliformes fecales.

Aguas residuales: De acuerdo con Mara (1976), las aguas residuales se pueden caracterizar como el agua que se origina producto del sistema de abastecimiento de agua de una comunidad, localidad o población, luego de que haya sido alterada o modificada por diferentes usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, para luego ser recogidas por la red de alcantarillado que las transportara hacia un destino apropiado.

Arena: Está compuesta de partículas muy finas de rocas y minerales. Está formada principalmente por la combinación de varios elementos metálicos con los elementos más comunes de la corteza terrestre: el oxígeno y el silicio. Los silicatos, por lo tanto, son el grupo mineral más variado y extenso en la tierra, tanto así que a partir de este se puede hacer el vidrio. Su densidad es media, son duros, translúcidos y transparentes. El silicio presente en la arena, generalmente, se encuentra en la forma de cuarzo, que es el mineral más resistente a las condiciones climáticas.

Caña de azúcar: Planta gramínea, originaria de la India, con el tallo leñoso, de unos dos metros de altura, hojas largas, lampiñas, y flores purpúreas en panoja piramidal, cuyo tallo está lleno de un tejido esponjoso y dulce, del que se extrae azúcar.

Bagazo: Es el residuo del proceso de fabricación del azúcar a partir de la caña, el remanente de los tallos de la caña después de ser extraído el jugo azucarado que ésta contiene; se ha empleado tradicionalmente en los países azucareros como materia prima para la producción de energía en las calderas de los ingenios o centrales azucareros y su empleo en la manufactura de papel inició hace más de 150 años además de la fabricación de paneles aglomerados de fibras y de partículas y celulosa para derivados farmacéuticos y aditivos de alimentos.

Límite Máximo Permisible: es la cantidad máxima presente en un recurso natural y su abundancia puede ocasionar daños a la salud.

BQO: Demanda Bioquímica de Oxígeno.

DQO: Demanda Química de Oxígeno.

Efluente: Líquido que ha pasado por el proceso de tratamiento.

Agua cruda: Es aquella que no se ha intervenido a ningún tratamiento.

Tratamiento Anaerobio: La digestión anaerobia es un proceso de transformación y no de destrucción de la materia orgánica, como no hay presencia de un oxidante en el proceso, la capacidad de transferencia de electrones de la materia orgánica permanece intacta en el metano producido. En vista de que no hay oxidación, se tiene que la DQO teórica del metano equivale a la mayor parte de la DQO de la materia orgánica digerida (90 a 97%), una mínima parte de la DQO es convertida en lodo (3 a 10%). En las reacciones bioquímicas que ocurren en la digestión anaerobia, solo una pequeña parte de la energía libre es liberada, mientras que la mayor parte de esa energía permanece como energía química en el metano producido. (RODRIGUEZ, s.f.)

Tratamiento Aerobio: En este tipo de tratamiento se llevan a cabo procesos catabólicos oxidativos. Como el catabolismo oxidativo requiere la presencia de un oxidante de la materia orgánica y normalmente este no está presente en las aguas residuales, él requiere ser introducido artificialmente. La forma más conveniente de introducir un oxidante es por la disolución del oxígeno de la atmósfera, utilizando la aireación mecánica, lo que implica altos costos operacionales del sistema de tratamiento. Adicionalmente la mayor parte de la DQO de la materia orgánica es convertida en lodo, que cuenta con un alto contenido de material vivo que debe ser estabilizado. (RODRIGUEZ, s.f.)

PH: El ph es considerado un indicador del potencial de hidrógenos, en las sustancias considerándose así un elemento ácido tienen una medición de 0 y el 14 es el puesto base. El nivel 7 como su nombre lo indica es neutro. (ABAD, 2016)

Contaminación hídrica: Se define como la presencia de productos químicos, tóxicos y/o agentes biológicos en los cuerpos de agua que generan un cambio en las propiedades físicas, químicas o biológicas del agua y ocasionan un impacto negativo en un hacia la salud humana y el medio ambiente. (MACÍAS, 2020)

2.4 Marco legal

2.4.1 Texto Unificado Legislación Secundaria del Ministerio del Medio Ambiente (TULSMA)

2.4.1.1 Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes:

Recurso Agua.

Introducción.

La presente norma técnica ambiental revisada y actualizada es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. La presente norma técnica determina o establece:

1. Los principios básicos y enfoque general para el control de la contaminación del agua;
2. Las definiciones de términos importantes y competencias de los diferentes actores establecidas en la ley;
3. Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos;

4. Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;

5. Permisos de descarga;

6. Los parámetros de monitoreo de las descargas a cuerpos de agua y sistemas, de alcantarillado de actividades industriales o productivas, de servicios públicas o privadas;

7. Métodos y procedimientos para determinar parámetros físicos, químicos y biológicos con potencial riesgo de contaminación del agua.

1. Objeto

La norma tiene como objeto la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua. El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar los usos asignados, la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general. Las acciones tendientes a preservar, conservar o recuperar la calidad del recurso agua deberán realizarse en los términos de la presente Norma.

2. DEFINICIONES

Para el propósito de esta norma se consideran las definiciones establecidas en el Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, y las que a continuación se indican:

2.1 Afluente: es el agua, agua residual u otro líquido que ingrese a un cuerpo de agua receptor, reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento.

2.2 Agua dulce: es aquella que no contiene importantes cantidades de sales. En general se consideran valores inferiores a 0.5 UPS (unidad práctica de salinidad que representa la cantidad de gramos de sales disueltas por kg de agua).

2.3 Agua marina: es el agua de los mares y océanos. Se distinguen por su elevada salinidad, también conocida como agua salada. Las aguas marinas corresponden a las aguas territoriales en la extensión y términos que fijen el derecho internacional, las aguas marinas interiores, las de las lagunas y esteros que se comuniquen permanentemente.

2.4 Agua residual: es el agua de composición variada proveniente de uso doméstico, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de otra índole, sea público o privado y que por tal motivo haya sufrido degradación en su calidad original.

2.5 Agua residual industrial: agua de desecho generada en las operaciones o procesos industriales.

2.6 Agua residual doméstica: mezcla de: desechos líquidos de uso doméstico evacuados de residencias, locales públicos, educacionales, comerciales e industriales.

2.13 Carga contaminante: Cantidad de un contaminante aportada en una descarga de aguas residuales, o presente en un cuerpo receptor expresada en unidades de masa por unidad de tiempo.

2.14 Carga máxima permisible: Es el límite de carga de un parámetro que puede ser aceptado en la descarga a un cuerpo receptor o a un sistema de alcantarillado.

2.23 Criterio de la calidad del agua: concentración numérica o enunciado descriptivo recomendado sobre parámetros físicos químicos y biológicos para mantener determinado uso benéfico del agua. Los criterios de calidad para diversos usos del agua son la base para determinación de los objetivos de calidad en los tramos de un cuerpo receptor. Esta determinación generalmente demanda un proceso de modelación del cuerpo receptor en donde se consideran las condiciones más críticas de caudales del cuerpo receptor, las cargas futuras de contaminantes y la capacidad de asimilación del recurso hídrico.

2.24 Cuerpo receptor: río, cuenca, cauce o cuerpo de agua que sea susceptible de recibir directa o indirectamente el vertido de aguas residuales.

2.28 Descarga de aguas residuales: Acción de verter aguas residuales a un sistema de alcantarillado o cuerpo receptor.

5.2 Criterios generales para la descarga de efluentes

5.2.2.2 Obligaciones del sujeto de control

a) El sujeto de control, adicionalmente del cumplimiento de las obligaciones que devengan de la autorización ambiental correspondiente, cuando la Autoridad Ambiental lo requiera, deberá realizar monitoreos de la calidad de los cuerpos de agua que se encuentren influenciados por su actividad.

b) Todos los sujetos de control deberán mantener un registro de los efluentes generados, indicando: (1) coordenadas; (2) elevación; (3) caudal de descarga; (4) frecuencia de descarga; (5) tratamiento existente; (6) tipo de sección hidráulica y facilidades de muestreo; y, (7) lugar de descarga, lo cual debe estar acorde a lo establecido en el Plan de Manejo Ambiental y reportado en la Auditoría Ambiental de Cumplimiento. Es mandatorio que el caudal reportado de los efluentes generados sea respaldado con datos de producción.

c) El regulado deberá disponer de sitios adecuados para muestreo y aforo de sus efluentes y proporcionará todas las facilidades para que el personal técnico encargado del control pueda efectuar su trabajo de la mejor manera posible. A la salida de las descargas de los efluentes no tratados y de los tratados, deberán existir sistemas apropiados para medición de caudales.

d) Los regulados que amplíen o modifiquen su producción, de tal manera que puedan alterarse las características declaradas de sus descargas actualizarán la información entregada a la Entidad Ambiental de Control de manera inmediata, y serán considerados como regulados

nuevos con respecto al control de las descargas que correspondan al grado de ampliación y deberán obtener las autorizaciones administrativas correspondientes.

e) Los sujetos de control que exploren, exploten, refinen, transformen, procesen, transporten o almacenen hidrocarburos o sustancias peligrosas susceptibles de contaminar cuerpos de agua deberán contar y aplicar un plan de contingencia para la prevención y control de derrames, el cual deberá ser aprobado y verificado por la Entidad Ambiental de Control.

5.2.3 Normas generales para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado

5.2.3.1 Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas. Las descargas tratadas deben cumplir con los valores establecidos en la Tabla 8.

5.2.3.2 Las descargas líquidas provenientes de sistemas de potabilización de agua no deberán disponerse en sistemas de alcantarillado, a menos que exista capacidad de recepción en la planta de tratamiento de aguas residuales, ya sea en funcionamiento o proyectadas en los planes maestros o programas de control de la contaminación, en implementación. En cuyo caso se deberá contar con la autorización de la Autoridad Ambiental Nacional o la Autoridad Ambiental Competente que corresponda.

5.2.3.3 Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado sanitario, combinado o pluvial cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros:

a) Fragmentos de piedra, cenizas, vidrios, arenas, basuras, fibras, fragmentos de cuero, textiles, etc. (los sólidos no deben ser descargados ni aún después de haber sido triturados).

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

c) Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán y sus emulsiones de aceite, residuos líquidos que tienden a endurecerse.

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

e) Cianuro, ácido hidrazoico y sus sales, carburos que forman acetileno y sustancias tóxicas.

5.2.3.4 La EPS podrá solicitar a la Entidad Ambiental de Control, la autorización necesaria para que los regulados, de manera parcial o total descarguen al sistema de alcantarillado efluentes, cuya calidad se encuentre por encima de los estándares para descarga a un sistema de alcantarillado, establecidos en la presente norma. La EPS deberá cumplir con los parámetros de descarga hacia un cuerpo de agua, establecidos en esta Norma.

5.2.3.5 Las descargas al sistema de alcantarillado provenientes de actividades sujetas a regularización, deberán cumplir, al menos, con los valores establecidos en la TABLA 8, en la cual las concentraciones corresponden a valores medios diarios.

**TABLA 7: LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
PÚBLICO**

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	70,0
Explosivas o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero

Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	15,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN	mg/l	1,0
Cinc	Zn	mg/l	10,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre Compuestos fenólicos	Cu		1,0
	Expresado como fenol		0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
		mg/l	
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0

Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables	SD	ml/l	20,0
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	220,0
Sólidos totales	ST	mg/l	600,0
Sulfatos	SO ₄ 2	mg/l	400,0
Sulfuros Temperatura	S	mg/l	1,0
	oC		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

Fuente: Secretaria del Agua

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

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

5.2.4.1 Dentro del límite de actuación, los municipios tendrán la facultad de definir las cargas máximas permisibles a los cuerpos receptores de los sujetos de control, como resultado del balance de masas para cumplir con los criterios de calidad para defensa de los usos asignados en condiciones de caudal crítico y cargas contaminantes futuras. Estas cargas

máximas serán aprobadas y validadas por la Autoridad Ambiental Nacional y estarán consignadas en los permisos de descarga. Si el sujeto de control es un municipio, este podrá proponer las cargas máximas permisibles para sus descargas, las cuales deben estar justificadas técnicamente; y serán revisadas y aprobadas por la Autoridad Ambiental Nacional.

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

$$Q_e.C_e = (Q_e + Q_r)C_c - Q_r C_r \text{ En donde:}$$

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 Ante la inaplicabilidad para un caso específico de algún parámetro establecido en la presente norma o ante la ausencia de un parámetro relevante para la descarga bajo estudio, la Autoridad Ambiental Nacional deberá establecer los criterios de calidad en el cuerpo receptor

para los caudales mínimos y cargas contaminantes futuras. La carga máxima permisible que deberá cumplir el sujeto de control será determinada mediante balance de masa del parámetro en consideración. La Entidad Ambiental de Control determinará el método para el muestreo del cuerpo receptor en el área de afectación de la descarga, esto incluye el tiempo y el espacio para la realización de la toma de muestras.

5.2.4.4 Para el caso en el cual el criterio de calidad es la concentración de bacterias, la correspondiente modelación bacteriana es de carácter obligatorio, como parte de un Plan Maestro de Control de la Contaminación del Agua.

5.2.4.5 En los tramos del cuerpo de agua en donde se asignen usos múltiples, las normas para descargas se establecerán considerando los valores más restrictivos de cada uno de los parámetros fijados para cada uno.

5.2.4.6 En condiciones especiales de ausencia de estudios del cuerpo receptor, se utilizarán los valores de la TABLA 9 de limitaciones a las descargas a cuerpos de agua dulce, con el aval de la Autoridad Ambiental Competente. Las concentraciones corresponden a valores medios diarios.

5.2.4.7 Los lixiviados generados en los rellenos sanitarios cumplirán con las normas fijadas considerando el criterio de calidad de acuerdo al uso del cuerpo receptor. Adicionalmente, los límites máximos permisibles para descarga de estos lixiviados a cuerpos de agua, se regirán conforme a la normativa ambiental emitida para el efecto.

TABLA 8: LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0

Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cianuro total	CN	mg/l	1,0
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ex. Carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,05
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100	2000
Color real 1	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	fenol	mg/l	0,2
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200

Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,005
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60,0
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Total e s	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	ml/l	1600
Sulfatos	SO ₄ 2	mg/l	1000

Sulfuros	S2	mg/l	0,5
Temperatura	oC		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida			

Fuente: Secretaría del Agua

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

5.2.4.8 Las aguas provenientes de la explotación petrolífera y de gas natural, podrán ser reinyectadas de acuerdo a lo establecido en las leyes, reglamentos y normas específicas, que se encuentren en vigencia, para el sector hidrocarburífero.

5.2.4.9 Las aguas residuales que no cumplan con los parámetros de descarga establecidos en esta Norma, deberán ser tratadas adecuadamente, sea cual fuere su origen: público o privado. Los sistemas de tratamiento deben contar con un plan de contingencias frente a cualquier situación que afecte su eficiencia.

5.2.4.10 Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia los cuerpos receptores, canales de conducción de agua a embalses, canales de riego o canales de drenaje pluvial, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas.

5.2.5 Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua marina

5.2.5.1 Se prohíbe la descarga de aguas residuales domésticas e industriales a cuerpos de agua salobre y marina, sujetos a la influencia de flujo y refluo de mareas. Todas las descargas a cuerpos de agua estuarinos, sin excepción, deberán ser interceptadas para tratamiento y

descarga de conformidad con las disposiciones de esta norma. Las Municipalidades deberán incluir en sus planes maestros o similares, las consideraciones para el control de la contaminación de este tipo de cuerpos receptores, por efecto de la escorrentía pluvial urbana.

5.2.5.2 Las descargas de efluentes a cuerpos de agua marina, se efectuarán teniendo en cuenta la capacidad de asimilación del medio receptor y de acuerdo al uso del recurso que se haya fijado para cada zona en particular.

5.2.5.2.1 Las descargas de efluentes a cuerpos de agua marina para zonas del litoral consideradas de interés turístico y donde se priorice la defensa de la calidad del agua para recreación con contacto primario, deberán ser dispuestas previo tratamiento, mediante emisarios submarinos y en estricto cumplimiento de los límites fijados en la columna B de la tabla 10 de la presente norma, cuyas concentraciones corresponden a valores medios diarios. Para la instalación de emisarios submarinos se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

a) Se aplicará de forma obligatoria y como mínimo, un tratamiento primario antes de la cámara de carga del emisario submarino.

b) Los diseños e instalaciones de los emisarios submarinos que propongan los regulados, serán sometidos a aprobación de la Autoridad Ambiental Nacional y deberán contar con el respectivo proceso de licenciamiento ambiental.

c) Para los sujetos de control que actualmente descargan sus efluentes tratados en la línea de Playa y que, por las consideraciones de la presente Norma, deban instalar emisarios submarinos, se concederá un plazo de 12 meses para presentar los respectivos proyectos e iniciar el proceso de licenciamiento ambiental. Una vez aprobado el proyecto y obtenida la Licencia Ambiental se concederá un plazo de dos años para la instalación y puesta en marcha de los mismos. Para nuevos sujetos de control, los proyectos de diseño e instalación de

emisarios submarinos deberán contemplarse como parte integral del proceso de obtención de la licencia ambiental con los plazos que la Autoridad Ambiental Nacional fije en el respectivo Plan de Manejo

5.2.5.2.2 Las descargas de efluentes a cuerpos de agua marina para sectores no considerados en el artículo

5.2.5.2.1, deberán cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en la columna A de la tabla 10 de la presente Norma, cuyas concentraciones corresponden a valores medios diarios.

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

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

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

**TABLA 9. LÍMITES DE DESCARGA DE EFLUENTES A CUERPOS DE AGUA
MARINA**

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
------------	----------------	--------	--------------------------

			A) DESCARGAS EN ZONA DE ROMPIENTES	(B) DESCARGAS MEDIANTE EMISARIOS SUBMARINOS
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0	30,0
Arsénico total	As	mg/l	0,5	0,5
Aluminio	Al	mg/l	5,0	5,0
Cianuro total	CN	mg/l	0,2	0,2
		mg/l		
Cinc	Zn	mg/l	1,0	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100	2000	2000
Color	Color verdadero	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20	Inapreciable en dilución: 1/20
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5	0,5
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	200,0	400
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	400	600
Hidrocarburos Totales de Petróleo.	TPH	mg/l	20,0	20,0

Materia flotante	Visibles		Ausencia	Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,01	0,01
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	40,0	40,0
Potencial de hidrógeno	pH		6-9	6-9
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	250	250
Sulfuros	S ₂	mg/l	0,5	0,5
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	µg/l	50,0	50,0
Compuestos Organofosforados	Organofosforados total e s	µg/l	100,0	100,0
Carbamatos	Especies totales	mg/l	0,25	0,25
Temperatura	Oc		<35	<35
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5

La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida

Fuente: Secretaria del Agua

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Metodología de la investigación

Para desarrollar el tema de investigación se procederá a realizar el diseño conceptual de un humedal artificial teniendo como medio de soporte el bagazo de la caña de azúcar y arena. Se quiere obtener un tipo de tratamiento poco convencional, por lo que se utilizará el bagazo de la caña porque se ha comprobado que es un excelente medio filtrante para mejorar la calidad el agua tratada.

En la presente investigación se utilizarán varios métodos que serán de gran utilidad para dar solución a una problemática que afecta a varios habitantes de dicho sector. Las técnicas que se van a emplear introducen una recolección de datos que se serán analizados con la finalidad de dar soporte técnico, así dar información pertinente con la validez necesaria.

La metodología necesaria para llevar a cabo este tema de investigación debe ser precisa, para que proporcione claridad y confiabilidad al momento de desarrollar los temas puntuales como el tipo de humedal que se debe implementar. La metodología adecuada garantiza el buen desarrollo de nuestro trabajo, cumpliendo con los objetivos planteados y de esta manera alcanzar el resultado que tanto se espera.

La metodología que se implementará estará acompañada de temas literarios y teóricos que permitirán mantener esa conexión y el completo análisis basado en diferentes percepciones que ayudarán a definir un diseño conceptual viable.

Todo investigador debe contar con este plan de trabajo llamado metodología, es un guía para demostrar su dominio del tema y permitir que los demás tengan una comprensión efectiva.

3.2 Tipo de investigación

Exploratorio: Será exploratorio porque se va a indagar y recopilar información sobre los nuevos procesos de humedales artificiales y se quiere destacar aspectos importantes que aporten para desarrollar nuevos métodos y datos necesarios sobre el tema a resolverse.

3.3 Enfoque de la investigación

Se procederá a aplicar el enfoque cuantitativo porque se busca recoger y analizar datos, centrados a la realidad y que permita la comprensión de lo que se está investigando.

3.4 Técnicas de investigación

La observación es una de las técnicas que se va a aplicar en el proyecto, lo cual permitirá conocer todos los detalles físicos de la población y con dicha información crear registros porcentuales. También se utilizará la técnica bibliográfica, para la búsqueda de conocimientos e información existente, que sirvan de base para complementar el desarrollo de la investigación.

3.5 Ubicación del cantón

El cantón Crnel. Marcelino Maridueña constituido como tal el 7 de enero de 1992, se sitúa en la provincia del Guayas y está ubicada al este con una distancia de 65 km al puerto principal de Guayaquil. Su población aproximada es de 12.033 habitantes, según el censo poblacional del año 2010, pero en la actualidad conforme la proyección poblacional debe bordear por los 13.090 habitantes.

Su extensión territorial es de 254.37 km², y sus límites son los siguientes:

Al norte: con los cantones Naranjito y milagro, separados por el Rio Chimbo.

Al sur: Con el cantón El Triunfo y el cantón Cumandá, de la provincia de Chimborazo.

Al este: Con el cantón El Triunfo y el cantón Cumandá, de la provincia de Chimborazo.

Al oeste: con el cantón Yaguachi.

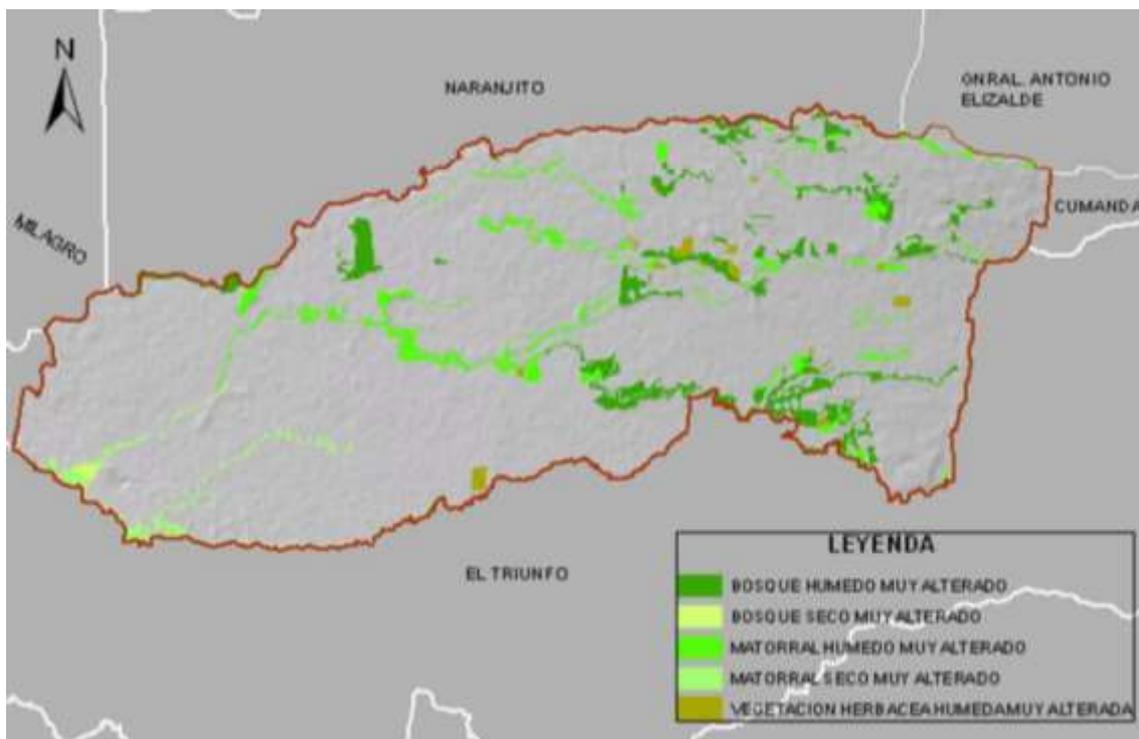


Figura 16. Ubicación del cantón Crnel. Marcelino Maridueña

Fuente: Sistema Nacional de Información

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

3.6 Estado actual del cantón

El cantón Crnel. Marcelino Maridueña a lo largo del tiempo ha tenido un crecimiento urbanístico de sus ciudadelas y centros poblados del área rural. En la cabecera cantonal se ha podido establecer de manera aproximada, que la red vial local a disposición de su población de su población se encuentra compuesta según el detalle presentado a continuación:

- Calles lastradas, 10% de la red vial.
- Calles asfaltadas, 50% de la red vial.
- Calles adoquinadas, 32% de la red vial.
- Callas hormigonadas, 8% de la red vial.

Por lo tanto, se ha recolectado los datos de la infraestructura de la Cdla. Los Parques I y Los Parques II.

3.6.1 Red vial

Posee vías pavimentadas de adoquín o asfalto, y existen zonas que se encuentran caminos de lastre, que en el futuro se prevé la pavimentación respectiva. **Figura 15 y Figura 16**



Figura 17. Fotografía de calles de la Cdla. Los Parques I

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)



Figura 18. Fotografía de calles de la Cda. Los Parques II

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

3.6.2 Agua potable

Actualmente la Cda. Los Parques I y Los Parques II cuenta con:

- Pozo de diámetro 8” de 75 metros de profundidad para el abastecimiento de la población.
- Sistema de bombeo con una bomba sumergible de potencia 60 hp.
- Reservorio bajo de 1000 m³ que abastece a la reserva alta de 100 m³, distribuido mediante tanque elevado, incluye una bomba de potencia 4 hp que mejora la presión en horas pico.
- Acometidas de diámetro 25 mm.
- Tubería de matrices de distribución en un rango de diámetro entre 50 mm a 160 mm.



Figura 19. Estación de bombeo de agua potable para la Cdla. Los Parques I y Los Parques II

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

3.6.3 Sistema de alcantarillado sanitario

- Sistema de tubería de recolección de AASS público.
- Sistema de recolección mediante tuberías de diámetro entre 160 mm a 400 mm, que conduce el agua servida a la estación de bombeo.
- Bomba de potencia 20 hp, que impulsa las aguas residuales a las lagunas de oxidación conformada de 3 lagunas de recepción y 3 lagunas de decantación.
- Tubería de descarga al Río Chimbo de diámetro 200 mm.



Figura 20. Estación de bombeo de agua servidas para la Cdla. Los Parques I y Los Parques II

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

3.6.4 Servicio de alcantarillado pluvial

- Sistema de drenaje pluvial independiente mediante colectores de recolección.
- Transportación de agua con tubería de diámetro entre 160 mm a 500 mm.
- Descarga de agua a los canales perimetrales de la zona urbana del cantón Crnel.

Marcelino Maridueña, Cdla. Los Parques I y Los Parques II.



Figura 21. Alcantarillado pluvial ubicado en la Cdla. Los Parques I y Los parques II

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

3.7 Descripción del sitio donde se implementará el Sistema de tratamiento

A continuación, se describe el sitio donde se implementará el Sistema de tratamiento en base a humedal artificial, cuenta con un área de 46.750 m², donde actualmente existen 6 lagunas de oxidación para el proceso de tratamiento de aguas servidas, se encuentran habilitadas sólo dos lagunas para el proceso empírico de tratamiento de las aguas residuales, el sitio se encuentra ubicado a 1218 metros de distancia de la población del cantón Crnel. Marcelino Maridueña.

Dimensiones de las lagunas de oxidación para el tratamiento de las aguas servidas:

Tabla 10. Dimensiones de las piscinas para el tratamiento.

Detalle	Dimensión (largo, ancho)	Área en m ²
3 lagunas principales	100 m x 55 m	5500
3 lagunas secundarias	100 m x 35 m	3500

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

La descarga de las aguas residuales es directa a la laguna principal, no existe ningún sistema de tratamiento ya que esta laguna no se le ha dado un adecuado mantenimiento y además está subdimensionada para el caudal a ser tratado, y por lo tanto la laguna es contaminada día a día, sin control alguno, inclusive el sitio es usado para disponer la basura de los habitantes cercanos al sitio.



Figura 22. Área de la población beneficiada con el sistema de tratamiento de aguas servidas

Fuente: Google Earth.

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)



Figura 23. Ubicación georreferenciada de la planta de tratamiento de AASS.

Fuente: Google Earth.

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

Tabla 11. Coordenadas de la ubicación de las lagunas de tratamiento de AASS.

COORDENADAS DE LA UBICACIÓN DE LAS LAGUNA EXISTENTES DE TRATAMIENTO		
DETALLE	NORTE	ESTE
P1	671575,48	9753737,40
P2	671802,81	9750035,24
P3	671904,37	9753946,56
P4	671679,12	9753653,41

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

3.8 Población actual en Cdlas. Los Parques I y Los Parques II

Según el censo de GAD del cantón Crnel. Marcelino Maridueña la población donde se va a realizar la investigación son las ciudadelas Los Parques I y Los parques II cuyo número de habitantes es de 4280 habitantes, pertenecientes al cantón Crnel Marcelino Maridueña.



Figura 24. Ubicación georreferenciada de la cabecera cantonal Crnel. Marcelino Maridueña.

Fuente: Google Earth.

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

Tabla 12. Coordenadas de la ubicación de la cabecera cantonal Crnel. Marcelino Maridueña.

COORDENADAS DE LA POBLACION		
DETALLE	NORTE	ESTE
P1	672953,95	9755167,71
P2	673342,35	9755479,61
P3	673613,80	9754206,03
P4	673001,66	9754071,35

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

3.8.1 Cálculo de población futura de las Cdls. Los Parques I y Los Parques II

Proyección a 25 años.

Para el cálculo de la población futura se utilizó como fuente los datos del departamento de planificación del GAD del cantón Crnel. Marcelino Maridueña. La población actual es de 4280 habitantes, la población de los años 2010, 2001 serán calculadas en base a los porcentajes de crecimiento del cantón en esos años, de acuerdo con las proyecciones presentadas por el INEC.

Tabla 13. Datos en base al porcentaje de crecimiento de acuerdo a los censos 2001,2010 y la proyección del 2020 con respecto a la población actual.

AÑO	POBLACIÓN ESTIMADA
2001	3602
2010	3921
2021	4280

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

Para el cálculo de la población futura al 2046 se utilizarán los siguientes métodos:

Método Aritmético

$$Pf = Po + Ka (Tf - To)$$

$$Ka = \frac{Pf - Po}{Tf - To}$$

Donde:

Pf: Población futura o proyectada

Po: Población presente

K: Tasa de cambio de población

Tf: Tiempo de censo próximo

To: Tiempo de censo actual

$$Ka1 = \frac{3921 - 3602}{2010 - 2001} = \frac{319}{9} = 35.44 \frac{Hab}{año} = 36 \frac{hab}{año}$$

$$Ka2 = \frac{4280 - 3921}{2021 - 2010} = \frac{359}{11} = 32.64 \frac{Hab}{año} = 33 \frac{Hab}{año}$$

$$Ka \text{ promedio} = \frac{36 + 33}{2} = \frac{69}{2} = 34.5 \frac{Hab}{año} = 35 \frac{hab}{año}$$

$$P2046 = 4280 + 35 (2046 - 2021)$$

$$P2046 = 4280 + 875$$

$$P2046 = 5155 \text{ hab.}$$

Método Geométrico

$$Pf = Po(1 + r)^{\Delta t}$$

$$r = \left(\frac{Pf}{Po}\right)^{\frac{1}{Tf - To}} - 1$$

Pf: Población Final

Po: Población de censo actual

Tf: Tiempo de censo próximo

r: Tasa de crecimiento

$$r1 = \left(\frac{3921}{3602}\right)^{\frac{1}{2010 - 2001}} - 1$$

$$r1 = 0.00947$$

$$r_2 = \left(\frac{4280}{3921}\right)^{\frac{1}{2021-2010}} - 1$$

$$r_2 = 0.00799$$

$$r = \frac{0.00947 + 0.00799}{2} = 0.00873$$

$$P_{2046} = 3062(1 + 0.00873)^{(2046-2001)}$$

$$P_{2046} = 4528 \text{ hab.}$$

Método Exponencial

$$P_f = P_o e^{k(T_f - T_o)}$$

$$K = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$$

Donde:

P_{cp}: Población del censo posterior

P_{ca}: Población del censo anterior

T_{cp}: Año correspondiente al censo posterior

T_{ca}: Año correspondiente al censo anterior

$$K_1 = \frac{\ln(3062) - \ln(3921)}{2001 - 2010} = 0.02748$$

$$K_2 = \frac{\ln(3921) - \ln(4280)}{2010 - 2021} = 0.00796$$

$$K = \frac{0.02748 + 0.00796}{2} = 0.01772$$

$$P_{2046} = 3062 * e^{0.01772(2046-2001)}$$

P₂₀₄₆= 6431 hab.

La Población Final se calcula el promedio entre los 3 métodos empleados.

$$\text{Población final} = \frac{5155 + 4528 + 6431}{3} = 5372 \text{ habitantes.}$$

3.8.2 Cálculo del caudal medio diario del consumo de agua potable

$$Q_{\text{med}} = \frac{q * N}{1000 * 86400}$$

Donde:

Q_{med}= Caudal medio diario de agua potable

q=dotación(l/hab*día)

N= número de habitantes(hab)

Tabla 14. Dotaciones de consumo de agua potable.

POBLACIÓN (habitantes)	CLIMA	DOTACIÓN MEDIA FUTURA (l/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120 – 150
	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
5000 a 50000	Frío	180 – 200
	Templado	190 – 220
	Cálido	200 – 230
Más de 50000	Frío	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

Fuente: Secretaria del Agua

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

La dotación se considera de acuerdo a las NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES, por encontrarse en un clima cálido tomaremos el valor de 200 l/hab*día.

Datos:

Qmed=?

q=200 l/hab*día

N=5372 hab.

$$Q_{med} = \frac{(200 \frac{l}{hab * día} \times 5372 hab)}{1000 \times 86400} =$$

Qmed= 0.0124 m3/seg.

3.8.3 Cálculo del caudal medio diario del agua residual

$$Q_{med.AR} = Q_{med.AP} * Cr$$

Donde:

Qmed. AR= Caudal medio diario del agua residual

Qmed. AP= Caudal medio diario del agua potable

Cr= Coeficiente de retorno (0.8)

Datos:

Qmed. AR=?

Qmed. AP= 0.0124 m3/seg

Cr= 0.8

$$Q_{med.AR} = 0.0124 \text{ m}^3/\text{seg} * 0.8 =$$

$$Q_{med.AR} = 0.00992 \text{ m}^3/\text{seg}$$

3.9. Pruebas de laboratorio

Se llegó hasta la estación de bombeo de las Aguas Residuales del cantón Crnl. Marcelino Maridueña donde posteriormente se procedió con la toma de muestras de las aguas y con lo siguiente:

- Se realizó el reconocimiento del sitio
- Se empezó el periodo de pruebas a las 9 a.m. como se había establecido con el personal del laboratorio.
- Se realizaron tomas de muestra en diferentes horarios, específicamente una muestra cada hora, para tomar alícuotas y luego juntarlas para crear la muestra compuesta.
- Las muestras a medida que eran tomadas fueron colocadas en recipientes proporcionados por el mismo laboratorio.
- Dichas tomas eran guardadas en refrigeración para luego ser llevadas al laboratorio por el equipo técnico.
- Después de varios días llegaron los resultados de las muestras tomadas en la estación de bombeo, las que se presentan a continuación.

TABLA 15. Resultados de Laboratorio

Parámetros	Unidades	Resultados
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	312.4
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	729

Fuente: Pruebas tomadas en la bomba #3 que contiene el agua servida de la Cdma. Los Parques I y Los Parques II.

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

CAPÍTULO IV

INFORME FINAL

4.1 Diseño conceptual del Humedal de Flujo subsuperficial

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

$$A_s = \frac{Q(\ln(\text{DBO5})_e - \ln(\text{DBO5})_s)}{KT(y)(n)}$$

Donde:

- A_s = Área Superficial del humedal (m^2)
- Q = Caudal ($m^3/ \text{día}$)
- $\ln(\text{DBO5})_e$ = Concentración del DBO5 al ingreso
- $\ln(\text{DBO5})_s$ = Concentración del DBO5 a la Salida
- KT = constante de temperatura en el humedal
- y = Profundidad del Humedal (m)
- n = Porosidad promedio de las capas filtrantes del humedal. (%)

Constante de temperatura del humedal

KT = constante de temperatura en el humedal

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

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

$$KT = 1.50$$

TABLA 16. Características del material granular

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

Fuente: ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA - JULIO GARAVITO

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

Datos:

$$Q = 0.00992 \text{ m}^3/\text{seg} = 857,09 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\ln(\text{DBO5})_e = \ln 312,4 = 5,74$$

$$\ln(\text{DBO5})_s = \ln 100 = 4,61$$

$$KT = 1.50$$

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

$$n = 35\%$$

$$A_s = \frac{857,09 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} (\ln(312.4 \text{ mg/l})_e - \ln(100)_s)}{1.5(0.6)(0.35)}$$

$$A_s = 3099,43 \text{ m}^2$$

$$A_s = 3099 \text{ m}^2$$

Cálculo del tiempo de retención Hidráulica (TRH)

TRH=?

$$Q= 857,09 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$As= 3099 \text{ m}^2$$

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

$$n= 35\%$$

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

$$TRH = \frac{3099\text{m}^2 * 0.6\text{m} * 0.35}{857.088\text{m}^3/\text{día}}$$

$$THR= 0.76 \text{ días}$$

Cálculo del ancho teórico del humedal

W = Ancho del Humedal

$$Q = \text{Caudal} = 857.088 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$As = \text{Área Superficial} = 3099 \text{ m}^2$$

$$m = \text{Pendiente del Lecho} = 1\%$$

$$Ks = \text{Conductividad Hidráulica promedio} = 5000$$

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

$$W = \frac{1}{h} \left(\frac{Q * As}{m * ks} \right)^{0.5}$$

$$W = \frac{1}{0.60\text{m}} \left(\frac{857.088 \text{ m}^3/\text{día} * 3099\text{m}^2}{0.01 * 5000} \right)^{0.5}$$

$$W = 384.14 \text{ m}$$

Cálculo del largo teórico del humedal

$$L = \text{Largo del humedal}$$

$$A_s = 3099 \text{ m}^2$$

$$W = 384.14 \text{ m}$$

$$L = \frac{A_s}{w}$$

$$L = \frac{3099 \text{ m}^2}{384.14 \text{ m}}$$

$$L = 8.07 \text{ m}$$

Cálculo del gradiente hidráulico

$$m = 1\% = 0.01$$

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

$$L = 8.07 \text{ m}$$

$$S = \frac{m * h}{L}$$

$$S = \frac{0.01 * 0.60 \text{ m}}{8.07 \text{ m}}$$

$$S = 0.0007 \text{ m/m}$$

Cálculo del área transversal del humedal

$$Q = 857.088 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$K_s = 5000 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$$

$$S = 0.0007 \text{ m/m}$$

$$Ac = \frac{Q}{Ks * s}$$

$$Ac = \frac{857.088 \text{ m}^3/\text{día}}{5000 * 0.0007}$$

$$Ac = 24.49 \text{ m}^2$$

Cálculo de remoción de materia orgánica:

$$So = \text{Concentración del DB05 al ingreso} = 312.4 \text{ mg/l}$$

$$Se = \text{Concentración del DB05 a la Salida} = 100 \text{ mg/l}$$

$$E = ? (\%)$$

$$E = \frac{So - Se}{So} * 100$$

$$E = \frac{312.4 \text{ mg/l} - 100 \text{ mg/l}}{312.4 \text{ mg/l}} * 100$$

$$E = 0.68\%$$

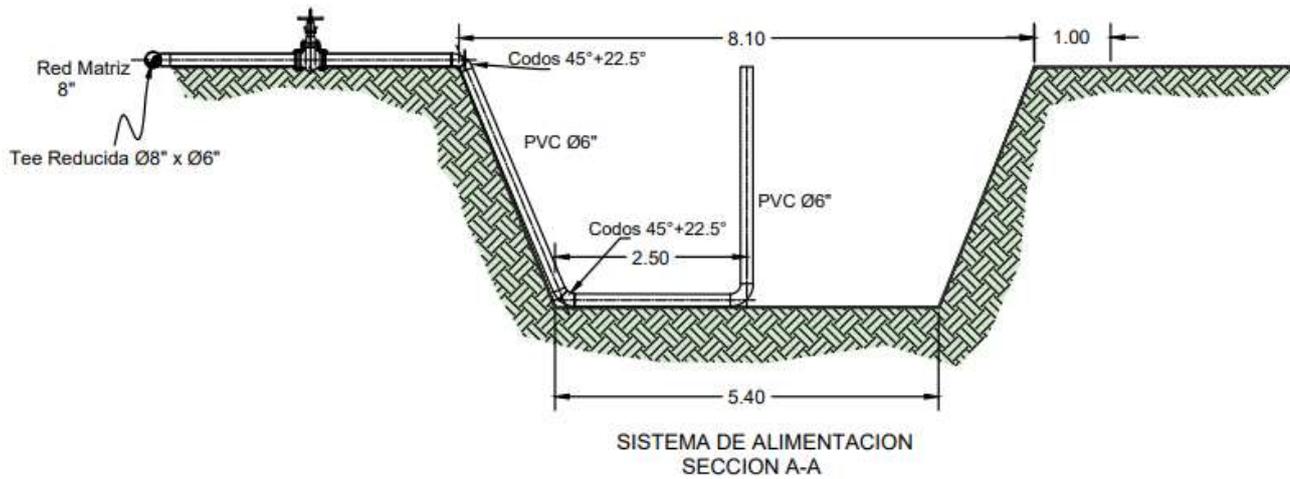


Figura 25. Sección del lecho filtrante

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

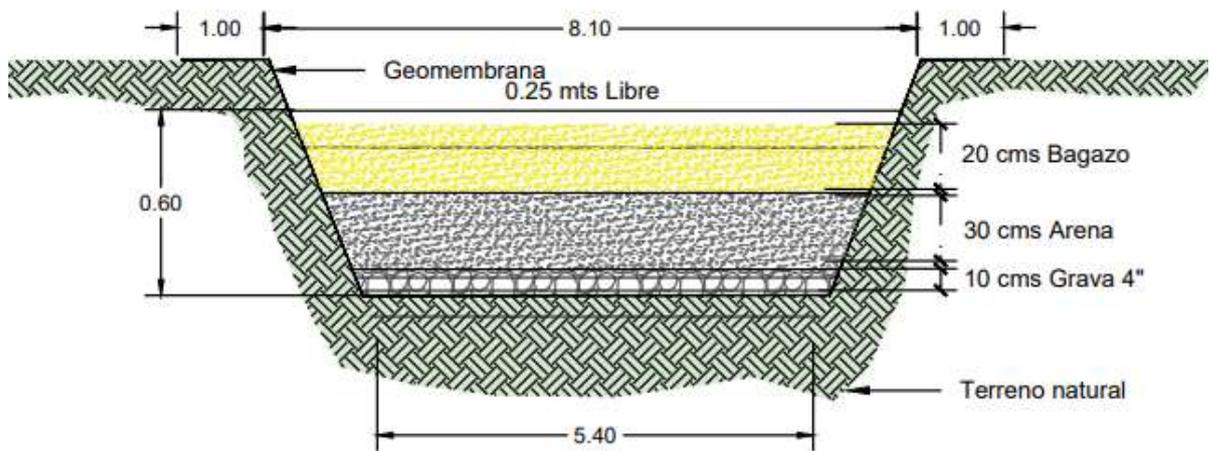


Figura 26. Sección del lecho filtrante

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

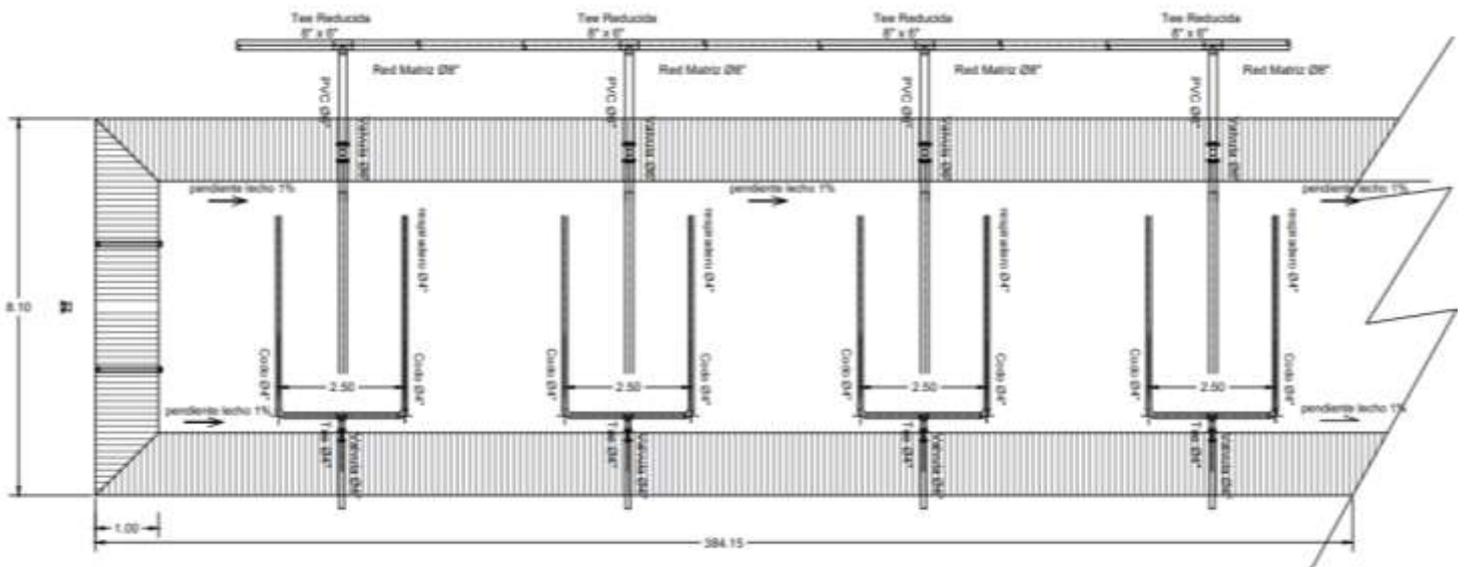


Figura 27. Diseño longitudinal del humedal subsuperficial

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

4.2 Prefactibilidad Financiera

Por medio de una comparación económica de los diferentes humedales artificiales construidos a nivel nacional, se logró obtener los valores referenciales de las construcciones de humedal más representativos en el país.

Teniendo como resultado luego de haber analizados las siguientes construcciones:

1. Construcción del sistema de tratamiento mediante la tecnología de pantanos secos artificiales del sistema Javier Salitral-Puerto Azul.

Contrato original: USD \$ 7'521.897,46

Contrato complementario-modificadorio: USD \$ 2'114.696,58

Contrato complementario #2: USD \$ 240.087,08

Total: USD \$ 9'876.681,12

Cuenta con un área de 100.000 m² (10 Hectáreas).

El costo aproximado por m²: \$ 98,77

2. Reubicación y construcción del nuevo camal Municipal de Santa Cruz, mediante de un humedal artificial.

Contrato original: USD \$ 1.053.260,23

Monto de pantano seco: USD \$ 41.240,41

Cuenta con un área: 170 m²

Dos lechos: uno de lijado 85 m² y pulido 85 m²

El costo aproximado por m²: \$242,59

Una vez revisados los presupuestos de las obras antes mencionadas se puede conocer un valor referencial para la construcción del humedal artificial de flujo subsuperficial, dependiendo del sector en que se vaya a proceder la construcción, ya que por motivo de la distancia de la trasportación de los materiales podría incidir en los costos de construcción.

No obstante, en el sector que se está realizando el diseño conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales usando un humedal artificial como medio de soporte el bagazo de caña de azúcar y arena, para las ciudadelas Los Parques I y Los Parques II del cantón Crnel. Marcelino Maridueña, provincia del Guayas, cuya actividad principal es la cañicultura por este motivo se procedió a utilizar como medio de soporte el bagazo de caña de azúcar, ya que es un excelente biofiltro y de fácil acceso y sin costo, por el motivo que en dicho cantón se encuentra ubicado la empresa Ingenio San Carlos.

El valor estimado de la planta de tratamiento con una superficie de 3099 m² es de \$ 345.572,46, siendo el costo por m² de \$ 111,51. En la siguiente Tabla se muestra el desglose de los costos de los principales rubros del humedal artificial que se propone.

Costo por tratamiento de agua servida en el humedal artificial propuesto es de:

Datos:

Costo de la obra: \$ 345.572,46

Caudal: 0.00992 m³/seg = 9,92 lt/seg

TABLA 17: PRESUPUESTO REFERENCIAL

ITEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P.TOTAL
1,00	PRELIMINAR				
	Limpieza del terreno	m2	3099	\$0,70	\$2.169,30
	Trazado y replanteo	m2	3099	\$1,12	\$3.470,88
2,00	MOVIMIENTO DE TIERRA				
	Excavación para pantano	m3	2.169,30	\$3,91	\$8.481,96
	Reconformación del terreno	m2	3099	\$6,93	\$21.476,07
	Desalojo de material	m3	2.169,30	\$3,02	\$6.551,29
	Material de mejoramiento	m3	309,90	\$13,01	\$4.031,80
3,00	OBRA CIVIL				
	Impermeabilización con geomembrana	m2	4125,5	\$11,50	\$47.443,25
	Construcción de taludes para muros del pantano	m3	392,21	\$2,11	\$827,56
	Construcción de canal de distribución de hormigón armado de aguas residual	m3	35,8	\$397,85	\$14.243,03
	Cajas de revision de hormigon simple	m3	3,55	\$205,47	\$729,42
	Tapas de hormigon armado para cajas de revision de 1,00x1,00 m e=0,20m	unidad	5	\$76,62	\$383,10
4,00	TUBERIAS Y ACCESORIOS				
	Tuberia, valvulas y accesorios para pantano	global	1	\$1.700,00	\$1.700,00
5,00	COMPONENTES DEL HUMEDAL				
	Implantacion de vegetación (juncos)	unidad	61.980	\$2,87	\$177.882,60
	Arena	m3	929,7	\$14,00	\$13.015,80
	Grava	m3	309,9	\$18,50	\$5.733,15
	Bagazo instalación	global	1	\$500,00	\$500,00
6,00	MEDIDAS DE MITIGACION AMBIENTAL				
	Suministro e instalación de letrero informativos de la obra	unidad	1	\$250,00	\$250,00
7,00	PLAN DE MITIGACION Y SEGURIDAD OCUPACIONAL				
	señalética de medidas de bioseguridad	global	1	\$55,00	\$55,00
	Suministro e instalación de placas de señalización de 30 por 20 cm	unidad	15	\$5,55	\$83,25
8,00	ELECTRICIDAD				
	Cables, cajas, postes, luces led, mallas, transformador, breaker, acometidas, centro de cargas y tablero de iluminación	global	1	\$36.545,00	\$36.545,00
	TOTAL DEL PRESUPUESTO REFERENCIAL				\$345.572,46

Elaborado por: Anastacio y Zuñiga (2022)

$$\frac{\$345572,46}{9,92 \text{ lt/seg}} = \$34.835,93 \text{ por cada litro/seg}$$

4.3 Propuesta de Valor

Este diseño no presenta valores monetarios directos, es un beneficio para los sectores mencionados puesto que contribuye a la preservación del ambiente, que los cuerpos receptores estén libres de contaminación, que el agua tratada cumpla su ciclo. Debemos cuidar de este recurso hídrico puesto que una vez depurado, cumpliendo mencionado ciclo será captado nuevamente para ser potabilizado y consumido por los habitantes. El agua sin contaminar representa menos enfermedades, he aquí la importancia de cuidar este recurso.

CONCLUSIONES

- Se decidió el diseño del humedal subsuperficial porque presenta mejores condiciones. La ventaja con respecto a los otros sistemas es evidente, una de ellas es que, a pesar de estar expuesta al aire libre, no emana olores. Considerando su capacidad de depuración es óptima y de fácil mantenimiento.
- Las descargas fueron consideradas de acuerdo a la normativa ecuatoriana vigente. El diseño está debidamente documentado y enmarcado en los resultados de trabajos ya realizados. Se cumple con los parámetros establecidos sin dejar por fuera el aporte de normas internacionales.
- Se estableció el diseño conceptual de la planta de tratamiento, sabiendo que este es un tema importante a nivel nacional y mundial. El saneamiento y depuración de las aguas residuales sin duda es prioridad de todos los seres humanos. Es importante conocer nuevas alternativas de diseño y que la ciudadanía conozca porque se debe construir este tipo de sistemas, que no necesitan ningún tipo de energía, son ecológicas y además disminuye la contaminación ambiental.

RECOMENDACIONES

- Debido al impacto de las aguas residuales en el medio ambiente, se recomienda prestar atención a investigación ambiental relacionada con este campo.
Considerando la implementación se analizan los diferentes parámetros que nos permiten comprender las características del agua, debe realizarse en un laboratorio acreditado por un organismo de servicio de acreditación ecuatoriano (SAE), para asegurar que los resultados sean lo más cercanos a la realidad posible.
- Realizar estudios enfocados en los procesos de tratamiento de aguas servidas usando filtros amigables con el medio ambiente y desarrollar nuevas investigaciones con respecto a materiales innovadores que se puedan utilizar en estos tipos de humedales artificiales.
- Es recomendable cambiar cada 30 días el filtro del bagazo de caña de azúcar, ya que es un material biodegradable y podría incrementar las cargas contaminantes en el efluente, una vez que el biofiltro deje de actuar sobre el humedal sus cargas contaminantes aumentarían proporcionalmente con el tiempo de uso.
- Se recomienda al GAD Municipal del cantón Coronel Marcelino Maridueña que se tome en cuenta este proyecto que sin duda es de gran importancia para el desarrollo local, puesto que es necesario que se realice un trabajo complementario de acompañamiento a esta investigación por parte de la institución y se incluya en el plan de ordenamiento y desarrollo territorial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(SARAR), J. L. (12 de DICIEMBRE de 2018). *SSWM*. Obtenido de

<https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-saneamiento/tratamiento-semi-centralizado/humedal-artificial-de-flujo-horizontal-subsuperficial>

ABAD. (NOVIEMBRE de 2016). Obtenido de

http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/16077/1/TESIS%20MGA%20047_%20Diseno%20de%20una%20planta%20de%20tratamiento%20de%20agua%20residuales.pdf

ABAD. (NOVIEMBRE de 2016). *REPOSITORIO UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL*.

Obtenido de

http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/16077/1/TESIS%20MGA%20047_%20Diseno%20de%20una%20planta%20de%20tratamiento%20de%20agua%20residuales.pdf

ABELLÁN, A. (s.f.). *SUD SOSTENIBLE*. Obtenido de <http://sudsostenible.com/tipologia-de-las-tecnicas/medidas-estructurales/humedales/>

aguas residuales. (28 de SEPTIEMBRE de 2018). *aguas residuales*. Obtenido de

<https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/aguas-grises-origen-composicion-y-tecnologias-para-su-reciclaje>

ARGUELLO, Y. (ABRIL de 2019). *REPOSITORIO UG*. Obtenido de

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/42621/1/BMAT-%20S044-%202019-%20Ing.%20CIVIL%20->

%20ARGUELLO%20JIMENEZ%20STALIN%20PATRICIO-
%20ITURRALDE%20COELLO%20DAVID%20ALEJANDRO.pdf

AROCUTIPA. (2013). Obtenido de <https://www.gob.mx/conafor/articulos/bambu-la-planta-de-los-mil-usos?idiom=es#:~:text=Por%20esta%20raz%C3%B3n%20se%20le,y%20captura%20bi%C3%B3xido%20de%20carbono.>

BELZONA. (2018). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES* . Obtenido de https://www.belzona.com/es/solution_maps/wastewater/money_map.pdf

BENAVIDES. (s.f.). Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/11051512.pdf>

Benavides. (2006). *Núcleo*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/11051512.pdf>

BUENAÑO, 2. (MAYO de 2015). Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10534/1/CD-6234.pdf>

CAMPOVERDE. (NOVIEMBRE de 2019). Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4397/ING_635.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CIDTA. (s.f.). *Centro de Investigación y desarrollo Tecnológico del Agua*. Obtenido de <https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/libros/Caracteristicas.PDF>

CONAGUA. (s.f.). *swwm*. Obtenido de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA%202015b.%20Manual%20Humedales%20Artificiales%2030.pdf

CONAGUA. (s.f.). *SSWM*. Obtenido de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA%20s.f.%20Tecnologias%20saneamiento.pdf

DE AGUA. (s.f.). *blog de agua*. Obtenido de <http://blogdeagua.es/que-son-las-aguas-grises/>

DELGADILLO. (2010). Obtenido de

<https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/464/TRABAJO%20DE%20GRADO%202017%20-%20JES%20C3%29AS%20DAVID%20LAVERDE%20SARMIENTO%20-%20YISEL%20VANESSA%20SALAZAR%20FLOREZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ecosorbindustrial. (JUNIO de 2017). *ecosorbindustrial*. Obtenido de

<https://ecosorbindustrial.com/espanol/markets/wastewater.php#:~:text=Los%20olores%20generalmente%20asociados%20con,%2C%20mercaptanos%2C%20aminas%20e%20indoles.&text=El%20sulfuro%20de%20hidr%C3%B3geno%20causa,de%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales>.

ESPINOZA. (2018). Obtenido de *Procesos constructivos en la planta de tratamiento para la reutilización de aguas residuales del Mall El Quinde de Ica*:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/38600/Espinoza_RHJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ESPINOZA. (2018). *Procesos constructivos en la planta de tratamiento para la reutilización de aguas residuales del Mall El Quinde de Ica*. Obtenido de

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/38600/Espinoza_RHJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y

FARIAS. (23 de AGOSTO de 2016). *IAGUA*. Obtenido de

<https://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/que-son-aguas-negras-0>

Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (s.f.). *Fibras y Normas de Colombia*. Obtenido de <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/aguas-negras-definicion-tratamiento-procesos-cambio/>

FRANCO. (2018). *REPSOITORIO ULVR*. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/2462>

FREIRE. (2012). Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5892/1/T-ESPE-034425.pdf>

GONZALEZ. (DICIEMBRE de 2011). Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1238/1/101772.pdf>

GUNT. (2019). PROCESOS BIOLÓGICOS . 21.

GUNT. (2019). TRATAMIENTO DE AGUA PROCESOS BIOLÓGICOS. 43.

GUNT. (2019). TRATAMIENTO DE AGUA PROCESOS BIOLÓGICOS. 43.

IAGUA. (2020). *IAGUA*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/carolina-miguel/los-humedales-artificiales-componentes-y-tipos>

LANDER, R. (15 de DICIEMBRE de 2020). *IAGUA*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamiento-aguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes>

LATARGERE, J. (11 de DICIEMBRE de 2018). *sawn*. Obtenido de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-saneamiento/tratamiento-semi-centralizado/humedal-artificial-de-flujo-superficial-libre>

- LUDIZACA, G. Y. (2017). *Universidad de Cuenca*. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/27743/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>
- MACÍAS. (2020). *UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR*. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MACIAS%20RENDON%20FABIO%20PAUL.pdf>
- MARQUEZ. (2016). *I AGUA*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/conocimientos-basicos-plantas-tratamiento-aguas-residuales-ptar-modulo-i>
- MARQUEZ. (13 de MARZO de 2017). *IAGUA*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>
- MERINO. (2017). *MECANISMOS DE REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y NUTRIENTES EN UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PASIVO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES*. Obtenido de <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/422/1/Mar%C3%ADa%20de%20la%20Luz%20Merino%20Sol%C3%ADs.pdf>
- MOLINA, T. (2017). *ANÁLISIS DEL BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS “LÁCTEOS VALENZUELA DIVINO NIÑO” DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI, CANTÓN SAQUISILÍ*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27019/1/Tesis%201208%20-%20Toapanta%20Molina%20-%c3%81lvaro%20Santiago.pdf>
- MOREIRA, M. (2018). *RESPOSITORIO ULVR*. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/2261/1/T-ULVR-2058.pdf>

NUEVO. (2020). *Ingeniería de aguas*. Obtenido de <https://www.tecpa.es/humedales-artificiales-en-depuracion-de-agua-residual/#:~:text=Funcionamiento%20de%20un%20humedal%20artificial&text=Eliminaci%C3%B3n%20de%20materia%20org%C3%A1nica%3A%20sucede,pueden%20ser%20aerobios%20o%20anaerobios>.

NUEVO, D. (14 de MAYO de 2020). *TECPA*. Obtenido de <https://www.tecpa.es/humedales-artificiales-en-depuracion-de-agua-residual/>

PIRE. (5 de DICIEMBRE de 2019). *la contaminación*. Obtenido de <https://lacontaminacion.org/aguas-residuales/>

PORTILLA. (2018). *REPOSITORIO UG*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/32739/1/Tesina%20PORTILLA%20ALLAN%20corregido%20Saltos.pdf>

PULIDO, M. G. (s.f.). Obtenido de <https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/origen-y-caracteristicas-de-las-aguas-residuales>

RODRIGUEZ. (s.f.). Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/tratamiento545.pdf>

Ronquillo, R. (2016). Obtenido de http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/16077/1/TESIS%20MGA%20047_%20Disese%20de%20una%20planta%20de%20tratamiento%20de%20agua%20residuales.pdf

ROTOPLAS. (28 de JULIO de 2019). Obtenido de <https://rotoplas.com.mx/conoce-el-tratamiento-de-aguas-negras/>

- RUÍZ, F. (15 de FEBRERO de 2019). *UNIVERSIDAD DE COSTA RICA*. Obtenido de <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2019/02/15/humedal-artificial-una-propuesta-para-el-manejo-de-aguas-residuales.html>
- S.A.S, A. (08 de AGOSTO de 2017). *ACUATECNICA S.A.S*. Obtenido de <https://acuatecnica.com/tratamiento-aguas-residuales-domesticas-2/>
- SALAS, J. (2 de JULIO de 2018). *IAGUA*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-salas/introduccion-humedales-artificiales-como-tratamiento-aguas-residuales>
- SANDOVAL. (2019). *REPOSITORIO ULVR*. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/3414/1/T-ULVR-2995.pdf>
- SIMÓN. (22 de MARZO de 2017). *fundacionaquae*. Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/claves-las-aguas-residuales-reducir-tratar-reutilizar/>
- TILLEY. (2018). Obtenido de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/TILLEY%20et%20al%202018.%20Compendio%20de%20sistemas%20y%20tecnolog%C3%ADas%20de%20saneamiento.pdf
- WISE. (2016). ¿*COMO FUNCIONA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES?* Obtenido de <https://blog.vise.com.mx/como-funciona-una-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales>
- ZARZA. (s.f.). *iagua*. Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-grises>
- ZARZA. (s.f.). *IAGUA*.

ANEXOS

ANEXO 1. Informes de resultados de los análisis físico- químicos emitidos por el laboratorio de servicios ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH).

1.1. Agua residual sin filtrar (Muestra 1)

 **LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES** 

N° SE: 111-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Alvaro Toapanta **INFORME N°** 111- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 111-17
DIRECCIÓN: Ambato **FECHA DE RECEPCIÓN:** 01 - 06 -17
TELÉFONO: 0992670854 **FECHA DE INFORME:** 08 - 06- 17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1
TIPO DE MUESTRA: Agua residual industria láctea, Saquisilí
IDENTIFICACIÓN: MA - 241-17 Agua Cruda Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 241-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	1342	N/A	01 - 06 -17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	5560	N/A	01 - 06 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	2631	N/A	01 - 06 -17

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:
Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., Ph.D.


Benito Mendoza T., Ph.D.
TECNICO L.S.A. 

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizad(a)s.
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

1.2. Agua residual filtrada (Muestra 2).


LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES


N° SE: 116-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Alvaro Toapanta **INFORME N°** 116- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 116-17
DIRECCIÓN: Ambato **FECHA DE RECEPCIÓN:** 09 - 06 -17
TELÉFONO: 0992670854 **FECHA DE INFORME:** 16 - 06 - 17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual industria láctea, Saquisilí **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA - 249-17 Agua tratada Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 249-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	968	N/A	09 - 06 -17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	1124	N/A	09 - 06 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	498	N/A	09 - 06 -17

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:
 Dr. Juan Carlos Lara R.
 Benito Mendoza T., Ph.D.



Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).

1.3. Agua residual filtrada (Muestra 3).



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 121-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Alvaro Toapanta **INFORME N°** 121-17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 121-17
DIRECCIÓN: Ambato **FECHA DE RECEPCIÓN:** 20-06-17
TELÉFONO: 0992670854 **FECHA DE INFORME:** 27-06-17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1
TIPO DE MUESTRA: Agua residual industria láctea, Saquisilí
IDENTIFICACIÓN:
MA - 254-17 Agua Tratada Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 249-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K*2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	932	N/A	20-06-17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	2120	N/A	20-06-17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	1633	N/A	20-06-17

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., Ph.D.


Benito Mendoza T., Ph.D.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s)

1.4. Agua residual filtrada (Muestra 4)



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 088-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Alvaro Toapanta
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato
DIRECCIÓN: Ambato

INFORME N° 088- 17
N° SE: 088-17

TELÉFONO: 0992670854
NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual industria láctea, Saquisilí
IDENTIFICACIÓN: MA - 220-17

FECHA DE RECEPCIÓN: 30 - 06 -17
FECHA DE INFORME: 07 - 07 -17
TIPO DE MUESTRA:

Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 220-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	1086	N/A	30 - 06 -17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	1505	N/A	30 - 06 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	722	N/A	30 - 06 -17

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara
Benito Mendoza T., Ph.D.


Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizad(a)s.
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 del

FMC2101-01

1.5. Agua residual filtrada (Muestra 5)


LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES


N° SE: 119-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Alvaro Toapanta **INFORME N°** 119-17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 119-17
DIRECCIÓN: Ambato **FECHA DE RECEPCIÓN:** 10-07-17
TELÉFONO: 0992670854 **FECHA DE INFORME:** 18-07-17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual industria láctea, Saquisilí **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: Agua
MA - 263-17

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 263-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	958	N/A	10-07-17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	1151	N/A	10-07-17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	549	N/A	10-07-17

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:
 Dr. Juan Carlos Lara
 Benito Mendoza T., Ph.D.




Dr. Juan Carlos Lara
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 1 FMC2101-01

1.6. Agua residual filtrada (Muestra 6)


LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES


N° SE: 135-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Alvaro Toapanta **INFORME N°** 135-17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 135-17
DIRECCIÓN: Ambato

TELÉFONO: 0992670854 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 20 - 07 -17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual industria láctea, Saquisilí **FECHA DE INFORME:** 27 - 07 -17
IDENTIFICACIÓN: **TIPO DE MUESTRA:**
MA - 280-17 Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 280-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	1018	N/A	20 - 07 -17
DDO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	5435	N/A	20 - 07 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	2690	N/A	20 - 07 -17

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:
 Dr. Juan Carlos Lara
 Benito Mendoza T., Ph.D.



Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a las muestras analizadas.
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

FMC2101-01

Página 1 del

L.S.A. Campus Máster Edson Rivera Km 1 1/2 vía a Guano Ilagaje Administrativo.

1.7. Agua residual filtrada (Muestra 7).



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Nº SE: 143-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Alvaro Toapanta
 EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato
 DIRECCIÓN: Ambato

INFORME Nº 143-17
 Nº SE: 143-17

TELÉFONO: 0992670854
 NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual industria láctea, Saquisilí
 IDENTIFICACIÓN: MA - 289-17

FECHA DE RECEPCIÓN: 31 - 07 -17
 FECHA DE INFORME: 07 - 08 - 17
 TIPO DE MUESTRA: Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 289-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 415.1	1462.2	N/A	31 - 07 -17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	5613	N/A	31 - 07 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	2762	N/A	31 - 07 -17

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
 Benito Mendoza T., Ph.D.

Benito Mendoza T., Ph.D.
 TÉCNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizad(a)s.
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

1.8. Agua residual filtrada y sin filtrar (Muestra 8 y 9).




LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Nº SE: 174-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Alvaro Toapanta		INFORME Nº 174- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato		Nº SE: 174-17
DIRECCIÓN: Ambato		
TELÉFONO: 0992670854		FECHA DE RECEPCIÓN: 10 - 08 -17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1		FECHA DE INFORME: 22 - 08- 17
TIPO DE MUESTRA: Agua residual industria láctea, Saquisilí		
IDENTIFICACIÓN:		
MA - 317-17	Agua Sin Tratar	Agua
MA -318-17	Agua tratada	Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 317-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	1972.1	N/A	10 - 08 -17

MA - 318-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	740	N/A	10 - 08 -17

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:
 Dr. Juan Carlos Lara R.
 Benito Mendoza T., Ph.D.



Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

1.9. Agua residual filtrada y sin filtrar (Muestra 10 y 11)



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Alvaro Toapanta **INFORME N°** 200- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 200-17
DIRECCIÓN: Ambato
TELÉFONO: 0992670854 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 21 - 08 -17
NÚMERO DE MUESTRAS: 2 **FECHA DE INFORME:** 28 - 08 - 17
TIPO DE MUESTRA: Agua residual industria láctea, Saquisilí
IDENTIFICACIÓN:

MA - 341-17	Agua Sin Tratar	Agua
MA -342-17	Agua tratada	Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 341-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	2489	N/A	21 - 08 -17

MA - 342-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	1183	N/A	21 - 08 -17

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., Ph.D.

Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s)
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

1.10. Agua residual filtrada y sin filtrar (Muestra 12 y 13).

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Alvaro Toapanta
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato
DIRECCIÓN: Ambato

INFORME N° 201- 17
N° SE: 201-17

TELÉFONO: 0992670854

FECHA DE RECEPCIÓN: 30 - 08 -17

FECHA DE INFORME: 06 - 09- 17

NÚMERO DE MUESTRAS: 2

TIPO DE MUESTRA: Agua residual industria láctea, Saquisilí

IDENTIFICACIÓN:

MA - 343-17 Agua Sin Tratar
 MA -344-17 Agua tratada

Agua
 Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 341-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	2225,2	N/A	30 - 08 -17

MA - 342-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	1047	N/A	30 - 08 -17

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
 Benito Mendoza T., Ph.D.



Dr. Juan Carlos Lara R.
 TÉCNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

ANEXO 2. Registro Fotográfico

2.1 LUGAR DONDE SE TOMO LA MUESTRA



2.2 RECOLECCION DE MUESTRA



2.3 COLOCACIÓN EN RECIPIENTES



2.4 ALMACENAMIENTO DE MUESTRA A BAJA TEMPERATURA



2.5 TOMA DE MUESTRAS DE RESIDUOS SOLIDOS EN ESTACION DE BOMBEO DE AASS.



