



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA

**Evaluación de la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
de la Universidad Técnica de Machala**

**MONGE TOAPANTA DENISSE ROMY
INGENIERA QUIMICA**

**MOGOLLON ARMIJOS FRANCISCO JAVIER
INGENIERO QUIMICO**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA

Evaluación de la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Universidad Técnica de Machala

**MONGE TOAPANTA DENISSE ROMY
INGENIERA QUIMICA**

**MOGOLLON ARMIJOS FRANCISCO JAVIER
INGENIERO QUIMICO**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA

TRABAJOS EXPERIMENTALES

Evaluación de la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Universidad Técnica de Machala

**MONGE TOAPANTA DENISSE ROMY
INGENIERA QUIMICA**

**MOGOLLON ARMIJOS FRANCISCO JAVIER
INGENIERO QUIMICO**

ESPINOZA RAMON WASHINGTON OMAR

**MACHALA
2023**

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

por MOGOLLON ARMIJOS FRANCISCO JAVIER MONGE TOAPANTA
DENISSE ROMY

Fecha de entrega: 12-mar-2024 05:17p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2318919334

Nombre del archivo: anta_de_Tratamiento_de_Aguas_Residuales_de_la_Universidad_Te.pdf (682.41K)

Total de palabras: 10566

Total de caracteres: 55603

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
3	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1%
5	zagan.unizar.es Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
8	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1%

9	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
10	dspace.espoch.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	recursosbiblio.url.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Catolica De Cuenca Trabajo del estudiante	<1 %
15	www.przetargi.info Fuente de Internet	<1 %
16	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
17	1library.co Fuente de Internet	<1 %
18	red.uao.edu.co Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad San Francisco de Quito Trabajo del estudiante	<1 %
20	cybertesis.uni.edu.pe	

Fuente de Internet

<1 %

21

prezi.com

Fuente de Internet

<1 %

22

repositorio.uta.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

23

WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y
CIENTIFICOS CONSULTORES. "PMA de
Perforación de Reentrada de 4 Pozos
Existentes sobre 4 Plataformas Existentes en
el Yacimiento Corrientes - Lote 8-
IGA0002748", R.D. N° 214-2013-MEM/AAE,
2020

Publicación

<1 %

24

doku.pub

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

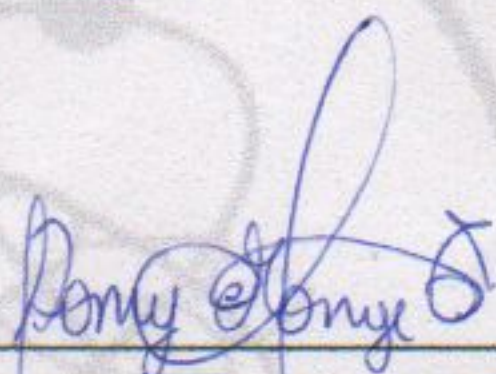
Los que suscriben, MONGE TOAPANTA DENISSE ROMY y MOGOLLON ARMIJOS FRANCISCO JAVIER, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Evaluación de la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Universidad Técnica de Machala, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

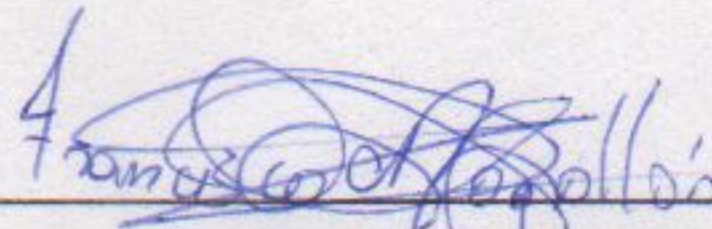
Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



MONGE TOAPANTA DENISSE ROMY

0705923555



MOGOLLON ARMIJOS FRANCISCO JAVIER

0705946820

DEDICATORIA

A mi querida madre, Piedad María Toapanta, cuyo amor, sacrificio y dedicación han sido mi mayor fuente de inspiración y fortaleza. A mis hijos, Dariana y Caleb, quienes con su amor incondicional y su presencia llenan mi vida de sentido y me impulsan a ser mejor cada día. Esta tesis es un pequeño testimonio de mi agradecimiento y amor hacia ustedes, pues sin su apoyo y comprensión, no hubiera sido posible alcanzar mis metas. Con todo mi cariño, les dedico este trabajo.

Denisse Romy Monge Toapanta

En primer lugar, a Dios por brindarme la oportunidad de seguir creciendo profesionalmente por su inmenso e invaluable amor que nos tiene a nosotros sus hijos. Estoy agradecido pues él es un maestro y guía ejemplar que me orienta y encamina en cada paso de vida.

A mi amada madre Francisca Armijos Barrera y a mi padre Manuel Mogollón Valarezo por toda la incesante labor que han hecho para que yo logre cumplir mis sueños, por el amor y la confianza que depositaron en mí, por su apoyo incondicional en el recorrido de mi carrera y que me ha servido para seguir de frente y superando las pruebas que la vida nos pone en el camino.

A mi hermano Gabriel por toda la paciencia, el infinito amor y sobre todo por el ejemplo de vida que me brinda.

A Milena, mi compañera de vida y mi mayor aliada. Tu apoyo incondicional y tus palabras de aliento me impulsaron a superar cada obstáculo en este camino. Gracias por estar siempre a mi lado.

A mis amigas Rashell y Mónica por su paciencia, ánimo y palabras de aliento en los momentos más difíciles. Su respaldo ha sido fundamental para mantenerme motivado/a y superar los obstáculos.

Francisco Javier Mogollón Armijos

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por alto el papel fundamental que ha desempeñado en cada paso del camino. Su gracia y guía han sido mi fuente de fortaleza y esperanza durante este viaje académico. A través de los desafíos y los momentos de éxito, he sentido su presencia reconfortante y su sabiduría iluminando mi camino.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Ing. Washington Espinoza, tutor de esta tesis, por su invaluable apoyo, dedicación y asesoramiento durante el desarrollo de este trabajo investigativo.

Su vasta experiencia, conocimientos y visión crítica han sido fundamentales para guiar este proyecto por el camino correcto. Sus acertados consejos y observaciones enriquecieron significativamente el contenido de esta tesis. Además, su paciencia, comprensión y palabras de aliento fueron un pilar esencial en los momentos de mayor dificultad. Su disposición para resolver mis dudas y darme la orientación necesaria facilitaron mucho este arduo proceso.

Finalmente, quiero resaltar su calidad humana y profesional, las cuales han sido un ejemplo para seguir. Trabajar bajo su supervisión ha sido un verdadero honor y un privilegio.

Denisse Romy Monge Toapanta

Agradecer a mi familia y amigos por su apoyo incondicional e incesante con sus consejos los cuales han sido mi guía a lo largo de este camino y me inspiraron para superar cada uno de mis objetivos y metas.

Quiero agradecer a mis padres por la formación y el ejemplo de vida que me han enseñado. De ella he aprendido los valores que me guiaron en este camino ya recorrido y lo que también falta por recorrer.

A mi estimado tutor, Ing. Washington Espinoza, quien dedicó su tiempo, conocimientos y paciencia para guiarme en este proceso. Gracias por estar siempre dispuesto a aclarar mis dudas y orientarme en el camino correcto.

Francisco Javier Mogollón Armijos

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la Universidad Técnica de Machala. Inicialmente, se estableció la georreferenciación y extensión de la PTAR, así como la cuantificación del caudal de ingreso mediante volumetría. Posteriormente, se caracterizó la calidad del agua del afluente y efluente a través de análisis físicos, químicos y microbiológicos, comparando los resultados con los criterios de calidad permisibles establecidos en la NORMA: AM097A.

Esto permitió evaluar la efectividad del funcionamiento de la PTAR en cuanto a la remoción de contaminantes. Los resultados demostraron remociones relativamente bajas en los principales parámetros: 46.48% para DBO₅, 44.68% para DQO, 55.55% para aceites y grasas, y 38.97% para sólidos totales. Aunque el efluente cumple actualmente con los límites máximos permisibles para descarga al sistema de alcantarillado público, existe un riesgo latente de sobrepasar dichos límites en el futuro si no se implementan medidas correctivas.

Por lo tanto, se formuló un Plan de Acción Técnico para optimizar la PTAR, proponiendo un Manual de Mantenimiento y Operación que mejore la calidad de efluente. Esto es fundamental, considerando que la PTAR actualmente opera muy por debajo de su capacidad de diseño debido al bajo caudal de ingreso y la ausencia de actividades de mantenimiento y personal operativo asignado.

Por este motivo, este estudio brinda información técnica actualizada sobre la situación estructural y funcional de la PTAR de la Universidad Técnica de Machala, identificando oportunidades y mejora para garantizar el cumplimiento normativo a largo plazo y minimizar los impactos ambientales asociados a la descarga de aguas residuales.

PALABRAS CLAVES:

Afluente, efluente, DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), DQO (Demanda Química de Oxígeno), caudal de ingreso y sólidos totales.

ABSTRACT

The present study aims to evaluate the efficiency of the Wastewater Treatment Plant (WWTP) at the Technical University of Machala. Initially, the georeferencing and extent of the WWTP were established, as well as the quantification of the inlet flow rate through volumetry. Subsequently, the water quality of the influent and effluent was characterized through physical, chemical, and microbiological analyses, comparing the results with the permissible quality criteria established in the NORMA: AM097A.

This allowed evaluating the effectiveness of the WWTP's operation in terms of pollutant removal. The results demonstrated relatively low removals for the main parameters: 46.48% for BOD, 44.68% for COD, 55.55% for oils and greases, and 38.97% for total solids. Although the effluent currently complies with the maximum permissible limits for discharge into the public sewerage system, there is a latent risk of exceeding these limits in the future if corrective measures are not implemented.

Therefore, a Technical Action Plan was formulated to optimize the WWTP, proposing an Operation and Maintenance Manual to improve the effluent quality. This is essential, considering that the WWTP is currently operating well below its design capacity due to the low inlet flow and the absence of maintenance activities and assigned operational personnel.

For this reason, this study provides up-to-date technical information on the structural and functional situation of the WWTP at the Technical University of Machala, identifying opportunities for improvement to ensure long-term regulatory compliance and minimize the environmental impacts associated with wastewater discharge.

KEY WORDS:

Influent, effluent, BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), inlet flow rate and total solids.

INDICE

DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
ABREVIATURAS.....	10
INTRODUCCION	11
OBJETIVOS	13
Objetivo General:	13
Objetivos Específicos:.....	13
1. MARCO TEÓRICO.....	14
1.1 Aguas residuales (ARs).....	14
1.1.1 Tipos de aguas residuales.....	14
1.1.1.1 Aguas residuales domésticas.....	14
1.1.1.2 Aguas residuales municipales.....	15
1.1.1.3 Aguas negras.....	15
1.1.1.4 Aguas grises.....	16
1.1.1.5 Aguas lluvia.....	17
1.1.1.6 Aguas residuales industriales.....	17
1.1.2 Características de las aguas residuales.....	18
1.1.2.1 Características físicas.....	18
1.1.2.2 Características químicas.....	19
1.2 Tratamiento de aguas residuales.....	19
1.2.1 Tratamiento primario.....	20
1.2.2 Tratamiento secundario.....	20
1.2.3 Tratamiento terciario.....	20
1.2.4 Tratamientos usuales para elevadas cargas orgánicas.....	21
1.2.4.1 Filtros anaerobios de flujo ascendentes.....	21
1.2.4.2 Tanque Imhoff.....	21

1.2.4.3 Tanque séptico.....	21
1.3 Parámetros físicos.....	22
1.3.1 Olor.....	22
1.3.2 Color.....	22
1.3.3 Densidad.....	23
1.3.4 Turbidez.....	23
1.3.5 Sólidos disueltos totales.....	23
1.3.6 Sólidos totales.....	24
1.4 Tratamientos Químicos.....	24
1.4.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) ₅	24
1.4.2 Potencial de Hidrógeno.....	24
1.4.3 Grasas y aceites.....	25
1.4.4 Demanda Química de Oxígeno.....	25
2. METODOLOGIA.....	26
2.1 Sujeto o unidad de análisis.....	26
2.1.1 Georreferenciación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.....	27
2.2 Materiales y métodos.....	27
2.2.1 Materiales y equipos.....	27
2.2.2 Métodos.....	28
2.2.2.1 Determinación de Olor.....	28
2.2.2.2 Determinación de Color.....	29
2.2.2.3 Determinación de Densidad.....	29
2.2.2.4 Determinación de Turbidez.....	29
2.2.2.5 Determinación de Sólidos disueltos totales.....	30
2.2.2.6 Determinación de Sólidos totales.....	30
2.2.2.7 Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) ₅	30
2.2.2.8 Determinación de Potencial de hidrógeno.....	31
2.2.2.9 Determinación de Grasas y aceites.....	31
2.2.2.10 Determinación de Demanda Química de Oxígeno.....	31

2.3 Proceso de recolección y análisis de los datos.....	32
2.3.1 Proceso de recolección de muestras.....	32
2.3.1.1 Procedimiento.....	33
2.3.1.2 Análisis en el laboratorio.....	36
3. RESULTADOS Y DISCUSION.....	37
3.1 Resultados para el tratamiento y análisis de la información.....	37
3.1.1 Parámetros físicos y químicos.....	37
3.1.1.1 Aceites y grasas	37
3.1.1.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) ₅	38
3.1.1.3 Demanda Química de Oxígeno	39
3.1.1.4 Potencial de Hidrógeno (pH)	40
3.1.1.5 Sólidos totales.	40
3.1.1.6 Densidad.	41
3.1.2. Eficiencia de la planta de tratamiento para aguas residuales.	42
3.2 Plan de Acción Técnico para optimizar la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la UTMACH.....	44
3.2.1 Mantenimiento y limpieza periódica.....	44
3.2.2 Gestión de lodos.	45
3.2.3 Optimización del proceso de tratamiento.....	45
3.2.4 Monitoreo y control.....	45
3.2.5 Capacitación y recursos humanos.....	45
3.2.6 Gestión y cumplimiento normativo.....	45
3.2.7 Presupuesto y recursos financieros.....	46
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	47
4.1 Conclusiones.....	47
4.2 Recomendaciones.....	47
BIBLIOGRAFIA	49
ANEXOS A. Recolección de muestras	59

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros físicos de las aguas residuales	18
Tabla 2. Parámetros químicos de las aguas residuales	19
Tabla 3. Puntos de georreferenciación de la planta	27
Tabla 4. Coordenadas de afluente y efluente de la Planta de Tratamiento	33
Tabla 5. Coordenadas afluente de la Planta de Tratamiento.....	34
Tabla 6. Determinación del caudal promedio	35
Tabla 7. Tabla 8 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....	36
Tabla 8. Resultados de la concentración de aceites y grasas.....	37
Tabla 9. Resultados de la DBO ₅	38
Tabla 10. Resultados de la DQO	39
Tabla 11. Resultado del pH.....	40
Tabla 12. Resultados de los sólidos totales.	40
Tabla 13. Determinación del parámetro densidad.....	41
Tabla 14. Eficiencia para la planta de tratamiento en aguas residuales UTMACH.....	42

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización de la Planta de tratamiento de aguas residuales en la UTMACH.....	26
Figura 2. Levantamiento planimétrico de la Planta de Aguas Residuales	26
Figura 3. Puntos de georreferenciación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	27
Figura 4. Coordenadas del afluente y efluente	33
Figura 5. Coordenadas del afluente para medición de caudal	34
Figura 6. Diagrama estadístico del caudal.....	35
Figura. 7 Diagrama estadístico de los aceites y grasas	37
Figura 8. Diagrama estadístico de la DBO ₅	38
Figura 9. Diagrama estadístico de la DQO	39
Figura 10. Diagrama estadístico de los sólidos totales	41
Figura 11. Diagrama estadístico de las eficiencias de la PTAR	44

ABREVIATURAS

P.T.A.R: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxígeno ₅

DQO: Demanda Química de Oxígeno

T.O.C: Carbono Total Orgánico

pH: Potencial de Hidrógeno

U.A.F: Filtros Anaeróbicos de Flujo Ascendente

O.C: Concentración de Color

O.I: Intensidad de Olor

L.M.P: Límite Máximo Permisible

A.R: Agua Residual

A.R.s: Aguas Residuales

INTRODUCCION

Las Plantas de Tratamiento de las Aguas Residuales (P.T.A.R) son instalaciones diseñadas para transformar y depurar los efluentes provenientes de actividades industriales y domésticas. Estas plantas tienen como objetivo principal la remoción de la materia orgánica y, en algunos casos, la separación de componentes minerales presentes en las aguas residuales. En la actualidad, la creciente conciencia sobre la importancia de la gestión sostenible de los recursos naturales ha impulsado al ser humano a buscar métodos y tecnologías para proteger y recuperar estos recursos, de manera que puedan ser aprovechados de forma responsable. En este contexto, el agua, como recurso vital, y los sistemas de tratamientos de aguas residuales se han convertido en un área de estudio prioritaria.¹

El rendimiento y eficacia en la depuración de aguas residuales de una planta de tratamiento se ve influenciado de manera significativa por las condiciones climáticas prevalecientes en la región donde se ubica. Factores como la temperatura ambiente promedio, los patrones de precipitación, la intensidad de la radiación solar y las características del viento local, pueden tener un impacto directo en los procesos biológicos que ocurren dentro del sistema de tratamiento. Por lo tanto, es fundamental considerar estas variables ambientales para optimizar el funcionamiento y garantizar una adecuada remoción de contaminantes en las aguas residuales.²

No es posible pensar en la calidad de agua sabiendo que existen variables que hacen posible la contaminación hídrica causada por las grandes industrias además de la urbanización. Como desarrollo urbano, se han construido plantas de tratamiento de agua residual para reducir o eliminar los contaminantes del agua, protegiendo el medio ambiente acuático y mejorando así su calidad. El sistema de tratamiento de agua residual in situ es utilizado para tratar y eliminar aguas residuales domésticas en lugares donde las casas no están conectadas a un sistema de alcantarillado municipal. El tratamiento se realiza mediante fosas sépticas, seguido de sistemas basados en el suelo (SBS), como campos de drenaje o filtros de arena.

Los procesos de tratamiento de aguas residuales desempeñan un papel clave en la reducción de los efectos potencialmente nocivos de la descarga de aguas residuales contaminadas al medio ambiente, durante el tratamiento de las aguas residuales se utilizan operaciones y transformaciones basadas en principios químicos y físicos que afectan significativamente la composición y naturaleza de las poblaciones microbianas.

Las modernas plantas de tratamiento de aguas residuales basan sus procesos biológicos en sofisticados sistemas de control que responden a la información de sondas en línea con el fin de asegurar la conformidad con los valores máximos permisibles establecidos en las normativas vigentes relacionadas con el vertido y minimizar el consumo energético.

La planta de tratamiento de agua residual de la Universidad Técnica de Machala no se ha monitoreado mucho, pero se deben hacer análisis periódicos y acreditar el cumplimiento de los lineamientos y disposiciones establecidos por el marco regulatorio vigente, que especifiquen parámetros como DQO₅, DBO y la eficiencia del sistema actual del tratamiento. Este estudio es muy importante, pues ayuda al cumplir las normas y estamentos gubernamentales del Código Orgánico del Ambiente en el Libro Tercero de la Calidad Ambiental, Título III: Control y Seguimiento, Capítulo IV: Monitoreo y Seguimiento, para que después se eviten sanciones y problemas que desfavorezca a la Universidad Técnica de Machala.

Se evaluará si la PTAR de la Universidad Técnica de Machala se halla en óptimas condiciones de operación, por lo que se debe examinar si el tratamiento de estas aguas residuales cumpla con la normativa ambiental correspondiente y así evitar problemas y afectaciones que pueden ser generadas en el recurso hidrogeológico.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Evaluar la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Universidad Técnica de Machala, mediante análisis físicos químicos y microbiológicos para obtener información técnica acerca de su situación actual tanto en estructura como en funcionamiento.

Objetivos Específicos:

- Establecer los datos de la georreferenciación y extensión de la PTAR (Planta de Tratamiento de Agua Residual).
- Cuantificar mediante volumetría el caudal de ingreso de aguas servidas hacia la planta de tratamiento.
- Caracterizar la calidad del agua del afluente y efluente de la planta de tratamiento de agua residual y comparar los resultados con los criterios de calidad permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente.
- Evaluar la efectividad del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la UTMACH con relación a la remoción de contaminantes.
- Formular un Plan de Acción Técnico para optimizar la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la UTMACH, si es necesario.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Aguas residuales (ARs)

Los efluentes derivados de las actividades humanas suelen presentar altos niveles de sólidos suspendidos, compuestos orgánicos y nutrientes que pueden generar impactos adversos sobre los ecosistemas acuáticos y la calidad de los cuerpos de agua receptores. Si bien existen diversas tecnologías disponibles para el procesamiento y depuración de estas aguas residuales, su implementación conlleva costos considerables desde el punto de vista económico.³

A diferencia de las ARs ordinarias, las ARs especiales dependen de la actividad que se realice, estos residuos suelen tener elevadas cargas orgánicas y sustancias tóxicas para el medio ambiente, la composición de los residuos de los laboratorios es compleja y varía según las actividades que se realicen. Estos residuos contienen importantes materiales peligrosos como metales, solventes, ácidos, bases, y oxidantes.

Los residuos químicos están catalogados como producto peligroso por sus propiedades explosivas, corrosivas, inflamables o tóxicas, las aguas residuales generalmente llegan a cuerpos de agua por un manejo inadecuado generando un riesgo para la salud y para el medio ambiente.⁴ Debido a la presencia de diversos contaminantes, las corrientes de ARs experimentan una alteración en su composición. Estos efluentes contienen principalmente agua, pero también presentan una fracción constituida por sólidos en diferentes estados: disueltos, suspendidos y coloidales. Generalmente, la proporción de sólidos representa alrededor del 1% del volumen total, mientras que el 99% restante corresponde al agua.⁵

1.1.1 Tipos de aguas residuales. Hay varios tipos de aguas residuales generadas por distintos tipos según su uso, como las aguas residuales domésticas, industriales, entre otras, y se detallan cada una.

1.1.1.1 Aguas residuales domésticas. Comúnmente surgen de las viviendas donde el hombre realiza diversas actividades que contiene sustancias químicas tanto orgánicas como inorgánicas que posteriormente son descargadas al alcantarillado o se liberan directamente al medio ambiente.⁶

Incluyen aguas negras (fuentes de patógenos), aguas amarillas, aguas grises y constituyen una parte del flujo de las aguas residuales. El 90% se almacenan o son vertidas sin ningún tipo de tratamiento en ríos, lagos lo que provoca graves problemas como la calidad del agua y la pérdida de la biodiversidad.⁷

Las aguas residuales domésticas se vierten sin tratamiento en cuerpos de agua natural, contienen sustancias tóxicas que son peligrosas para la humanidad y el ecosistema. Por su facilidad y eficacia y la reducción de la naturaleza peligrosa de las ARs.⁸

1.1.1.2 Aguas residuales municipales. Este efluente proviene de la recolección de varios desechos líquidos como escuelas, hogares y servicios que corresponden a flujos con baja concentración. Además, poseen baja densidad orgánica y un elevado contenido de materia orgánica en suspensión.⁹

Las ARs municipales están formadas de compuestos orgánicos, inorgánicos y biológicos que se encuentran en partículas suspendidas o en solución. La mayoría de las partículas en suspensión están formadas por materia orgánica, mientras que la parte disuelta está formada por compuestos inorgánicos. Sin embargo, dado que la fracción soluble es mayor, la mayor parte del carbono orgánico total (TOC) está unido entre los compuestos solubles.¹⁰

Los métodos actuales de tratamiento de aguas residuales municipales no están hechos para la reutilización de aguas residuales. Las tecnologías convencionales de tratamiento de aguas residuales municipales incluyen métodos biológicos mecánicos, que eliminan el lodo en tamices y tanques de sedimentación, métodos biológicos que utilizan biopelículas o microorganismos activados de lodo.¹¹

1.1.1.3 Aguas negras. Está separada por agua de inodoro y puede ser tratada por separado entre corrientes diluidas y voluminosas como el agua de lluvia, baños y cocina. Las aguas negras comprenden entre el 70% y 90% de nutrientes y entre el 60% y 90% de la materia orgánica. Cuando se conecta con inodoros el concentrado de las aguas negras es adecuado para recuperar energía y nutrientes por medio de los procesos anaeróbicos.¹²

El término agua negra y maloliente se usa para describir masas de agua que tienen colores y olores desagradables. Este fenómeno también se conoce como “flores negras” o “manchas negras”, dependiendo de donde se encuentre o como se vea. La contaminación del agua causada por los procesos de urbanización es un problema común. La toxicidad biológica del agua negra y maloliente pone en peligro la calidad de la vida humana y los ecosistemas acuáticos. Por lo tanto, es fundamental investigar los mecanismos que conducen a la formación de aguas negras y malolientes para proteger los recursos hídricos, mantener la estabilidad del entorno acuático y reducir la aparición de brotes de agua negra y malolientes.¹³

Se ha sugerido que el exceso de contaminantes en el agua, particularmente el nitrógeno amoniacal es responsable del fenómeno de las aguas negras y olorosas. Este tipo de agua tiene un nivel bajo de oxígeno disuelto, fluidez y claridad deficientes y es un ambiente rico en nitrógeno. El tratamiento de masas de agua contaminadas y malolientes implica el tratamiento de las fuentes de agua y los sedimentos relacionados. La materia orgánica de los sedimentos internos contiene nutrientes residuales de nitrógeno y fósforo que deben eliminarse a medida que se eliminan los aportes externos.¹⁴

1.1.1.4 Aguas grises. Las aguas grises provienen de una gran variedad de actividades humanas además de los inodoros contienen demasiados contaminantes ya sean químicos y microbianos, dependiendo de la fuente y el nivel de carga contaminante.¹⁵

Las que se originan de las cocinas, baños, lavadoras están compuestas por un 80% y 85% de las aguas residuales domésticas. Debido a su alto volumen las aguas grises pueden ser una fuente importante de agua y se espera que su tratamiento sea más fácil en comparación con las aguas residuales domésticas típicas debido a su menor potencial de contaminación.¹⁶

Las aguas grises contienen bacterias patógenas y tensioactivos de limpieza, los principales contaminantes de las aguas grises son los tensioactivos que se encuentran en los productos de limpieza que se utilizan en las tareas diarias de limpieza y lavado.¹⁶

En el contexto de los sistemas de riego de pequeña escala, se ha reportado el uso directo de aguas grises sin previo tratamiento. Esta práctica ha generado efectos nocivos, tales como la dispersión de partículas del suelo debido a la acumulación de sodio proveniente de dichas aguas. Asimismo, se han observado alteraciones en las propiedades hidráulicas e hidrodinámicas de los suelos, ocasionadas por la presencia y concentración de sustancias tensioactivas o surfactantes en los efluentes empleados para el riego.¹⁷

Al ser vertidas las aguas grises pueden contener sustancias que causan cambios físicos, biológicos o químicos en la masa de agua dulce que las recibe.¹⁸

1.1.1.5 Aguas lluvia. La escorrentía de aguas pluviales contiene contaminantes producidos por actividades humanas y procesos naturales, incluidos sedimentos, metales pesados, hidrocarburos y nutrientes como nitrógeno y fósforo.¹⁹

En varios países esta fuente se ha utilizado ampliamente para fines no potables como jardinería y usos sanitarios, pero se ha investigado y asociado con tratamientos adecuados. Esto se debe principalmente a su superior calidad microbiológica y fisicoquímica en comparación con otras fuentes, a pesar de la contaminación atmosférica y las preocupaciones sobre la lixiviación y la erosión de los materiales del techo.²⁰

El agua recolectada de la lluvia es un recurso hídrico valioso para múltiples usos, pero es necesario establecer un sistema de purificación del agua apta para ingesta y actividades residenciales, ya que debe tener concentraciones significativas de contaminantes.²¹

Una de las principales formas de eliminar gases disueltos y partículas de la atmósfera es el agua de lluvia. La química del agua de lluvia ha sido un tema importante y de gran preocupación para rastrear la influencia de los aportes antropogénicos en la calidad atmosférica. La contaminación atmosférica, las condiciones meteorológicas y la ubicación geográfica están estrechamente relacionadas con la composición química del agua de lluvia.²²

1.1.1.6 Aguas residuales industriales. Los desechos industriales, como la producción petroquímica, el tejido y el papel, a menudo contienen nitrógeno, sulfato, sulfato de amonio y sulfuro.²³ Las aguas residuales industriales tratadas son un importante recurso hídrico no renovable además del riego, como en embalses, estanques de peces, sistemas de refrigeración, construcción y otros usos en algunas industrias.²⁴

En la industria, las aguas residuales son contaminantes como metales pesados, además son ricas en nutrientes y poseen mucha sustancia orgánica (75% de sólidos suspendidos y 40% de sólidos permeados), microbios infecciosos y sustancias no biodegradables como colorantes sintéticos. Alrededor del 80% de las aguas residuales industriales no tratadas se liberan al medio ambiente, lo que tiene un impacto negativo en el medio ambiente al destruir las masas de agua.²⁵

1.1.2 Características de las aguas residuales. Existen características físicas, químicas y biológicas que presenta el agua residual para determinar la calidad de agua que será útil para la comunidad.²⁶

1.1.2.1 Características físicas. Varios parámetros físicos son considerados para el agua residual como, solubilidad, contenido de sólidos, temperatura, color, turbidez, entre otros, los cuales se pueden observar con mayor detenimiento en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros físicos de las aguas residuales

Algoritmo	Descripción
Olor	Las emanaciones odoríferas distintivas que se perciben en los efluentes cloacales de origen urbano tienen su origen en la presencia de diversas sustancias solubles y en los procesos biológicos que se desarrollan en dichos caudales. Cuando los vertidos de aguas residuales domésticas son recientes, no presentan olores intensos ni desagradables de manera significativa, sin embargo, esto cambia con el tiempo.
Color	Generado por partículas insolubles (turbiedad), componentes coloidales y compuestos disueltos.
Densidad	Representa un atributo físico significativo de las ARs, puesto que condiciona la potencial aparición de corrientes de barros y fangos.
Turbidez	La presencia de materiales coloidales en el medio líquido confiere a mismo un aspecto turbio y opaco, lo cual resulta visualmente poco atractivo y puede representar un riesgo.
Sólidos totales	Se le conoce con este término a la fracción de materiales sólidos que son retenidos mediante un proceso de filtración de alta eficiencia. En términos generales, esta porción de sólidos disueltos está compuesta aproximadamente por un 40% de compuestos orgánicos y un 60% de compuestos inorgánicos. Esta denominación engloba a todas las partículas sólidas presentes en los efluentes residuales. Se refiere al remanente de material que permanece en un recipiente después de someter una muestra del líquido a un proceso de evaporación a temperaturas entre 103°C y 105°C, seguido de un secado completo.
Sólidos totales	

Fuente: Autoría propia

1.1.2.2 *Características químicas.* Como parámetros químicos están considerados, sustancias inorgánicas y orgánicas conformadas por hidrogeno, oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, entre otros. En la Tabla 2 se puede visualizar los principales parámetros químicos que se realiza a las aguas residuales.

Tabla 2. Parámetros químicos de las aguas residuales

Parámetros	Definición
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) ₅	Representa la cantidad de oxígeno requerida para llevar a cabo la oxidación bioquímica de los compuestos orgánicos biodegradables presentes en el efluente líquido, bajo condiciones específicas de tiempo y temperatura (5 días a 20°C), que son las necesarias para que las bacterias realicen la estabilización de la materia orgánica susceptible de descomposición mediante procesos aerobios.
Potencial de hidrogeno (pH)	El valor del pH juega un papel clave en la regulación de numerosas reacciones químicas y procesos biológicos. Generalmente, la actividad de los microorganismos se ve limitada a un rango relativamente estrecho de pH, típicamente entre 6.2 y 8.5.
Grasas y aceites	Los lípidos, tanto de procedencia animal como vegetal, así como los hidrocarburos provenientes del petróleo, engloban a una amplia variedad de compuestos orgánicos conocidos comúnmente como grasas y aceites. Las regulaciones y normativas vigentes en materia de calidad del agua establecen que estos compuestos deben estar ausentes en el agua destinada al consumo humano, debido al potencial riesgo que representan para la salud.
Demanda Química del Oxígeno (DQO)	Cuantifica la demanda de oxígeno necesaria para promover la oxidación de los compuestos orgánicos presentes en un efluente residual, bajo condiciones controladas en términos del agente oxidante empleado, el régimen de temperatura y el periodo de tiempo establecido.

Fuente: Autoría propia

1.2 Tratamiento de aguas residuales

El proceso de tratamiento de aguas residuales utiliza procesos físicos, químicos y biológicos, es fundamental para evitar el riesgo de liberar las aguas residuales a la naturaleza sin una adecuada gestión previa. No obstante, el método de tratamiento y su eficiencia pueden afectar la diversidad microbiana que posee las aguas residuales contaminadas, otros pueden promover la propagación de ciertos tipos de microbios que pueden convertirse en patógenos dañinos. ²⁷

Algunas técnicas de tratamiento de ARs como la filtración, adsorción, floculación son usadas únicamente para el tratamiento primario de ARs. Sin embargo, se requieren técnicas modernas de gestión de aguas residuales y su implementación con alta eficiencia y baja capitalización para reducir los problemas de contaminación ambiental.

28

Alcanzar una mejor calidad de efluente es el mayor objetivo para un gran número de estados y gobiernos. Comúnmente, se caracterizan el incremento de microorganismos como el fitoplancton los cuales disminuyen la claridad del agua, presentando niveles altos de vegetación acuática lo cual disminuye la generación de O₂ disuelto.²⁹

Existen algunos métodos de tratamiento adecuado para el agua residual los cuales se detallan a continuación:

1.2.1 Tratamiento primario. Actualmente, la sedimentación primaria se monitorea en función de parámetros como el tiempo de residencia hidráulica y la eficiencia de eliminación de la demanda química de oxígeno. Comúnmente se utiliza el pretratamiento de fortalecimiento químico (CEPT). En CEPT, se añaden coagulantes como el cloruro férrico, coagulantes químicos como el alumbre o polímeros para aumentar las tasas de sedimentación y la eficiencia de eliminación.³⁰

1.2.2 Tratamiento secundario. Las tecnologías de tratamiento secundario de aguas residuales incluyen estanques de oxidación, estanques de aireación, lodos activados, biorreactores de membrana, reactores anaeróbicos de contracorriente, reactores anaeróbicos deflectores, tanques de lodos, gránulos expandidos, filtros anaeróbicos y aeróbicos y humedales artificiales.³¹

1.2.3 Tratamiento terciario. Los métodos de tratamiento terciario de AR diseñados para reducir los residuos microscópicos, como la ozonización y la cloración, tienen altos costos operativos y energéticos, requieren una infraestructura extensa y pueden producir subproductos tóxicos. Además, la eficiencia de eliminación de estas técnicas de tratamiento terciario está influenciada por la hidrofobicidad, por lo que el sustrato determina qué contaminantes se pueden eliminar. La eliminación de diversos contaminantes químicos suele requerir una combinación de varias técnicas de tratamiento terciario.³²

1.2.4 Tratamientos usuales para elevadas cargas orgánicas. Las configuraciones preferidas para el tratamiento anaeróbico de aguas residuales son principalmente reactores anaeróbicos de lecho de lodos a contracorriente, reactores de lecho fluidizado y filtros anaeróbicos. Los reactores biológicos de reducción de sulfatos utilizados para la precipitación de metales pueden tener una o más etapas. Esto significa que la reducción de sulfato y la precipitación de metales se pueden llevar a cabo simultáneamente o en unidades de procesamiento especiales separadas.³³

1.2.4.1 Filtros anaerobios de flujo ascendentes. Los filtros anaeróbicos de flujo ascendente (UAF) son un tipo de proceso de digestión anaeróbica con características operativas bien definidas. En otras palabras, el proceso es menos complejo que un reactor de lecho fluidizado y no requiere la formación de partículas biológicas, lo cual es un requisito previo para un digestor de lecho fluidizado.³⁴

1.2.4.2 Tanque Imhoff. Se trata de una tecnología de tratamiento primario cuyo objetivo principal es la remoción de sólidos suspendidos. El proceso implica una etapa inicial de sedimentación de partículas sólidas, seguida por la digestión anaerobia tanto de la materia orgánica como de los lodos generados. Esta configuración cuenta con dos zonas diferenciadas: una sección destinada a la decantación, que cumple la función de un decantador primario convencional, y otra sección que opera como un digestor. En la zona de decantación se produce la separación por gravedad de los sólidos en suspensión durante un periodo prolongado. Posteriormente, en la zona del digestor, los sólidos sedimentados son sometidos a un proceso de digestión anaerobia, junto con la materia orgánica y los lodos formados.³⁵

1.2.4.3 Tanque séptico. La fosa séptica separa los sólidos sedimentados y flotantes de las aguas residuales en capas de lodo o espuma y así almacena los nutrientes sedimentados. Los lodos de depuradora sedimentados se descomponen mediante bacterias anaeróbicas y arqueas con un volumen total reducido y luego se eliminan periódicamente.³⁶

Es una tecnología para el pulido de aguas en zonas descentralizadas, en este tipo de sistema las partículas orgánicas, los sólidos y la espuma se separan de las aguas residuales mediante procesos de sedimentación y flotación. La materia orgánica y los nutrientes disueltos escapan del sistema de tratamiento debido al contacto limitado con el lodo sedimentado que tiene una población microbiana activa.³⁷

1.3 Parámetros físicos

1.3.1 Olor. Las emisiones de olores de las PTAR pueden ser peligrosas y molestas para las personas en la zona cercana. Los gases depuradora, los lixiviados y los materiales de desecho contienen compuestos orgánicos volátiles que producen olor.³⁸

El olor es un tema de gran preocupación porque se descubrió que es una contaminación sensorial que causa sensaciones desagradables y repugnantes que suele estar directamente relacionada con la calidad de vida. El aumento de la población es la principal causa del olor cada vez mayor y como resultado las molestias públicas aumentan con el crecimiento económico y el aumento del nivel de vida. Las principales fuentes de malos olores fueron las plantas de tratamiento de aguas residuales. Los STP producen compuestos orgánicos de azufre volátiles responsables del mal olor.³⁸

Los malos olores producidos en el tratamiento anaeróbico se deben a la producción y liberación de intermediarios del metabolismo anaeróbico y aeróbico de la materia orgánica, y a la eliminación de moléculas ya incrustadas en las materias orgánicas.³⁹

1.3.2 Color. El color se percibe como un indicador óptico efectivo para evaluar la calidad del agua, ya que está estrechamente relacionado con otros parámetros ópticos del agua como la transparencia y la turbidez.⁴⁰ El sistema acuático puede mostrar colores naturales o artificiales debido a la existencia de tintes provenientes de AR residenciales o industriales, así como de compuestos orgánicos disueltos de plantas y algas. Los compuestos orgánicos naturales como los ácidos húmicos, fúlvicos y tánicos son responsables de tonos amarillos, rojos, marrones, grises en el agua.⁴¹

En las AR, es la materia en suspensión y coloidal la responsable de conferirles color. Esta agua teñida no es adecuada para el reciclaje a menos que se someta a un tratamiento apropiado. El color es una de las características más destacadas de las aguas residuales, en términos de decoloración el foco principal de estudio recae en la pérdida de color en estas aguas, aunque el agua tratada aún conserva un nivel significativo de sustancias orgánicas.⁴²

1.3.3 Densidad. La densidad es una característica intrínseca que muestra el nexo entre la masa y el volumen de un cuerpo sólido o una sustancia líquida. En el Sistema Internacional su unidad es el kilogramo por metro cúbico, sin embargo, frecuentemente se la puede observar en gramos por centímetro cúbico. Se debe aprender la diferencia entre la densidad real y aparente. La densidad real se define como la relación entre la masa de una sustancia y su volumen verdadero, excluyendo cualquier espacio vacío o porción de aire contenida en la misma. La aparente densidad, es igual a la razón entre la cantidad en masa del producto y su aparente volumen, que es decir ocupado con aire encerrado dentro del mismo objeto.⁴³

1.3.4 Turbidez. El grado en que la luz se dispersa o se absorbe mientras está suspendida en un medio acuático, abarcando tanto sedimentos como compuestos de naturaleza orgánica e inorgánica, se ha medido mediante la turbidez un indicador simple y fácil de denotar. Al alterar la cantidad de luz submarina disponible la turbidez tiene un impacto significativo en las distribuciones verticales del fitoplancton, los animales acuáticos y las plantas, esto impacta la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos.⁴⁴

La importancia de la calidad del agua se destaca para diversas entidades como las organizaciones medioambientales, las industrias químicas, la pesca y otros grupos afines. Este enfoque abarcador se justifica por la estrecha conexión entre la calidad del agua, la salud del medio ambiente y la calidad de vida. La turbidez del agua emerge como un medidor crucial de la calidad del agua, dada su fuerte asociación con los cinco principales parámetros que evalúan dicha calidad.⁴⁵

1.3.5 Sólidos disueltos totales. Los sólidos disueltos totales están compuestos por sales inorgánicas como cloruro, calcio, magnesio, sodio, bicarbonato, sulfatos, junto con materia orgánica presentes en el agua. En consecuencia, las aguas con altos niveles de TDS debido a actividades mineras pueden incrementar los niveles de TDS en aguas superficiales y del suelo, lo cual representa un riesgo para la salud humana y puede resultar tóxico para la vida acuática, incluyendo peces y anfibios.⁴⁶

Los sólidos disueltos totales juegan un papel bastante importante en la calidad del agua de los ríos. En la mayoría de los estudios, el muestreo no se considera debido a la dificultad de medir los elementos y su naturaleza costosa y que requiere mucho tiempo.⁴⁷

1.3.6 Sólidos totales. Hace referencia a la cantidad total de materia sólida que se obtiene luego de someter una muestra de agua a un proceso de evaporación y secado completo. Esta fracción total de sólidos comprende dos componentes principales: los sólidos suspendidos totales y los sólidos disueltos totales. Estos constituyentes revisten gran importancia debido a su influencia sobre la calidad del agua. Para que el agua se considere potable no debe tener más de 500 mg/L. Esto significa que no debe tener una cantidad excesiva de sólidos disueltos en el agua ya que podría afectar la calidad. Los sólidos totales en el agua son una medida importante para evaluar su calidad. Los sólidos disueltos totales y los sólidos suspendidos totales nos ayudan a comprender qué tipo de sólidos están presentes y como pueden afectar.⁴⁸

1.4 Tratamientos Químicos

1.4.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)₅. Es uno de los criterios más significativos para determinar la cantidad de materia orgánica biodegradable que se encuentre en una fuente hídrica. El contenido de oxígeno necesario para que los microorganismos aeróbicos descompongan los componentes orgánicos biodegradables que se halle en una muestra de líquida específica a 20°C durante un periodo de tiempo determinado.⁴⁹ Un índice crucial para describir el nivel de contaminación del agua es la DBO.⁵⁰

Entre los parámetros ampliamente utilizados para determinar la calidad de un cuerpo de agua, se encuentra este indicador, el cual representa la porción de la carga orgánica presente en el agua.⁵¹ Se utiliza con frecuencia para demostrar la eficiencia de las tecnologías de tratamiento de aguas residuales porque muestra cómo se transforman compuestos orgánicos tóxicos en sustancias inofensivas y biodegradables.⁵² La cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos aeróbicos en la muestra para oxidar la materia orgánica y convertirla en una forma orgánica estable es lo que lo define.⁵³

1.4.2 Potencial de Hidrógeno. El pH se aplica más comúnmente para indicar el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa. En un inicio, el concepto de pH fue concebido como el logaritmo de las concentraciones extremadamente bajas de estos iones. No obstante, la definición actual del pH no se basa en la concentración de iones hidrógeno, sino que se expresa en términos de la actividad de dichos iones. La determinación del pH adquiere una relevancia significativa en prácticamente todos los ámbitos del conocimiento.⁵⁴

El pH es un valor químico que resulta muy importante en diversos ámbitos como la agricultura, la industria y la medicina. Es utilizado para medir la alcalinidad débil en diferentes situaciones, como por ejemplo en el valor fisiológico del cuerpo humano (pH 7.2), en el cultivo de células biológicas (pH 7.6) o en la exploración marina (pH 7.8-8.4). Para que un sensor de pH funcione correctamente, es fundamental que tenga una respuesta rápida y precisa.⁵⁵

1.4.3 Grasas y aceites. Los aceites y grasas vegetales extraídos pueden contener sustancias no deseadas que los contaminan, como residuos de pesticidas, hidrocarburos aromáticos policíclicos, hidrocarburos de aceites minerales, ftalatos y micotoxinas. Estos contaminantes pueden estar presentes en cantidades pequeñas, pero aun así pueden representar un riesgo para nuestra salud. Es importante tener en cuenta estos posibles contaminantes y buscar productos que hayan sido sometidos a pruebas de calidad y seguridad para garantizar que estemos consumiendo aceites y grasas vegetales saludables y libres de sustancias nocivas.⁵⁶

La presencia de lípidos, tanto grasas como aceites, en los vertidos industriales representa un desafío no solo para el tratamiento de dichos efluentes, sino que también implica un riesgo de contaminación para los suelos y los cuerpos de agua receptores. Estos compuestos presentan una alta estabilidad y son inmiscibles con el agua.⁵⁷

1.4.4 Demanda Química de Oxígeno. La mayoría de las sustancias orgánicas son sustancias limitantes y la cantidad de oxidante que pueden consumir las sustancias reductoras en el agua se miden en mg/L, las fuentes de agua como los ríos, lagos y aguas residuales a menudo se consideran contaminación orgánica debido a la DQO. Un alto nivel de DQO puede dañar la calidad del agua, daños directos a los organismos acuáticos y al cuerpo humanos pueden ser causados por compuestos orgánicos altamente tóxicos, es fundamental detectar la DQO de forma rápida y precisa para salvaguardar la salud y el equilibrio ecológico de los seres humanos.⁵⁸

2. METODOLOGIA

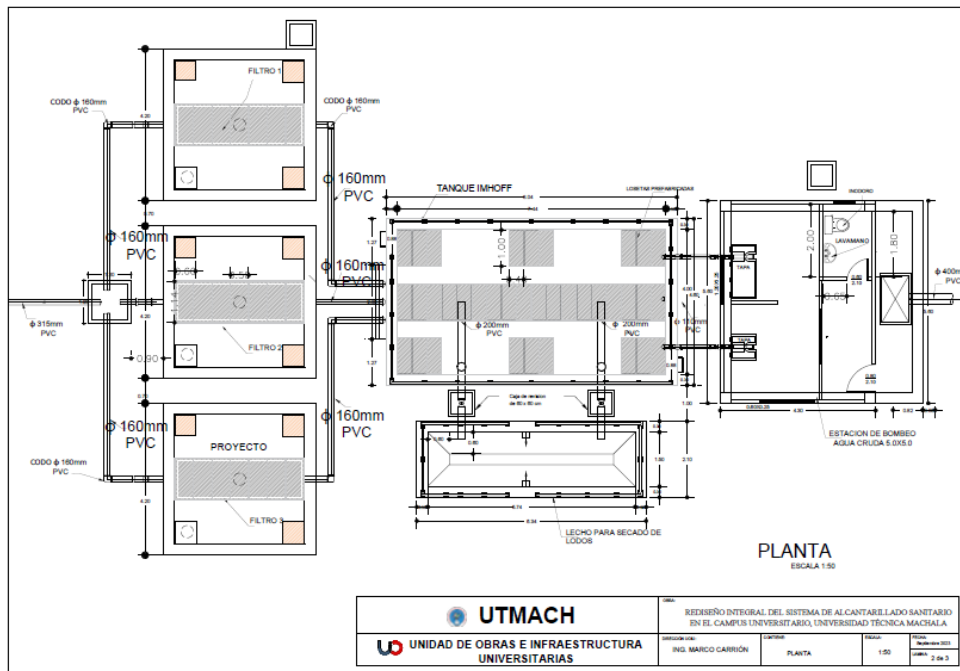
2.1 Sujeto o unidad de análisis

Figura 1. Mapa de localización de la Planta de tratamiento de aguas residuales en la UTMACH



Fuente: Google Earth

Figura 2. Levantamiento planimétrico de la Planta de Aguas Residuales



Fuente: Dirección administrativa de la Universidad Técnica de Machala

2.1.1 Georreferenciación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Figura 3. Puntos de georreferenciación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales



Fuente: Google Earth

Para la colocación de las coordenadas x, y se utilizó el sistema UTM WGS84 que nos proporciona el Google Earth dentro de sus opciones.

Tabla 3. Puntos de georreferenciación de la planta

Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Unidad
x: 621260.50	x: 621247.60	x: 621270.37	x: 621279.05	m
y: 9637025.16	y: 9636970	y: 9636966.30	y: 9637010.83	m

Fuente: Autoría propia

2.2 Materiales y métodos

2.2.1 Materiales y equipos

Medidor volumétrico

Cronómetro

Etiquetas

Guantes

Refrigerante

Hoja de custodia

GPS

Mascarilla

Cooler

Frascos Ámbar

Frascos de Plástico

Cromatógrafo de gases

Espectrofotómetro UV – VIS

Turbidímetros

Potenciómetro

pHmetro

Espectrofotómetro infrarrojo

2.2.2 Métodos

2.2.2.1 Determinación de Olor. Las técnicas de alto rendimiento como la cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masas (GC/MS) se pueden utilizar para caracterizar las emisiones de olores. Sin embargo, es difícil vincular el análisis químico de mezclas de olores complejos particularmente aquellas derivadas de desechos orgánicos con las sensaciones que experimenta un receptor humano. Por lo tanto, para evaluar el impacto del olor, se utilizan técnicas sensoriales como la olfatometría dinámica o la olfatometría de campo. Estas técnicas pueden medir la intensidad o la abundancia de un olor, los factores de emisión de olores son una herramienta útil para evaluar y predecir los olores en plantas a gran escala.⁵⁹

La olfatometría dinámica es el enfoque más utilizado en la medición la abundancia de olores. Los resultados de medición producidos por estos métodos son de alta precisión con un error relativo mínimo.⁶⁰ Para evaluar el olor tanto cuantitativamente como cualitativamente, el análisis sensorial utiliza la nariz como detector. Pero esta técnica tiene una baja repetibilidad.⁶¹

El análisis de olor implica análisis instrumental y sensorial. La concentración de olor (OC) o la intensidad de olor (OI) y los caracteres del olor que reflejan subjetivamente el grado de impacto del olor se pueden identificar mediante el análisis sensorial. El análisis instrumental se puede utilizar para determinar objetivamente la composición y la concentración del odorante.⁶²

2.2.2.2 Determinación de Color. La espectrofotometría UV-VIS se utiliza ampliamente para medir la cantidad de analitos, particularmente las concentraciones de especies absorbentes en una variedad de áreas, como la química ambiental, la calidad del agua, los productos farmacéuticos y la industria alimentaria. Sin embargo, el error causado por los contaminantes que interfieren espectralmente es un problema significativo. Los errores mencionados se producen cuando componentes de la muestra diferentes al analito de referencia se absorben en la misma área espectral.⁶³

El método analítico UV-VIS se utiliza en la industria farmacéutica para controlar la calidad, muestra rapidez y confiabilidad en los resultados y su interpretación es simple y fácil de usar. La técnica de espectrofotometría UV-VIS se ha utilizado para identificar aminoácidos, proteínas, carbohidratos y ácidos nucleicos con excelentes resultados en comparación con los estándares.⁶⁰ Es una técnica sencilla y universal que es adecuada para monitorear la concentración y los cambios estructurales de una variedad de sustancias en solución acuosa, no requiere una preparación específica de la muestra.⁶⁴

2.2.2.3 Determinación de Densidad. El picnómetro de helio es el instrumento que mejor se aproxima a la densidad real, dado que el helio tiene la capacidad de penetrar en los poros y grietas más diminutos permitiendo así una aproximación más precisa al volumen real. La densidad picnométrica se considera la aproximación más precisa a la densidad real, la cual se calcula a través del uso del peso molecular y la estructura cristalina del producto. Este método se basa en picnómetros de helio los cuales son fáciles de utilizar y ofrecen rapidez especialmente cuando se emplean equipos totalmente automatizados. Si la técnica demuestra suficiente precisión y reproducibilidad para detectar variaciones mínimas, los datos resultantes son valiosos para caracterizar estructuras cristalinas como polimorfos, pseudopolimorfos y estados amorfos.⁶⁵

2.2.2.4 Determinación de Turbidez. La turbidimetría se utiliza comúnmente para calcular las concentraciones de sustancias suspendidas y coloides en muestras acuosas, la mayoría de estos componentes presentan una densidad baja.⁶⁶

La característica óptica de un medio está representada por la turbidez, que da como resultado la dispersión y absorción de la luz en lugar de su transmisión en patrones uniformes. En diversos campos analíticos la turbidez se puede medir para determinar la concentración másica de partículas suspendidas y su distribución en aplicaciones básicas. En este campo la ausencia de estandarización en unidades, métodos de medición y técnicas de calibración significa que las determinaciones analíticas de concentración son típicamente empíricas.⁶⁷

2.2.2.5 Determinación de Sólidos disueltos totales. La potenciometría es una técnica electroquímica empleada con objetos analíticos para medir el potencial de un electrodo sin la aplicación de corriente, principalmente influenciado por las propiedades termodinámicas del sistema. Proporciona datos sobre la concentración del analito y sus estados redox respectivos. Al inicio la potenciometría se usa en valoraciones potenciométricas para identificar distintas formas de analitos en procesos redox y ácido-base, aunque la potenciometría destaca por su simplicidad en la medición y en la instrumentación su selectividad se ve limitada. La introducción de electrodos selectivos de iones (ISE) ha impulsado una mayor expansión de los métodos potenciométricos mejorando la selectividad de la potenciometría como técnica analítica.⁶⁸

2.2.2.6 Determinación de Sólidos totales. La gravimetría se presenta como un enfoque principal que facilita la creación de combinaciones estáticas de analitos gaseosos estables en recipientes de alta presión, con un enfoque específico en gases como el dióxido de carbono.⁶⁹

El análisis gravimétrico implica la evaluación cuantitativa de una especie particular midiendo su masa, este proceso se realiza al convertir el analito en un compuesto casi insoluble mediante una reacción de precipitado. Después se puede pesar indirectamente o transformar establemente antes de la medición, además de este método existen otros enfoques gravimétricos que se basan en la medición de la pérdida o ganancia de peso de la muestra, como determinar humedad o aumentar peso por la absorción de gases. También es relevante mencionar dos técnicas adicionales de análisis gravimétrico: la electrogravimetría y la termogravimetría.⁷⁰

2.2.2.7 Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)₅. Se han utilizado métodos respirométricos para estimar las actividades nitrificadoras y los parámetros cinéticos de nitrificación para cultivos puros, lodos activados y muestras de biopelículas. La base de los métodos es que el consumo biológico de oxígeno como resultados de la renovación del sustrato puede servir como indicador de la actividad biológica. En una

prueba respirométrica convencional las muestras de lodo activado, biopelícula desprendida o medios de biopelícula se sumergen en agua dentro de las cámaras respirométricas y se airean para garantizar una saturación de oxígeno. Después de un pico de sustrato específico se utiliza una sonda de OD para monitorear los cambios en el oxígeno disuelto.⁷¹

2.2.2.8 Determinación de Potencial de hidrógeno. La potenciometría es una técnica electroquímica empleada con objetos analíticos para medir el potencial de un electrodo sin la aplicación de corriente, principalmente influenciado por las propiedades termodinámicas del sistema. Proporciona datos sobre la concentración del analito y sus estados redox respectivos. Al inicio la potenciometría se usa en valoraciones potenciométricas para identificar distintas formas de analitos en procesos redox y acido-base, aunque la potenciometría destaca por su simplicidad en la medición y en la instrumentación su selectividad se ve limitada. La introducción de electrodos selectivos de iones (ISE) ha impulsado una mayor expansión de los métodos potenciométricos mejorando la selectividad de la potenciometría como técnica analítica.⁶²

2.2.2.9 Determinación de Grasas y aceites. La tecnología NIRS se basa en la luz transmitida al tejido a través de fibra óptica y la luz reflejada transmitida un fotomultiplicador a través de un segundo cable.⁷²

El área que separa la luz visible del infrarrojo medio se conoce como espectro electromagnético, que oscila entre 700 y 2500 nm.⁷³ La identificación de compuestos y la determinación de información estructural se realizan principalmente mediante espectroscopia infrarroja. La prueba de identidad más concluyente que se puede obtener de una sola prueba es el espectro de absorción de infrarrojos. Las propiedades vibratorias de una molécula se encuentran determinadas por los átomos que participan en los enlaces químicos, la naturaleza de dichos enlaces y la estructura molecular específica.⁷⁴

2.2.2.10 Determinación de Demanda Química de Oxígeno. La espectrofotometría UV-VIS se utiliza ampliamente para medir la cantidad de analitos, particularmente las concentraciones de especies absorbentes en una variedad de áreas, como la química ambiental, la calidad del agua, los productos farmacéuticos y la industria alimentaria. Sin embargo, el error causado por los contaminantes que interfieren espectralmente es un problema significativo. Los errores mencionados se producen cuando componentes de la muestra diferentes al analito de referencia se absorben en la misma área espectral.⁶³

La espectrofotometría UV-VIS encuentra aplicación en la cuantificación de diversas especies químicas, tales como iones metálicos de transición, compuestos orgánicos con alto grado de conjugación, macromoléculas de origen biológico, así como otros analitos de interés. Esto se debe a su disponibilidad, simplicidad, versatilidad, velocidad, exactitud, precisión y rentabilidad. Casi todos los laboratorios analíticos ofrecen estos métodos que proporciona beneficios significativos como cantidades reducidas de disolventes de extracción, una gran superficie entre las gotas finas y la muestra acuosa y una cinética de extracción rápida que conduce a un estado de equilibrio y a la obtención de un factor de enriquecimiento esencialmente alto.⁷⁵

Se utiliza con frecuencia la espectroscopia UV-VIS para medir la cantidad de varios analitos. Determinar la concentración del analito en una muestra desconocida es muy fácil y rápido con este método.⁷⁶

2.3 Proceso de recolección y análisis de los datos

2.3.1 Proceso de recolección de muestras. El proceso de recolección de las muestras de agua parece ser fácil a simple vista, pero no lo es, requiere de varios aspectos para que sea posible cumplir su objetivo. El tiempo es uno de los aspectos que puede variar los resultados del análisis de muestra de agua pues, al entrar en contacto con el aire puede alterar la medición de la muestra.

El fin de un buen análisis de agua necesita de mucha cautela al realizar la toma de muestra y su almacenamiento, puede afectar varios parámetros a evaluar. Antes de hacer las pruebas adecuadas, es muy importante tener una muestra que refleje con precisión el material del que procede y evite cambios en su composición.

La muestra aplicada a la investigación fue la muestra compuesta igual que el caudal, ya que consiste en tomar la muestra en un lugar y tiempo determinado para luego realizar su respectivo análisis. El muestreo se realizó en la PTAR de la Universidad Técnica de Machala para obtener su eficiencia. El procedimiento se basó en tomar muestras compuestas usando un muestreador.

2.3.1.1 Procedimiento

En primera instancia, se rotularon los envases destinados a contener las muestras de agua residual. Posteriormente, en cada frasco de la muestra, se registró la fecha y hora de la recolección, lo cual era fundamental para llevar un control adecuado. Además, utilizando un dispositivo GPS, se registraron las coordenadas tanto del afluente como del efluente (obsérvese la Tabla 4), y estos datos se anotaron en la ficha de custodia correspondiente con el fin de tener una referencia geográfica precisa, tal como se muestra en la Figura 4.

Figura 4. Coordenadas del afluente y efluente



Fuente: Google Earth

Tabla 4. Coordenadas de afluente y efluente de la Planta de Tratamiento

Coordenadas afluente	Coordenadas efluente	Unidad
x: 621262.41	x: 621266.61	m
y: 9636978.74	y: 9636997.58	m

Fuente: Autoría propia

Luego, se llevó a cabo la medición del caudal en el punto de entrada (afluente), que tiene las coordenadas registradas en el Tabla 5, ubicación que se observa en la Figura 5, en donde se utilizó un método volumétrico manual para medir dicho caudal. Para ello, se midió el tiempo con un cronómetro de celular y se utilizó un balde de 5 galones para la medición.

Figura 5. Coordenadas del afluente para medición de caudal



Fuente: Google Earth

Tabla 5. Coordenadas afluente de la Planta de Tratamiento

Coordenadas afluente	Unidad
x: 621262.41 m	m
y: 9636978.74 m	m

Fuente: Autoría propia

Con el propósito de capturar todo el flujo, se posicionó el cubo en un punto estratégico del agua residual que ingresa a la PTAR, al mismo tiempo que se inició el cronómetro. Esta operación se repitió en tres ocasiones para luego calcular el caudal promedio en el afluente con una fórmula. El volumen de la muestra se midió en 5 gal, en función de la velocidad de llenado y se registró el tiempo que toma el llenado desde el inicio hasta el final; siendo “Q” el caudal (en litros por segundo, L/s), “V” el volumen (en litros, L), y “t” el tiempo (en segundos, s), el caudal se determinó con la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Q= El caudal (L/s)

V= El volumen (L)

t= El tiempo (s)

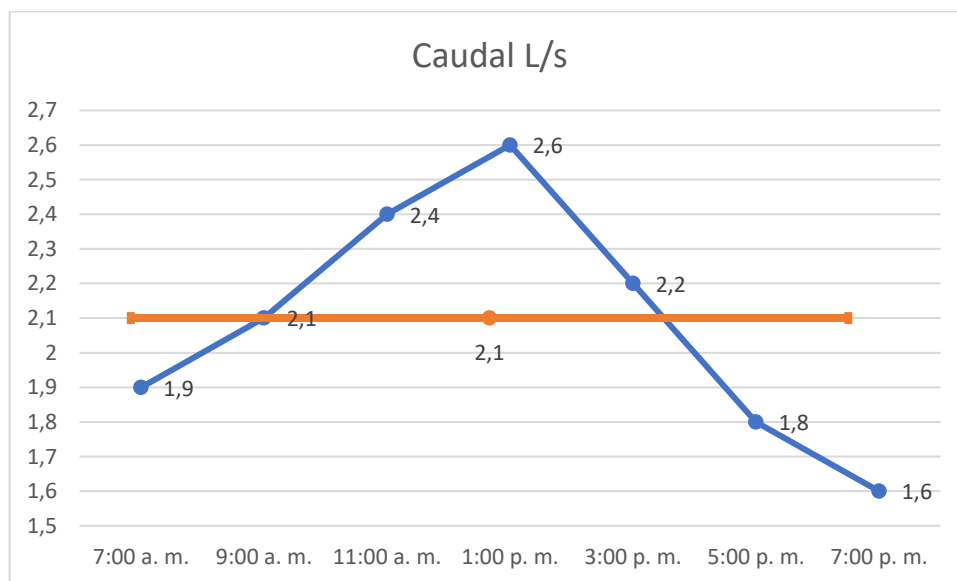
La toma de caudal dentro de la planta se realizó por 12 horas de 07:00 am a 07:00 pm, las pruebas se realizaron en un lapso de cada 2 horas. En la primera prueba nos da un caudal de 1.9 L/s, en la segunda prueba nos dio un caudal de 2.1 L/s, la tercera prueba nos arrojó un caudal de 2.4 L/s, la cuarta prueba nos dio un resultado de 2.6 L/s, en la quinta prueba de caudal obtuvimos 2.2 L/s, en la sexta prueba de caudal nos dio un resultado de 1.8 L/s y en la última prueba de caudal que realizamos nos dio como resultado 1.6 L/s, estos valores se pueden visualizar en la Tabla 6. También se puede observar en la Figura 6, que el mayor ingreso de caudal a la planta es a la 01:00 pm, debido a que los estudiantes realizan sus necesidades en los baños y los bares aumentan su actividad ya que a esa hora hay más afluencia de personas. La línea naranja indica el promedio de caudal que ingresa a la planta que es de 2.1 L/s.

Tabla 6. Determinación del caudal promedio

Nº	Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudales	Unidad
1	07:00 am	18.93	9.95	1.9	L/s
2	09:00 am	18.93	9	2.1	L/s
3	11:00 am	18.93	7.58	2.4	L/s
4	13:00 pm	18.93	7.1	2.6	L/s
5	15:00 pm	18.93	8.5	2.2	L/s
6	17:00 pm	18.93	10	1.8	L/s
7	19:00 pm	18.93	12	1.6	L/s
Promedio				2.1	L/s

Fuente: Autoría propia

Figura 6. Diagrama estadístico del caudal



Fuente: Excel

Por otra parte, el etiquetado de los frascos para los análisis que posteriormente se realicen, se llevó a cabo previo a la recolección de muestras. En cada frasco, se incluyó información relevante para su análisis y preservación, junto con la fecha y hora del muestreo. Asimismo, se aplicó una capa de cinta adhesiva plástica y transparente sobre cada etiqueta para protegerla de posibles daños, y se tomaron medidas para evitar la presencia de objetos flotantes o sumergidos.

En cuanto a la recolección de muestras, para el análisis de demanda química de oxígeno, aceites y grasas se llenó el frasco ámbar con H_2SO_4 de 250 ml hasta el tope tanto en el afluente como en el efluente. En el análisis de olor, se recolectaron muestras de agua residual en envases de plástico hasta alcanzar un volumen de 100 ml, tanto en el afluente como en el efluente. Por otro lado, para el análisis de color, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos disueltos totales, sólidos totales, turbidez, pH se llenó de agua residual hasta el nivel de 2000 ml que era el requerido en ambos puntos, afluente y efluente.

Después de la recolección de cada muestra, los frascos se colocaron en un cooler junto con refrigerantes para su preservación. Posteriormente, se procedió a desinfectar y enjuagar con agua destilada el balde y todos los materiales utilizados en la recolección de muestras. Finalmente, al finalizar la toma de muestras, estas son enviadas a ANAVANLAB, un laboratorio de la ciudad de Quito la cual hará los respectivos análisis.

2.3.1.2 Análisis en el laboratorio. Los datos recolectados en la vigilancia de los afluentes y efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Universidad Técnica de Machala se realizaron a nivel físico, químico en el laboratorio ANAVANLAB, el análisis se desarrolló según los valores de los límites máximos permitidos estipulados en la NORMA: AM097A, ANEXO 1, TABLA 8. LIMITES DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PUBLICO, la cual se puede visualizar en la Tabla 4.

Tabla 7. Tabla 8 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	mg/l	70
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	250
Demanda química de oxígeno	mg/l	500
pH		6 – 9
Sólidos totales	mg/l	1600

Fuente: Autoría propia

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Resultados para el tratamiento y análisis de la información

3.1.1 Parámetros físicos y químicos

3.1.1.1 Aceites y grasas

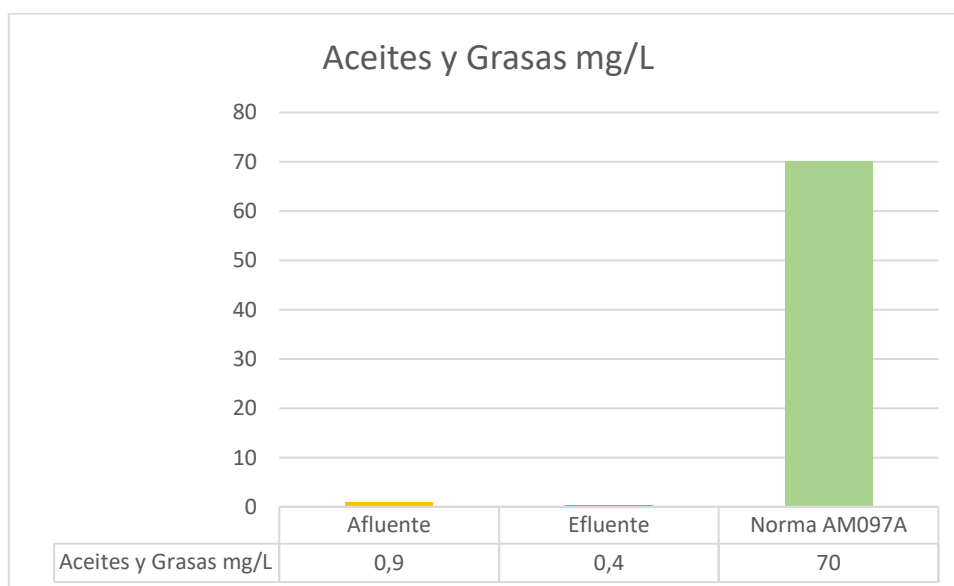
Tabla 8. Resultados de la concentración de aceites y grasas

Parámetro	El nivel de concentración en el afluente mg/L	El nivel de concentración en el efluente mg/L	NORMA: AM097A, ANEXO 1 mg/L	Condición
Aceites	0.9	0.4	70	Cumple

Fuente: Autoría propia

Con relación a este parámetro específico, los resultados obtenidos para grasas y aceites, como se detallan en la tabla 5, muestran que, tanto en el afluente como en el efluente, los valores son inferiores al límite máximo permitido (LMP). Esto implica que no hay impacto significativo en la composición del cuerpo receptor ni en los organismos vivos que lo habitan.

Figura. 7 Diagrama estadístico de los aceites y grasas



Fuente: Excel

3.1.1.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)₅

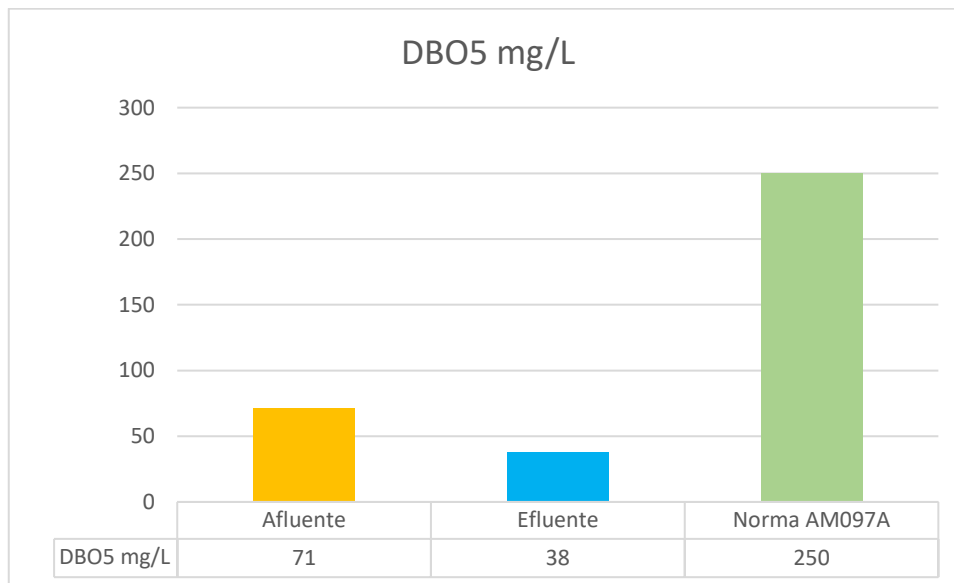
Tabla 9. Resultados de la DBO₅

Parámetro	El nivel de concentración en el afluente mg/L	El nivel de concentración en el efluente mg/L	NORMA: AM097A, ANEXO 1 mg/L	Condición
DBO	71	38	250	Cumple

Fuente: Autoría propia

Los resultados obtenidos para la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el efluente, detallados en la tabla 6, están en conformidad con los límites máximos permitidos. De manera similar, los valores registrados en el afluente también se encuentran dentro de los límites máximos permitidos, lo que sugiere que no se está produciendo una degradación significativa de materia orgánica. Es esencial considerar factores como la temperatura, el pH, la disponibilidad de nutrientes y la presencia de sustancias tóxicas que podrían limitar el proceso.

Figura 8. Diagrama estadístico de la DBO₅



Fuente: Excel

3.1.1.3 Demanda Química de Oxígeno

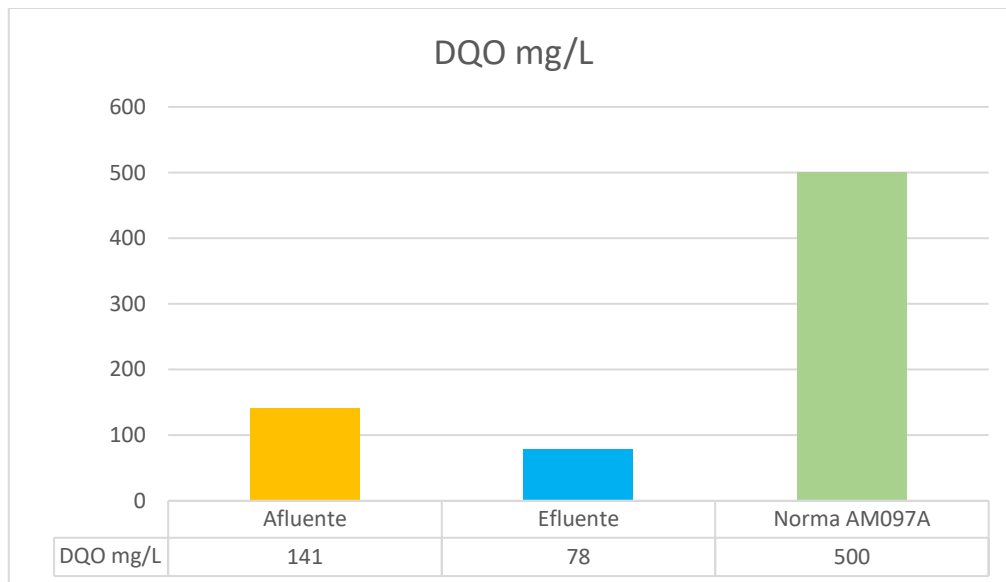
Tabla 10. Resultados de la DQO

Parámetro	El nivel de concentración en el afluente mg/L	El nivel de concentración en el efluente mg/L	NORMA: AM097A, ANEXO 1 mg/L	Condición
DQO	141	78	500	Cumple

Fuente: Autoría propia

La tabla 7 presenta las concentraciones de DQO en el flujo de entrada y salida del agua residual tratada emanada de la PTAR. Los niveles registrados no exceden los límites máximos permisibles, tanto en el afluente como en el efluente. Además, se observa una superioridad de los valores DQO en comparación con los de la DBO, como se evidencia en la tabla 4. Esto indica una oxidación predominante de las sustancias orgánicas mediante procesos químicos en lugar de biológicos. Es importante destacar que la DQO siempre supera a la DBO, reflejando una mayor incidencia de la oxidación química sobre la biológica en el tratamiento de aguas residuales.

Figura 9. Diagrama estadístico de la DQO



Fuente: Excel

3.1.1.4 Potencial de Hidrógeno (pH)

Tabla 11. Resultado del pH.

Parámetro	El nivel de concentración en el afluente Unidad	El nivel de concentración en el efluente Unidad	NORMA: AM097A, ANEXO 1 Unidad	Condición
pH	7.2	7.6	6 – 9	Cumple

Fuente: Autoría propia

Conforme a los resultados presentados en la tabla 8, se examinan los valores de pH a una temperatura de 25°C, tanto en el afluente como en el efluente de la PTAR-UTMACH. Dichos niveles se sitúan dentro de los límites máximos permisibles, conforme a lo estipulado en la Norma: AM097A que se puede observar en la tabla 4.

Es importante destacar que un efluente con pH ácido puede tener un impacto significativo y alterar drásticamente el ecosistema receptor, con consecuencias potencialmente devastadoras para la vida acuática. Sin embargo, mientras las AR domésticas tienden a aproximarse a un pH neutro, las AR industriales suelen presentar un pH ácido. Por consiguiente, los valores obtenidos indican que el agua tratada por la PTAR de la Universidad Técnica de Machala no exhibe características ácidas, lo que sugiere que el sistema de alcantarillado público, como cuerpo receptor, no se verá afectado por tales características químicas adversas.

3.1.1.5 Sólidos totales.

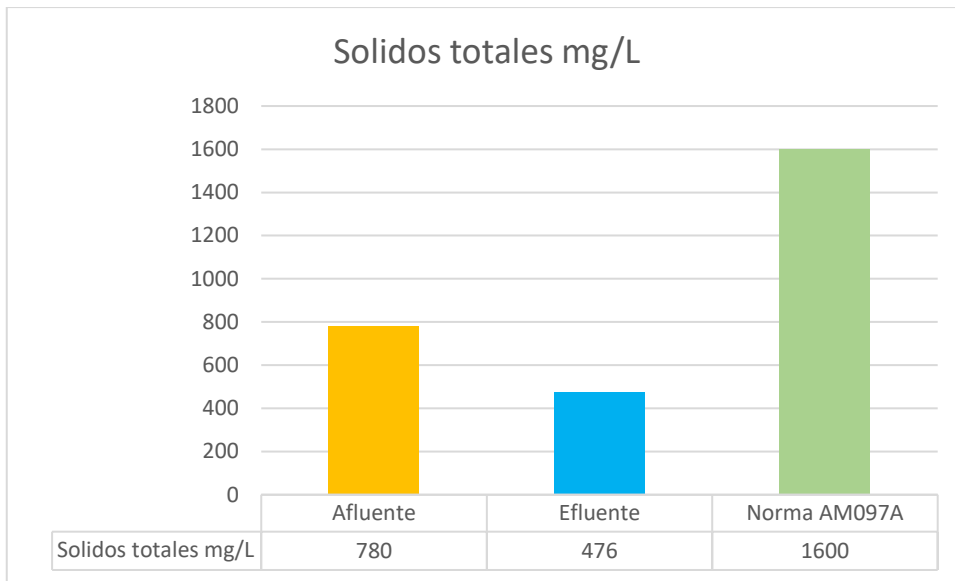
Tabla 12. Resultados de los sólidos totales.

Parámetro	El nivel de concentración en el afluente mg/L	El nivel de concentración en el efluente mg/L	NORMA: AM097A, ANEXO 1 mg/L	Condición
Sólidos totales	780	476	1600	Cumple

Fuente: Autoría propia

Los datos que arrojan los análisis de sólidos totales permiten evidenciar que las AR de la UTMACH se encuentran dentro del rango aceptable para la descarga en la red de alcantarillado. Lo que, si es necesario tener en cuenta, es que el afluente inicia con una concentración media de sólidos totales de unos 780 mg/L, mientras que a la salida del PTAR, existe una disminución, llegando la concentración a unos 476 mg/L.

Figura 10. Diagrama estadístico de los sólidos totales



Fuente: Excel

3.1.1.6 Densidad.

Tabla 13. Determinación del parámetro densidad

Nº	Puntos de muestra	Densidad 1 D1	Densidad 2 D2	Densidad 3 D3	Densidad promedio	Unidad
1	Entrada	1.005	1.006	1.003	1.004	g/ml
2	Salida	1.0009	1	1.001	1.006	g/ml

Fuente: Autoría propia

3.1.2. Eficiencia de la planta de tratamiento para aguas residuales.

Tabla 14. Eficiencia para la planta de tratamiento en aguas residuales UTMACH

Nº	Parámetro	El nivel de concentración en afluente	El nivel de concentración en efluente	Unidad	Condición	NORMA: AM097A, ANEXO 1	Eficiencia
1	Aceites y grasas	0.9	0.4	mg/L	Cumple	70	55.55%
2	Color	<1	<1				
3	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)5	71	38	mg/L	Cumple	250	46.48%
4	Demanda Química de Oxígeno	141	78	mg/L	Cumple	500	44.68%
5	Olor	Inobjetable	Inobjetable	Na			
6	pH	7.2	7.6	Unidad	Cumple	6 – 9	-
7	Sólidos Disueltos Totales	716	601	mg/L			
8	Sólidos Totales	780	476	mg/L	Cumple	1600	38.97%
9	Turbidez	11000	8.19	NTU			
10	Densidad	1.004	1.006	g/ml			

Fuente: Autoría propia

El cálculo de la eficiencia de la PTAR se logra a través de la aplicación de la siguiente ecuación, la cual es la base para los cálculos de la tabla 11.

$$E = \frac{C_o - C}{C_o} * 100$$

A través de dicha ecuación, se alcanza a calcular la eficiencia para que parámetro:

A. Concentración de aceites y grasas

$$E = \frac{0.9 - 0.4}{0.9} * 100$$

$$E = \frac{0.5}{0.9} * 100$$

$$E = 55.55\%$$

Una eficiencia del 55.55% puede estar señalando que el proceso tiene limitaciones, entre una de las causas, puede ser que el separador de grasas está colmatado por capas de lodos, dicha situación ameritaría un mantenimiento urgente.

B. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)₅

$$E = \frac{71 - 38}{71} * 100$$

$$E = \frac{33}{71} * 100$$

$$E = 46.48\%$$

El valor obtenido para la DBO a los 5 días representa un 46.48%, lo cual indica un rendimiento deficiente en el proceso de tratamiento de este parámetro por parte de la planta. Esta baja eficiencia evidencia fallas en el adecuado procesamiento del AR. Algunas de las posibles causas incluyen una elevada concentración de microorganismos en el afluente, la ausencia de sistemas de desinfección y la falta de un programa de mantenimiento preventivo y correctivo en las instalaciones de la planta de tratamiento.

C. Demanda Química de Oxígeno

$$E = \frac{141 - 78}{141} * 100$$

$$E = \frac{63}{141} * 100$$

$$E = 44.68\%$$

El 44.68% de eficiencia permite conocer que la PTAR está trabajando con una eficiencia baja, sin embargo, ésta aún está cumpliendo con su tarea de oxidar la materia orgánica e inorgánica que se presenta dentro de las ARs.

D. Sólidos totales

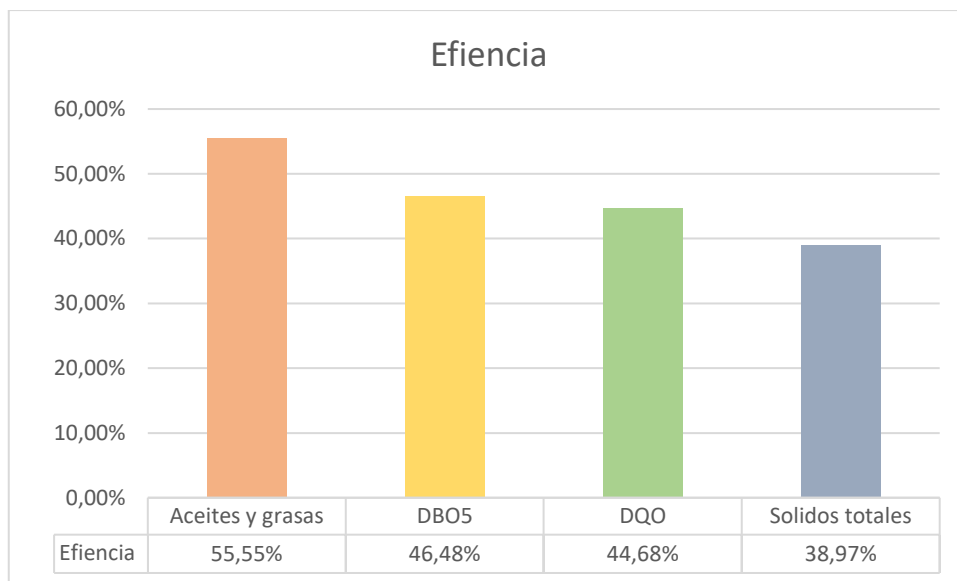
$$E = \frac{780 - 476}{780} * 100$$

$$E = \frac{304}{780} * 100$$

$$E = 38.97\%$$

El porcentaje de 38.9% obtenido indica un bajo nivel de eficiencia en el desempeño de la PTAR. Esta deficiencia se atribuye principalmente al estado de colmatación del tanque Imhoff, el cual presenta una acumulación excesiva de lodos que requiere ser atendida de manera urgente mediante la extracción de estos sólidos acumulados. Adicionalmente, se hace evidente la necesidad de implementar acciones de mantenimiento en los diferentes componentes que integran las instalaciones de la planta, con el fin de restablecer su correcto funcionamiento.

Figura 11. Diagrama estadístico de las eficiencias de la PTAR



Fuente: Excel

En la figura 8. Se puede observar los datos estadísticos de las eficiencias de cada uno de los parámetros analizados donde los aceites y grasas nos dan una eficiencia del 55.55%, la Demanda Bioquímica de Oxígeno nos da una eficiencia del 46.48%, la Demanda Química de Oxígeno nos da una eficiencia del 44.68%, los sólidos totales nos da una eficiencia del 38.97%, la planta de tratamiento nos da las eficiencias de los parámetros bajas debido a que no se le ha realizado su respectivo mantenimiento y no se ha efectuado una remoción de lodos, debido a los caudales bajos de ingreso puede ser causa que se encuentren bajos los niveles de los parámetros, la planta está diseñada para un caudal de 277.77 L/s.

3.2 Plan de Acción Técnico para optimizar la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la UTMACH

3.2.1 Mantenimiento y limpieza periódica.

- Remover la maleza y vegetación alrededor de la PTAR cada 3 meses para mantener un entorno limpio y accesible.
- Implementar un programa de control de plagas y roedores mediante métodos seguros y ecológicos para prevenir daños, contaminación y que no deterioren los equipos, cables que se encuentren dentro de la Planta de Tratamiento.
- Realizar inspecciones regulares de todas las instalaciones, equipos y sistemas para identificar fallas, fugas o daños que requieran reparación o reemplazo.

- Se deben colorar bacterias en caso de que el caudal de ingreso a la Planta de Tratamiento aumente, se las coloca debido a que éstas ayudan a la eliminación de los microorganismos que se encuentran en el agua.

3.2.2 Gestión de lodos.

- Establecer una remoción y disposición adecuada de los lodos acumulados en la PTAR para evitar la reducción de su capacidad y la generación de olores desagradables.
- Explorar alternativas sostenibles para el tratamiento y reaprovechamiento de los lodos, como compostaje o generación de biogas.

3.2.3 Optimización del proceso de tratamiento.

- Evaluar y ajustar los parámetros operacionales, como tiempos de retención, aireación y dosificación de químicos, para mejorar la eficiencia de remoción de contaminantes.
- Considerar la implementación de tecnologías adicionales, como tratamiento terciario o desinfección, para cumplir con los límites permisibles y mejorar la calidad del efluente.

3.2.4 Monitoreo y control.

- Establecer un programa de monitoreo periódico de la calidad del afluente y efluente, incluyendo análisis físicos, químicos y microbiológicos.
- Llevar registros detallados de los parámetros operacionales, mantenimiento realizado y resultados de monitoreo para facilitar el seguimiento y la toma de decisiones.

3.2.5 Capacitación y recursos humanos.

- Asignar personal capacitado y dedicado exclusivamente a la operación y mantenimiento de la PTAR.
- Implementar programas de capacitación continua para el personal en temas relacionados con el tratamiento de aguas residuales, seguridad, normativa ambiental y buenas prácticas operativas.

3.2.6 Gestión y cumplimiento normativo.

- Revisar periódicamente la normativa ambiental vigente y ajustar los procesos de la PTAR para garantizar el cumplimiento de los límites permisibles de descarga.
- Mantener una comunicación fluida con las autoridades ambientales competentes y presentar informes de cumplimiento según lo requerido.

3.2.7 Presupuesto y recursos financieros.

- Asignar un presupuesto adecuado para la implementación del Plan de Acción Técnico, incluyendo costos de mantenimiento, reemplazo de equipos, análisis de laboratorio y capacitación de personal.
- Explorar fuentes de financiamiento externo, como subvenciones o programas gubernamentales, para respaldar las mejoras y optimizaciones necesarias en la PTAR.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

En el presente estudio se evaluó el desempeño actual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Universidad Técnica de Machala, en función de su sistema de clarificación. Los resultados obtenidos reflejan niveles de remoción bajos para parámetros clave como la DBO₅ (46.48%), la DQO (44.68%), aceites y grasas (55.55%), y sólidos totales (38.97%).

Se constató la ausencia de actividades de mantenimiento en la planta y sus alrededores debido a la falta de personal operativo. En respuesta a esta situación, se elaboró una propuesta de un Plan de Acción, cuya implementación contribuiría a mejorar la calidad del efluente descargado al sistema de alcantarillado.

Cabe destacar que la planta no opera al cien por ciento de su capacidad instalada, ya que el caudal afluente es significativamente menor al caudal de diseño para el cual fue concebida y construida.

Si bien los análisis realizados al efluente demuestran que los parámetros están dentro de límites permisibles para descargas al sistema público de alcantarillado, las deficiencias identificadas en el funcionamiento actual de la planta representan un riesgo potencial de incumplimiento de la normativa vigente en un futuro cercano. En consecuencia, resulta imperativo implementar las medidas propuestas en el Manual de Mantenimiento y Operación, con el objetivo de optimizar el rendimiento de la planta, garantizar una adecuada gestión de los efluentes y asegurar el cumplimiento sostenido de los límites permisibles, preservando así la calidad de los cuerpos receptores y minimizando los impactos ambientales asociados.

4.2 Recomendaciones

Es fundamental implementar un programa de monitoreo sistemático de los efluentes descargados por la PTAR, con el objetivo de generar un registro histórico del comportamiento y rendimiento de esta, así como de los valores de los parámetros físicos y químicos del vertido final. Esta acción permitirá contar con evidencia sólida para verificar el cumplimiento de los criterios establecidos en el Anexo 1 de la Noma AM097A.

Considerando la evidente falta de personal dedicado a las labores de operación y mantenimiento, se recomienda encarecidamente la contratación y capacitación de un

equipo humano calificado, responsable del cuidado, manejo y gestión integral de la PTAR.

Con el fin de ejercer un control riguroso sobre la eficiencia de remoción de materia orgánica y garantizar que el efluente descargado al sistema de alcantarillado público se mantenga dentro de los límites máximos permisibles estipulados en la Tabla 8 del Anexo 1 de la Norma AM097A, es indispensable incrementar las medidas de control e implementar un programa de análisis trimestrales del vertido final.

Finalmente, se sugiere la implementación de un Plan de Acción de mantenimiento preventivo y correctivo en las instalaciones de la planta, con una periodicidad acorde a las necesidades operativas. Esta acción contribuirá a preservar la integridad de los componentes, optimizar el rendimiento del sistema y extender la vida útil de la infraestructura de tratamiento.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Calidad, L. A.; Agua, D.; Estero Blanco, D. *Universidad Estatal Amazónica Escuela De Ingeniería Ambiental "Evaluación de la Eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de da Parroquia 16 de Agosto del Cantón Palora, Provincia de Morona Santiago y su Incidencia En;* 2011
- (2) Roosel, T.; Hirpahuanca, A. *Para Optar El Título Profesional de Ingeniero Ambiental Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental;* 2021
- (3) Salazar Larrota, L.; Uribe García, L.; Gómez Torres, L.; Zafra Mejía, C. Análisis de La Eficiencia de Reactores UASB En Una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. *Dyna (Medellin)* **2019**, 86 (209), 319–326. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n209.70332>
- (4) Rodríguez-Rodríguez, J. A.; Vargas-Villalobos, S.; Aparicio-Mora, C.; Nova-Bustos, N.; Pinnock-Branford, M. Physical, Chemical, and Biological Treatment of Chemical Waste from Teaching Laboratories at Universidad Nacional, Costa Rica. *Uniciencia* **2020**, 34 (2), 82–94. <https://doi.org/10.15359/ru.34-2.5>
- (5) Ortega Ramírez, A. T.; Sánchez Rodríguez, N. Tratamientos Avanzados Para La Potabilización de Aguas Residuales. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* **2021**, 31 (2), 121–134. <https://doi.org/10.18359/rcin.5343>
- (6) Imron, M. F.; Firdaus, A. A. F.; Flowerainsyah, Z. O.; Rosyidah, D.; Fitriani, N.; Kurniawan, S. B.; Abdullah, S. R. S.; Hasan, H. A.; Wibowo, Y. G. Phytotechnology for Domestic Wastewater Treatment: Performance of Pistia Stratiotes in Eradicating Pollutants and Future Prospects. *Journal of Water Process Engineering* **2023**, 51, 103429. <https://doi.org/10.1016/J.JWPE.2022.103429>
- (7) Werkneh, A. A.; Gebru, S. B. Development of Ecological Sanitation Approaches for Integrated Recovery of Biogas, Nutrients and Clean Water from Domestic Wastewater. *Resources, Environment and Sustainability* **2023**, 11, 100095. <https://doi.org/10.1016/j.resenv.2022.100095>
- (8) Narayanan, M.; Salmen, S. H.; Chinnathambi, A.; Natarajan, D.; SD, P.; Barathi, S.; Lee, J. Unlocking the Potential of MgONPs for Effective Domestic Wastewater Treatment. *J Taiwan Inst Chem Eng* **2023**, 105255. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2023.105255>

- (9) Sikosana, M. L.; Sikhwivhilu, K.; Moutloali, R.; Madyira, D. M. Municipal Wastewater Treatment Technologies: A Review. *Procedia Manuf* **2019**, *35*, 1018–1024. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2019.06.051>
- (10) Cornacchia, M.; Moser, G.; Saturno, E.; Trucco, A.; Costamagna, P. Analysis of Particle Size Distribution in Municipal Wastewaters. *Environ Technol Innov* **2022**, *27*, 102638. <https://doi.org/10.1016/J.ETI.2022.102638>
- (11) Zawadzki, P.; Kończak, B.; Smoliński, A. Municipal Wastewater Reclamation: Reclaimed Water for Hydrogen Production by Electrolysis – A Case Study. *Measurement* **2023**, *216*, 112928. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2023.112928>
- (12) Moerland, M. J.; Van Gijn, K.; Ji, X.; Buisman, C. J. N.; Rijnaarts, H. H. M.; Langenhoff, A. A. M.; Van Eekert, M. H. A. Micropollutants Removal during High Rate Thermophilic and Hyper-Thermophilic Anaerobic Digestion of Concentrated Black Water. *J Environ Chem Eng* **2022**, *10* (2), 107340. <https://doi.org/10.1016/J.JECE.2022.107340>
- (13) Wei, Z.; Xu, Y.; Shi, Y.; Zhou, X.; Lin, J.; Ruan, A. The Response Mechanism of Microorganisms to the Organic Carbon-Driven Formation of Black and Odorous Water. *Environ Res* **2023**, *231*, 116255. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116255>
- (14) Lin, J.; Luo, B.; Wan, P.; Wang, J.; Hursthouse, A. S.; Li, S.; Zhu, G. A Metallic Phenolic Network-Enhanced Bentonite for Ammonical Nitrogen Removal from Black-Odoriferous Water. *Process Safety and Environmental Protection* **2024**, *182*, 32–44. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.11.064>
- (15) Bani-Melhem, K.; Rasool Al-Kilani, M. A Comparison between Iron and Mild Steel Electrodes for the Treatment of Highly Loaded Grey Water Using an Electrocoagulation Technique. *Arabian Journal of Chemistry* **2023**, *16* (10), 105199. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2023.105199>
- (16) Karahan, B. N.; Akdag, Y.; Fakioglu, M.; Korkut, S.; Guven, H.; Ersahin, M. E.; Ozgun, H. Coupling Ozonation with Hydrogen Peroxide and Chemically Enhanced Primary Treatment for Advanced Treatment of Grey Water. *J Environ Chem Eng* **2023**, *11* (3), 110116. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.110116>

- (17) Murcia-Sarmiento, M. L.; Calderón-Montoya, O. G.; Díaz-Ortiz, J. E. *Grey Water Impact on Soil Physical Properties*; 2014; Vol. 17
- (18) Azabache, Y.; Rojas, K.; Irigoín, S.; Rodríguez, R.; Quispe, B. Proposal for a Hydraulic System for Reusing Gray Water That Would Reduce Drinking Water Consumption in Family Homes. *Manglar* **2020**, *17* (2), 169–176. <https://doi.org/10.17268/manglar.2020.026>
- (19) He, W.; Lin, X.; Shi, Z.; Yu, J.; Ke, S.; Lu, X.; Deng, Z.; Wu, Y.; Wang, L.; He, Q.; Ma, J. Nutrient Removal Performance and Microbial Community Analysis of Amended Bioretention Column for Rainwater Runoff Treatment. *J Clean Prod* **2022**, *374*, 133974. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133974>
- (20) Melo Neto, M. G. de; Freitas, B. L. S.; Fava, N. N. M.; Sabogal-Paz, L. P. Rainwater Treatment System Efficiency: Household Slow Sand Filter Combined with UVC Lamp Disinfection. *Journal of Water Process Engineering* **2024**, *58*, 104785. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.104785>
- (21) Suárez, A.; Mesa, P.; Bravo, V.; Prieto, A. *Evaluación de Un Sistema de Filtros de Cascarilla de Arroz y Luffa Cylindrica Para El Tratamiento de Aguas Lluvias*; 2015; Vol. 5
- (22) Ma, K.; Chai, N.; Huang, H.; Xiao, J. Influence of Anthropogenic Activities and Loess Dusts on the Rainwater Hydrochemistry in the Chinese Loess Plateau. *J Environ Manage* **2023**, *347*, 119137. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119137>
- (23) Cabrera Martínez, N. C. Test of Natural Coagulants Extracted from Ipomoea Incarnata and Moringa Oleífera in the Purification of Industrial Wastewater in Cartagena de Indias/Ensayo de Coagulantes Naturales Extraídos de Ipomoea Incarnata y Moringa Olífera En La Depuración de Ag... *Prospectiva* **2018**, *16* (2), 94–99. <https://doi.org/10.15665/rp.v16i2.1434>
- (24) Panhwar, A.; Faryal, K.; Kandhro, A.; Bhutto, S.; Rashid, U.; Jalbani, N.; Sultana, R.; Solangi, A.; Ahmed, M.; Qaisar, S.; Solangi, Z.; Gorar, M.; Sargani, E. Utilization of Treated Industrial Wastewater and Accumulation of Heavy Metals in Soil and Okra Vegetable. *Environmental Challenges* **2022**, *6*, 100447. <https://doi.org/10.1016/J.ENVC.2022.100447>

- (25) Amin, M.; Tahir, F.; Ashfaq, H.; Akbar, I.; Razzaque, N.; Haider, M. N.; Xu, J.; Zhu, H.; Wang, N.; Shahid, A. Decontamination of Industrial Wastewater Using Microalgae Integrated with Biotransformation of the Biomass to Green Products. *Energy Nexus* **2022**, *6*, 100089. <https://doi.org/10.1016/J.NEXUS.2022.100089>
- (26) Jasim, N. A. The Design for Wastewater Treatment Plant (WWTP) with GPS X Modelling. *Cogent Eng* **2020**, *7* (1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2020.1723782>
- (27) Wardi, M.; Slimani, N.; Alla, A. A.; Belmouden, A. First Study of the Effect of Wastewater Treatment on Microbial Biodiversity at Three Wastewater Treatment Plants in Agadir, Morocco, Using 16S RRNA Sequencing. *Environmental Pollution* **2023**, 122528. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2023.122528>
- (28) Mondal, P.; Nandan, A.; Ajithkumar, S.; Siddiqui, N. A.; Raja, S.; Kola, A. K.; Balakrishnan, D. Sustainable Application of Nanoparticles in Wastewater Treatment: Fate, Current Trend & Paradigm Shift. *Environ Res* **2023**, *232*, 116071. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2023.116071>
- (29) Mohsenpour, S. F.; Hennige, S.; Willoughby, N.; Adeloye, A.; Gutierrez, T. Integrating Micro-Algae into Wastewater Treatment: A Review. *Science of The Total Environment* **2021**, *752*, 142168. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.142168>
- (30) Riisgaard-Jensen, M.; Dottorini, G.; Nierychlo, M.; Nielsen, P. H. Primary Settling Changes the Microbial Community of Influent Wastewater to Wastewater Treatment Plants. *Water Res* **2023**, *244*, 120495. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120495>
- (31) Pennellini, S.; Awere, E.; Kakavand, N.; Bonoli, A. Assessment of Secondary Wastewater Treatment Technologies for Agricultural Reuse in Rafah, Gaza Strip: Application of Evidential Reasoning Method. *Clean Eng Technol* **2023**, *13*, 100611. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2023.100611>
- (32) Abdullahi, M.; Stead, I.; Bennett, S.; Orozco, R.; Abdallah, M. A.-E.; Jabbari, S.; Macaskie, L. E.; Tzella, A.; Krause, S.; Al-Duri, B.; Lee, R. G.; Herbert, B.; Thompson, P.; Schalkwyk, M.; Getahun, S.; Dearn, K. D.; Orsini, L. Harnessing Water Fleas for Water Reclamation: A Nature-Based Tertiary Wastewater

- Treatment Technology. *Science of The Total Environment* **2023**, *905*, 167224. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167224>
- (33) Bratkova, S.; Koumanova, B.; Beschkov, V. Biological Treatment of Mining Wastewaters by Fixed-Bed Bioreactors at High Organic Loading. *Bioresour Technol* **2013**, *137*, 409–413. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.03.177>
- (34) Seckin, G.; Yilmaz, T.; Guven, A.; Yuceer, A.; Basibuyuk, M.; Ersu, C. B. Modeling the Performance of Upflow Anaerobic Filters Treating Paper-Mill Wastewater Using Gene-Expression Programming. *Ecol Eng* **2011**, *37* (3), 523–528. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.12.002>
- (35) Alfonso Menacho, V. L. Evaluación Del Tanque Imhoff En El Tratamiento de Las Aguas Residuales En El Municipio de Colmenar, Málaga. *APORTE SANTIAGUINO* **2017**, *9* (2), 237. <https://doi.org/10.32911/as.2016.v9.n2.198>
- (36) Sorenson, C.; Ding, L.; Zamalloa, C.; Arsenault, A.; Debeni Devi, N.; Hu, B. Illuminated Septic Tank – A Microalgae Assisted Onsite Wastewater Treatment System. *J Environ Chem Eng* **2023**, *11* (5), 110768. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.110768>
- (37) Saeed, T.; Afrin, R.; Al-Muyeed, A.; Miah, M. J.; Jahan, H. Bioreactor Septic Tank for On-Site Wastewater Treatment: Floating Constructed Wetland Integration. *J Environ Chem Eng* **2021**, *9* (4), 105606. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105606>
- (38) Rajbansi, B.; Sarkar, U.; Hobbs, S. E. Hazardous Odor Markers from Sewage Wastewater: A Step towards Simultaneous Assessment, Dearomatization and Removal. *J Taiwan Inst Chem Eng* **2014**, *45* (4), 1549–1557. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2013.10.004>
- (39) Rincón, C. A.; De Guardia, A.; Couvert, A.; Soutrel, I.; Guezal, S.; Le Serrec, C. Odor Generation Patterns during Different Operational Composting Stages of Anaerobically Digested Sewage Sludge. *Waste Management* **2019**, *95*, 661–673. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.07.006>
- (40) Falcão, A. P.; Gonçalves, A. B.; Ferreira, G. F. A Discussion on the Estimation of Apparent Colour of Water with the Forel-Ule Index for Medium-Width Sections of

- Rivers with High Hydrodynamic Activity. *Remote Sens Appl* **2023**, 32, 101075. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2023.101075>
- (41) Ordonez, D.; Valencia, A.; Pereira, B.; Chang, N.-B. Color Removal for Large-Scale Interbasin Water Transfer: Experimental Comparison of Five Sorption Media. *Environ Res* **2022**, 212, 113208. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113208>
- (42) Kumar, A.; Srivastava, N. K.; Gera, P. Removal of Color from Pulp and Paper Mill Wastewater- Methods and Techniques- A Review. *J Environ Manage* **2021**, 298, 113527. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113527>
- (43) Talens Oliag, P. Determinación Experimental de Densidad y Porosidad En Alimentos Sólidos y Líquidos. **2020**
- (44) Lin, X.; Wu, M.; Shao, X.; Li, G.; Hong, Y. Water Turbidity Dynamics Using Random Forest in the Yangtze River Delta Region, China. *Science of The Total Environment* **2023**, 903, 166511. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166511>
- (45) Mousavi, S. Conjugation of Deep Learning and de Noising Data Methods for Short-Term Water Turbidity Forecasting. *Journal of Hydro-environment Research* **2024**, 52, 26–37. <https://doi.org/10.1016/j.jher.2023.12.002>
- (46) Herawati, N.; Hatta Dahlan, M.; Yusuf, M.; Iqbal, M. M.; Ahmad Roni, K.; Nasir, S. Removal of Total Dissolved Solids from Oil-Field-Produced Water Using Ceramic Adsorbents Integrated with Reverse Osmosis. *Mater Today Proc* **2023**, 87, 360–365. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.624>
- (47) Pourhosseini, F. A.; Ebrahimi, K.; Omid, M. H. Prediction of Total Dissolved Solids, Based on Optimization of New Hybrid SVM Models. *Eng Appl Artif Intell* **2023**, 126, 106780. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106780>
- (48) Castro, J. J.; Nombre, V.; Profesor, D.; Académico, T.; Almeida, D. *Universidad San Francisco de Quito USFQ Evaluación de Distintos Métodos de Reducción de Sólidos Totales En La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Industria Textil San Pedro*. <http://bit.ly/COPETheses>
- (49) Hussain, F.; Yu, H.-W.; Chon, K.; Lee, Y.-G.; Eom, H.; Chae, K.-J.; Oh, S.-E. Real-Time Biomonitoring of Oxygen Uptake Rate and Biochemical Oxygen Demand

- Using a Novel Optical Biogas Respirometric System. *J Environ Manage* **2021**, 277, 111467. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111467>
- (50) Lv, H.; Yang, Q.; Chen, Y.; Xu, X.; Liu, C.; Jia, J. Determination of Seawater Biochemical Oxygen Demand Based on in Situ Cultured Biofilm Reactor. *Journal of Electroanalytical Chemistry* **2021**, 903, 115872. <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2021.115872>
- (51) Jouanneau, S.; Recoules, L.; Durand, M. J.; Boukabache, A.; Picot, V.; Primault, Y.; Lakel, A.; Sengelin, M.; Barillon, B.; Thouand, G. Methods for Assessing Biochemical Oxygen Demand (BOD): A Review. *Water Res* **2014**, 49, 62–82. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.10.066>
- (52) Bezsenyi, A.; Sági, G.; Makó, M.; Wojnárovits, L.; Takács, E. The Effect of Hydrogen Peroxide on the Biochemical Oxygen Demand (BOD) Values Measured during Ionizing Radiation Treatment of Wastewater. *Radiation Physics and Chemistry* **2021**, 189, 109773. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2021.109773>
- (53) Ahmed, A. A. M.; Shah, S. M. A. Application of Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) to Estimate the Biochemical Oxygen Demand (BOD) of Surma River. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences* **2017**, 29 (3), 237–243. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2015.02.001>
- (54) Pineda-Caro, D.-Y.; Medina-Vargas, Ó.-J.; Falla-Rocha, G. Tunja (Boyacá-Colombia)-No. 30. **2020**, 2021
- (55) Zhang, Z.; Zhang, H.; Hou, L.; Jia, D.; Yao, K.; Meng, Q.; Qu, J.; Yan, B.; Luan, Q.; Liu, T. Highly Sensitive Fiber-Optic Chemical PH Sensor Based on Surface Modification of Optical Fiber with ZnCdSe/ZnS Quantum Dots. *Anal Chim Acta* **2024**, 1294, 342281. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2024.342281>
- (56) van Duijn, G. Vegetable Oils and Fats. In *Encyclopedia of Food Safety*; Elsevier, 2024; pp 46–59. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822521-9.00099-X>
- (57) Vidales Olivo, A. L. M. M. Y. C. S. M. G. Extracción de Grasas y Aceites En Los Efluentes de Una Industria Automotriz. *Conciencia Tecnológica* **2010**, 40, 29–34
- (58) Jin, J.; Wang, M.; Hui, C.; Sun, K.; Liu, B. Electrochemical Determination of Chemical Oxygen Demand Using Glucose Standard at Nickel(II) Hydroxide

- Modified Electrode. *Int J Electrochem Sci* **2024**, *19* (2), 100467. <https://doi.org/10.1016/j.ijoes.2024.100467>
- (59) González, D.; Colón, J.; Sánchez, A.; Gabriel, D. A Systematic Study on the VOCs Characterization and Odour Emissions in a Full-Scale Sewage Sludge Composting Plant. *J Hazard Mater* **2019**, *373*, 733–740. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.03.131>
- (60) Ferreira, C. P.; Techera Antunes, F. T.; Rebelo, I. N.; da Silva, C. A.; Vilanova, F. N.; Corrêa, D. S.; de Souza, A. H. Application of the UV–Vis Spectrophotometry Method for the Determination of Glutamate in the Cerebrospinal Fluid of Rats. *J Pharm Biomed Anal* **2020**, *186*, 113290. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2020.113290>
- (61) Zarra, T.; Galang, M. G. K.; Oliva, G.; Belgiorno, V. Smart Instrumental Odour Monitoring Station for the Efficient Odour Emission Management and Control in Wastewater Treatment Plants. *Chemosphere* **2022**, *309*, 136665. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136665>
- (62) Gao, W.; Yang, X.; Zhu, X.; Zhao, S.; Yu, J.; Wang, D.; Yang, M. The Variation of Odor Characteristics of Wastewater Sludge Treated by Advanced Anaerobic Digestion (AAD) and the Contribution Pattern of Key Odorants. *Science of The Total Environment* **2022**, *840*, 156722. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156722>
- (63) Antony, A.; Mitra, J. Refractive Index-Assisted UV/Vis Spectrophotometry to Overcome Spectral Interference by Impurities. *Anal Chim Acta* **2021**, *1149*, 238186. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2020.12.061>
- (64) Gao, F.; Wang, L.; Zhang, H.; Wang, J. Realtime and In-Situ Monitoring of Membrane Fouling with Fiber-Optic Reflectance UV-Vis Spectrophotometry (FORUS). *Chemical Engineering Journal Advances* **2020**, *4*, 100058. <https://doi.org/10.1016/j.ceja.2020.100058>
- (65) Viana, M. About Pycnometric Density Measurements. *Talanta* **2002**, *57* (3), 583–593. [https://doi.org/10.1016/S0039-9140\(02\)00058-9](https://doi.org/10.1016/S0039-9140(02)00058-9)
- (66) Qin, X.; Teng, W.; Zhang, X.; Yang, Y.; Zhu, Y.; Liu, Z.; Li, W.; Dong, H.; Qiang, Z.; Zeng, J.; Lian, J. Ethanol-Diluted Turbidimetry Method for Rapid and Accurate

- Quantification of Low-Density Microplastics in Synthetic Samples. *Anal Chim Acta* **2023**, 1278, 341712. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2023.341712>
- (67) Lawler, D. M. SPECTROPHOTOMETRY | Turbidimetry and Nephelometry. In *Encyclopedia of Analytical Science*; Elsevier, 2005; pp 343–351. <https://doi.org/10.1016/B0-12-369397-7/00718-4>
- (68) Mansfeldova, V.; Janda, P.; Tarabkova, H. Time-Resolved Potentiometry on Dual Interface of Two Immiscible Electrolyte Solutions (ITIES): Step towards Qualitative Potentiometric Analysis. *Electrochim Acta* **2015**, 182, 1053–1059. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2015.10.013>
- (69) Rolle, F.; Durbiano, F.; Pavarelli, S.; Pennechi, F. R.; Sega, M. Comparison of Gravimetry and Dynamic Dilution for the Generation of Reference Gas Mixtures of CO₂ at Atmospheric Amount Fraction. *Measurement: Sensors* **2023**, 30, 100937. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2023.100937>
- (70) Sane, R. T. GRAVIMETRY. In *Encyclopedia of Analytical Science*; Elsevier, 2005; pp 215–221. <https://doi.org/10.1016/B0-12-369397-7/00247-8>
- (71) Qi, W.; Skov, P. V.; de Jesus Gregersen, K. J.; Pedersen, L.-F. Estimation of Nitrifying and Heterotrophic Bacterial Activity in Biofilm Formed on RAS Biofilter Carriers by Respirometry. *Aquaculture* **2022**, 561, 738730. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738730>
- (72) Nielsen, H. B.; Tofteng, F.; Wang, L. P.; Larsen, F. S. Cerebral Oxygenation Determined by Near-Infrared Spectrophotometry in Patients with Fulminant Hepatic Failure. *J Hepatol* **2003**, 38 (2), 188–192. [https://doi.org/10.1016/S0168-8278\(02\)00377-X](https://doi.org/10.1016/S0168-8278(02)00377-X)
- (73) Alexis, A.; Roa, P.; Mejía, R. V. *Medición No Invasiva Del Nivel de Glucosa En La Sangre Usando Espectroscopia Con Infrarrojo Cercano. Estado Del Arte Noninvasive Blood Glucose Measurements by Means of Near Infrared Spectroscopy: State of the Art*; 2012; Vol. 11
- (74) Cuesta, S.; Meneses, L. *Caracterización por Espectrofotometría Infrarroja de los Productos Intermedios en la Ruta Sintética de Ibuprofeno Infrared Spectroscopy Characterization of the Intermediate Products in Ibuprofen Synthetic Path*; 2015

- (75) kakhki, R. M.; Nejati-Yazdinejad, M.; Kakeh, F. Extraction and Determination of Rose Bengal in Water Samples by Dispersive Liquid–Liquid Microextraction Coupled to UV–Vis Spectrophotometry. *Arabian Journal of Chemistry* **2017**, *10*, S2518–S2522. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.09.020>
- (76) Safdarian, M.; Hashemi, P.; Ghiasvand, A. A Fast and Simple Method for Determination of β -Carotene in Commercial Fruit Juice by Cloud Point Extraction-Cold Column Trapping Combined with UV–Vis Spectrophotometry. *Food Chem* **2021**, *343*, 128481. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128481>

ANEXO A. Recolección de muestras

Figura 1 Exteriores de la planta de Tratamiento que se encuentran llenos de maleza



Figura 2. Ingreso de afluente a la Planta de Tratamiento



Figura 3. Preparación de los materiales para la toma de muestra



Figura 4. Toma de muestra en el afluente de la Planta de Tratamiento



Figura 5. Llenado de los envases en el afluente de la planta para enviar al laboratorio



Figura 6. Realizando la medición de caudal en el afluente de la Planta de Tratamiento



Figura 7. Realización de muestreo en el afluente de la Planta de Tratamiento



Figura 8. Llenado de envases en el efluente de la planta para enviar al laboratorio



Figura 9. Llenado de envases para la medición de densidad



Figura 10. Se observa que cadena que sostiene la canastilla esta con estado de mojosidad avanzado

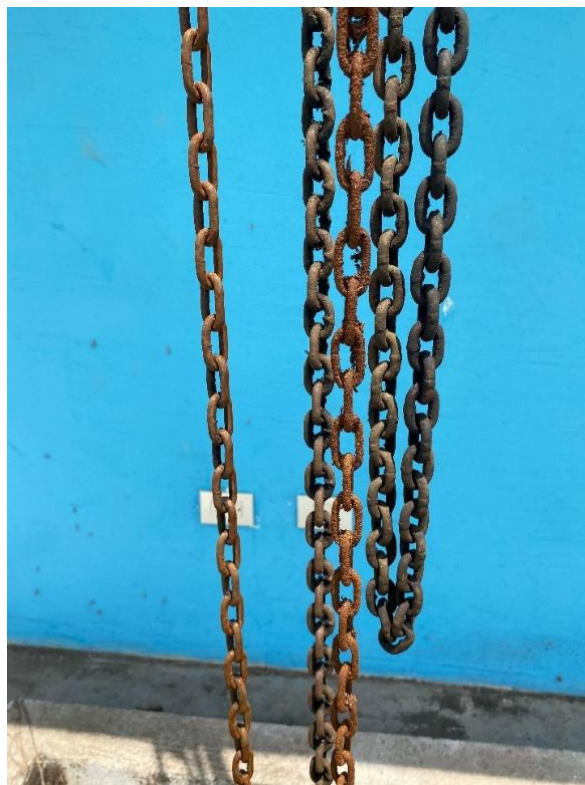


Figura 11. Supervisión de nuestro tutor de tesis en la toma de muestras



Figura 12. En el fondo de la fotografía se observa que los alrededores de la planta de encuentran llenos de maleza



ANEXO B. Plan de Acción Técnico

1. Introducción

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Universidad Técnica de Machala es una instalación especializada y diseñada para procesar las aguas residuales que se generan dentro del campus universitario, separa sólidos y líquidos y procesos biológicos que descomponen la materia orgánica presente en el agua residual. Desempeña un papel crucial en la gestión ambiental y sostenibilidad del campus asegurando que las aguas residuales sean tratadas de manera responsable y respetuosa con el medio ambiente.

Objetivos

Identificar y definir claramente el problema o la necesidad técnica que se abordará.

Desarrollar un enfoque técnico detallado para resolver el problema o satisfacer la necesidad identificada.

Definir métricas y criterios de éxito para evaluar el progreso y los resultados del plan de acción.

2. Diagnóstico de la situación actual

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales actualmente tiene una capacidad para tratar 2.6 L/s de agua residual que ingresan. El sistema de tratamiento de la planta es por medio de Tanque Imhoff se trata de una tecnología de tratamiento primario cuyo objetivo principal es la remoción de sólidos suspendidos. El proceso implica una etapa inicial de sedimentación de partículas sólidas, seguida por la digestión anaerobia tanto de la materia orgánica como de los lodos generados. Esta configuración cuenta con dos zonas diferenciadas: una sección destinada a la decantación, que cumple la función de un decantador primario convencional, y otra sección que opera como un digestor. En la zona de decantación se produce la separación por gravedad de los sólidos en suspensión durante un periodo prolongado. Posteriormente, en la zona del digestor, los sólidos sedimentados son sometidos a un proceso de digestión anaerobia, junto con la materia orgánica y los lodos formados.

3. Identificación de áreas de mejora

Se deben colorar bacterias en caso de que el caudal de ingreso a la Planta de Tratamiento aumento, se las coloca debido a que estás ayudan a la eliminación de los microorganismos que se encuentran en el agua.

Los aceites y grasas nos dan una eficiencia del 55.55%, la Demanda Bioquímica de Oxígeno nos da una eficiencia del 46.48%, la Demanda Química de Oxígeno nos da una eficiencia del 44.68%, los sólidos totales nos dan una eficiencia del 38.97%

4. Desarrollo de soluciones

Remover la maleza y vegetación alrededor de la PTAR cada 3 meses para mantener un entorno limpio y accesible.

Implementar un programa de control de plagas y roedores mediante métodos seguros y ecológicos para prevenir daños, contaminación y que no deterioren los equipos, cables que se encuentren dentro de la Planta de Tratamiento.

Realizar inspecciones regulares de todas las instalaciones, equipos y sistemas para identificar fallas, fugas o daños que requieran reparación o reemplazo.

5. Plan de implementación

Establecer una remoción y disposición adecuada de los lodos acumulados en la PTAR para evitar la reducción de su capacidad y la generación de olores desagradables.

Explorar alternativas sostenibles para el tratamiento y reaprovechamiento de los lodos, como compostaje o generación de biogas.

Como evaluación de riesgos y medidas de mitigación tenemos:

- Contaminación del agua tratada

La presencia de contaminantes no deseados en el agua tratada puede comprometer su calidad y seguridad. Como medida de mitigación tenemos implementar procesos de desinfección como la cloración o la ozonización para eliminar lo que son microorganismos patógenos.

- Falla del sistema eléctrico

Un fallo en el sistema eléctrico de la planta de tratamiento puede interrumpir el funcionamiento de la planta lo que provocaría una acumulación de aguas residuales sin tratar. Como medida de mitigación sería implementar un sistema de respaldo como generadores de emergencia, realizar pruebas periódicas a los sistemas de respaldo para garantizar su funcionamiento.

- Riesgos para la salud personal

Los riesgos para la salud personal son resbalones y caídas, lesiones durante el mantenimiento del equipo. Como medida de mitigación es proporcionarles equipo de protección personal, implementación de procedimientos de trabajo seguro y realizar lo que son evaluaciones de riesgos regulares para identificar posibles peligros en el lugar de trabajo.

6. Monitoreo y seguimiento

	ACTIVIDAD	SEMANAS DE EJECUCION											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mes 1	Revisión de infraestructura existente y equipos de planta	x											
	Evaluación de los procesos de tratamiento actuales		x										
	Identificación de posibles mejoras y necesidades de actualización.			x									
Mes 2 – 3	Contratación consultores o ingenieros para el diseño de mejoras	x	x										
	Revisión de propuestas de diseño y selección de contratistas.		x	x									

Mes 2 – 3	Elaboración de planos y especificación técnica					x	x							
	Obtención de permisos y autorizaciones necesarias.							x	x					
Mes 4 – 6	Preparación del sitio y adquisición de materiales.	x	x											
	Instalación de nuevos equipos y sistemas de tratamiento.			x	x									
	Pruebas y puestas en marchas de los nuevos procesos.					x	x							
	Capacitación del personal en el manejo de los nuevos equipos.							x	x					
Mes 7 – 9	Monitoreo continuo de los nuevos procesos de tratamiento.	x	x	x	x									
	Realización de ajustes y optimización.					x	x	x	x					
Mes 7 – 9	Remoción de lodos de la planta de tratamiento.									x	x			
	Evaluación de la eficacia de las mejoras realizadas.									x	x	x	x	
Mes 10 – 12	Elaboración de informes finales.	x	x											
	Capacitación del personal según sea necesario.			x	x									
	Establecimiento de procedimientos de mantenimiento preventivo.					x	x							

7. Evaluación de resultados

Los resultados obtenidos para grasas y aceites, como se detallan en la tabla 5, muestran que, tanto en el afluente como en el efluente, los valores son inferiores al límite máximo permitido (LMP). Esto implica que no hay impacto significativo en la composición del cuerpo receptor ni en los organismos vivos que lo habitan.

Para la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el efluente, detallados en la tabla 6, están en conformidad con los límites máximos permitidos. De manera similar, los valores registrados en el afluente también se encuentran dentro de los límites máximos permitidos, lo que sugiere que no se está produciendo una degradación significativa de materia orgánica. Es esencial considerar factores como la temperatura, el pH, la disponibilidad de nutrientes y la presencia de sustancias tóxicas que podrían limitar el proceso.

Las concentraciones de DQO en el flujo de entrada y salida del agua residual tratada emanada de la PTAR. Los niveles registrados no exceden los límites máximos permisibles, tanto en el afluente como en el efluente. Además, se observa una superioridad de los valores DQO en comparación con los de la DBO

Los datos que arrojan los análisis de sólidos totales permiten evidenciar que las AR de la UTMACH se encuentran dentro del rango aceptable para la descarga en la red de alcantarillado.

8. Conclusiones y recomendaciones

8.1 Conclusiones

Si bien los análisis realizados al efluente demuestran que los parámetros están dentro de límites permisibles para descargas al sistema público de alcantarillado, las deficiencias identificadas en el funcionamiento actual de la planta representan un riesgo potencial de incumplimiento de la normativa vigente en un futuro cercano.

Se constató la ausencia de actividades de mantenimiento en la planta y sus alrededores debido a la falta de personal operativo. En respuesta a esta situación, se elaboró una propuesta de un Plan de Acción, cuya implementación contribuiría a mejorar la calidad del efluente descargado al sistema de alcantarillado.

8.2 Recomendaciones

Asignar un presupuesto adecuado para la implementación del Plan de Acción Técnico, incluyendo costos de mantenimiento, reemplazo de equipos, análisis de laboratorio y capacitación de personal.

Considerando la evidente falta de personal dedicado a las labores de operación y mantenimiento, se recomienda encarecidamente la contratación y capacitación de un equipo humano calificado, responsable del cuidado, manejo y gestión integral de la PTAR.


9. Anexos

Anexo 1. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

TABLA 8. LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	70,0
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Cinc	Zn	mg/l	10,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón clorofomo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	Cr ^{VI}	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables	SD	ml/l	20,0
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	220,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600,0
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/l	400,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

Anexo 2. Resultados de entrada de la planta de tratamiento



ANAVANLAB
SERVICIO DE ACREDITACIÓN
LABORATORIOS

ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera, Leonardo de Vici 56-236 y Alberto Durero, Guayaquil.
Contactos: 3530852 / 5143303 / servicios@anavallab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Canales esquina, El Cajas

Orden No. 87040-87041
Muestra AANAVLAB No. 87040
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 57060

1.- DATOS GENERALES			
CLIENTE:	MOGOLLON ARMijos FRANCISCO JAVIER	TELÉFONO:	0966193854
DIRECCIÓN:	BUENAVISTA, BARRIO LEÓN FEBRES CORDERO	ATENCIÓN A:	MOGOLLON ARMijos FRANCISCO

2.- INFORMACION DE LA MUESTRA			
INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	ENTRADA - PLANTA DE TRATAMIENTO
TIPO DE MUESTRA:	AGUA RESIDUAL	FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	23/01/2024
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	ENT PTAR UTMACII 62.13.187-9636880	RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	24/01/2024	PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	24/01/2024 al 06/02/2024


NORMA: AMONYA, ANEXO 1, TABLA 8. LIMITES DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PERUJO

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % D**
1	Acidez y Alcalinidad	AAA-PE-8001/ SM 5120 C	mg/L	8,8	70	CUMPLE	12,6%
1	Color real dilución 1/20	AAA-PE-8007/ SM 2120 C	U. Pt-Co	< 1			18,3%
1	Demanda Biológica de Oxígeno 5	AAA-PE-8010/ SM 52 10 D	mg/L	30	250	CUMPLE	23,1%
1	Demanda Química de Oxígeno	AAA-PE-8011/ SM 5220 C y D	mg/L	70	500	CUMPLE	18,7%
(*)	Clor	CUALITATIVO	no	INDISTINGUIBLE			NA
1	pH	AAA-PE-8029/ SM 4500 H+B	Unidades pH	7,2	6-9	CUMPLE	0,5%
1	Sólidos Disueltos Totales	AAA-PE-8032/ SM 2510 A	mg/L	716			7,8%
1	Sólidos Totales	AAA-PE-8035/ SM 2540 B	mg/L	790	1400	CUMPLE	3,2%
1	Turbidez	AAA-PE-8036/ SM 2130 B	NTU	11,000			1,8%


AA (Acreditaciones)	NOTAS
1. Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAI LEN 13-056 realizados en Matriz Quito.	2. Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.
3. Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAI LEN 13-056 realizados en Sucursal Guayaquil.	4. Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de Acreditación SAI.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.

El presente informe es válido solo para la muestra analizada. Si el cliente solicita la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se indicó.

Este informe es de propiedad del cliente y es confidencial de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

4.- OBSERVACIONES	INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR:	
	Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 06/02/2024	

Anexo 3. Resultados de la salida de la planta de tratamiento



ANAVANLAB
SERVICIO DE ACREDITACIÓN
CALIDAD EN QUITO
LABORATORIO DE ENSAYOS

**ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.**

Matriz: La Primavera 1, Leonardo de Viced 56-236 y Alberto Durero, Cumbaya.
Contactos: 0550852 / 5143303 / servicios@anavallab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamba esquina, El Coto

Código No. E1040-E1041
Muestra ANAVLab No. E1041
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 57061							
1.- DATOS GENERALES							
CLIENTE:	MOGOLLON ARMEJOS FRANCISCO JAVIER			TELÉFONO:	0986193854		
DIRECCIÓN:	BUENAVISTA, BARRIO LEÓN FEBRES CORDERO			ATENCIÓN A:	MOGOLLON ARMEJOS FRANCISCO		
2.- INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	DESCARGA - PLANTA DE TRATAMIENTO		
TIPO DE MUESTRA:	AGUA RESIDUAL			FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	23/01/2024		
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	DES PTAR UTMACHI 621352;9636921			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE		
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	24/01/2024			PERIODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:	24/01/2024 al 06/02/2024		
3.- RESULTADOS							
NORMA: AM07A, ANEXO 1, TABLA B. LÍMITES DESCARGA AL SISTEMA DE ALGANTABUADO PÚBLICO							
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % (**)
1	Asbestos y Grasas	AAA-PE-A001/ SM 5520 C	mg/L	0,0	70	CUMPLE	32,3%
1	Color real dilución 1/20	AAA-PE-A007/ SM 2120 C	U. Pt-Co	< 1			10,3%
1	Demanda Biológica de Oxígeno 5	AAA-PE-A010/ SM 5210 D	mg/L	71	250	CUMPLE	23,1%
1	Demanda Química de Oxígeno	AAA-PE-A011/ SM 5220 C y D	mg/L	141	500	CUMPLE	6,0%
(*)	Olor	CUALITATIVO	na	INSUBJETAB LE			NA
1	pH	AAA-PE-A029/ SM 4500 H+R	Unidades pH	7,6	6-9	CUMPLE	0,5%
1	Sólidos Disueltos Totales	AAA-PE-A032/ SM 2510 A	mg/L	601			7,0%
1	Sólidos Totales	AAA-PE-A035/ SM 2540 B	mg/L	476	1400	CUMPLE	9,3%
1	Turbidez	AAA-PE-A036/ SM 2130 B	NTU	0,19			1,0%
AA (Acreditaciones):				NOTAS			
1. Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SA5 LEN 13-036 realizada en MATRIZ QUITO.		2. Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.		* Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SA5			
3. Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SA5 LEN 13-036 realizada en ESTACION COTA.		4. Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.		** INCERTIDUMBRE (2%). Los valores se han estimado con base a la observación.			
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de Acreditación SA5.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		Precedente de Toma de muestra al basar por ANAVANLAB AAA-P1-A001 / AAA-P1-0001			
El presente informe aplica a la muestra analizada. Si el cliente solicita la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra con que recibió.							
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales y en el de identificación de la muestra cuando aplica.							
4.- OBSERVACIONES				INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Leda Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 06/02/2024		