



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

TEMA

**OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA LA REMOCIÓN EFICIENTE DE
CONTAMINANTES EN EL MERCADO CARAGUAY**

TUTOR

MGTR. PAREDES RAMOS PABLO MARIO

AUTOR

FLORES HERRERA DANIEL ALEJANDRO

GUAYAQUIL

2024



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

Optimización en el sistema de tratamiento de aguas residuales para la remoción eficiente de contaminantes en el Mercado Caraguay.

AUTOR/ES:

Flores Herrera Daniel Alejandro

TUTOR:

Mgtr. Paredes Ramos Pablo Mario

INSTITUCIÓN:

Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil

Grado obtenido:

Ingeniero Civil

FACULTAD:

Ingeniería, Industria y
Construcción

CARRERA:

Ingeniería Civil

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2024

N. DE PÁGS:

101 paginas

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción

PALABRAS CLAVE:

Tratamiento del agua, Contaminante, Desperdicio, Eliminación de desechos.

RESUMEN:

La tesis titulada "Optimización en el sistema de tratamiento de aguas residuales para la remoción eficiente de contaminantes en el Mercado Caraguay" se enfoca en mejorar el tratamiento de aguas residuales en una de las áreas comerciales más activas de la región. El Mercado Caraguay, con su alta densidad de comercio, genera una gran cantidad de aguas residuales que contienen niveles elevados de contaminantes. Este estudio aborda el desafío de optimizar el sistema de tratamiento de aguas residuales en el mercado para lograr una remoción más efectiva de estos contaminantes y así cumplir con las normativas ambientales

vigentes.

El análisis inicial del sistema de tratamiento revela que la capacidad actual no es suficiente para manejar eficientemente el volumen y la carga contaminante de las aguas residuales generadas. Por ello, el objetivo principal de la investigación es diseñar e implementar mejoras que aumenten la eficiencia del proceso de tratamiento.

La optimización propuesta busca no solo mejorar la calidad del agua tratada, sino también garantizar una operación más sostenible y económica del sistema. Esto incluye la incorporación de tecnologías más avanzadas y ajustes operativos que optimicen el rendimiento del tratamiento.

El impacto de estas mejoras es significativo, ya que no solo contribuye a la protección del medio ambiente y la salud pública, sino que también facilita el cumplimiento con los estándares regulatorios y promueve una gestión más eficiente de los recursos hídricos en el área comercial. La investigación destaca la importancia de la optimización continua y el monitoreo para mantener y mejorar los resultados a lo largo del tiempo.

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (Web):			
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	
CONTACTO CON AUTOR/ES: Flores Herrera Daniel Alejandro	Teléfono:	E-mail: dfloresh@ulvr.edu.ec	
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Ph.D Marcial Calero Amores Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 241 E-mail: mcaleíoa@ulví.edu.ec Mgtr. Torres Rodriguez Jorge Enrique Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 242 E-mail: etorresr@ulvr.edu.ec		

CERTIFICADO DE SIMILITUD

FLORES HERRERA DANIEL - PLAGIO FINAL.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

6% INDICE DE SIMILITUD	6% FUENTES DE INTERNET	3% PUBLICACIONES	2% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
2	www.bancomundial.org Fuente de Internet	1%
3	telwesa.com Fuente de Internet	1%
4	radiohuancavilca.com.ec Fuente de Internet	1%
5	www.scielo.org.pe Fuente de Internet	1%
6	pdfcookie.com Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil Trabajo del estudiante	1%
8	pt.scribd.com Fuente de Internet	1%
9	telwesa.com Fuente de Internet	1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El (Los) estudiante(s) egresado(s) **FLORES HERRERA DANIEL ALEJANDRO**, declara (mos) bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, **Optimización en el sistema de tratamiento de aguas residuales para la remoción eficiente de contaminantes en el Mercado Caraguay**, corresponde totalmente a el(los) suscrito(s) y me (nos) responsabilizo (amos) con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

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

Autor(es)

Firma:



DANIEL ALEJANDRO FLORES HERRERA

C.I. 0929626463

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación **Optimización en el sistema de tratamiento de aguas residuales para la remoción eficiente de contaminantes en el Mercado Caraguay**, designado(a) 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 Trabajo de Titulación, titulado: **Optimización en el sistema de tratamiento de aguas residuales para la remoción eficiente de contaminantes en el Mercado Caraguay**, presentado por el (los) estudiante (s) **DANIEL ALEJANDRO FLORES HERRERA** como requisito previo, para optar al Título de **INGENIERO CIVIL** encontrándose apto para su sustentación.

Firma:
Mgtr. Paredes Ramos Pablo Mario
C.C.

AGRADECIMIENTO

A Dios,

A mi familia, gracias por su amor incondicional y por creer en mí en todo momento. Su apoyo ha sido fundamental para alcanzar este logro. También me gustaría agradecer a mi tutor de tesis, el Mgtr. Pablo Mario Paredes Ramos, por su paciencia y por aconsejarme durante la elaboración de este proyecto de investigación.

A mi papá,

Papá, quiero dedicarte un agradecimiento especial por ser mi inspiración y mi mayor motivador. Tu ejemplo de trabajo duro, perseverancia y dedicación ha sido una guía constante en mi vida. Gracias por tus sabias palabras, por estar siempre presente y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Este logro es tanto tuyo como mío, ya que, sin tu apoyo incondicional, esto no hubiera sido posible.

Gracias, Papá.

**DANIEL ALEJANDRO FLORES
HERRERA**

DEDICATORIA

A mis amados padres y a toda mi familia, cuyo amor, apoyo incondicional y sacrificio han sido la columna vertebral de mi trayectoria académica. Esta tesis es un testimonio de su incansable aliento y su confianza en mí.

De manera especial, quiero dedicar este trabajo a la memoria de mis seres queridos: Carlos Flores, Marina Herrera, Daniel Mauricio Flores, Rosibel Rivera, Carlos Roberto Flores y Vanessa Méndez. Aunque no están físicamente presentes, su legado y su inspiración han dejado una huella indeleble en mi vida. Su sabiduría, fortaleza y amor continúan guiándome en cada paso que doy.

Con todo mi cariño y
gratitud

**DANIEL ALEJANDRO FLORES
HERRERA**

RESUMEN

La tesis titulada "Optimización en el sistema de tratamiento de aguas residuales para la remoción eficiente de contaminantes en el Mercado Caraguay" se enfoca en mejorar el tratamiento de aguas residuales en una de las áreas comerciales más activas de la región. El Mercado Caraguay, con su alta densidad de comercio, genera una gran cantidad de aguas residuales que contienen niveles elevados de contaminantes. Este estudio aborda el desafío de optimizar el sistema de tratamiento de aguas residuales en el mercado para lograr una remoción más efectiva de estos contaminantes y así cumplir con las normativas ambientales vigentes.

La optimización propuesta busca no solo mejorar la calidad del agua tratada, sino también garantizar una operación más sostenible y económica del sistema. Esto incluye la incorporación de tecnologías más avanzadas y ajustes operativos que optimicen el rendimiento del tratamiento.

El impacto de estas mejoras es significativo, ya que no solo contribuye a la protección del medio ambiente y la salud pública, sino que también facilita el cumplimiento con los estándares regulatorios y promueve una gestión más eficiente de los recursos hídricos en el área comercial. La investigación destaca la importancia de la optimización continua y el monitoreo para mantener y mejorar los resultados a lo largo del tiempo.

Palabras Claves: Tratamiento de agua, Contaminante, Desperdicio, Eliminación de desechos

ABSTRACT

The thesis titled "Optimization of the Wastewater Treatment System for Efficient Contaminant Removal at Mercado Caraguay " focuses on improving the wastewater treatment process in one of the region's most active commercial areas. Mercado Caraguay, with its high commercial density, generates a large volume of wastewater containing elevated levels of contaminants. This study addresses the challenge of optimizing the existing wastewater treatment system in the market to achieve more effective contaminant removal and comply with current environmental regulations.

Initial analysis of the treatment system reveals that the current capacity is insufficient to efficiently handle the volume and contaminant load of the generated wastewater. Therefore, the main objective of the research is to design and implement improvements that enhance the efficiency of the treatment process.

The proposed optimization aims not only to improve the quality of treated water but also to ensure a more sustainable and cost-effective operation of the system. This includes incorporating advanced technologies and operational adjustments to optimize treatment performance.

The impact of these improvements is significant, as they contribute to environmental protection and public health while facilitating compliance with regulatory standards and promoting more efficient water resource management in the commercial area. The research highlights the importance of continuous optimization and monitoring to maintain and further improve results over time.

Keywords: Water treatment, Contaminants, Waste, Waste removal

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Tema:.....	2
1.2. Planteamiento del Problema:	2
1.3. Formulación del Problema:	3
1.4. Objetivo General	3
1.5. Objetivos Específicos.....	3
1.6. Idea a Defender	3
1.7. Línea de Investigación Institucional / Facultad.....	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO REFERENCIAL	5
2.1. Marco Teórico.....	5
2.3. Bases teóricas	6
2.3.1. Calidad de agua	6
2.3.2. Contaminación de aguas residuales.....	7
2.3.3. Calidad de aguas residuales	7
2.3.4. Contaminación de ríos.....	8
2.3.5. <i>Parámetros físico-químicos y biológicos de aguas residuales</i>	<i>9</i>
2.3.5.2. <i>Temperatura</i>	<i>9</i>
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅).....	10
2.3.5.3. <i>Demanda química de oxígeno (DQO).....</i>	<i>10</i>
2.3.5.4. <i>Sólidos totales.....</i>	<i>10</i>
2.3.5.5. <i>Sólidos suspendidos totales.....</i>	<i>11</i>

2.3.5.6 Nitrógeno total	11
2.3.5.7 Fósforo total.....	12
2.3.5.8. Tensoactivo	12
2.3.5.9. Aceite y grasa	13
2.3.5.10. Coliformes fecales y totales	13
2.3.6. Tratamiento de aguas residuales.....	14
2.3.6.1. Pretratamiento	15
2.3.6.2. Desbastado.....	15
2.3.7. Tratamiento primario.....	16
2.3.7.2. Coagulación.....	17
2.3.7.3. Floculación.....	17
2.3.8. Tratamiento secundario	18
2.3.8.1. Lodos activos.....	19
2.3.8.2. Lagunas aireadas	20
2.3.8.3. Filtros percoladores	20
2.3.8.4. Digestión anaerobia	20
2.3.8.5. Filtro anaerobio.....	20
2.3.8.5.1. Estanques anaeróbicos	21
2.3.8.5.2. Oxidación Biológica	21
2.3.9. Tratamiento terciario.....	21
2.3.9.1. Filtración	21
2.3.9.2. Ósmosis inversa	22
2.3.10. Reactor anaeróbico de flujo ascendente (RAFA).....	23
2.3.10.1. Funcionamiento	24
2.4. Marco Legal	25

CAPÍTULO III.....	38
MARCO METODOLÓGICO.....	38
3.1 Enfoque de la investigación: (cuantitativo, cualitativo o mixto).....	38
3.1.1 Enfoque Cuantitativo.....	38
3.2 Alcance de la investigación: (Exploratorio, descriptivo o correlacional) .	38
3.2.1 Alcance Descriptivo	38
3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos	39
3.3.1 Encuesta.....	39
3.3.2 Cuestionario.....	39
3.4 Población y muestra	40
CAPÍTULO IV PROPUESTA O INFORME	41
4.1 Generalidades.....	41
4.1.1 Descripción del sitio del proyecto.....	41
4.1.2 Instalaciones y Servicios	41
4.2 Presentación y Análisis de Resultados	43
4.3 Diagnóstico del sistema actual de tratamiento de aguas residuales del Mercado Caraguay	53
4.3.1 Caracterización de la calidad del agua efluente y afluente	54
4.4 Pre diseño de la PTAR (Propuesta)	57
4.4.1 Tratamiento Preliminar.....	58
4.4.2 Tratamiento Primario	60
4.4.3 Tratamiento Secundario.....	63
4.4.4 Tratamiento Terciario.....	65
CONCLUSIONES.....	67
RECOMENDACIONES	68

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
<i>EVIDENCIAS</i>	
<i>FOTOGRAFICAS</i>	96
<i>EVIDENCIAS</i>	
<i>FOTOGRAFICAS</i>	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Línea de Investigación Institucional / Facultad	4
Tabla 2. Tipos de tratamientos para agua residual	15
Tabla 3. Límites de descargas al sistema de alcantarillado público.....	33
Tabla 4. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	34
Tabla 5. Límites de descarga a un cuerpo de agua marina	36
Tabla 6. Resultado del análisis de la calidad de agua Afluente	55
Tabla 7. Resultados del análisis de la calidad de agua Efluente.....	56
Tabla 8. Criterios de diseño para rejillas finas y gruesas	58
Tabla 9. Parámetros de diseño de clarificadores primarios.....	60
Tabla 10. Parámetros de diseño para el Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA).....	62
Tabla 11 Criterios de diseño para un tanque de contacto	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Análisis de calidad de aguas residuales.	8
Figura 2. Fuentes puntuales de contaminación de ríos.....	9
Figura 3. Esquema general de un proceso de tratamiento de aguas residuales....	14
Figura 4. Desbastado	16
Figura 5. Tanque de sedimentación.....	17
Figura 6. Procesos de coagulación y floculación.	18
Figura 7. Esquema general de un proceso secundario de tratamiento de aguas residuales.....	19
Figura 8. Proceso de filtración superficial y profunda.....	22
Figura 9. Proceso de ósmosis inversa	23
Figura 10. Estructura gráfica de un RAFA.....	25
Figura 11. Ubicación del Mercado Caraguay	44
Figura 12. Mercado Caraguay en su turno nocturno.....	45

Figura 13. Servicios que ofrece el Mercado Caraguay en su infraestructura	43
Figura 14. Resultados en porcentajes de la pregunta 1	43
Figura 15. Resultados en porcentajes de la pregunta 2	44
Figura 16. Resultados en porcentajes de la pregunta 3	45
Figura 17. Resultados en porcentajes de la pregunta 4	46
Figura 18. Resultados en porcentajes de la pregunta 5	47
Figura 19. Resultados en porcentajes de la pregunta 6	48
Figura 20. Resultados en porcentajes de la pregunta 7	49
Figura 21. Resultados en porcentajes de la pregunta 8	50
Figura 22. Resultados en porcentajes de la pregunta 9	51
Figura 23. Resultados en porcentajes de la pregunta 10	52
Figura 24. Esquema del sistema de AASS	54
Figura 25. Cuarto de Bombeo.....	54
Figura 26. Esquema gráfico de la rejillas gruesas y finas	60
Figura 28. Esquema Gráfico de un Clarificador Primario	62
Figura 29 Esquema grafico del RAFA	66

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formato de la encuesta	76
Anexo 2. Resultados de laboratorio de calidad del agua afluente en la caraguay	78
Anexo 3. Resultados de laboratorio de calidad del agua efluente en la caraguay	80
Anexo 4. Evidencias Fotográficas	82
Anexo 5. Evidencias Fotográficas	84

INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente de las aguas residuales se ha convertido en una prioridad ineludible en el contexto actual, especialmente en áreas urbanas como el mercado Caraguay en Guayaquil, Ecuador. La creciente conciencia sobre los efectos adversos de los contaminantes orgánicos que son arrojados sin tratamiento previo al río Guayas, por ende, en la salud pública y el ambiente, subraya la necesidad crítica de optimizar los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Este proyecto de tesis se sumerge en la realidad específica del mercado Caraguay, donde la actividad comercial coexiste con desafíos ambientales. El objetivo principal es perfeccionar un sistema de tratamiento de aguas residuales, que pueda facilitar la remoción eficiente de contaminantes orgánicos.

A través de este enfoque, no solo se busca optimizar los procesos de tratamiento, sino también promover un equilibrio sostenible entre las actividades comerciales y la conservación ambiental en el mercado Caraguay. Al lograr una gestión más efectiva de las aguas residuales, este proyecto aspira a sentar las bases para un modelo ejemplar que pueda inspirar prácticas similares en otras comunidades, fomentando así un impacto positivo a nivel regional.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema:

Optimización de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la remoción eficiente de contaminantes en el mercado Caraguay

1.2 Planteamiento del Problema

El mercado Caraguay en Guayaquil, Ecuador, es un mercado que enfrenta desafíos con la gestión de aguas residuales. Las aguas contaminadas con compuestos orgánicos han generado problemas ambientales y de salud pública. La presencia de contaminantes orgánicos como, residuos de alimentos, aceite, lixiviados afecta la calidad del agua y la degradación del entorno urbano y biodiversidad del sector.

Guayaquil concentra la población más numerosa. A pesar de ello, el 70 % de la población tiene acceso a agua potable que está contaminada, y el 12 % de las viviendas en el sector sur, que es el más desfavorecido de la ciudad, carece de un sistema de alcantarillado. Las aguas residuales, que contienen una alta cantidad de residuos orgánicos en más del 80 % de los casos, se descargan sin tratamiento previo ya sea en la red de alcantarillado o en los ríos.

Restos de escamas, desechos sólidos y líquidos se escurren en medio de un olor desagradable desde la plataforma de mariscos del mercado Caraguay directamente al río. Esto es solo un indicio de la crisis que enfrentan los mercados en Guayaquil. El área de mariscos del mercado Caraguay vierte aguas sin tratamiento al río Guayas. De acuerdo con un informe del Municipio, el 60% de los sistemas de saneamiento en los mercados de Guayaquil están en estado de colapso.

Estos antecedentes revelan una realidad alarmante en el mercado Caraguay, donde la gestión inadecuada de las aguas residuales ha generado una serie de problemas ambientales y de salud pública. Desde la descarga directa de desechos

orgánicos y químicos hasta el colapso de la infraestructura hidrosanitaria, la situación exige una intervención urgente y exhaustiva. La combinación de estos factores ha creado un escenario en el que la calidad del agua en el río Guayas se ve amenazada, afectando tanto a la biodiversidad como a la población que depende del suministro de agua en la región. Este contexto subraya la necesidad crítica de desarrollar e implementar soluciones efectivas y sostenibles para optimizar el sistema de tratamiento de aguas residuales en el mercado Caraguay y, por ende, mitigar los impactos negativos en el entorno local y la salud de sus habitantes.

1.3 Formulación del Problema

¿De qué manera influirá un nuevo sistema de tratamiento de aguas residuales en el mercado La Caraguay?

1.4 Objetivo General

Desarrollar e implementar estrategias de optimización en el sistema de tratamiento de aguas residuales del mercado Caraguay en Guayaquil, con el fin de lograr una remoción altamente eficiente de contaminantes.

1.5 Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico del sistema actual en la remoción de aguas residuales del mercado Caraguay en Guayaquil.
- Caracterizar y analizar la calidad del agua del afluente y del efluente del Mercado Caraguay
- Proponer la tecnología de tratamiento de agua residual efluente del Mercado Caraguay

1.6 Idea a Defender

Dada la problemática existente en el mercado Caraguay en Guayaquil, Ecuador, con la gestión ineficiente de aguas residuales y la presencia significativa de

contaminantes orgánicos, se postula que la implementación de un nuevo sistema de tratamiento de las aguas residuales con tecnología avanzada y procesos optimizados tendrá un impacto positivo en la remoción eficiente de contaminantes orgánicos.

Se espera que este nuevo sistema no solo mejore la calidad del agua en la zona, sino que también reduzca significativamente los efectos adversos en la salud pública y el ambiente.

Se piensa hipotéticamente que la introducción de tecnologías innovadoras y estrategias de optimización en el tratamiento de aguas residuales en el mercado Caraguay permitirá superar las limitaciones actuales y mejorar la eficacia del sistema. Se espera que este enfoque tenga un efecto directo en la disminución de la carga de contaminantes orgánicos, mejorando así la calidad del agua en el río Guayasy, por ende, contribuyendo a la preservación del entorno urbano y la biodiversidad en el sector.

1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad

Tabla 1
Línea de Investigación Institucional / Facultad

Campo de conocimiento	Línea de investigación	Sub línea de investigación
Ingeniería, Industria y construcción.	Territorio	Hábitat y Vivienda Recursos Hídricos

Fuente: ULVR (2024)

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. Marco Teórico

2.2.1. Antecedentes

Según García Hernández (2018), en su trabajo de investigación titulada “Propuesta de mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales de la vereda Campoalegre, en el corregimiento de Montebello de Santiago de Cali”, objetivo fue evaluar la eficiencia de la planta potabilizadora de la localidad de Campoalegre y realizar sugerencias para mejoras. Luego de una investigación cuantitativa con alcance descriptivo, se encontró que la empresa no cumple con los límites más altos permisibles por lo cual se debe desarrollar un plan de acción para cumplir con la norma actual de descarga de efluentes. Donde su propuesta está basada en la aplicación de biofiltros en los sistemas de captación primario y secundario, donde se lograría reducir en un 30% los niveles de concentración de contaminación al actual.

Una investigación realizada por Millan Melo & Polania Villegas (2018), sobre los sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa Somos K S.A.” cuyo objetivo principal fue desarrollar una propuesta para optimizar el sistema de aguas residuales de la empresa Somos K S.A., presentó una investigación aplicada, aplicando técnicas de observación directa, para ello fue necesario analizar el sistema de tratamiento actual, donde se evidencio que no cumple con los parámetros de la normativa vigente, para ello el investigador planteó el diseño de una unidad de trampa de aceites y grasas por medio de 3 alternativas, donde la mejor alternativa de diseño para el sedimentador es un sistema de recolección de lodos denominado tolva que beneficia los procesos desedimentación.

Una investigación realizada por Álvarez Torres (2016), con respecto a la problemática de la agua residual, indica que a lo largo de la historia ha sido uno de los grandes problemas que han atravesado las grandes ciudades debido a que su control es ineficiente por el crecimiento de la población, por lo que la aplicación de la depuración mediante filtros verdes respecto a las tecnologías tradicionales, se han convertido en una de las alternativas más eficientes, debido a que estos están

basados en procesos de autodepuración natural. Obtenido como resultado una descontaminación bacteriana se consiguen unos factores de reducción del número de bacterias de contaminación fecal entre 30% mayor que el sistema de remoción convencional.

Según Fernández Lindao (2020), en su estudio “Diagnóstico, evaluación y Planteamiento de mejora en la planta de aguas residuales (PTAR) para una empresa procesadora de pescados y productos del mar en la ciudad de Guayaquil”, donde su objetivo principal fue diagnosticar, evaluar y aplicar una mejora en la PTAR existentes en la empresa , para ello fue necesario aplicar unacuantitativa, a través de técnicas de observación y recolección de datos sobre los diferentes procesos existentes en las diferentes áreas de empaque y distribución final, donde se encontraron ineficiencia en los procesos de manejo de aguas residuales, por lo que la elaboración de un nuevo diseño en su PTARsería una medida urgente, debido a que el actual no presenta un buen manejo.

De acuerdo con Urdaneta (2021), presentó una investigación titulada “Propuesta de mejora para la gestión de la planta de tratamiento de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guayana”, donde su objetivo principal fue proponer un plan de mejora en la planta de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello. Para ello presentó un estudio explicativo, enbase a métodos de observación directa, a través de variables cuantitativas y cualitativas obteniendo como resultados que los procesos y componentes de la PTAR existe presenta riesgo debido a que la actual muestras irregularidades enlos procesos tratamientos sus aguas servidas.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Calidad de agua

El agua contaminada es agua cuya composición suele cambiar por influencia humana y que también es provocada por la acumulación de sustancias tóxicas en cuerpos de agua, ya sea río, mar, cuerpo de agua, etc., lo que afecta su calidad. de agua Muchas actividades industriales que modifican los recursos hídricos, como la agricultura, la pesca o el procesamiento de alimentos, representan una amenaza para

la flora y la fauna acuática. En la mayoría de los casos, la contaminación del agua es invisible porque su composición está formada por bacterias, microorganismos, virus y parásitos, además de fertilizantes y sus derivados, entre ellos fármacos, sustancias radiactivas, fosfatos, plásticos, heces, que son difíciles de detectar.

Algunos de estos elementos no colorean el agua, por lo que es de suma importancia comprobar o utilizar análisis químicos, físicos, radiológicos y biológicos utilizando pequeñas muestras tomadas de océanos, ríos, lagos, canales o embalses (Oeste, 2016).

2.3.2. Contaminación de aguas residuales

Las aguas residuales, particularmente las provenientes de actividades industriales, representan una amenaza significativa para los ecosistemas y la salud pública global. Estas aguas, cargadas de contaminantes tanto químicos como biológicos, pueden causar daños severos a la biodiversidad y poner en grave riesgo la salud humana si no se gestionan adecuadamente. Este artículo explora los impactos ambientales de las aguas residuales y subraya la necesidad de un tratamiento eficaz para salvar y guardar el medio ambiente y evitar enfermedades vinculadas al agua (Telwesa, 2023).

2.3.3. Calidad de aguas residuales

Dependiendo de la industria, el agua y las aguas residuales generadas durante los procesos de producción, conversión, consumo, limpieza o mantenimiento de diferentes industrias tienen diferentes impurezas o propiedades especiales. Si el tratamiento de las aguas residuales es insuficiente o de mala calidad, contienen compuestos tóxicos de difícil descomposición y causan daños ambientales a su entorno o a la red pública de alcantarillado, sin cumplir con los parámetros físicos, químicos y biológicos del reglamento (Condorchem Envitech, s.f.).

Figura 1

Análisis de calidad de aguas residuales



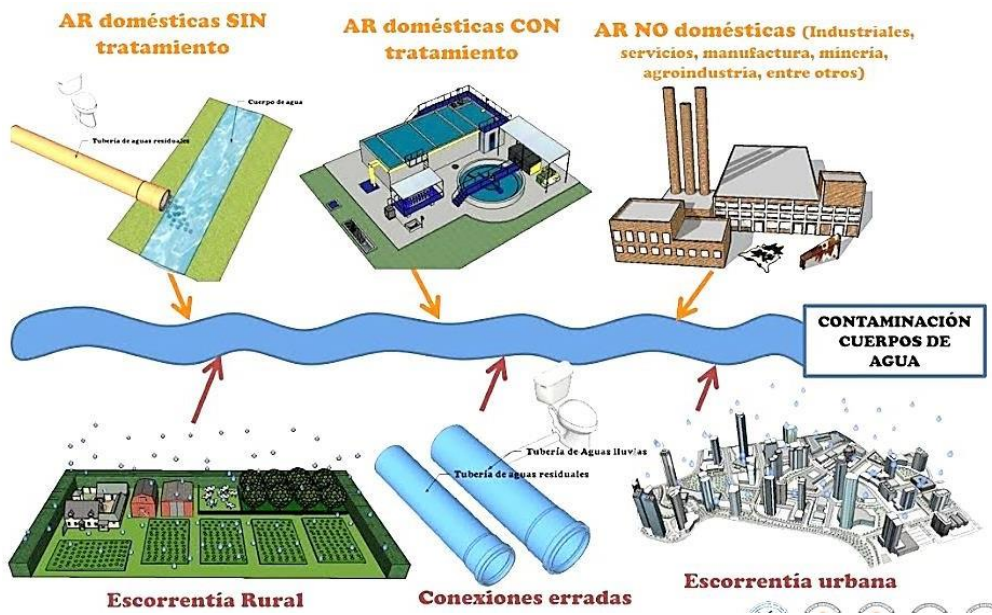
Fuente: CENFAS, (s.f.)

2.3.4. Contaminación de ríos

Según Lara (2011), define la contaminación de los ríos como resultado de emisiones causadas por el hombre. La contaminación del agua cambia sus propiedades fisicoquímicas y biológicas de manera que pueden causar daños directos o indirectos a los seres humanos y al ambiente. Las aguas residuales contaminadas son aquellas que han deteriorado su calidad debido a diversos usos. Estas aguas contienen numerosos elementos contaminantes que, al ser liberados, afectan ríos, lagos y arroyos. En la actualidad, la contaminación de los cuerpos de agua naturales proviene de tres fuentes principales. (Figura 2):

- Vertidos urbanos,
- Vertidos industriales,
- Contaminación difusa (lluvias, lixiviados, etc.).

Figura 2
Fuentes puntuales de contaminación de ríos



Fuente: Rodríguez, (2018)

2.3.5. Parámetros fisicoquímicos y biológicos de aguas residuales

2.3.5.1. PH

El pH puede modificarse mediante productos químicos en el agua y se expresa en unidades logarítmicas. En otras palabras, cada número representa un cambio de 10 veces en la acidez del agua, por lo que, si una muestra de agua tiene un pH de cuatro, es diez veces más ácida que una muestra con un pH de cinco (Water Science School, 2019).

2.3.5.2. Temperatura

Es un parámetro físico que se puede utilizar para medir la sensación de frío y calor, y también se puede definir como una medida de la energía térmica de la muestra estudiada, de modo que se puede medir la energía cinética de átomos y moléculas. La energía cinética se transfiere entre las sustancias, lo que crea un flujo de calor y, por lo tanto, cambia la temperatura del agua. Afecta a la mayoría de los procesos biológicos en los ecosistemas acuáticos. Esto afecta la solubilidad de los gases disueltos en agua. Las fluctuaciones en la temperatura del agua son causadas

por fluctuaciones en la temperatura del aire ambiente debido al ciclo natural de las estaciones. El efecto más importante resultante de la actividad humana es el uso del agua como elemento refrigerante, especialmente en las centrales térmicas, y esto a su vez afecta la actividad biológica y el metabolismo de los organismos acuáticos, porque los animales y plantas acuáticos son sensibles a los cambios debidos a la temperatura del agua. Por ello, es importante mantener un cierto equilibrio para que las especies marinas sobrevivan y se reproduzcan (Cirelli, 2012).

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)**

La mineralización de la materia orgánica es una de las reacciones más importantes en los cuerpos de agua naturales y combina uno de los requerimientos indefinidos de oxígeno que afectan a los microorganismos que viven en el cuerpo de agua. Es un parámetro que expresa, en miligramos, la cantidad de oxígeno que utilizan los microorganismos para estabilizar la materia orgánica disuelta o suspendida en una muestra líquida en condiciones aeróbicas durante cinco días a 20 °C/l (mg/l). La realización de análisis biológicos requiere especial cuidado al seguir protocolos adecuados para la recolección, transporte, almacenamiento y análisis de muestras de agua, y al conocer las características básicas de cada paso. análisis de muestras, porque de esta forma los valores resultantes son confiables (Navarro, 2007).

2.3.5.3. Demanda química de oxígeno (DQO)

Es un parámetro utilizado para determinar la capacidad de eliminar oxígeno de una muestra de agua que ya está contaminada con desechos o sustancias sensibles a la oxidación disueltas y suspendidas en la muestra líquida. La demanda química de oxígeno es una parte integral de cualquier programa de gestión de la calidad del agua y a menudo se utiliza para determinar el valor de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) porque están estrechamente relacionadas, pero la DQO se convierte en una prueba mucho más rápida y precisa (Menegotto, 2017).

2.3.5.4. Sólidos totales

Se trata de sustancias que quedan como residuos tras el secado y la evaporación a 103-105 °C. Los sólidos incluyen sólidos disueltos como la fracción que pasa a

través del filtro y sólidos no disueltos que permanecen en el filtro (Menegotto, 2017).

2.3.5.5. Sólidos suspendidos totales

Son materiales que flotan y se disuelven en agua, aguas residuales u otros líquidos y permanecen después de la evaporación o el secado. La realización de análisis de sólidos es muy importante para monitorear los procesos biológicos, químicos y físicos de tratamiento de aguas residuales y para determinar que las industrias que regulan sus descargas deben cumplir con los límites máximos permisibles. Los sólidos suspendidos totales constan de tres tipos de sólidos: disueltos, suspendidos y coloidales. Los sólidos en suspensión son transportados por el efecto de arrastre y flotabilidad del movimiento del agua; Los sólidos menores de 0,01 mm no se sedimentan rápidamente y se consideran no sedimentables, mientras que los mayores de 0,01 mm se sedimentan. Los sólidos coloidales son lodos finos, bacterias, partículas productoras de color, virus, etc., no se sedimentan inmediatamente, sino que después de un período de tiempo, provocando el color y turbidez del agua instalada sin coagulación, los sólidos disueltos son invisibles al ojo diversos problemas de suministro de agua, como olor, sabor, color y salud de los organismos vivos, a menos que sean precipitados y eliminados por métodos físicos y químicos (Galván, 2007).

2.3.5.6. Nitrógeno total

Las aguas residuales domésticas sin tratar contienen aproximadamente 40 mg/L de nitrógeno total. Los nitratos, que son compuestos orgánicos o inorgánicos que contienen nitrógeno o fósforo, son formas comunes de nitrógeno que se encuentran en el agua. Alrededor del 60% del total de nitrógeno del afluente es amonio y el 40% es nitrógeno orgánico (Tarrass, 2023).

Aunque los peces y las algas utilizan el nitrato del agua para sintetizar proteínas, un exceso de nitrato en el agua puede perjudicar gravemente a los animales domésticos y a los recién nacidos en agua para beber. Cuando las personas y los animales beben agua proveniente de fuentes subterráneas que contiene demasiados nitratos, puede provocar problemas de salud. Del mismo modo, el exceso

de nitrógeno en las aguas superficiales puede favorecer la eutrofización (crecimiento excesivo de algas) (Li, 2021).

2.3.5.7. Fósforo total

El fósforo estimula el crecimiento de plantas tanto en agua como en el suelo. No obstante, al existir un exceso de fósforo en un cuerpo de agua, plantas acuáticas y algas pueden convertirse en un problema difícil de manejar, obstruir el cauce y consumir grandes cantidades de oxígeno (Macintosh, 2019).

La mayoría de fósforo en el agua se encuentra como (Li y otros, 2021):

- Ortofosfato – la forma más simple que consiste de moléculas individuales de fosfato.
- Polifosfato – moléculas de gran tamaño que contienen varias moléculas individuales de ortofosfato.
- Fosfato orgánico – fosfato combinado con un compuesto orgánico como residuos humanos.

2.3.5.8. Tensioactivo

Los tensioactivos son sustancias peligrosas que agotan el potencial de oxígeno y destruyen la vida acuática porque tardan mucho tiempo en biodegradarse en el medio ambiente. Algunos tensioactivos no se biodegradan tan fácilmente como otros, sobre todo los que tienen largas cadenas de hidrocarburos o sustancias químicas aromáticas. Con las tasas de producción actuales, aproximadamente 0,007 billones de toneladas, o el 60% de los tensioactivos producidos en todo el mundo, acaban en los cursos de agua (Gyanaranjan, 2023).

Los tensioactivos aumentan la solubilidad de los contaminantes, lo que conduce a la eutrofización. Cuando las moléculas de tensioactivos se alinean con sus cabezas hidrófilas hacia el agua y sus colas hidrófobas agrupadas en el centro, se crean micelas. Estas micelas hacen que los contaminantes sean más solubles. Los contaminantes hidrófobos pueden disolverse y permanecer en solución como

resultado de esta configuración. Los contaminantes se distribuyen más ampliamente y son más fáciles de eliminar cuando se disuelven en tensioactivos. Además, la toxicidad de los tensioactivos aumenta con su hidrofobicidad (Kulkarni y Jaspal, 2023).

2.3.5.9. Aceite y grasa

Entre los factores importantes que hay que tener en cuenta al gestionar y tratar estos materiales para su eliminación final figuran el contenido de aceite y grasa de los residuos domésticos y de algunos residuos industriales, así como los lodos. A la hora de diseñar y gestionar sistemas de tratamiento de aguas residuales, es útil conocer el tipo y la cantidad de aceite y grasa presentes. Grasa es una palabra general para designar una amplia gama de materiales orgánicos que el hexano se utiliza para eliminar de una solución o suspensión acuosa (Masrifatus Anifah, 2022).

Un grave problema para el tratamiento del agua y el alcantarillado es la contaminación por aceite y grasa. La acumulación de grasa y aceite puede provocar atascos y desbordamientos del alcantarillado sanitario. El rendimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales se deteriora cuando hay una concentración excesiva de aceite y grasa (Gurd, 2022).

Además de interferir en los procesos de aireación, clarificación y deshidratación, el aceite y la grasa también aumentan la necesidad de aireación. La grasa y el aceite crean capas en la superficie del agua que reducen la cantidad de oxígeno disuelto y bloquean la entrada de luz para la fotosíntesis. El medio acuático queda destruido por el bajo nivel de oxígeno disuelto (Mohana, 2023).

2.3.5.10. Coliformes fecales y totales

Las bacterias coliformes han sido identificadas recientemente como uno de los contaminantes más graves de los efluentes acuáticos. Además, las bacterias coliformes fecales se emplean generalmente como indicadores para referirse a la existencia de ese tipo de bacterias. Se trata de un grupo de microorganismos, en su mayoría inoocuos, que se encuentran en enormes cantidades en los tractos digestivos

de animales de sangre caliente y fría, incluido el ser humano. Facilitan la digestión de los alimentos (Makuwa y otros, 2020)

Escherichia coli es el componente más prevalente del subgrupo de bacterias coliformes fecales, que es un subgrupo particular de esta colección. Estos organismos son exclusivos de la materia fecal de los animales de sangre caliente y pueden distinguirse del grupo de los coliformes totales por su capacidad para desarrollarse a altas temperaturas. En el grupo de los coliformes fecales se incluyen todas las bacterias en forma de bastoncillos que no forman esporas, son Gram negativas, fermentan la lactosa en 24 horas a 44,5 °C y crecen tanto con oxígeno como sin él. Los organismos indicadores, como los coliformes fecales, pueden revelar la existencia de otras bacterias patógenas, aunque normalmente no son nocivas por sí mismas (Mahmound, 2022).

2.3.6. Tratamiento de aguas residuales

El objetivo de estas medidas es obtener agua con propiedades adecuadas para el uso previsto, por lo que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función de las propiedades del agua de origen, así como de su destino final. Un sistema de tratamiento consiste en una combinación de operaciones y procesos unitarios diseñados para reducir ciertos componentes de las aguas residuales a niveles aceptables

Figura 3

Esquema general de un proceso de tratamiento de aguas residuales.



Fuente: Fibras y Normas de Colombia S.A.S, (2024)

El tratamiento de aguas residuales requiere de una serie de medidas que incluyen medidas físicas, químicas, biológicas y, desde hace algunos años, fisicoquímicas, como se muestra en la Tabla 2 (Gomez, 2016).

Tabla 2
Tipos de tratamientos para agua residual

Tratamientos físicos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Decantación 2. Filtración
Tratamientos biológicos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lodos activados 2. Lechos bacterianos 3. Laguna de lodos 4. Tratamiento anaeróbico del agua 5. Fosas sépticas
Tratamientos físico-químicos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Floculación 2. Flotación 3. Electro flotación

Fuente: Spiro, (2004)

2.3.6.1. Pretratamiento

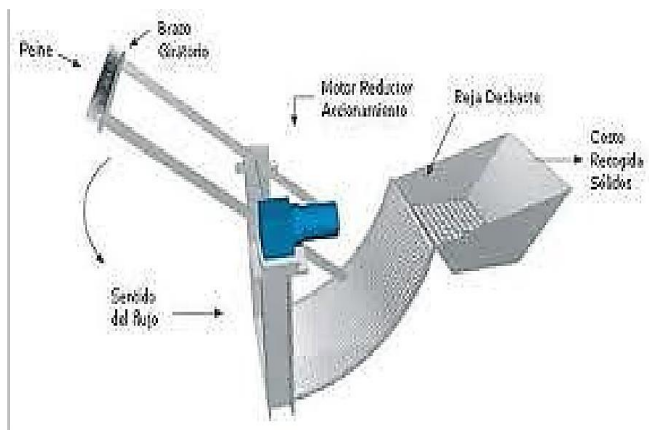
Según Letterman (2002), menciona que la remoción de objetos de gran tamaño como madera, plástico, arena, los cuales son arrastrados junto con el agua. Su finalidad es básicamente proteger los equipos de las siguientes etapas y desembarcos en los canales.

2.3.6.2. Desbastado

Según Corbitt (2003), menciona que el procesamiento es la remoción de sólidos crudos (madera, trapos, plástico) mediante retención y extracción. Se elaboran con varillas o coladores. Suelen instalarse en la entrada de fábrica, constituidas por barras paralelas separadas entre sí por un espacio menor que el diámetro o tamaño de las partículas a separar y que suelen formar un ángulo de 30-80° con la superficie. Como se muestra en la Figura 4, la rejilla se puede limpiar manual o automáticamente

colocando los artículos en una canasta perforada que gotea agua en el canal de entrada. La distancia entre rejillas suele ser de 5 a 10 cm para las manuales y de 1 a 5 cm para las automáticas. En los tamices, la separación suele ser de 10 a 1500 micrómetros.

Figura 4
Desbastado



Fuente: Corbitt, (2003)

2.3.7. Tratamiento primario

2.3.7.1. Sedimentación. Tanques de decantación

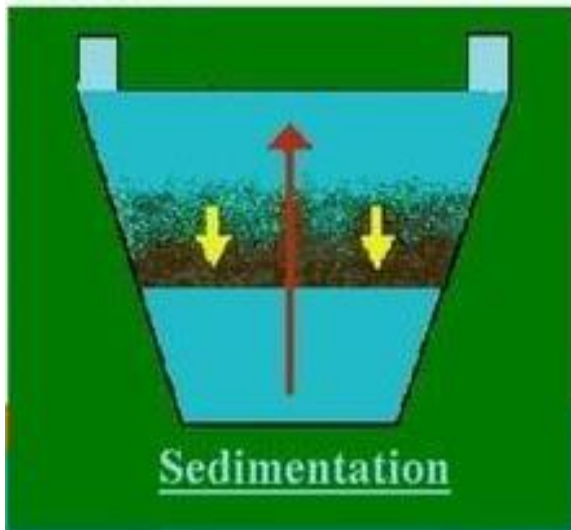
Según Orozco (2005), este tratamiento consiste básicamente en la eliminación de sólidos en suspensión y DBO_5 de las aguas residuales mediante un proceso de sedimentación física en tanques de sedimentación. Consiste en utilizar fuerzas de gravedad para separar partículas de mayor densidad del líquido en una superficie o zona de almacenamiento. Es necesario que la gravedad tenga un valor suficientemente elevado frente a efectos antagónicos: efecto de turbulencia, fricción, repulsión electrostática, corrientes de convección. Este es uno de los dispositivos más utilizados en la purificación de agua.

El objetivo principal es obtener aguas residuales clarificadas, pero también se necesita un lodo con un contenido de sólidos de fácil manipulación, para lo que se requiere de un tiempo óptimo de una hora, en el que se capturan los sólidos que se sedimentan por gravedad. En la superficie de estas plantas de tratamiento de agua. En algunos casos, la sedimentación es el único paso de tratamiento al que se someten

las aguas residuales (Metcalf, 1995).

Figura 5

Tanque de sedimentación.



Fuente: Molina, (2013)

2.3.7.2. Coagulación

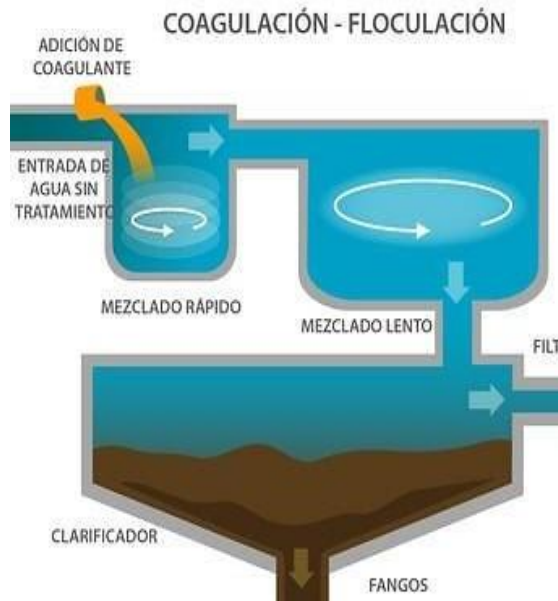
Mediante el proceso de coagulación se neutraliza la carga eléctrica del coloide, lo que anula las fuerzas electrostáticas repulsivas, esta neutralización generalmente se realiza agregando ciertas sales de aluminio o hierro (coagulantes) al agua; así los cationes trivalentes del aluminio o del hierro neutralizan las cargas eléctricas negativas que normalmente rodean las partículas coloidales dispersas en agua. La coagulación y la floculación se producen en pasos sucesivos, por lo que cuando las partículas son inestables, la colisión entre ellas permite que micro escamas apenas visibles a simple vista crezcan hasta formar escamas más grandes. Esto debería quedar claro al observar el agua que rodea los micro flóculos; Si esto no sucede, lo más probable es que no todas las cargas de partículas están neutralizadas, por lo que la coagulación no es completa, en este caso es necesario añadir un coagulante (Díaz Rodríguez, 2021).

2.3.7.3. Floculación

Se trata de la formación de aglomerados (flóculos) por unión de las partículas en suspensión existentes en el seno de un líquido. La floculación aumenta la

velocidad de sedimentación en los sólidos en suspensión y mejora los procesos de filtración al incrementar el tamaño de las partículas. La separación de las partículas suspendidas mejora la claridad, el color, olor y sabor de las aguas. También disminuye la proporción de sólidos en suspensión y de la DBO_5 a la salida del decantador primario (Díaz Rodríguez, 2021).

Figura 6
Procesos de coagulación y floculación.



Fuente: Maldonado, (2019)

2.3.8. Tratamiento secundario

Muñoz y Aldás (2017), mencionan que la eliminación de la materia orgánica biodegradable consiste en propiciar el crecimiento de microorganismos que se alimentan de la materia orgánica, de forma que la transforman en microorganismos insolubles y fáciles de eliminar, tal como se muestra en la (Figura 7). Se denomina tratamiento biológico. Puede producirse en tanques de estabilización, tanques de aireación, percolación, lodos activos y digestores anaeróbicos.

Figura 7

Esquema general de un proceso secundario de tratamiento de aguas residuales



Fuente: Tito, (2020)

2.3.8.1. Lodos activos

Otro tipo de microorganismos igualmente importantes son los protozoos y los rotíferos, que actúan como limpiadores de aguas residuales. Los protozoos consumen bacterias dispersas que no están floculadas y los rotíferos consumen partículas biológicas que no están dispuestas. El sistema consiste pues en el desarrollo de un cultivo bacteriano disperso en forma de escamas, en el que se introduce el agua depurada. La agitación previene la formación de sedimentos y homogeneiza la mezcla de flocos bacterianos y aguas residuales (Metcalf, 1995).

Después de un tiempo de contacto de 5 a 10 horas, el líquido mezclado se envía a un clarificador (dispositivo secundario) para separar el agua purificada del lodo. Algunos de ellos se reciclan en el tanque de aire para mantener en él una concentración suficiente de biomasa activa. Para el correcto funcionamiento del sistema se deben aportar los nutrientes necesarios, principalmente nitrógeno y fósforo. Luego, las aguas residuales pasan por refinadores secundarios. Son el paso final para obtener aguas residuales bien clarificadas, estables y bajas en DBO5 y sólidos. Aunque el tratamiento biológico reduce la DBO5 de las aguas residuales entre un 75-90%, la reducción de DBO5 de los lodos es mucho menor, por lo que suele ser necesario un post tratamiento de dichos lodos (Amasuomo y Baird, 2016).

2.3.8.2. Lagunas aireadas

En este caso se realiza en un depósito excavado en el terreno que funciona como reactor. El oxígeno es suministrado por aireadores o difusores de superficie. Pueden o no llevar recirculación de biomasa desde el sedimentador. (Diaz Rodriguez, 2021)

2.3.8.3. Filtros percoladores

Es una capa de basura o trozos de plástico a la que se adhieren los microorganismos. Se vierte agua tratada en el lecho para asegurar un buen contacto entre ambas fases. La materia orgánica se absorbe sobre una capa de microorganismos para que pueda ser metabolizada. Se recomienda instalar un agente sedimentador en la salida del filtro de drenaje para eliminar los sólidos que puedan salir del filtro (Diaz Rodriguez, 2021).

2.3.8.4. Digestión anaerobia

Se realiza en un tanque cerrado en el que se alimenta agua tratada con uso continuo o intermitente, resultando principalmente dióxido de carbono y metano, un elemento flotante claro y lodos digeridos en el fondo. Su desventaja es el lento crecimiento de las bacterias formadoras de metano y, por tanto, la lenta descomposición de los residuos orgánicos, lo que da lugar a tiempos de retención muy elevados. Una característica importante es que la producción de metano se puede utilizar en motores o para calentar durante la digestión de lodos. La materia orgánica resultante se estabiliza bien, de modo que después del secado posterior puede acumularse en un vertedero e incluso usarse para mejorar tierras agrícolas (Tebbutt, 2003).

2.3.8.5. Filtro anaerobio

Una columna empaquetada en la que crecen y se adhieren bacterias anaeróbicas. El agua tratada pasa por el interior de la columna de abajo hacia arriba, descomponiendo la materia orgánica del soporte móvil, ocupando poco espacio.

Descrito principalmente para miniplantas de tratamiento portátiles capaces de satisfacer las necesidades de tratamiento de industrias de pequeña escala (Muñoz y Aldás, 2017).

2.3.8.5.1. Estanques anaeróbicos

Se usan para el tratamiento de aguas residuales con alto contenido en sólidos y en DBO5. Se trata de tanques profundos excavados en el terreno sin agitación, para que los residuos precipitan hacia el fondo, donde se producirá la digestión. Se obtiene un clarificado que suele ser vertido a otro tratamiento posterior. Aunque el tanque se considera anaerobio, es razonable admitir que una estrecha zona de la superficie de las aguas sea un medio aerobio (Corbitt, 2003).

2.3.8.5.2. Oxidación Biológica

La oxidación biológica es el proceso en el cual los microorganismos descomponen la materia orgánica presente en el agua residual. Estos microorganismos utilizan la materia orgánica como fuente de alimento en presencia de oxígeno y nutrientes. Para que este proceso ocurra, se requieren dos tipos de reacciones fundamentales que están estrechamente relacionadas: las reacciones de síntesis o asimilación y las de respiración endógena u oxidación aerobio (Corbitt, 2003).

2.3.9. Tratamiento terciario

Eliminación de la materia orgánica u otro tipo de contaminante que no haya sido eliminado en los tratamientos anteriores. Destacan la adsorción, intercambio iónico, ósmosis inversa y precipitación química.

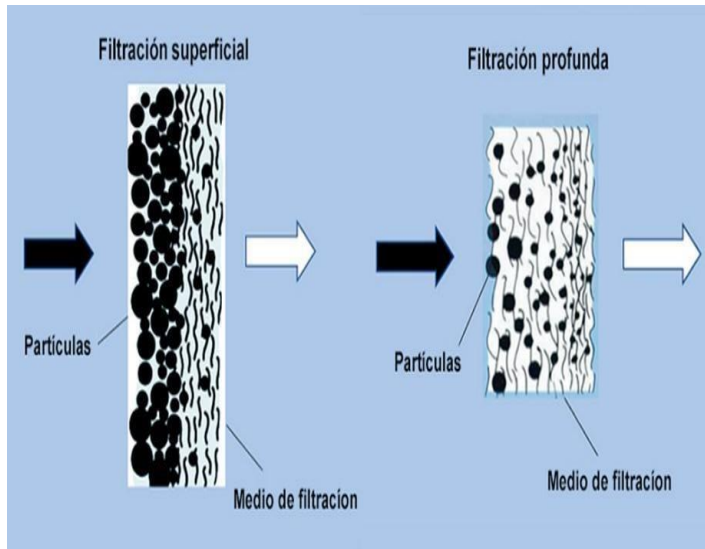
2.3.9.1. Filtración

El líquido pasa por un medio que le permite atravesar y retener las partículas sólidas. Las más utilizadas son la arena, la antracita y la tierra de diatomeas. Suele ser el tratamiento final del agua antes de su envío a su destino mediante la eliminación

de los sólidos finos que quedan tras el tratamiento químico biológico (Gómez, 2010).

Figura 8

Proceso de filtración superficial y profunda.



Fuente: Aqua free, (2024)

2.3.9.2. Ósmosis inversa

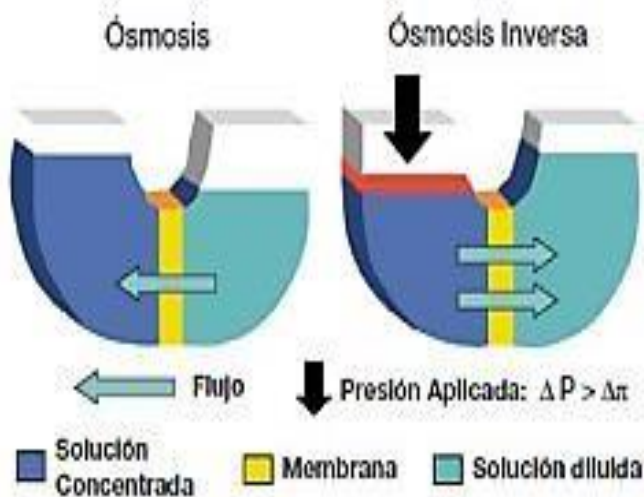
Ocurre cuando dos soluciones de diferentes concentraciones en reposo están conectadas por una membrana semipermeable que deja pasar el disolvente, pero no el soluto. Esto hace que el disolvente circule por la membrana desde la solución más diluida hasta la más concentrada, lo que tiende a igualar las concentraciones en ambos lados. Por tanto, el volumen de la solución más concentrada aumenta y también la presión que ejerce sobre la membrana hasta alcanzar el punto de equilibrio. Entonces, este disolvente pasa de la fase más concentrada a la fase más diluida, y la primera se vuelve aún más concentrada.

Esto se logra aplicando una presión mayor que la presión osmótica a una solución concentrada de modo que el solvente sea forzado a través de la membrana, dejando atrás el soluto (Figura 9). El tratamiento es caro porque, además del consumo de energía asociado al bombeo a alta presión, el agua residual debe ser pre tratada para eliminar las sustancias en suspensión que contaminan las membranas. Cabe señalar también que la vida útil de las membranas es relativamente corta y el precio elevado, por lo que se utilizan cuando contienen algún componente difícil de eliminar por métodos convencionales o cuando los materiales contenidos en el sello se pueden

reciclar (Corbitt, 2003).

Figura 9

Proceso de ósmosis inversa



Fuente: López Martín, (2015)

2.3.10. Reactor anaeróbico de flujo ascendente (RAFA)

Cada vez hay más plantas piloto y a escala real que utilizan reactores de flujo ascendente (RAFA) en países como Brasil, India, Japón y Colombia. A pesar de ser relativamente nueva comparada con otras tecnologías anaeróbicas, la tecnología del reactor RAFA tiene muchos beneficios sobre otros sistemas de tratamiento anaerobio, lo que explica su amplia aceptación en muchas regiones del mundo (Passos, 2020).

En primer lugar, la capacidad de los sistemas de RAFA para gestionar cargas orgánicas elevadas y variables. En comparación con los sistemas aerobios, los reactores RAFA crean menos lodos y más estabilizados; no obstante, el biogás que producen estos reactores contiene una cantidad significativa de gas metano, que puede utilizarse para la recuperación de energía (Philomina, 2022).

Aunque la tecnología de reactores RAFA muchas ventajas, un inconveniente importante es que estos sistemas no pueden generar efluentes de alta calidad que cumplan los criterios de vertido de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la reutilización del agua recuperada o su vertido al medio ambiente. Por ello, las normativas sobre efluentes de reactores RAFA suelen exigir unidades de post

tratamiento para garantizar que el efluente final cumpla los requisitos reglamentarios (Passos, 2020).

El objetivo principal de las unidades de post tratamiento es eliminar los restos orgánicos y componentes que los métodos de tratamiento anaerobio apenas tocan, como nutrientes (compuestos que contienen nitrógeno y fósforo) y bacterias nocivas, mejorando la calidad del agua regenerada. Generalmente, las unidades de post tratamiento aeróbico suelen venir después de los sistemas anaeróbicos de tratamiento de aguas residuales, permitiendo la producción de efluentes que cumplan las normativas de vertido (Bressani-Ribeiro, 2018).

Los lodos activados, los estanques de pulido, los filtros anaeróbicos y otras tecnologías se han utilizado como unidades de post tratamiento, pero la combinación RAFA/filtro percolador (TF) se ha convertido en el estándar de la industria en muchos países (Philomina et al., 2022).

2.3.10.1. Funcionamiento

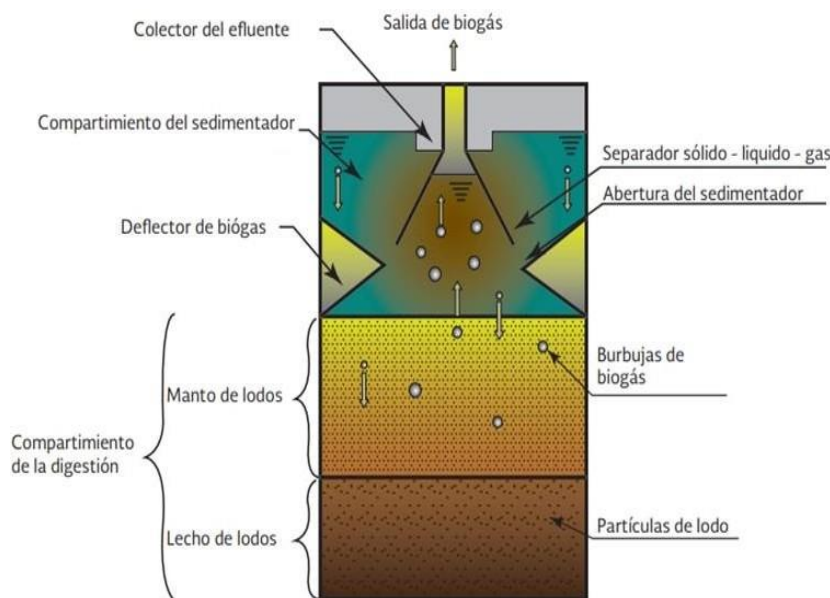
En el reactor anaerobio de flujo ascendente con manto de lodos (UASB) se utiliza un tanque. Las aguas residuales ascienden y entran en el reactor por la parte inferior. A medida que las aguas residuales pasan por encima de una manta de lodos en suspensión, se filtran y se tratan. Los gránulos microbianos, cuyo diámetro oscila entre 1 y 3 mm, son aglomeraciones microscópicas de microorganismos que se adhieren entre sí y se resisten a ser arrastrados por el flujo ascendente debido a su peso. Estas aglomeraciones forman el manto de lodos (Rodríguez y Rueda, 2021).

Las sustancias orgánicas son descompuestas por las bacterias de la capa de lodo. Como resultado, se liberan metano y dióxido de carbono. Las burbujas ascendentes mezclan los lodos sin necesidad de componentes mecánicos. El material que llega a la parte superior del tanque es desviado hacia abajo por las paredes inclinadas. Un espacio por encima de las paredes inclinadas del tanque es donde se extrae el efluente depurado (Mohana, 2023).

Puntos de diseño a recordar el separador de gas-sólidos, el sistema de

distribución del afluente y el diseño de extracción del efluente son componentes cruciales en el diseño de los reactores RAFA. Una cúpula de recogida de gases recoge el gas que sube a la parte superior, que puede convertirse en biogás, que se utiliza como energía (Figura 2). Para mantener el manto de lodos en suspensión, es necesario mantener una velocidad de flujo ascendente de 0,7 a 1 m/h. Normalmente, no es necesaria una decantación primaria antes del RAFA. (Salmeron, 2020).

Figura 10
Estructura gráfica de un RAFA



Fuente: Peñaloza, (2019)

2.4. Marco Legal

2.4.1. Constitución de la República del Ecuador 2008 Título I: Elementos constitutivos del estado

Principios fundamentales

Art. 3.- Son deberes primordiales del Estado:

Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes (p. 9).

Título II: Derechos

Capítulo segundo: derechos del buen vivir Sección primera: agua y

alimentación

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida (p. 13)

Art.14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (p. 13).

Sección sexta: Hábitat y vivienda

Art. 30.- Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica (p. 17).

Capítulo séptimo: Derechos de la naturaleza

Art. 71.- La naturaleza o *Pacha Mama*, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda. El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema (p. 33).

Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las

consecuencias ambientales nocivas (p. 33).

Título V: Organización territorial del estado Capítulo cuarto: Régimen de competencias

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:
Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.
Delimitar, regular, autorizar y controlar el uso de las playas de mar, riberas y lechos de ríos, lagos y lagunas, sin perjuicio de las limitaciones que establezca la ley (p. 83)

Título VI: Régimen de desarrollo

Capítulo quinto: Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas

Art. 318.- El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua (p. 99).

Título VII: Régimen del buen vivir

Capítulo II: Biodiversidad y recursos naturales Sección primera: Naturaleza y ambiente

Art. 397.- En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a:
Permitir a cualquier persona natural o jurídica, colectividad o grupo humano, ejercer las acciones legales y acudir a los órganos judiciales y administrativos, sin perjuicio de su interés directo, para obtener de ellos la tutela efectiva en materia ambiental, incluyendo la posibilidad de solicitar

medidas cautelares que permitan cesar la amenaza o el daño ambiental materia de litigio. La carga de la prueba sobre la inexistencia de daño potencial o real recaerá sobre el gestor de la actividad o el demandado. Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales (p. 120).

Sección sexta: Agua

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua (p. 123).

Sección séptima: Biosfera, ecología urbana y energías alternativas

Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua (p. 124).

Código Orgánico del Ambiente 2017

TÍTULO I: Objeto, ámbito y fines

Art. 3.- Fines. Son fines de este Código:

1) Regular los derechos, garantías y principios relacionados con el ambiente sano y la naturaleza, previstos en la Constitución y los instrumentos internacionales ratificados por el Estado. 2) Establecer los principios y lineamientos ambientales que orienten las políticas públicas del Estado. La política nacional ambiental deberá estar incorporada obligatoriamente en los instrumentos y procesos de planificación, decisión y ejecución, a cargo de los organismos y entidades del sector público (p. 3).

Título II: Institucionalidad y articulación de los niveles de gobierno en el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental.

Capítulo II: De las facultades ambientales de los Gobiernos Autónomos Descentralizados.

Art. 27.- Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales en materia ambiental. En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales el ejercicio de las siguientes facultades, en concordancia con las políticas y normas emitidas por los Gobiernos Autónomos Provinciales y la Autoridad Ambiental Nacional: 8. Controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido Libro Segundo del Patrimonio Natural

Título I De la conservación de la biodiversidad

Art. 32.- De la investigación. La entidad rectora del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Innovación y Saberes Ancestrales promoverá y regulará las investigaciones científicas in situ y ex situ que comprendan actividades de extracción, colección, recolección, importación, movilización, transportación, exportación y disposición temporal o final de especies de vida silvestre, implementando mecanismos de rastreo y monitoreo de la biodiversidad, de acuerdo a los lineamientos de las autoridades competentes (p. 21).

Libro Tercero de la Calidad Ambiental Título I

Disposiciones Generales

Art. 159.- Carácter sistémico de las normas ambientales. Las normas ambientales serán sistémicas y deberán tomar en consideración las características de cada actividad y los impactos que ellas generan. El diseño, la elaboración y la aplicación de las normas ambientales deberán garantizar la calidad de los componentes físicos del ambiente, con el propósito de asegurar el buen vivir y los derechos de la naturaleza (p. 48).

Capítulo IV

Monitoreo Y Seguimiento

Art. 208.- Obligatoriedad del monitoreo. El operador será el responsable del monitoreo de sus emisiones, descargas y vertidos, con la finalidad de que estas cumplan con el parámetro definido en la normativa ambiental. La Autoridad Ambiental Competente efectuará el seguimiento respectivo y solicitará al operador el monitoreo de las descargas, emisiones y vertidos, o de la calidad de un recurso que pueda verse afectado por su actividad.

Los costos del monitoreo serán asumidos por el operador. La normativa secundaria establecerá, según la actividad, el procedimiento y plazo para la entrega, revisión y

aprobación de dicho monitoreo. La información generada, procesada y sistematizada de monitoreo será de carácter público y se deberá incorporar al Sistema Único de Información Ambiental y al sistema de información que administre la Autoridad Única del Agua en lo que corresponda (p. 57)

Art. 209.- Muestreo. La Autoridad Ambiental Nacional expedirá las normas técnicas y procedimientos que regularán el muestreo y los métodos de análisis para la caracterización de las emisiones, descargas y vertidos. Los análisis se realizan en laboratorios públicos, privados o de universidades e institutos de educación superior, acreditados ante el Servicio de Acreditación Ecuatoriano. En el caso de que en el país no existan laboratorios acreditados, se podrá solicitar la designación en el marco de la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad, y en última instancia, se podrá realizar con los que estén debidamente acreditados a nivel internacional (p. 58)

Código Orgánico Integral Penal 2021 Sección tercera

Delitos contra los recursos naturales

Art. 251.- Delitos contra el agua. - La persona que, contraviniendo la normativa vigente, contamine, desee o altere los cuerpos de agua, vertientes, fuentes, caudales ecológicos, aguas naturales afloradas o subterráneas de las cuencas hidrográficas y en general los recursos hidrobiológicos realice descargas en el mar provocando daños graves, será sancionada con una pena privativa de libertad de tres a cinco años. Se impondrá el máximo de la pena si la infracción es perpetrada en un espacio del Sistema Nacional de Áreas Protegidas o si la infracción es perpetrada con ánimo de lucro o con métodos, instrumentos o medios que resulten en daños extensos y permanentes (p. 97).

Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento del Agua 2014.

Título II: Recursos hídricos

Capítulo I: Definición, infraestructura y clasificación de los recursos hídricos

Art 12. Protección, recuperación y conservación de fuentes, La Autoridad única del Agua, los Gobiernos Descentralizado, los usuarios, las comunas,

pueblos, nacionalidades y los propietarios de predios donde se encuentren fuentes de agua, serán responsables de su manejo sustentable e integrado, así como la protección y conservación de dichas fuentes, de conformidad de las normas de la presente Ley y las normas técnicas que dicte la Autoridad Única del Agua (p. 3).

Art. 14.- Cambio de uso del suelo. El Estado regulará las actividades que puedan afectar la cantidad y calidad del agua, el equilibrio de los ecosistemas en las áreas de protección hídrica que abastecen los sistemas de agua para consumo humano y riego; con base en estudios de impacto ambiental que aseguren la mínima afectación y la restauración de los mencionados ecosistemas (p. 6)

Capítulo II: Institucionalidad y gestión de los recursos hídricos Sección primera: Sistema Nacional Estratégico y Autoridad Única del Agua

Art. 18.- Competencias y atribuciones de la Autoridad Única del Agua. Las competencias son:

I) Establecer mecanismo de coordinación y complementariedad con los Gobiernos Autónomos Descentralizados en lo referente a la prestación de servicios públicos de riego y drenaje, agua potable, alcantarillado, saneamiento, depuración de aguas residuales y otros que establezca la ley (p. 7).

Sección Cuarta: Servicios Públicos

Art. 37.- Servicios públicos básicos. Para efectos de esta Ley, se considerarán servicios públicos básicos, los de agua potable y saneamiento ambiental relacionados con el agua. La provisión de estos servicios presupone el otorgamiento de una autorización de uso. La provisión de agua potable comprende los procesos de captación y tratamiento de agua cruda, almacenaje y transporte, conducción, impulsión, distribución, consumo, recaudación de costos, operación y mantenimiento. La certificación de calidad del agua potable para consumo humano deberá ser emitida por la 35 autoridad nacional de salud. El saneamiento ambiental en relación con el agua comprende las siguientes actividades: Alcantarillado sanitario: recolección y *conducción, tratamiento y disposición final de aguas residuales y derivados* del proceso de depuración (p. 13).

2.4.2. Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULSMA)

Tabla TULSMA (8) sobre: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Tabla 3
Límites de descargas al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como fenol	Unidad	Límite máximo o permisible
Aceites y Grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	70
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN	mg/l	1
Cinc	Zn	mg/l	10
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	0,1
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalentes	Cr	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO	mg/l	250
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DQO	mg/l	500

Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Hierro Total	Fe	mg/l	25
Manganeso Total	Mn	mg/l	10
Mercurio Total	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables	SD	mg/l	20
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	220
Sólidos Totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos		mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1
Temperatura	°C	mg/l	<40,0
Tensoactivo	Sustancias Activas al azul	mg/l	2
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro decarbono	mg/l	1
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1

Fuente: Registro Oficial Edición Especial, (2017)

Tabla TULSMA (9) sobre: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Tabla 4

Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como fenol	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30
Alkil mercurio	Sustancias	mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2
Boro Total	B	mg/l	2
Cadmio	Cd	mg/l	0
Cianuro Total	CN	mg/l	0,1

Cinc	Zn	mg/l	5
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real	Color real	Unidades decolor	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5
Fluoruros	F	mg/l	5
Fósforo Total	P	mg/l	10

Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Hierro Total	Fe	mg/l	10
Manganeso Total	Mn	mg/l	2
Materia Flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio Total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	0,1
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50
Compuestos Organoclorados	Organoclorado totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforado totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	6-9-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendedos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos Totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO ₄	mg/l	1000
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición Natural
Tensoactivo	Sustancias Activas al azul	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1
La apreciación del color se estima de 10 cm de muestra diluida			

Fuente: Registro Oficial Edición Especial, (2017)

Tabla TULSMA (10) sobre: Límites de descarga a un cuerpo de agua marina.

Tabla 5

Límites de descarga a un cuerpo de agua marina

Parámetros	Expresado como fenol	Unidad	Límite máximo permisible	
			(A) Descargas en zona de rompientes	(B) Descarga mediante emisarios submarinos
Aceites y Grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30	30
Arsénico total	As	mg/l	0,5	0,5
Aluminio	Al	mg/l	5	5
Cianuro Total	CN	mg/l	0,2	0,2
Cinc	Zn	mg/l	10	10
Cobre	Cu	mg/l	1	1
Cobalto	Co	mg/l	0,5	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000	2000
Color	Color verdadero	Unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20	Inapreciable en dilución: 1/20
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5	0,5
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)		mg/l	200	400
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DQO	mg/l	400	600

Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20	20
Materia Flotante	Visibles		Ausencia	Ausencia
Mercurio Total	Hg	mg/l	0,01	0,01
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	40	40
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	6-9	6-9
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	ug/l	50	50

Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	ug/l	100	100
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	250	250
Sulfuros	S	mg/l	0,5	0,5
Carbamatos	Especies Totales	mg/l	0,25	0,25
Temperatura	°C		<35	<35

Fuente: Registro Oficial Edición Especial, (2017)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación:

3.1.1 Enfoque Cuantitativo

El enfoque cuantitativo de la investigación se centra en la recolección y análisis de datos en forma numérica para comprender fenómenos sociales, científicos u otros. En este tipo de investigación, se utilizan instrumentos y técnicas que posibilitan la medición precisa y la aplicación de análisis estadísticos rigurosos para obtener resultados objetivos y generalizables. Los investigadores que adoptan este enfoque buscan establecer relaciones causales, identificar patrones y tendencias, y validar hipótesis mediante la cuantificación de variables y la aplicación de métodos estadísticos adecuados (Sánchez y Murillo, 2021).

Aplicado a esta investigación, el enfoque cuantitativo permitió la recolección sistemática de datos numéricos relacionados con la calidad del agua, los niveles de contaminación y los procesos de tratamiento. Estos datos fueron esenciales para evaluar con precisión la eficacia de las diferentes técnicas y tecnologías de tratamiento disponibles. Además, mediante el análisis estadístico de los datos recopilados, se pudieron identificar patrones y tendencias, lo que proporcionó una base sólida para la toma de decisiones informadas en la optimización del sistema de tratamiento.

3.2 Alcance de la investigación:

3.2.1 Alcance Descriptivo

En un alcance descriptivo, la investigación adopta una perspectiva que se centra en la recopilación y análisis de datos específicos y numéricos con el propósito de entender y describir fenómenos particulares. Este método se distingue por su enfoque en la medición precisa de variables, el uso de técnicas estadísticas y la priorización de la objetividad al interpretar los resultados. Los investigadores que aplican este

enfoque buscan ofrecer una representación detallada y exacta de los aspectos cuantificables de un fenómeno, lo que facilita una comprensión más completa y sistemática de la realidad estudiada (González y Ricalde, 2021).

El uso del alcance descriptivo en la investigación sobre la optimización del tratamiento de aguas residuales en el mercado Caraguay, Guayaquil, se justificó que se buscó comprender las características del mercado, identificar los procesos de tratamiento existentes y evaluar su eficacia, proporcionando datos cuantitativos para formular recomendaciones específicas y estrategias de mejora del tratamiento de aguas residuales.

3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos

3.3.1 Encuesta

La técnica de encuesta es un método de investigación que implica la recopilación sistemática de datos a través de cuestionarios estandarizados, diseñados para obtener información sobre las actitudes, opiniones, creencias o características de una muestra representativa de la población objetivo. Es una herramienta utilizada en diversos campos de estudio para obtener datos cuantitativos sobre una amplia gama de temas (Romero, 2023).

En el caso de la presente investigación, se utilizó la técnica encuesta para evaluar las características y aspectos del mercado La Caraguay, donde se realizó una intervención a los colaboradores del establecimiento a fin de poder recopilar datos e información relevante, la cual servirá de ayuda para el desarrollo de este estudio.

3.3.2 Cuestionario

El instrumento cuestionario se define como una herramienta estructurada de recolección de datos diseñada para recabar información sobre actitudes, creencias, opiniones o características específicas de un grupo de individuos. Consiste en una serie de preguntas previamente establecidas, formuladas de manera clara y objetiva, que se presentan a los participantes con el fin de obtener respuestas estandarizadas y

comparables (Mendoza y Ávila, 2020).

Y, en esta investigación, se hizo uso del instrumento cuestionario para complementar la técnica encuesta (Ver Anexo1). A lo cual, se formularon un total de 10 preguntas de respuesta cerrada, donde los usuarios podían seleccionar la respuesta. Esto permitió obtener información relevante, además, contribuyó al diseño de las mejoras de la problemática del mercado La Caraguay.

3.4 Población y muestra

Para la población de estudio, se tomó en consideración el total de 806 puestos de trabajo pertenecientes a los colaboradores del mercado La Caraguay. Esta cantidad fue obtenida realizando una visita al establecimiento amodo de trabajo de campo. Así mismo, en lo que respecta al cálculo de la muestra de estudio, se aplicó un tipo de muestreo aleatorio probabilístico, donde se utilizó la siguiente fórmula:

Cantidad de la población (N): 806

Probabilidad de éxito (p):0.5

Probabilidad de que no se cumplan (q): 0.5 Error máximo aceptable (e):0.05

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{(N - 1) * e^2 + Z^2 * p * q}$$

$$n = \frac{806 * 0,95^2 * 0.5 * 0.5}{(806 - 1) * 0.05^2 + 0.95^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = \frac{181,85375}{2,24}$$

$$n = 81,18 \approx 82$$

Por lo tanto, de acuerdo con el resultado obtenido a partir del cálculo de la muestra, se determina que la encuesta será aplicada a un total de 82 puestos de trabajo del mercado La Caraguay de la ciudad de Guayaquil.

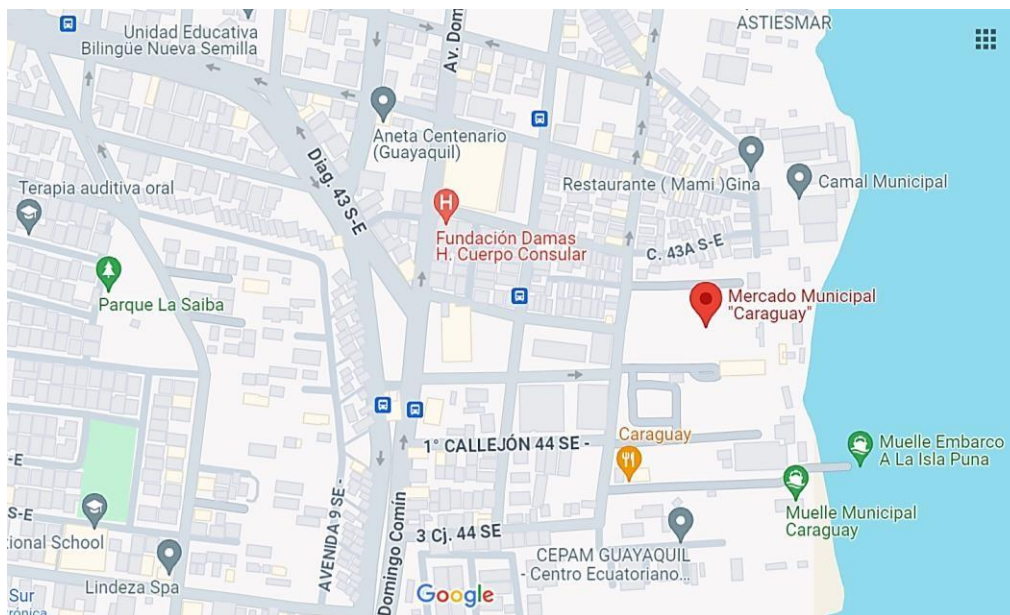
CAPÍTULO IV PROPUESTA O INFORME

4.1 Generalidades

4.1.1 Descripción del sitio del proyecto

El mercado Caraguay se encuentra localizado en la parroquia Ximena, barrio Cuba, en la ciudad de Guayaquil, a orillas del río Guayas. Su ubicación específica se encuentra en las calles Avenida 12 SE., Gral. Francisco Robles, entre las calles 46 SE. Dr. Ángel Felicísimo Rojas y 3° Callejón 44 SE.

Figura 11
Ubicación del Mercado Caraguay



Fuente: Google Maps, (2024)

4.1.2 Instalaciones y Servicios

Verduras, mariscos, tiendas de alimentación y un muelle son las cuatro secciones claramente definidas del mercado de Caraguay, de una sola planta. Actualmente, 315 de los 806 puestos del mayor mercado de pescado del país se dedican sólo a la venta de mariscos. Sólo la industria pesquera emplea a unas 400 personas. Con relación a la comercialización de mariscos cuentan con una surtida variedad, entre los cuales se encuentran: pulpo, camarones, calamares y, por supuesto, cangrejo; pescado negro como albacora, picudo y sierra; y pescado blanco

como lubina, dorado y róbalo, entre otros (Prudente y Torres, 2017).

El mercado La Caraguay es conocido como el "mercado que nunca duerme", ya que se encuentra abierto las veinticuatro horas del día. En la actualidad, cuenta con dos horarios -diurno y nocturno-, por lo que está dividido en dos zonas de vendedores. La primera zona cuenta con aproximadamente 1200 comerciantes minoristas y 720 empresas, y funciona de 4:00 a 16:00 horas. No obstante, el horario de atención al público es de 07:00 a 15:00 horas. El segundo bloque, el horario nocturno, consta de alrededor de 180 comerciantes mayoristas y 90 tiendas, y funciona desde las 17:00 hasta 6:00 am, todos los días.

Figura 12

Mercado Caraguay en su turno nocturno



Fuente: Pinchesvsky, (2015)

Este no es solo un mercado, también es un centro de acopio donde se abastece de mariscos a toda la provincia del Guayas, y a su vez, este mercado es conocido por su área de comercialización de platos habituales como cazuelas, sancochos, bollos, potajes, caldos, ceviches y el siempre popular encebollado de pescado. Adicionalmente, el mercado de abastos sirve una amplia gama de alimentos elaborados con pollo, cerdo y ternera, como arroz con puchero, seco de pollo y fritada. En la actualidad se ofrecen los siguientes servicios: Productos generales (frutas y verduras), carne, aves y productos lácteos, pescado y mariscos (al por menor), mercancías diversas y la zona del comedor componen la oferta de proteínas.

Figura 13

Servicios que ofrece el Mercado Caraguay en su infraestructura



Nota. De acuerdo a la figura 13, se puede observar los servicios que ofrece el mercado de Caraguay de acuerdo a su infraestructura.

Fuente: Pinchesvsky, (2015)

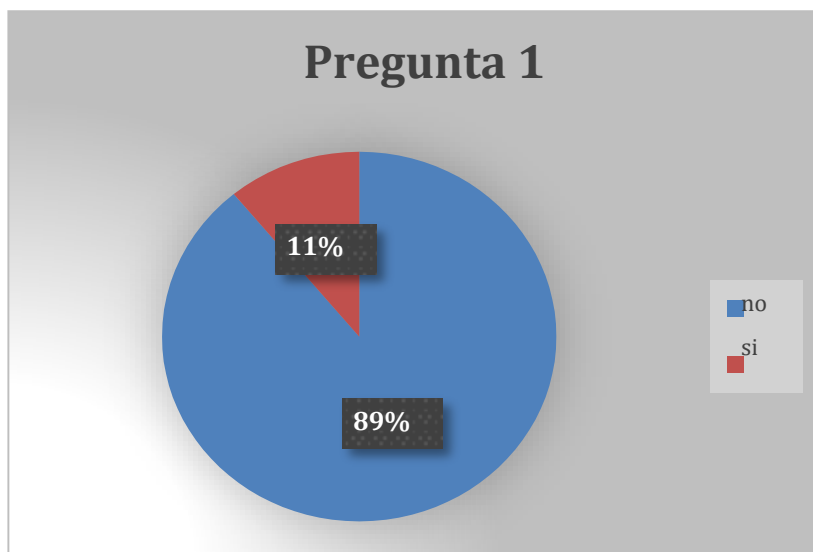
4.2 Presentación y Análisis de Resultados

4.2.1 Análisis de las encuestas realizadas en el Mercado Caraguay

1) ¿Considera usted que la calidad del agua en el Mercado Caraguay es satisfactoria?

Figura 14

Resultados en porcentajes de la pregunta 1

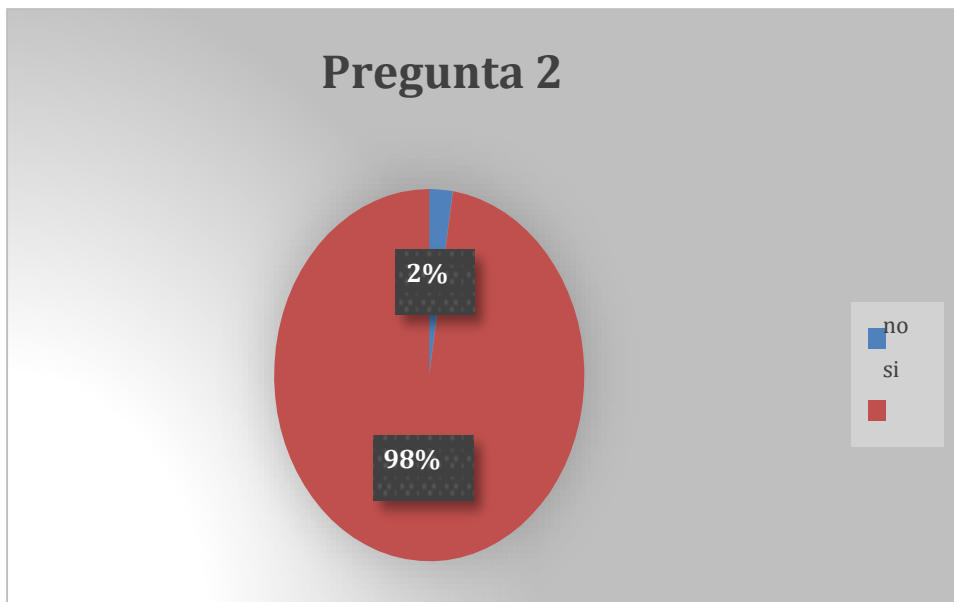


Elaborado por: Flores, (2024)

Con base en los resultados obtenidos en la primera pregunta, es posible denotar la conformidad de los comerciantes, en un 89%, con respecto a la calidad del agua en el mercado. No obstante, el 11% no está de acuerdo con ello. Al ser información basada en la perspectiva de las personas que circulan las instalaciones del lugar de estudio es importante corroborar los hechos con el análisis de calidad pertinente, el cual se detallará más adelante.

2) ¿Cree que los niveles de contaminación en el mercado Caraguay representan un problema ambiental significativo?

Figura 15
Resultados en porcentajes de la pregunta 2



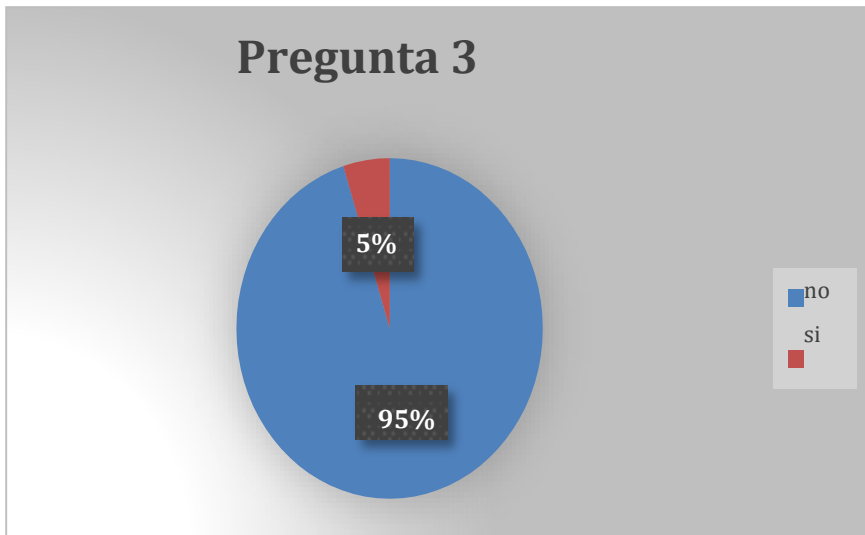
Elaborado por: Flores, (2024)

Con respecto a la pregunta 2, es claro que los comerciantes del área están conscientes del nivel de contaminación que produce este tipo de espacios de comercio. Con un 98% del total de la muestra de estudio, los colaboradores concuerdan que existe contaminación por parte del mercado.

3) ¿Está al tanto de los procesos de tratamiento de aguas residuales actualmente en uso en el mercado Caraguay?

Figura 16

Resultados en porcentajes de la pregunta 3



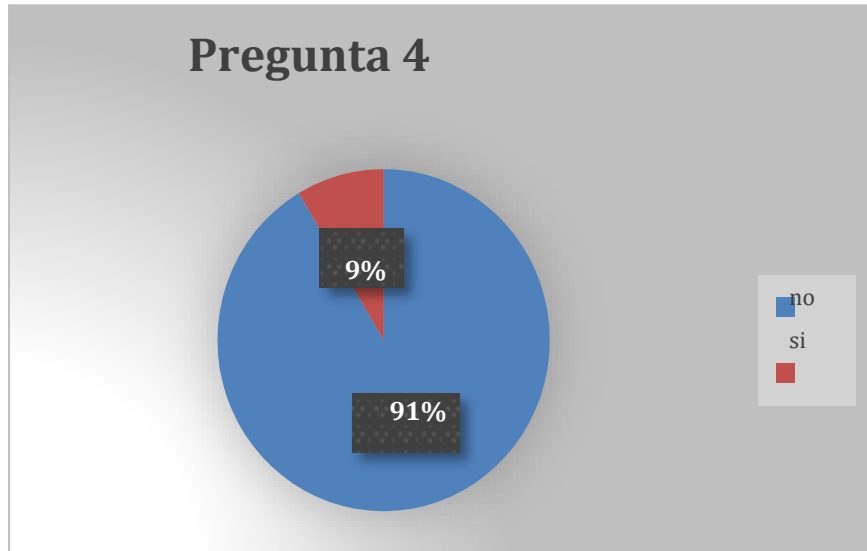
Elaborado por: Flores, (2024)

En cuanto al conocimiento acerca de los procesos de tratamiento de aguas residuales actualmente en uso en el mercado Caraguay, mencionan que la mayoría de los participantes, es decir el 95% desconocen sobre esta gestión; mientras que apenas el 5% afirman estar al tanto. No obstante, se puede deducir un sesgo en dicha pregunta, ya que no es claro si este porcentaje de los participantes entienden todo lo que interviene en los procedimientos de un tratamiento de agua.

4) ¿Cree que los procesos de tratamiento de aguas residuales en el mercado Caraguay son efectivos en la remoción de contaminantes?

Figura 17

Resultados en porcentajes de la pregunta 4

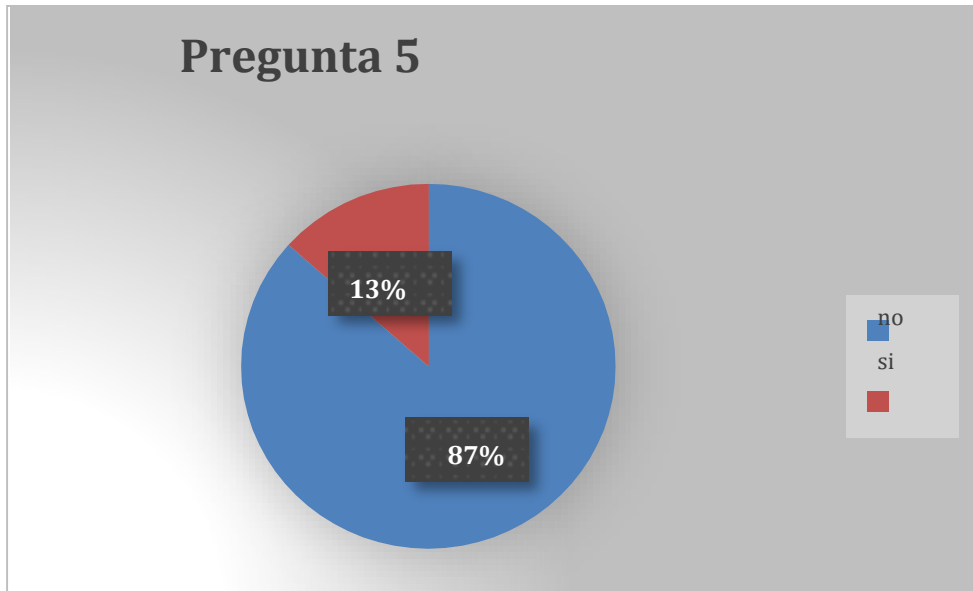


Elaborado por: Flores (2024)

Con respecto a la pregunta 4, se observa que apenas un 9% de los participantes creen que los procesos de tratamiento de aguas residuales en el mercado Caraguay son efectivos en la remoción de contaminantes, mientras que el 91% no está de acuerdo.

5) ¿Ha experimentado cambios en la percepción de la calidad del agua después de la implementación de los procesos de tratamiento?

Figura 18
Resultados en porcentajes de la pregunta 5

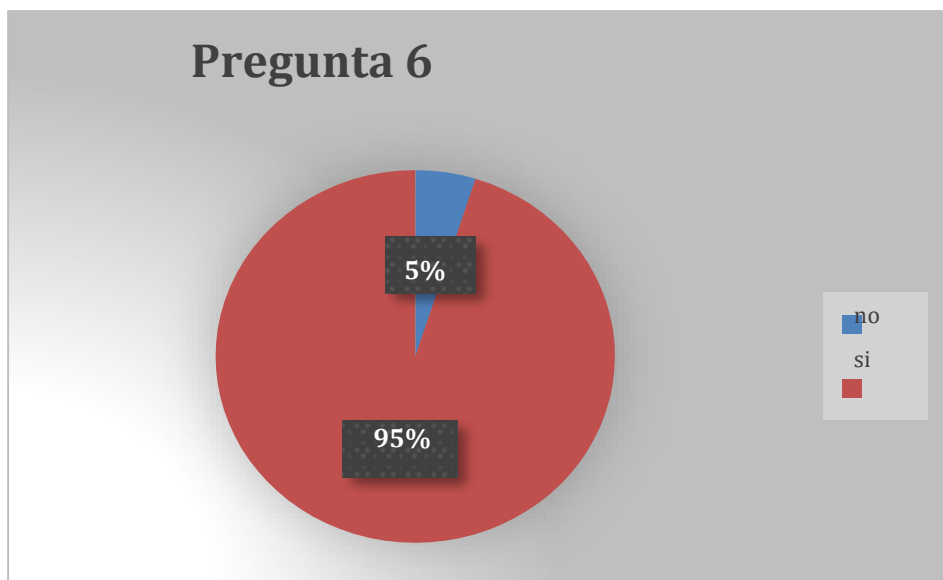


Elaborado por: Flores, (2024)

En cuanto a los resultados correspondientes a la pregunta 5, es posible denotar que los comerciantes que participaron en el estudio no perciben un cambio en la calidad del agua después de la implementación de los procesos de tratamiento, específicamente el 87%. No obstante, el 13% afirma lo contrario, pese a que se trata de una respuesta subjetiva.

6) ¿Cree que se necesitan mejoras adicionales en los procesos de tratamiento de aguas residuales para abordar eficazmente la contaminación en el mercado Caraguay?

Figura 19
Resultados en porcentajes de la pregunta 6



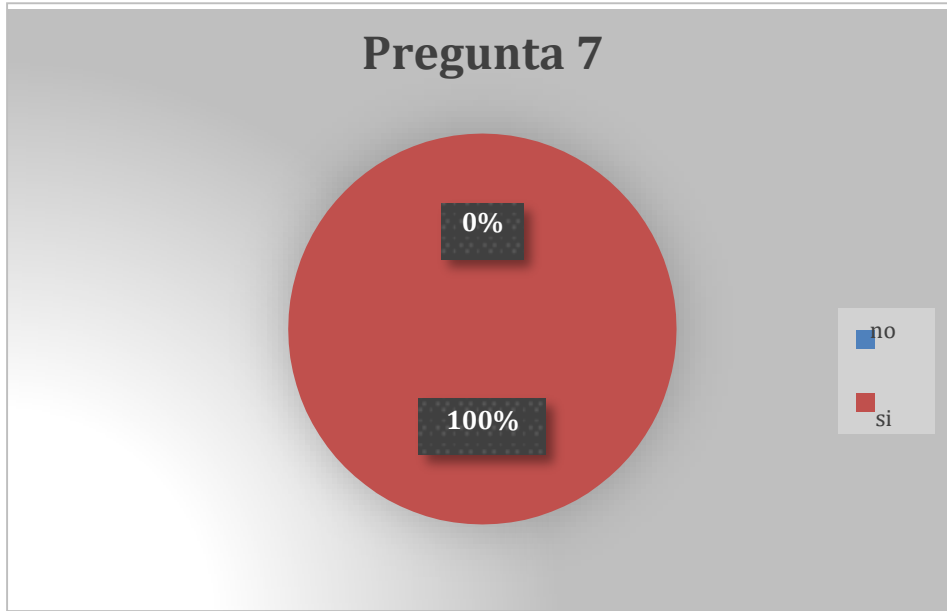
Elaborado por: Flores, (2024)

Los resultados de correspondientes a la pregunta 6, reflejan la opinión de los comerciantes en cuanto a su descontento con la calidad de agua del mercado. Por ende, en un 95% consideran adecuado optimizar los procesos de tratamiento de aguas residuales en el mercado Caraguay, con el fin de abordar eficazmente la contaminación. Sin embargo, esto sigue siendo una respuesta bajo cierto grado de desconocimiento técnico por parte de los participantes de igual manera tomando en cuenta los malos olores y la contaminación que las aguas residuales podría afectar gradualmente al ser humano y los alimentos que se comercializan en el sector.

7) ¿Considera que la comunidad local debería involucrarse más en la supervisión y gestión de la calidad del agua en el mercado Caraguay?

Figura 20

Resultados en porcentajes de la pregunta 7

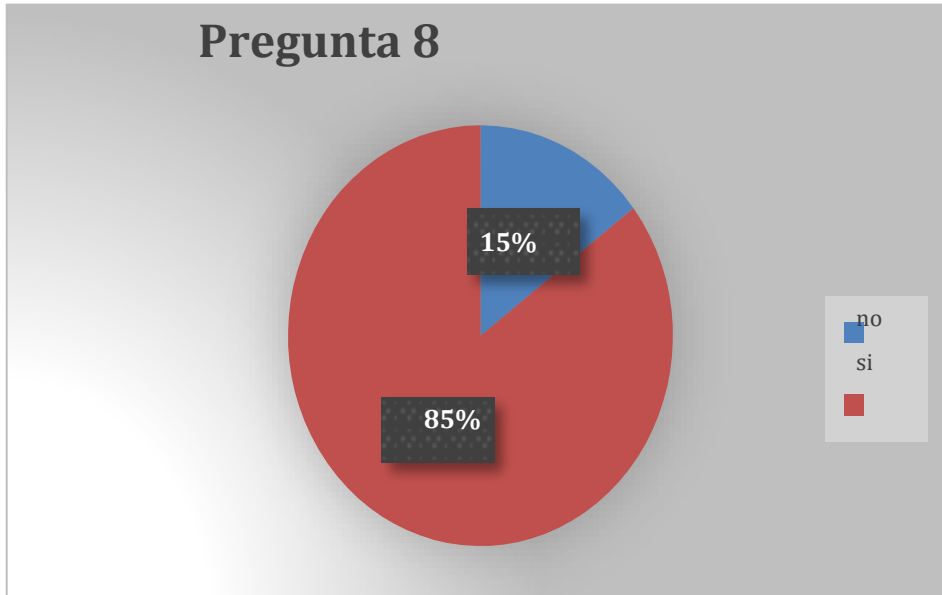


Elaborado por: Flores, (2024)

Por otro lado, se observa un acuerdo total, es decir de un 100%, con respecto a una participación más activa en cuanto a la supervisión y gestión de la calidad del agua en el mercado Caraguay por parte de la comunidad local.

8) ¿Está dispuesto a pagar un costo adicional por servicios de tratamiento de aguas residuales que garanticen una mayor calidad del agua tratada en el mercado Caraguay?

Figura 21
Resultados en porcentajes de la pregunta 8

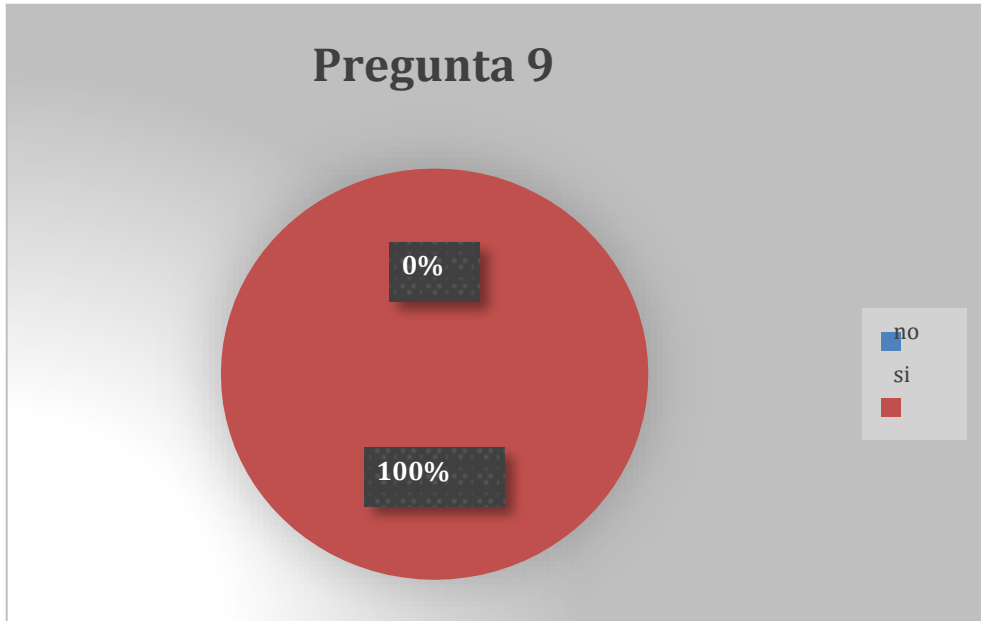


Elaborado por: Flores, (2024)

Dado que se distingue cierto grado de descontento con respecto a la calidad del agua tratada en el mercado Caraguay por parte de la comunidad local, es natural que exista una conciencia colectiva de responsabilidad por el impacto que tienen las actividades económicas que se desarrollan en el mercado. Es así que un 85% presentan una predisposición de asumir un costo adicional por mejorar los servicios del tratamiento del afluente que se produce en el mercado, no obstante, un pequeño porcentaje (15%) no está de acuerdo.

9) ¿Cree que la implementación de tecnologías más avanzadas podría mejorar la eficiencia del tratamiento de aguas residuales en el mercado Caraguay?

Figura 22
Resultados en porcentajes de la pregunta 9

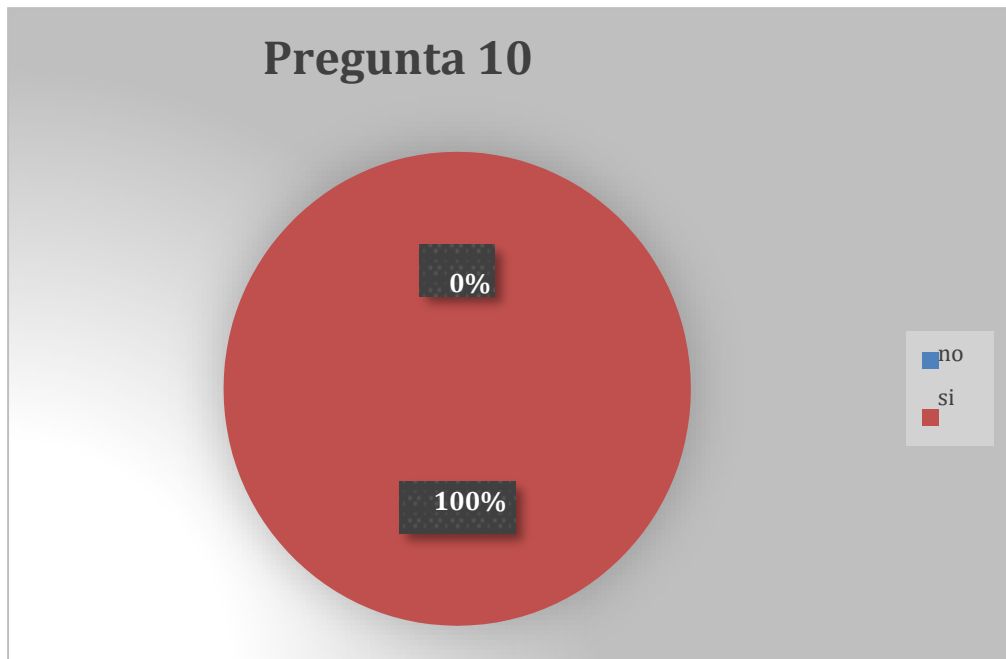


Elaborado por: Flores, (2024)

No existe duda de que, en su totalidad, es decir el 100% de los comerciantes y la comunidad local que participaron en la encuesta, concuerdan en que es necesario implementar mejoras en el actual tratamiento de aguas residuales provenientes del mercado caraguay, pese a su desconocimiento técnico en donde se toma en cuenta las necesidades de los comerciantes y consumidores de la Caraguay para las posibles implementaciones de nuevas tecnologías para el tratamiento de las aguas residuales.

10) ¿Considera que se necesita una mayor concienciación pública sobre la importancia de la calidad del agua y el tratamiento de aguas residuales en el mercado Caraguay?

Figura 23
Resultados en porcentajes de la pregunta 10



Elaborado por: Flores, (2024)

La pregunta 10 hace referencia, no solo a una concientización sino también a una educación ambiental con respecto a la importancia de una buena calidad de agua y a un adecuado tratamiento de aguas residuales en el mercado Caraguay. Debido a que, si bien es cierto que las aguas tratadas que salen del mercado hacia su destino dependen del tratamiento que se le aplica, también es indiscutible que quienes forman parte de la comunidad local tienen un nivel de responsabilidad de reducir su impacto ambiental y la contaminación del agua. Premisa con la que el 100% de los participantes estuvieron de acuerdo.

4.3 Diagnóstico del sistema actual de tratamiento de aguas residuales del Mercado Caraguay

La planta de tratamiento de aguas residuales en el Mercado Caraguay no tiene la capacidad adecuada para manejar el volumen de aguas residuales que se generan diariamente en el sitio. Esto puede deberse a un aumento en la cantidad de residuos, lo que tiende a exceder la capacidad de la planta, esto debido a la creciente población y la actividad de la zona que han superado esta capacidad, esto es un problema común en muchas plantas de tratamiento, especialmente en áreas urbanas en crecimiento rápido.

La eficiencia en el tratamiento de las aguas residuales es un aspecto crucial, en el Mercado Caraguay la planta de tratamiento no puede estar operando a su máxima eficiencia debido a problemas técnicos, falta de mantenimiento adecuado o del uso de una tecnología obsoleta. Esto puede resultar en la liberación de aguas residuales que son perjudiciales para el medio ambiente y la salud pública. Muchas veces, las tecnologías utilizadas no son lo más avanzadas lo que resulta en una deficiencia al momento de eliminar contaminantes de manera efectiva, teniendo en cuenta que el Mercado Caraguay tiene una alta carga de contaminantes.

El mantenimiento es vital para asegurarnos que las plantas de tratamiento de aguas residuales funcionen correctamente, en el caso del Mercado Caraguay hay deficiencias en el mantenimiento regular, lo que conlleva a la acumulación de problemas mecánicos, y operativos.

Figura 24
Sistema de tratamiento



Elaborado por: Flores, (2024)

Figura 25
Cuarto de Bombeo



Elaborado por: Flores, (2024)

4.3.1 Caracterización de la calidad del agua efluente y afluente

La toma de muestras del afluente y efluente del Mercado Caraguay, se

realizaron el 4 de julio del 2024, ambas muestras fueron de tipo simple, y fueron elaboradas por el laboratorio DEPROIN SA., el cual se encuentra con acreditación del SAE (Servicio de acreditación ecuatoriano) N° SAE LEN 13-003 con Código de la Muestra: AG 133/2024 P1 y AG 133/2024 P2, con el propósito de evaluar la efectividad en el sistema de tratamiento de aguas residuales en la remoción de contaminantes, y a su vez, asegurándonos que las descargas efluentes cumplan con las normativas ambientales locales vigentes.

En dichas pruebas, se analizaron los siguientes parámetros:

1. **pH:** Indica la acidez o alcalinidad del agua.
2. **Demanda Biológica de Oxígeno (DBO):** Mide la cantidad de oxígeno requerido por microorganismos para descomponer la materia orgánica.
3. **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Similar al DBO, pero midiendo la cantidad de oxígeno requerido para oxidar tanto la materia orgánica como la inorgánica.
4. **Coliformes Fecales:** Indicadores de contaminación microbiológica
5. **Temperatura:** Mide cuán caliente o fría está el agua.
6. **Sólidos Suspendidos Totales (SST):** Mide la cantidad de partículas sólidas que están suspendidas en agua.
7. **Aceite y Grasas:** Miden sustancias como aceites minerales, aceites vegetales, grasas de animales, etc.

Nota: (4) Parámetro subcontratado y analizado por, LABCESTTA S.A. con acreditación, SAE - LEN - 18 -034.

Tabla 6

Resultado del análisis de la calidad de agua Afluente

AFLUENTE			
Parámetro	Resultado	Límite Permisible - Tabla N°9 del TULSMA	Observación
Aceite y Grasas	28,29 mg/l	30 mg/l	CUMPLE

Coliformes Fecales (NMP)	35000 mg/l	2000 mg/l	NO CUMPLE
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)	464 mg/l	100 mg/l	NO CUMPLE
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	1140 mg/l	200 mg/l	NO CUMPLE
pH	6,97 mg/l	6-9 mg/l	CUMPLE
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	178 mg/l	130 mg/l	NO CUMPLE
Temperatura	29,1°C	< 40° C	CUMPLE

Elaborado por: Flores, (2024)

En dicha tabla cuyos datos pertenecen al Afluente se observa que existen hay 4 parámetros que no cumplen con la normativa de la Tabla 9 del TULSMA (Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria) sobre: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Siendo estos; Coliformes Fecales con un valor de 35000 mg/l, cuyo límite permisible es de 2000 mg/l, la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) con un resultado de 464 mg/l y límite permisible de 100 mg/l, La Demanda Química de Oxígeno (DQO) cuyo valor mostró una cantidad de 1140 mg/l y según la tabla 9 del TULSMA su valor permisible es de 200 mg/l, otro parámetro que no cumple son los Sólidos Suspendidos Totales (SST) cuyo resultado arrojó 178 mg/l y su límite permisible es de 130 mg/l

Tabla 7

Resultados del análisis de la calidad de agua Efluente

EFLUENTE			
Parámetro	Resultado	Tabla N°9 del TULSMA	Observación
Aceite y Grasas	< 5,00	30	CUMPLE

Coliformes Fecales (NMP)	< 1,8	2000	CUMPLE
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)	200	100	NO CUMPLE
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	600	200	NO CUMPLE
pH	6,77	6-9	CUMPLE
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	132,66	130	NO CUMPLE
Temperatura	28,6	< 40	CUMPLE

Elaborado por: Flores, (2024)

En dicha tabla cuyos datos pertenecen al efluente se observa que todos los parámetros cumplen a excepción de los Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Biológica de Oxígeno y la Demanda Química de Oxígeno con la normativa de la Tabla 9 del TULSMA sobre: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

4.4 Prediseño de la PTAR (Propuesta)

Observando los resultados del análisis de la calidad del agua Efluente del Mercado Caraguay (ver tabla 7) podemos corroborar que el agua es tratada de buena manera en la planta de tratamiento en el Mercado Caraguay, pero uno de los problemas que ahí existen es que el caudal es demasiado alto y la PTAR no puede cubrir dicha demanda es, por ello, que solo el 30% del agua utilizada en el mercado Caraguay es tratada, y el 70% del agua residual es vertida sin tratamiento previo directamente al Río Guayas

Es por ello que se propone la siguiente tecnología que contará con un sistema de tratamiento de agua residual de tipo anaeróbico con una desinfección final, con el objetivo de obtener un tratamiento óptimo y asegurándonos que toda el agua utilizada

sea sometida al tratamiento y que, a su vez, cumplan con las normativas ambientales locales

4.4.1 Tratamiento Preliminar

El tratamiento preliminar de la PTAR se propone que estará formada por:

- Canal de entrada
- Rejilla Gruesa
- Rejilla Fina

4.4.1.1 Criterio de Diseño

La norma OS 090 detalla para el caso de las rejas o cribas, que estas deben utilizarse en toda planta de tratamiento, aun en las más simples, siendo de preferencia de limpieza manual, salvo que la cantidad de material cribado justifique las de limpieza mecanizada.

Se propondrá utilizar barras rectangulares de 5 a 15 mm de espesor, y de ancho tendrá de 30 a 75 mm de ancho. El espaciamiento entre dichas barras será entre 20 y 50 mm.

El ángulo de inclinación de las barras será de 45° y 60° con respecto a la vertical.

El tamaño de los barrotes usados en las rejas dependerá del tamaño de los materiales que se desean retener, con el objetivo que sean lo suficientemente resistentes para que estos, no se deformen. Para las rejas gruesas se usan barrotes entre ½ y 1 pulgada de diámetro y para las rejillas finas, entre ½ y ¼ de pulgada.

Los principales criterios de diseño son:

Tabla 8

Criterios de diseño para rejillas finas y gruesas

Características	Limpieza Manual	Limpieza Automática
Tamaño de los barros		
Anchura (mm)	5-15	5-15
Profundidad (mm)	25-37,5	25-37,5
Luz entre barros (mm)	20-50	15-75
Pendiente en relación a la vertical (grados)	30-45	0-30
Velocidad de aproximación (m/s)	0,3-0,6	0,6-1,1
Pérdida de carga admisible (mm)	150	150

Elaborado por: Flores, (2024)

El caudal calculado en el Mercado Caraguay es de:

$$Q = 0,9 \frac{L}{s} * \frac{1L}{1000 m^3} = 0,0009 \frac{m^3}{s}$$

Para el cálculo de la sección útil en la zona de la rejilla será:

$$A_r = Bc * \frac{L}{L+b} * \left(1 - \frac{G}{100}\right)$$

$$0,34 m * \frac{0,015 m}{0,015 m + 0,007 m} * \left(1 - \frac{30}{100}\right)$$

$$= 0,162 m^2$$

La profundidad en la zona de rejilla será:

$$P = Q * \frac{b+L}{\left(1 - \frac{G}{100}\right) * Vp * L * Bc} =$$

$$0,0009 \frac{m^3}{s} * \frac{0,015 m + 0,007 m}{\left(1 - \frac{30}{100}\right) * 0,6 \frac{m}{s} * 0,015 * 0,34 m} = 0,0055 m$$

**Pero se adopta una profundidad de 1m **

El número de barrotes será:

$$N = \frac{Br-L}{b+L}$$

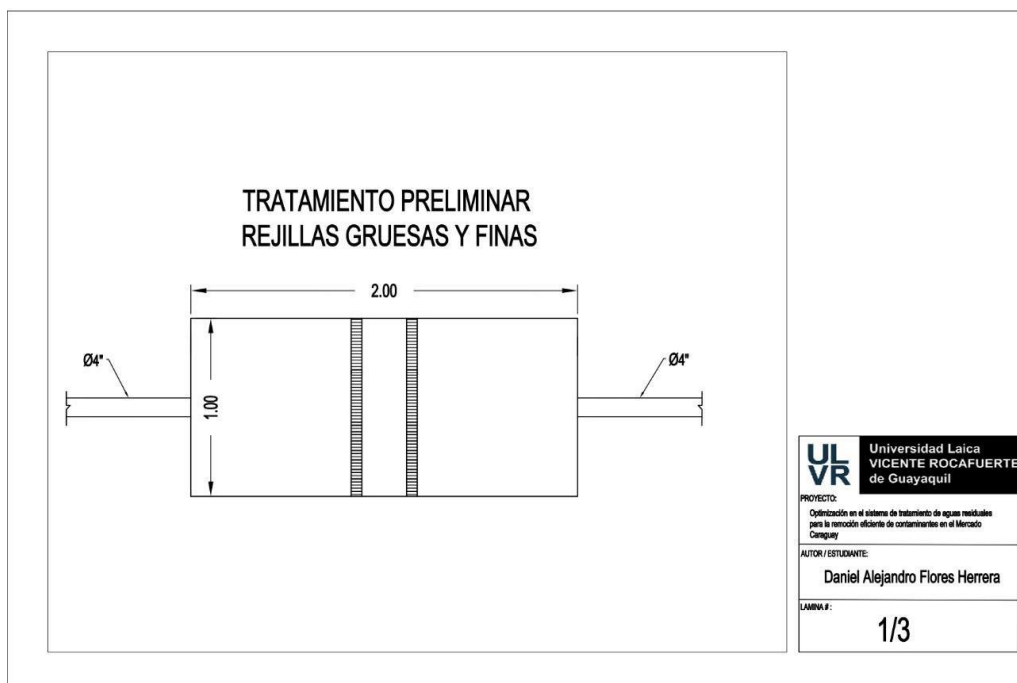
$$\frac{0,34 \text{ m} - 0,015 \text{ m}}{0,007 \text{ m} + 0,015 \text{ m}}$$

$$= 14,7 \approx 15 \text{ barras}$$

4.4.1.2 Grafica del prediseño

Figura 26

Esquema gráfico de la rejillas gruesas y finas



Elaborado por: Flores, (2024)

4.4.2 Tratamiento Primario

El tratamiento primario de la PTAR se propone que estará formada por:

- Clarificador primario

Después de que el agua residual ha pasado por las unidades de cribado grueso y fino, sigue hacia los sistemas de tratamiento primario, donde se separan los sólidos

del líquido por gravedad, produciendo un sobrenadante clarificado y un lodo espesado en cierta medida. Al mismo tiempo en que lo anterior ocurre, se retira el material flotante. Los clarificadores primarios pueden remover potencialmente más DBO, SST o DQO por menores costos operacionales que cualquier otro proceso de tratamiento utilizado hoy en día.

4.4.2.1 Criterio de diseño para el Clarificador primario

El tanque debe diseñarse para el caudal máximo horario esperado. En cuanto a tanques circulares se recomienda un diámetro entre 3 y 45 m. Lastas mínimas recomendadas de desbordamiento superficial son: Paracaudal medio utilizar entre 30-50 m³/m². Para caudal pico usar entre 80-120m³/m² d. El tiempo de retención hidráulica debe ser entre 1,5 y 2,5 horas. (Metcalf, 1995) recomienda los mismos rangos de tasa superficial y el mismo TRH que el RAS. Por su parte, la WEF propone como rango para las tasas de desbordamiento.

Tabla 9

Parámetros de diseño de clarificadores primarios

Parámetro	Valor
Tasa de desbordamiento a caudal pico	112 m ³ /m ² (2.744 gpd/ft ²)
Tiempo de retención hidráulico a caudal promedio	2 horas
Profundidad	4,3 m

Fuente: Conhydra S.A, (2018)

Para obtener las dimensiones del clarificador primario el caudal de entrada se debe expresar en m³, por ende:

$$Q = 0,9 \text{ L/s} * \frac{1\text{m}^3}{1000\text{l}} * \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ hora}} = 3,24 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

Para calcular el volumen del clarificador

$$\begin{aligned} V &= Q * \text{TRH} \\ &= 3,24 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} * 2 \text{ hr} = 6,48 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

El área de superficie del clarificador se calcula con la fórmula del área de un círculo, siendo:

$$A = \frac{Vol}{H} = \frac{6,48 \text{ m}^3}{4 \text{ m}} = 1,62 \text{ m}^2$$

La altura del clarificador primario se calcula con la siguiente formula:

$$H = \frac{V}{P} * \frac{6,48 \text{ m}^3}{1,62 \text{ m}^2} = 4 \text{ m}$$

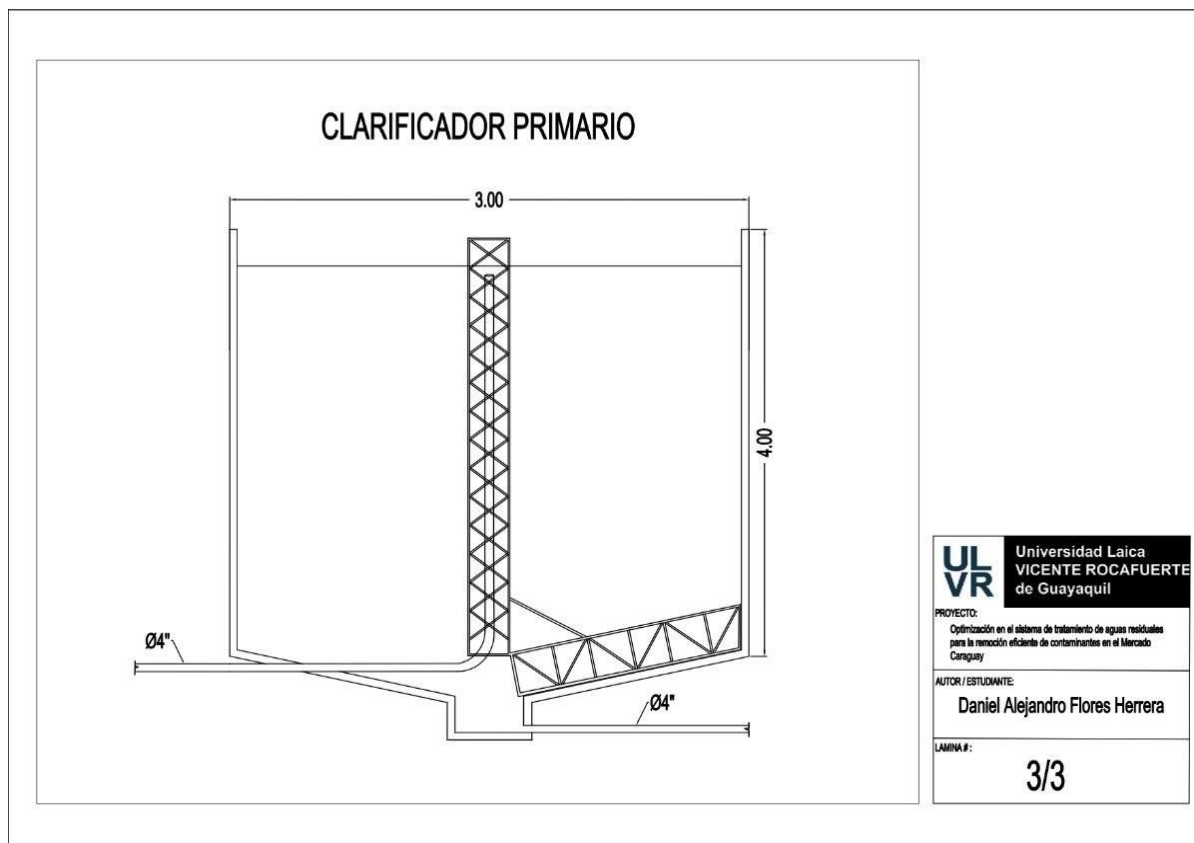
El diámetro del clarificador primario se calcula con la siguiente fórmula:

$$D = \sqrt{\frac{4 * \pi}{A}} = \sqrt{\frac{4 * \pi}{1,62 \text{ m}^2}} = 2,79 \approx 3 \text{ m}$$

4.4.2.2 Grafica del pre diseño

Figura 27

Esquema Gráfico de un Clarificador Primario



Elaborado por: Flores, (2024)

4.4.3 Tratamiento Secundario

El tratamiento secundario de la PTAR se propone que estará formada por:

- El reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)

4.4.3.1 Criterios de diseño para el RAFA

Tabla 10

Parámetros de diseño para el Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA)

Parámetro	Valor
Tiempo de retención hidráulico (TRH):	
TRH arranque	4 horas
Operación (T °C)	
16° - 20°	10 - 14 horas
20° - 26°	7 - 9 horas
>26°	>6 horas
Mínimo	6 horas
Velocidad ascensional (Vasc):	Vasc ≤ 1 hora
Profundidades:	
Digestor	4 - 5 m
Sedimentador	1 - 2 m
Borde libre	0.40 m (mínimo)
Altura útil	5 - 7 m
Área aferente de los ductos:	
A.R baja carga (T° >20°C)	2 - 4 m ² /ducto
A.R baja carga (T° <20°C)	1 - 2 m ² /ducto
A.R alta carga	7 - 10 m ² /ducto
Carga hidráulica superficial del sedimentador(CHS):	≤ 36 m ³ /m ² -día (generalmente 16.8 m ³ /m ² -día)
Forma del reactor:	
Cuadrado	Sí
Rectangular	Sí
Circular	Sí
Área superficial colectores de gas de lasaberturas:	15 - 20 % del Asup UASB
Altura del colector de biogás:	1.5 - 2 m
Traslapo:	10 - 20 cm
Carga orgánica volumétrica (COV):	
15°C	2 - 4 kg/m ³ -día (Eficiencia)
20°C	4 - 6 kg/m ³ -día (Satisfactoria)

25°C	6 - 12 kg/m ³ -día (Razonable)
30°C	10 - 18 kg/m ³ -día (Maderable)
35°C	15 - 24 kg/m ³ -día (Casi pobre)
40°C	20 - 32 kg/m ³ -día (Pobre)
Ducto de alimentación:	
Diámetro	≥ 3 in.
Velocidad	≥ 0.20 m/s
Posición	10 - 20 cm del fondo
Volumen de sedimentador:	15 - 20 % del volumen del UASB
Volumen máximo del reactor:	500 m ³
Velocidad máxima del agua en la garganta de retorno de lodos:	≤ 5 m/h
Purgas a diferentes alturas:	1 purga a Hdigestor/2

Fuente: Peñaloza, (2019)

Cálculo del volumen del RAFA:

$$V = Q * TRH$$

$$= \frac{3,24 \text{ m}^3}{\text{hr}} * 4 \text{ hr} = 12,96 \text{ m}^3$$

Luego, se calcula el área de la superficie del reactor, asumiendouna velocidad de flujo ascendente de 0,6 m/h.

$$v = Q/A, \text{ de donde } A = Q/v$$

$$A = \frac{3,24 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}}{0,6 \text{ m/hr}} = 5,4 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 5,4}{\pi}} = 2,62 \text{ m} \approx 2,7 \text{ m}$$

Cálculo de la altura del RAFA:

$$H = \text{Vol} / A$$

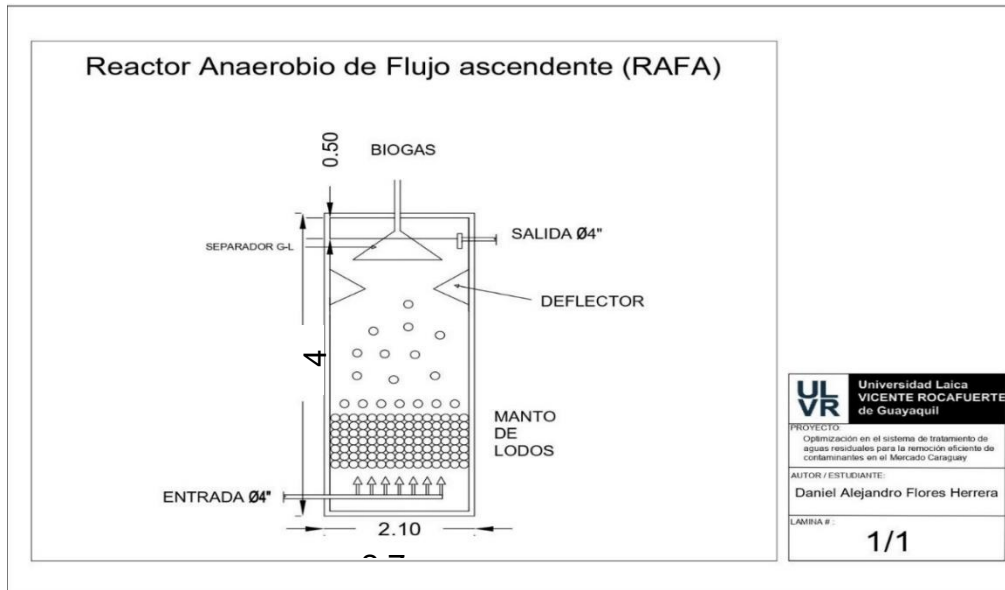
$$= 12,96 \text{ m}^3 / 5,4 \text{ m}^2 = 2,4 \text{ m},$$

* pero se asume una altura de 4 m*

4.4.3.2 Grafica del prediseño

Figura 28

Esquema grafico del RAFA



Elaborado por: Flores, (2024)

4.4.4 Tratamiento Terciario

El tratamiento secundario de la PTAR se propone que estará formada por:

- Un tanque de contacto

4.4.4.1 Parámetros de diseño del tanque de contacto

Tabla 11

Criterios de diseño para un tanque de contacto

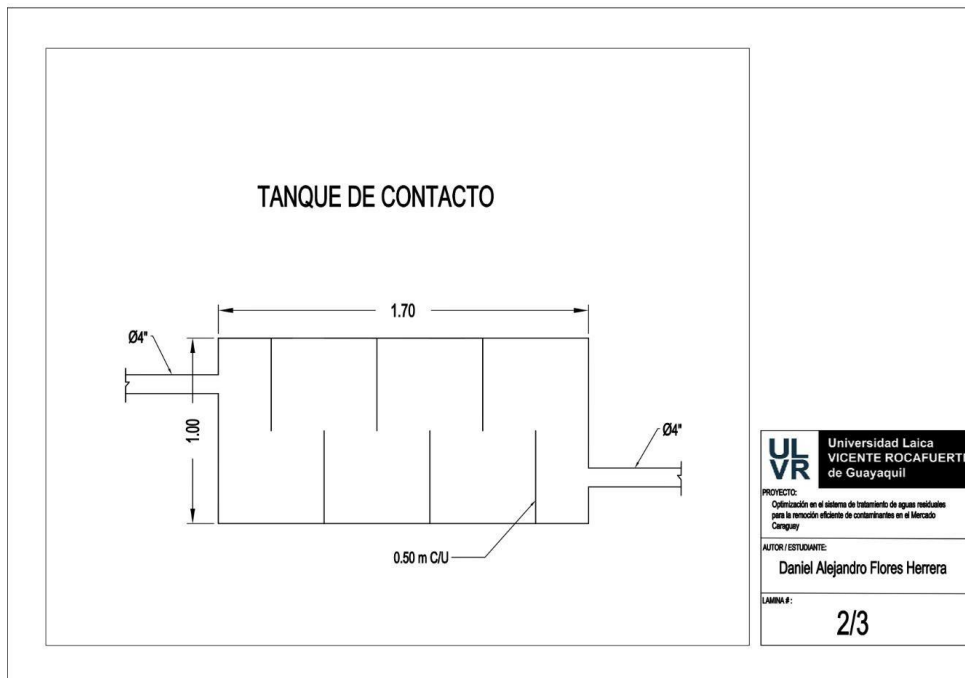
Características	Unidad	Valor
Tiempo de contacto	Minutos	30
Ancho	m	< 2
Altura de agua	m	1
Numero de cámaras	Adim	3
Volumen del tanque	m ³	<5,0
Longitud	m	<2,8
Longitud de cada cámara	m	1
Altura + borde libre	m	1,2

Elaborado por: Flores, (2024)

4.4.4.2 Gráfica del Diseño

Figura 29

Esquema Gráfico de un tanque de contacto



Elaborado por: Flores, (2024)

Para el volumen del tanque de contacto, se puede calcular con la siguiente formula:

Sabiendo que el caudal (Q) es: $3,24 \frac{m^3}{hr}$ y el tiempo de contacto es de 30 minutos (0,5 horas)

$$\text{Vol.} = 3,24 \frac{m^3}{hr} * 0,5 hr = 1,62 m^3 \approx 1,7 m^3$$

Considerando una profundidad de 1 m, el área superficial es de $1,7 m^2$ (ancho = 1 m y largo = 1,7 m)

CONCLUSIONES

- Al momento de realizar el diagnóstico actual del sistema de tratamiento de aguas residuales en Mercado Caraguay, se observa que se presenta un problema con el caudal, la planta de tratamiento solo trata el 30% del agua utilizada, mientras el 70% restante es vertida sin tratamiento previo directamente al río Guayas.
- La propuesta desarrollada para el sistema de tratamiento de aguas residuales, que consiste en un sistema de tratamiento de tipo anaeróbico ofrece una tecnología más avanzada, capaz de lograr una mejor remoción de contaminantes en el Mercado Caraguay, y que cumpla con las normas locales vigentes
- La implementación de mejoras en la gestión de aguas residuales es necesaria y una prioridad ineludible, ya que no se percibe, según los comerciantes y moradores del sector, una mejoría en la calidad del agua, siendo esto importante debido a la actividad que se realiza en el lugar

RECOMENDACIONES

- Se recomienda informar a las autoridades de la Ilustre Municipalidad de Guayaquil sobre este proyecto con el propósito de gestionar financiamiento para la implementación de las mejoras propuestas en el sistema de tratamiento de aguas residuales, tal como se expone en esta investigación.
- Es importante establecer un sistema de monitoreo y control para evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales, permitiendo mantenimiento, para garantizar su óptimo funcionamiento y evitar daños a corto y largo plazo.
- Se sugiere realizar evaluaciones ambientales periódicas para medir el impacto del sistema de tratamiento de aguas residuales en los ecosistemas locales. Estos estudios permitirán identificar posibles áreas de mejora y asegurar que las operaciones del sistema sean sostenibles y no generen efectos adversos en el entorno natural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amasuomo, E., & Baird, J. (2016). The Concept of Waste and Waste Management. *Journal of Management and Sustainability*, 6(4), 1-9. doi:10.5539/jms.v6n4p88
- Aqua free. (2024). Tratamiento del agua: distintos tipos de filtración. *Aqua free*.
Obtenido de <https://diferentes-tipos-de-filtracion>
- Arnaldo, R. (03 de ago de 2018). *BIOPSIKOSALUD*. Obtenido de Principales Fuentes de Contaminación Cuerpos de agua superficial:
<https://www.biopsikosalud.com.ve/2018/03/principales-fuentes-de-contaminacion.html>
- Carpio Galvan, T. M. (14 de jun de 2007). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. Recuperado el 07 de ago de 2024, de SÓLIDOS TOTALES SECADOS A 103 – 105°C:
<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Totales+secados+a+103+-+105%C2%BAC.pdf/d4faab4a-34e4-4159-bf4c-50353b101935>
- Código Orgánico Integral Penal, COIP. (17 de feb de 2021). *Registro Oficial Suplemento*. Recuperado el 07 de ago de 2024, de https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/COIP_act_feb-2021.pdf
- Condorchem Envitech. (s.f.). *Condorchem Enviro Solutions*. Recuperado el 07 de ago de 2024, de Tratamiento de aguas residuales industriales:
<https://condorchem.com/es/tratamiento-de-aguas-residuales-industriales/#>
- Corbitt, R. (2003). *Manual de Referencia de la Ingeniería Ambiental*. Madrid, España: Mcgraw-hill / Interamericana de España. Recuperado el 07 de ago de 2024, de <https://www.casadellibro.com/libro-manual-de-referencia-de-la-ingenieria-ambiental/9788448135966/879578>
- Díaz Rodríguez, Y., Mendiola Lau, L., González Suárez, A., Rivas Trasancos, L., & Romero Silva, R. (jul de 2021). Capacidad De Adsorción De Materiales Naturales Para El Tratamiento De Aguas De Proceso De La Actividad Petrolera. *Revista Centro Azúcar*, 48(3), 41-52. Recuperado el 08 de ago de 2024, de <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v48n3/2223-4861-caz-48-03-41.pdf>

- Fernandez Cirelli, A. (12 de dic de 2012). El agua: un recurso esencial. *QuimicaViva*, 11(3), 25. Recuperado el 07 de ago de 2024, de <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- Fernández Lindao, J. (31 de ago de 2020). *Diagnóstico, Evaluación y planteamiento de la mejora en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) para una empresa procesadora de pescados y productos del mar en la ciudad de Guayaquil*. Recuperado el 07 de agode 2024, de Universidad Politecnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21060/1/UPS-GT003418.pdf>
- Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (2019). *Procesos de aguas residuales, PTAR, Definición, Tipos, Etapas del proceso, Conclusiones*. Obtenido de <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/procesos-de-aguas-residuales-ptar-definicion-tipos-etapas-del-proceso-conclusiones/>
- García Hernández, J. (09 de abr de 2018). *Propuesta de mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales de la Vereda Campo alegre, en el corregimiento de Montebello de Santiago de Cali*. Recuperado el 07 de ago de 2024, de Universidad Autónoma de Occidente: <https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/1006613e-f89f-487d-bee8-07507c423233/content>
- Gomez, M. L. (2016). Estimación de parámetros de transporte y mecanismos que gobiernan su respuesta frente a la contaminación: caso de estudio de un acuífero poroso clástico. *Scopus*, 68(2). doi:<http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2016v68n2a11>
- Gurd, C., Jefferson, B., Villa, R., & De Castro Rodriguez, C. (13 de nov de 2018). Determination of fats, oils and greases in food service establishment wastewater using a modification of the Gerber. *Water and Enviroment*, 34(1), 9. doi:10.1111/wej.12431
- Gyanaranjan, J., Dutta, K., & Daverey, A. (nov de 2023). Surfactants in water and wastewater (greywater): Environmental toxicity and treatment options. *ScienceDirect*, 341. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140082>
- Kulkarni, D., & Jaspal, D. (2023). Techniques for surfactant detection from wastewater: a review. *Taylor&Francis Online*. doi:<https://doi.org/10.1080/03067319.2023.2285372>

- Lara Villacís, L. E. (2011). *Las Aguas Residuales Del Camal Municipal Del Canton Baños Y Su Incidencia En La Contaminación Del Rio Pastaza En La Provincia De Tungurahua*. Obtenido de Universidad Técnica de Ambato:
<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1611>
- Letterman, R. (2002). *Calidad y tratamiento del agua: manual de suministros de agua comunitaria*. (M.-H. I. España, Ed.) Madrid, España. Recuperado el 08 de ago de 2024, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=55>
- Li, J., Jin, Q., Liang, Y., Geng, J., Xia, J., Chen, H., & Yun, M. (04 de feb de 2022). Highly Efficient Removal of Nitrate and Phosphate to Control Eutrophication by the Dielectrophoresis-Assisted Adsorption Method. *MPDI*.
 doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph19031890>
- Li, Y., Nan, X., Wang, L., Xu, R., & Li, Q. (2021). Advances in the treatment of phosphorus-containing wastewater. *IOPScience*, 8. doi:10.1088/1755-1315/647/1/012163
- López Martín, M. (jul de 2015). *Escuela Técnica Superior de Náutica*. Obtenido de Diseño De Planta De Tratamiento De Agua Potable Por Ósmosis Inversa Para Un Buque De Pasaje:
<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/7433/Mar%C3%ADa%20Jos%C3%A9%20L%C3%B3pez%20Mart%C3%ADn.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mahmound, M., Shoaib, S., Abdel Salam, M., & Elsayed, S. (nov de 2022). Efficient and fast removal of total and fecal coliform, BOD, COD and ammonia from raw water by microwave heating technique. *ScienceDirect*, 19.
 doi:<https://doi.org/10.1016/j.gsd.2022.100847>
- Makuwa, S., Tlou, M., Fosso-Kankeu, E., & Green, E. (2020). Evaluation of Fecal Coliform Prevalence and Physicochemical Indicators in the Effluent from a Wastewater Treatment Plant in the North-West Province, South Africa. *MDPI*, 17(17). doi:10.3390/ijerph17176381
- Maldonado, E. (24 de oct de 2019). *Reverdecer Ingenieros Consultores*. Obtenido de <https://www.reverdeceringenierosconsultores.com/post/utilizaci%C3%B3n-de-coagulantes-naturales-para-el-tratamiento-de-agua-potable>
- Masrifatus Anifah, E., Khairunnissa Ariani, I., Noor Hayati, R., & Arya Nugraha, S. (2022). *Purpose-Led Publishng*. doi:10.1088/1755-1315/1098/1/012043

- Menegotto, R. (01 de mar de 2017). *What is Chemical Oxygen Demand (COD) Analysis?* Recuperado el 07 de ago de 2024, de Mantech: <https://mantech-inc.com/blog/chemical-oxygen-demand-cod/>
- Metcalf, E. &. (1995). *Ingenieria De Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido Y Reutilizacion* (Tercera ed., Vol. I). Mcgraw-Hill Spanish. Recuperado el 08 de ago de 2024, de <https://www.scribd.com/document/510432856/Ingenieria-de-Aguas-Residuales-Volumen-1-3ra-Edicion-METCALF-EDDY-FREELIBROS-me>
- Millan Melo, C., & Polania Villegas, L. (18 de feb de 2018). *Fundacion Universidad America*. Recuperado el 07 de ago de 2024, de Propuesta De Mejora Del Sistema De Tratamiento De Aguas Residuales De La Empresa Somos K S.A.: https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6723/1/61228_91-2018-1-IQ.pdf
- Mohana, A. A., Roddick, F., Maniam, S., Gao, L., & Pramanik, B. K. (2023). Component analysis of fat, oil and grease in wastewater: challenges and opportunities. *Royal Society of Chemistry*(139). doi:<https://doi.org/10.1039/D3AY01222K>
- Molina, G. (04 de jul de 2013). *Agua Potable*. Obtenido de <https://procpot.blogspot.com/2013/07/sedimentacion.html>
- Monsalve, K. (2017). *Reactor Anaerobio De Flujo Ascendente Para El Tratamiento De Aguas Residuales Del Camal Municipal De José Leonardo Ortiz*. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/32298/monsalve_mk.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Muñoz, M., & Aldás, M. (2017). *Sistema de Depuración de Aguas Residuales*. Escuela Politecnica Nacional. Recuperado el 08 de ago de 2024, de https://books.google.com.ec/books/about/Depuraci%C3%B3n_de_aguas_residuales.html?id=N1mpAAAACAAJ&redir_esc=ydf
- Navarro, M. O. (04 de jun de 2007). *Demanda Bioquímica De Oxígeno 5 Días, Incubación Y Electrometría*. Recuperado el 07 de ago de 2024, de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Bioqu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno.pdf/ca6e1594-4217-4aa3-9627-d60e5c077dfa>

- Passos, F., Bressani-Ribero, T., Rezende, S., & Chernicharo, C. (01 de jul de 2020). Potential Applications of Biogas Produced in Small-Scale UASB-Based Sewage Treatment Plants in Brazil. *MDPI*. doi:<https://doi.org/10.3390/en13133356>
- Peñalosa Peña, J., Flores Vera, A., & Roza Barrera, V. (2019). *Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente*. Obtenido de <https://reactor-anaerobio-de-flujo-ascendente9.webnode.com.co/>
- Philomina M.A., A., Yacouba, K., Boukary, S., Gideon, S., Bismark, D.-A., Issahaku, A., & Myron N.V., W. (12 de ago de 2022). Evaluación del desempeño de un reactor anaeróbico de manto de lodos de flujo ascendente a gran escala acoplado con filtros percoladores para el tratamiento de aguas residuales municipales en un país en desarrollo. *Heliyon*, 8(8). doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10129>
- Pinchesvsky, M. (2015). Noches de Caraguay. *larevista EL UNIVERSO*, <http://www.larevista.ec/cultura/sociedad/noches-de-caraguay>.
- Prudente Vera, E., & Torres Montesdeoca, Á. (2017). *“Caracterización Del Mercado Caraguay Como Atractivo Turístico*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/14e2eaf7-2b0a-44fc-b2c2-e833d63139ad/D-101208.pdf>
- Registro Oficial 449. (20 de oct de 2021). *Z-One, Lexis S.A.* Recuperado el 07 de ago de 2024, de Constitución De La República Del Ecuador: https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- Registro Oficial Edición Especial. (15 de nov de 2015). *Z-One, Lexis S.A.* Recuperado el 08 de ago de 2024, de Registro-Oficial-No-387-04: https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015.pdf
- Registro Oficial Edición Especial. (29 de mar de 2017). *Z-One, Lexis S.A.* Recuperado el 01 de ago de 2024, de Texto unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>

- Registro Oficial Suplemento 305. (06 de ago de 2014). *Z-One*, Lexis S.A.
 Recuperado el 08 de ago de 2024, de Ley Organica De RecursosHidricos Usos Y Aprovechamiento Del Agua: <https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>
- Rodríguez, T., & Rueda-Bayona, J. (2021). Performance of an upflow anaerobic sludge blanket reactor for hospitals' wastewaters treatment in Colombia: a preliminary study. *DSpace*, 17(1). doi:<https://doi.org/10.17981/ingecuc.17.1.2021.04>
- Salmeron, W. (sep de 2020). *Evaluación Del Tratamiento AnaerobioCon Un Reactor De Manto De Lodos De Flujo Ascendente(Uasb) De Las Aguas Residuales Domesticas A Temperatura Mesofilica*. Obtenido de Departamento de Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica:
<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/21407/Evaluacion%20del%20tratamiento%20anaerobio%20con%20un%20Reactor%20de%20Manto%20de%20Lodos%20de%20Flujo%20Ascendente%20%28UASB%29%20de%20las%20aguas%20residuales%20domesticas%20a%20temperatura%20mesofil>
- Spiro, T. (2004). *Contaminación del Agua y Procesos de Tratamiento*. CDMX. Recuperado el 08 de ago de 2024
- Tarrass, F., Benjelloun, H., & Benjelloun, M. (dic de 2023). Recuperación de nitrógeno y fósforo del agua residual de la hemodiálisis para utilizar como fertilizante agrícola. *ScienceDirect*, 43(1), 32-37.
 doi:<https://doi.org/10.1016/j.nefro.2023.02.006>
- Tebbutt, T. (2003). *Fundamentos de control de la calidad del agua*. CDMX:Limusa S.A. De C.V. Recuperado el 08 de ago de 2024, de <https://libreria-limusa.com/producto/fundamentos-de-control-de-la-calidad-del-agua/>
- Telwesa. (13 de sep de 2023). *Telwesa*. Recuperado el 07 de ago de 2024, de El impacto ambiental de las aguas residuales: <https://telwesa.com/impacto-ambiental-aguas-residuales/>
- Tito, B. (16 de oct de 2020). *Ingeniería Ambiental*. Obtenido de Tratamiento secundario de aguas residuales: <https://ingenieriaambiental.net/tratamiento-secundario-de-aguas-residuales/>

Urdaneta, K. (26 de ene de 2021). *Industrial propuesta de mejorapara la gestión de la planta de tratamiento de aguasservidas de la universidad católica Andrés bello-*

Extensión guayana. Recuperado el 07 de ago de 2024, de Universidad Católica Andres Bello: <https://1library.co/document/zkwwg13mp-propuesta-gesti%C3%B3n-tratamiento-servidas-universidad-cat%C3%B3lica-andr%C3%A9s-extensi%C3%B3n.html>

Water Science School. (22 de oct de 2019). *pH and Water*. Recuperado el 07de ago de 2024, de United States Government Service: https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/ph-and-water?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects

ANEXOS

Anexo 1. Formato de la encuesta



**ENCUESTA DIRIGIDA A LOS TRABAJADORES DEL
MERCADO LA CARAGUAY DE LA
CIUDAD DE GUAYAQUIL**



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN “CARRERA DE
INGENIERÍA CIVIL”.**

Encuesta realizada a los trabajadores del Mercado La Caraguay de la ciudad de Guayaquil

Fecha: _____

Responda a cada una de las interrogantes acorde a su criterio y punto de vista:

1. ¿Considera usted que la calidad del agua en el mercado Caraguay es satisfactoria?

- Si
- No

2. ¿Cree que los niveles de contaminación en el mercado Caraguay representan un problema ambiental significativo?



- Si
- No

3. ¿Está al tanto de los procesos de tratamiento de aguas residuales actualmente en uso en el mercado Caraguay?

- Si
- No

4. **¿Cree que los procesos de tratamiento de aguas residuales en el mercado Caraguay son efectivos en la remoción de contaminantes?**
- Si
 - No
5. **¿Ha experimentado cambios en la percepción de la calidad del agua después de la implementación de los procesos de tratamiento?**
- Si
 - No
6. **¿Cree que se necesitan mejoras adicionales en los procesos de tratamiento de aguas residuales para abordar eficazmente la contaminación en el mercado Caraguay?**
- Si
 - No
7. **¿Considera que la comunidad local debería involucrarse más en la supervisión y gestión de la calidad del agua en el mercado Caraguay?**
- Si
 - No
8. **¿Está dispuesto a pagar un costo adicional por servicios de tratamiento de aguas residuales que garanticen una mayor calidad del agua tratada en el mercado Caraguay?**
- Si
 - No
9. **¿Cree que la implementación de tecnologías más avanzadas podría mejorar la eficiencia del tratamiento de aguas residuales en el mercado Caraguay?**
- Si
 - No
10. **¿Considera que se necesita una mayor concienciación pública sobre la importancia de la calidad del agua y el tratamiento de aguas residuales en el mercado Caraguay?**
- Si
 - No

Anexo 2. Resultados de laboratorio de calidad del agua afluyente en la caraguay

	INFORME DE ENSAYO		
	133/2024 P2		
Empresa:	Daniel Alejandro Flores	Orden de trabajo:	AG133/2024
Solicitado por:	Daniel Alejandro Flores	Fecha de Recepción de I	02/7/2024
Dirección:	Mercado Caraguay	Fecha de Realización de	19/7/2024
Muestreado Por:	DEPROIN S.A.	Fecha de ejecución de al	Del 02/07/2024 al 19/07/2024
Tipo de Muestreo:	Simple	Condiciones Ambientales:	28,7 °C
Tipo de Muestra:	Agua residual		76%
Código de la Muestra:	AG133/2024 P2	Coordenadas Muestreo:	17 M 623731 mE
Punto de Muestreo:	Afluyente		9753885 mS

RESULTADOS DE ENSAYOS				
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	U ±	MÉTODO DE ANÁLISIS
Aceites y Grasas	mg/L	28,29	0,74	DP.PEE.AG.11 / S.M. 5520 D
(3) Coliformes Fecales NMP	NMP/100mL	35000	65 %	PE-AL-24 S.M. / 9221E 9221C
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	464	51	DP.PEE.AG.27 / S.M. 5210 B-S.M. 4500 O, H.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	1140	72	DP.PEE.AG.09 / HACH 8000
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	6,97	0,30	DP.PEE.AG.06 / S.M. 4500-H+ B.
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/L	178,0	4,3	DP.PEE.AG.10 / S.M. 2540 D
Temperatura	°C	29,1	1,2	DP.PEE.AG.22 / S.M. 2550 B

(3) Parámetro subcontratado acreditado, LABCESTTA S.A.,

SAE - LEN - 18-034

OBSERVACIONES:

*** No específica
SM: Standard Methods

U±: Incertidumbre expandida del resultado con un factor de cobertura $k=2$, equivalente a un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

NOTAS:

- Las interpretaciones/conclusiones/información de límites máximos están fuera del alcance de la acreditación del SAE.
 - Si el cliente es quien prescribe la regla de decisión, esta debe ser comunicada indicando claramente su especificación o la norma y la regla de decisión (ya sea calculo y/o algún condicional). La declaración de conformidad será aplicable solamente a los parámetros acreditados. Cuando la regla de decisión sea aplicada por el laboratorio, la declaración de la conformidad considera que "CUMPLE" cuando el valor medido más el valor positivo de la incertidumbre asociada, sea menor o igual que el límite o se encuentre dentro del intervalo superior o inferior permitido según la normativa o especificación (requisito de referencial) que aplique. en caso contrario se declarara la conformidad como "NO CUMPLE".
 - Toda información que sea proporcionada por el cliente y que afecta a la validez de los resultados, es exclusiva responsabilidad de quien la emitió, y no representa responsabilidad para DEPROIN S.A. Los datos proporcionados por el cliente para la realización del Informe, provienen del registro DPR.7.6.01. Nombres, ubicación y coordenadas de los puntos de toma de muestra son designados por el cliente, son registrados en la hoja de datos para muestreo DP.RE.AG.14 y registro de acuerdo con el cliente DPR.7.1.04.
 - La información subrayada fue declarada por el cliente.
- Laboratorio de ensayo Acreditado por el SAE con acreditación N.º SAE LEN 13-003

DECLARACIÓN:

Los resultados del presente informe de ensayos se relacionan solamente con las muestras analizadas; prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de DEPROIN S.A.

LOCALIZACION DE MUESTREO



MUESTREO / RECEPCIÓN DE MUESTRA





Firmado digitalmente por:
EUDER VICENTE JUMBO HIDALGO

Ing. Euder Jumbo H.
 GERENTE TÉCNICO

FIN DEL INFORME

Anexo 3. Resultados de laboratorio de calidad del agua efluente en la caraguay

		INFORME DE ENSAYO 133/2024 P1			
Empresa: Solicitado por: Dirección: Muestreado Por: Tipo de Muestreo: Tipo de Muestra: Código de la Muestra: Punto de Muestreo:	Daniel Alejandro Flores Daniel Alejandro Flores Mercado Caraguay DEPROIN S.A. Simple Agua residual AG133/2024 P1 Efluente	Orden de trabajo: Fecha de Recepción de I Fecha de Realización de Fecha de ejecución de ar Condiciones Ambientale: Coordenadas Muestreo:	AG133/2024 02/7/2024 19/7/2024 Del 02/07/2024 al 19/07/2024 26,1 °C 75% 17 M 623731 mE 9753885 mS		

RESULTADOS DE ENSAYOS					
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	U	±	MÉTODO DE ANÁLISIS
Aceites y Grasas	mg/L	<5,00	0,13		DP.PEE.AG.11 / S.M. 5520 D
(3) Coliformes Fecales NMP	NMP/100mL	<1,8	63	%	PE-AL-24 S.M. / 9221E 9221 C
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	<0,20	0,022		DP.PEE.AG.27 / S.M. 5210 B-S.M. 4500 O, H.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	6,00	0,38		DP.PEE.AG.09 / HACH 8000
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	6,77	0,29		DP.PEE.AG.06 / S.M. 4500-H+ B.
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	<32,66	0,78		DP.PEE.AG.10 / S.M. 2540 D
Temperatura	°C	28,6	1,2		DP.PEE.AG.22 / S.M. 2550 B

(3) Parámetro subcontratado acreditado, LABCESTTA S.A.,

SAE - LEN - 18-034

OBSERVACIONES:

*** No específica

SM: Standard Methods

U±: Incertidumbre expandida del resultado con un factor de cobertura $k=2$, equivalente a un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

NOTAS:

- Las interpretaciones/conclusiones/información de límites máximos están fuera del alcance de la acreditación del SAE.
- Si el cliente es quien prescribe la regla de decisión, esta debe ser comunicada indicando claramente su especificación o la norma y la regla de decisión (ya sea calculo y/o algún condicional). La declaración de conformidad será aplicable solamente a los parámetros acreditados. Cuando la regla de decisión sea aplicada por el laboratorio, la declaración de la conformidad considera que "CUMPLE" cuando el valor medido más el valor positivo de la incertidumbre asociada, sea menor o igual que el límite o se encuentre dentro del intervalo superior o inferior permitido según la normativa o especificación (requisito de referencia) que aplica. en caso contrario se declara la conformidad como "NO CUMPLE".
- Toda información que sea proporcionada por el cliente y que afecta a la validez de los resultados, es exclusiva responsabilidad de quien la emitió, y no representa responsabilidad para DEPROIN S.A. Los datos proporcionados por el cliente para la realización del Informe, provienen del registro DPR.7.8.01. Nombres, ubicación y coordenadas de los puntos de toma de muestra son designados por el cliente, son registrados en la hoja de datos para muestreo DP.RE.AG.14 y registro de acuerdo con el cliente DPR.7.1.04.
- La información subrayada fue declarada por el cliente.

Laboratorio de ensayo Acreditado por el SAE con acreditación N.º SAE LEN 13-003

DECLARACIÓN:

Los resultados del presente informe de ensayos se relacionan solamente con las muestras analizadas; prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de DEPROIN S.A.

LOCALIZACION DE MUESTREO



MUESTREO / RECEPCIÓN DE MUESTRA



Firmado digitalmente por:
EUDER VICENTE JUMBO HIDALGO

Ing. Euder Jumbo H.
GERENTE TÉCNICO

FIN DEL INFORME

Anexo 4. Evidencias Fotográficas





Anexo 5. Evidencias Fotográficas



