



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“ANÁLISIS DE CAUDAL Y VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN DE
LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMPUS CEASA COMO INSUMO
FUNDAMENTAL PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA
DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniera Ambiental.

Autora:

Flores Acosta Ana Marife

Tutor:

Ágreda Oña José Luis

LATACUNGA- ECUADOR

Febrero 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Flores Acosta Ana Marife, con cédula de ciudadanía No.1724020100, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **“ANÁLISIS DE CAUDAL Y VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMPUS CEASA COMO INSUMO FUNDAMENTAL PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES”**, siendo el Ingeniero Ing. José Luis Ágreda Oña, Mg , Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 23 de febrero del 2024



Ana Marife Flores Acosta
C.C: 1724020100
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **FLORES ACOSTA ANA MARIFE** identificada con cédula de ciudadanía **1724020100** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**ANÁLISIS DE CAUDAL Y VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMPUS CEASA COMO INSUMO FUNDAMENTAL PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Mayo 2020 – Septiembre 2020

Finalización de la carrera: Octubre 2023 – Marzo 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 28 de noviembre del 2023

Tutor: Ing. José Luis Ágredda Oña, Mg.

Tema: “**ANÁLISIS DE CAUDAL Y VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMPUS CEASA COMO INSUMO FUNDAMENTAL PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma

exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 23 días de febrero del 2024.



Ana Marifé Flores Acosta

LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema

LA CESIONARIA

AVAL DE LA TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

“ANÁLISIS DE CAUDAL Y VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMPUS CEASA COMO INSUMO FUNDAMENTAL PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES”, de Flores Acosta Ana Marife, de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 23 de febrero del 2024



Ing. José Luis Agreda, Mg.
C.C: 0401332101
DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

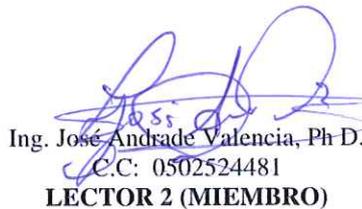
En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Flores Acosta Ana Marife, con el título de Proyecto de Investigación: “ANÁLISIS DE CAUDAL Y VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMPUS CEASA COMO INSUMO FUNDAMENTAL PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 23 de febrero del 2024



Ing. Vladimir Ortiz, Mg
C.C: 0502188451
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. José Andrade Valencia, Ph.D.
C.C: 0502524481
LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. Marco Antonio Rivera Moreno, Mg.
C.C:0501518985
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de manera significativa a la realización de esta tesis.

En primer lugar, agradezco a mi tutor de tesis, por su orientación experta, paciencia y dedicación. Su invaluable asesoramiento guio cada paso de este proyecto y fue fundamental para su éxito.

A mi familia, les agradezco por su amor incondicional y constante respaldo. Su paciencia y comprensión fueron mi mayor fortaleza a lo largo de esta travesía académica.

Finalmente, agradezco a todas las personas que de alguna manera contribuyeron a este proyecto, directa o indirectamente. Este logro no habría sido posible sin la generosidad, conocimientos y apoyo de todos ustedes.

¡Gracias!

Ana Marife Flores Acosta

DEDICATORIA

A mi familia, fuente inagotable de amor, fortaleza y apoyo. Este logro no habría sido posible sin la inquebrantable confianza que han depositado en mí desde el principio. A mis padres, quienes han sido mi ejemplo de tenacidad y dedicación, les dedico este trabajo con profundo agradecimiento por su sacrificio y amor incondicional.

A mi madre, cuyo apoyo incondicional ha sido mi faro en las tormentas y mi ancla en la calma. Tus palabras alentadoras y tu amor infinito han sido mi inspiración diaria.

A mi padre, cuya sabiduría y ejemplo de tenacidad han sido mi brújula en este viaje. Tu guía ha iluminado mi camino y tu presencia ha sido un constante recordatorio de la importancia del esfuerzo y la dedicación.

A mi querido hermano Oswaldo Acosta, este logro es también tuyo, reflejo de nuestra unión y del apoyo mutuo que nos hemos brindado a lo largo de los años. A mis hermanos, juntos hemos compartido risas, lágrimas y un sinnúmero de momentos que han enriquecido mi vida de maneras inimaginables. Gracias por ser mi familia, mi equipo y mis cómplices en esta travesía.

Este logro es nuestro, una celebración de nuestra conexión y del lazo irrompible que nos une. Que esta tesis sea un tributo a nuestra unión, a nuestras historias compartidas y a las muchas más que están por venir.

Con amor y gratitud eterna,

Ana Marife Flores Acosta

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “ANÁLISIS DE CAUDAL Y VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMPUS CEASA COMO INSUMO FUNDAMENTAL PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES”

Autora:

Flores Acosta Ana Marife

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo el objetivo de realizar un análisis detallado de la dinámica del caudal y la velocidad de sedimentación de las aguas residuales en el Campus CEASA para plantear un proceso de sedimentación adecuado. Para lo cual, se determinó un caudal medio diario para definir condiciones adecuadas de operación de la línea de tratamientos; estableciéndose la metodología para la determinación del caudal, también se implementó una línea de tratamiento primario para establecer parámetros de operación en la implementación de los diferentes procesos de saneamiento por medio de parámetros físico-químicos; donde, se analizó la calidad del recurso hídrico y determino y la velocidad de sedimentación. Por medio de un enfoque cualitativo y cuantitativo, ya que, los datos cuantitativos ayudaron a observar el panorama general, mientras que los datos cualitativos brindaron información detallada. Lo cual fue complementado por medio de la investigación analítica y experimental, a fin de tener un mejor acercamiento al problema de la investigación, la misma se dio con la realización de aforos, toma y análisis de muestras; además, se implementó una columna vertical de sedimentación. Obteniéndose como resultados del análisis, un caudal medio diario de $1.09 \text{ m}^3/\text{h}$, de igual manera la identificación de niveles altos de DQO, sólidos totales y turbiedad, mientras que la eficiencia de sedimentación mostro una variabilidad, destacando la influencia de la altura inicial con relación al tiempo. En conclusión, estos hallazgos resaltan la urgencia de abordar los niveles de contaminación identificados y de implementar medidas para mejorar la eficiencia de los tratamientos de aguas residuales en el Campus CEASA. Este estudio proporciona una base sólida para futuras investigaciones y acciones destinadas a mitigar los impactos ambientales negativos y garantizar la calidad del agua en la zona.

Palabras clave: Caudal, Calidad, Tratamiento, Sedimentación y Sostenibilidad.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: "ANALYSIS OF FLOW RATE AND SEDIMENTATION VELOCITY OF WASTEWATER FROM THE CEASA CAMPUS AS AN ESSENTIAL INPUT FOR THE OPERATION OF THE WASTEWATER TREATMENT PLANT".

Author:

Flores Acosta Ana Marife

ABSTRACT

The aim of this research project was to carry out a detailed analysis of the flow dynamics and sedimentation rate of wastewater at the CEASA Campus in order to propose an appropriate sedimentation process. For which, an average daily flow was determined to define adequate operating conditions of the treatment line; establishing the methodology for the determination of the flow, also a primary treatment line was implemented to establish operating parameters in the implementation of the different sanitation processes by means of physical-chemical parameters; where, the quality of the water resource was analysed and the sedimentation speed was determined. By means of a qualitative and quantitative approach, since the quantitative data helped to observe the overall picture, while the qualitative data provided detailed information. This was complemented by means of analytical and experimental research, in order to have a better approach to the research problem, which was done by carrying out gauging, taking and analysing samples; in addition, a vertical sedimentation column was implemented. The results of the analysis showed an average daily flow of 1.09 m³/h, as well as the identification of high levels of COD, total solids and turbidity, while the sedimentation efficiency showed variability, highlighting the influence of the initial height in relation to time. In conclusion, these findings highlight the urgency of addressing the identified pollution levels and implementing measures to improve the efficiency of wastewater treatment at the CEASA Campus. This study provides a solid basis for future research and actions to mitigate negative environmental impacts and ensure water quality in the area.

Keywords: Flow, Quality, Treatment, Sedimentation and Sustainability.

INDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DE LA TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
INDICE DE CONTENIDO	xii
INDICE DE TABLAS.....	xv
INDICE DE FIGURAS	xv
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.	3
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
5. OBJETIVOS.....	5
5.1 Objetivo General.....	5
5.2 Objetivo Específico.....	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
7.1 Contaminación hídrica.....	6
7.2 Aguas Residuales	6
7.3 Características de las aguas residuales.	7
7.4. Parámetros físicos	7
7.4.1 Solidos.....	7
7.4.2. Turbidez del Agua.....	7
7.4.3 Viscosidad.	8
7.5. Parámetros Químicos.....	8

7.5.1 Demanda Química De Oxígeno.	8
7.5.2. Demanda Bioquímica De Oxígeno.	9
7.4 Tratamiento de agua residuales.....	9
7.4.1 Niveles y procesos de tratamiento de aguas residuales.....	10
7.5 La Sedimentación.	11
7.6 Tipos de Sedimentación.....	12
7.6.1 Sedimentación de Partículas Discretas.....	12
7.6.2 Sedimentación de partículas flocculentas.	12
7.6.3 Sedimentación por caída libre e interferida.....	12
7.7 Velocidad de sedimentación.	13
7.8 Sedimentación en Columna Vertical	14
7.9 Caudal	14
7.9.1 Caudal Medio.	15
7.10 Marco legal	15
7.10.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR	15
10.7.2 Acuerdo Ministerial 097-A, Anexos de Normativa, REFORMA LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE	16
8.VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.	17
9. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	17
9.1 Descripción del área de estudio	17
9.2. Coordenadas geográficas	17
9.3. Ubicación del área de estudio	18
9.4 Altitud	18
9.5 Datos Climatológicos.....	18
9.5.1 Temperatura	18
9.5.2 Humedad Relativa.....	19
9.5.3 Precipitaciones	19
9.5.4 Hidrología.....	19
9.5.5 Velocidad del Tiempo.	20
9.6 Investigación Bibliográfica.....	20
9.7 Fase Técnica.	20
9.7.1 Aforo de Caudal.	20

9.7.2 Toma de muestra	21
9.7.3 Etiquetado de muestra	22
9.7.4 Fase de laboratorio	22
9.7.4 Ensayo de columna de sedimentación.....	24
9.9 Métodos	27
9.9.1 Método Inductivo	27
9.9.2 Método Deductivo.....	27
9.9.3 Método Analítico.....	28
9.9.4 Método experimental.....	28
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	28
10.1 Aforo del Caudal.....	28
10.2 Resultados del caudal medio por día	29
10.2 Fase de Laboratorio	34
10.2.1 Resultados de Demanda Química de Oxígeno.....	34
10.2.2 Resultados de solidos totales.....	36
10.2.3 Resultados de Turbidez	37
10.3 Diseño para el análisis de velocidad de sedimentación	38
10.3.1 Determinación del porcentaje de remoción (% remoción).....	39
10.3. Velocidad de sedimentación.....	41
10.4 Discusión de resultados	42
11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	43
12. PRESUPUESTO.....	44
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:	45
13.1 Conclusiones	45
13.2 Recomendaciones	46
14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	46
ANEXOS.....	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios del Proyecto de investigación.....	3
Tabla 2 . Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados en la investigación.	5
Tabla 3. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público en base a la normativa vigente.	16
Tabla 4. Datos generales altitudinales	18
Tabla 5. Resultados de la primera semana del caudal.	28
Tabla 6. Resultados del día lunes - 04	29
Tabla 7. Resultados del día Martes - 05	29
Tabla 8 .Resultados del día Miércoles - 06	30
Tabla 9. Resultados del día Jueves - 07.....	31
Tabla 10. Resultados del día Viernes - 08.....	32
Tabla 11. Cálculo del caudal promedio.	33
Tabla 12. Resultados de DQO.	35
Tabla 13. Muestras de DQO.....	36
Tabla 14. Muestras de solidos totales.....	36
Tabla 15. Resultados de la turbidez.....	37
Tabla 16. Valores de turbiedad determinados en diferentes alturas en la columna de sedimentación.	39
Tabla 17. % Porcentaje de remoción.	39
Tabla 18. Tiempo de remoción del sistema de partículas.....	41
Tabla 19. Presupuesto para la elaboración del proyecto.	44

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Niveles de tratamiento de aguas residuales.....	10
Figura 2. Ubicación del área de estudio.	18
Figura 3. Columna de sedimentación	25
Figura 4. Volumen acumulado en función del tiempo	34
Figura 5. Columna de sedimentación	38
Figura 6. Porcentaje de remoción.....	40
Figura 7. Tiempo de remoción.	41
Figura 8. Velocidad de sedimentación.	42

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Análisis de caudal y velocidad de sedimentación de las aguas residuales del Campus CEASA como insumo fundamental para el funcionamiento de la planta de tratamiento de agua residuales”

Fecha de inicio: Octubre 2023

Fecha de finalización: Febrero 2024

Lugar de ejecución:

Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

Facultad que auspicia

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Carrera que auspicia:

Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente.

Equipo de Trabajo:

Tutor: Ing. José Luis Ágreda Oña, Mg.

Estudiante: Srta. Ana Marife Flores Acosta.

LECTOR 1: Ing. Vladimir Ortiz. Mg

LECTOR 2: Ing. José Andrade Valencia, Ph D

LECTOR 3: Ing. Marco Antonio Rivera Moreno, Mg.

Coordinador del Proyecto:

-Tutor: Ing. José Luis Ágreda Oña, Mg.

Teléfono: 0986003679

Correo electrónico: jose.agreda2101@utc.edu.ec

-Estudiante: Srta. Ana Marife Flores Acosta.

Teléfono: 0980950855

Correo electrónico: ana.flores0100 @utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Ciencia Naturales. Medio Ambiente, Ciencias Ambientales.

Línea de investigación:

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sub - línea de Investigación de la Carrera:

Manejo y conservación del recurso hídrico.

Línea de Vinculación de la Facultad:

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética, para el desarrollo humano y social.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Esta investigación surge de la necesidad de mejorar la gestión de las aguas residuales en el Campus CEASA. La falta de un análisis detallado de la dinámica del caudal y la velocidad de sedimentación ha generado ineficiencias en los procesos de tratamiento existentes, comprometiendo la calidad del agua tratada. Esta investigación se justifica con el fin de abordar deficiencias específicas en el sistema actual y proporcionando soluciones adaptadas a las condiciones del campus.

Desde el punto de vista teórico, la investigación contribuirá al avance del conocimiento en ingeniería ambiental, particularmente en la optimización de procesos de sedimentación en entornos específicos. Los resultados obtenidos proporcionarán información valiosa sobre la hidrodinámica del caudal y los factores que afectan la velocidad de sedimentación, enriqueciendo la base teórica para futuras investigaciones.

El proceso de sedimentación adaptado a las condiciones del Campus CEASA mejorará la eficiencia del tratamiento de aguas residuales, reduciendo la liberación de contaminantes y cumpliendo con las normativas ambientales. Esto no solo beneficiará directamente a la institución educativa al mejorar su responsabilidad ambiental, sino que también tendrá impactos positivos en la salud pública y el entorno circundante.

Los beneficiarios de esta investigación son diversos, incluyendo a la comunidad académica, los responsables de la gestión del campus, autoridades ambientales locales y la sociedad en general. Los resultados permitirán al campus operar de manera más sostenible, proteger la calidad del agua local y servir como modelo para otras instituciones que enfrentan desafíos similares en la gestión de aguas residuales.

El impacto se refleja en la mejora de la calidad ambiental y la protección de los recursos hídricos. La implementación exitosa de un proceso de sedimentación adecuado no solo reducirá la carga de contaminantes liberados en cuerpos de agua cercanos.

En términos de utilidad práctica, la investigación proporcionará información clara para la optimización de sistemas de tratamiento de aguas residuales. Esto tiene el potencial de inspirar cambios positivos en la gestión del agua residual en otras instituciones y áreas urbanas.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

Tabla 1. *Beneficiarios del Proyecto de investigación.*

BENEFICIARIOS DIRETOS		BENEFICIARIOS INDIRECTOS
Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Ambiental	250	Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales
Docentes	73	
Personal Administrativo	10	
Personas de Servicio CEASA	15	
Total:	349	

Fuente: (INEC, 2012)
(Universidad Técnica de Cotopaxi, 2020)

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La falta de un análisis detallado de la dinámica del caudal y la velocidad de sedimentación en las aguas residuales del campus conduce a la ineficiencia en los procesos de tratamiento existentes. La ausencia de datos específicos sobre la variabilidad del caudal y la composición de los sedimentos obstaculiza la implementación de estrategias de tratamiento óptimas, lo que podría resultar en la liberación de efluentes contaminados.

Los datos y los informes previos indican que el Campus Caren experimenta problemas recurrentes en la eficiencia de su sistema de tratamiento de aguas residuales. Las descargas previas han mostrado niveles preocupantes de sedimentos en el efluente tratado, sugiriendo deficiencias en el proceso de sedimentación actual (Telenchana, 2022).

En la situación actual, el Campus CEASA se enfrenta a una operación de tratamiento de aguas residuales subóptima, con un proceso de sedimentación que no aborda adecuadamente la variabilidad del caudal y la composición de los sedimentos (Peralta-Velsaco, 2019). La falta de una caracterización detallada de estos elementos ha contribuido a la liberación de efluentes no conformes con las normativas ambientales, generando riesgos para el entorno (Vallejo Rodríguez & Gallardo Valdez, 2019).

Este problema en el Campus es significativo. Una gestión ineficiente de las aguas residuales no solo afecta al ambiente e institución, sino que también puede tener consecuencias legales y financieras (Pilatasig, 2011). La necesidad de conocer garantiza la conformidad con las regulaciones ambientales y preservar la calidad del campus. Además, la resolución de esta problemática no solo mejora las condiciones internas de gestión, sino que también establece un precedente para prácticas sostenibles en entornos similares, contribuyendo a la responsabilidad ambiental y la promoción de estándares de tratamiento óptimos.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

Realizar un análisis detallado de la dinámica del caudal y la velocidad de sedimentación de las aguas residuales en el Campus CEASA para plantear un proceso de sedimentación adecuado.

5.2 Objetivo Específico

- Determinar un caudal medio diario para definir condiciones adecuadas de operación de la planta de tratamiento.
- Implementar una línea de tratamiento primario para establecer parámetros de operación en la implementación de los diferentes procesos de saneamiento.
- Evaluar la eficiencia de las diferentes líneas de tratamientos para seleccionar la línea adecuada para el Campus CEASA.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2 . *Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados en la investigación.*

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultado
O.1.- Determinar un caudal medio diario para definir condiciones adecuadas de operación de la planta de tratamiento.	Determinar puntos de muestreo y realización de aforos.	Recopilación de datos para el cálculo del Caudal Medio Diario.	Caudal medio diario preciso.
O.2.- Implementar una línea de tratamiento primario para establecer parámetros de operación en la implementación de los diferentes	Toma y análisis de muestra de agua residual (DQO, ST, Turbidez). Diseño de sedimentación primaria.	Toma de muestras según el protocolo para análisis de laboratorio. Diseño de una columna vertical de sedimentación.	Resultados de laboratorio de las muestras. Determinación de velocidad de sedimentación.

procesos de saneamiento.

O.3.- Evaluar la eficiencia de las diferentes de tratamientos para seleccionar la línea adecuada para el Campus CEASA.	Análisis y evaluación de datos.	Evaluación de cumplimiento normativo.	Interpretación de los resultados.
--	---------------------------------	---------------------------------------	-----------------------------------

Elaborado por: Flores Ana, 2023.

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1 Contaminación hídrica

La contaminación hídrica se define como el acto de introducir algún material en el agua, alterando tanto su calidad como su composición química. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, el agua se considera contaminada "cuando su composición ha sido modificada de tal manera que no cumple con las condiciones necesarias para el uso al que originalmente estaba destinada en su estado natural" (Telenchana, 2022).

Una variedad de actividades humanas y fenómenos naturales contribuyen a la contaminación en distintas partes del mundo. Los resultados de esta contaminación representan una amenaza para la supervivencia de numerosos seres vivos, incluyendo tanto a los seres humanos como a animales, plantas y microorganismos que dependen del agua para su existencia. Esto convierte el problema de la contaminación del agua en un componente esencial en diversas estrategias de desarrollo sectorial, generando intervenciones multidisciplinarias e innovadoras (Martínez, 2010).

7.2 Aguas Residuales

La Organización de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2014) define las aguas residuales como aquellas aguas cuya calidad ha sido perjudicada negativamente debido a la influencia de actividades humanas, requiriendo un tratamiento previo debido a su calidad antes de ser vertidas en cuerpos de agua naturales o dirigidas hacia sistemas de alcantarillado.

Estas aguas representan una amalgama de sustancias orgánicas e inorgánicas, ya sea suspendidas o disueltas, y pueden ser clasificadas en diversas categorías. Estas aguas ya no poseen un valor inmediato para el propósito original para el cual fueron utilizadas o producidas, ya sea debido a problemas de calidad, cantidad o al momento de su disposición (Zarza, 2019).

7.3 Características de las aguas residuales.

Las características de las aguas residuales varían ampliamente según su origen y composición, presentan una serie de características distintivas que influyen en su tratamiento y gestión.

7.4. Parámetros físicos

Los parámetros físicos del agua son características fundamentales que determinan su calidad y su idoneidad para diversos usos. Estas propiedades, como la temperatura, el color, la turbidez, la conductividad eléctrica, el pH, la dureza y la salinidad, son indicadores clave de la salud y la composición del agua. (Zaragoza, 2010).

7.4.1 Sólidos.

Desde una perspectiva analítica, los sólidos totales se conceptualizan como la materia que permanece como residuo después de someter el agua a un proceso de evaporación que oscila entre 103° y 105°C. Se excluye de esta definición la materia que se pierde durante la evaporación debido a su elevada presión de vapor (Tania, 2007).

7.4.2. Turbidez del Agua

La turbidez es una propiedad óptica del agua que se refiere a la cantidad de partículas suspendidas, como sedimentos, algas, materia orgánica y otros materiales, que enturbian o nublan el líquido. Esta opacidad afecta la capacidad de penetración de la luz a través del agua, impactando directamente en su claridad visual (Marcó et al., 2004).

Este fenómeno puede originarse por diversas fuentes, como actividades humanas, escorrentía superficial, procesos naturales de erosión y condiciones climáticas. La comprensión de la turbidez es esencial, ya que actúa como un indicador clave de la calidad del agua, influyendo en procesos biológicos, la eficiencia de los tratamientos de agua y la salud de los ecosistemas acuáticos (Miyamoto & Yamauchi, 2010).

La turbidez, más allá de ser una característica visual, desempeña un papel crucial en la ecología acuática y en la gestión de recursos hídricos. Altos niveles de turbidez pueden afectar negativamente la fotosíntesis en plantas acuáticas al reducir la cantidad de luz disponible, impactar la reproducción de peces al dificultar la visión de los huevos y alterar la temperatura del agua (Benjumea-Hoyos et al., 2019). Además, la presencia de partículas suspendidas puede tener implicaciones directas en la calidad del agua, ya que estas partículas pueden albergar microorganismos patógenos. (Delgadillo et al., 2010).

7.4.3 Viscosidad.

La viscosidad es un fluido que describe su resistencia o deformación bajo esfuerzo cortante. En otras palabras, es la medida de la "pegajosidad" o "espesor" de un fluido. Un fluido con baja viscosidad fluye más fácilmente, mientras que un fluido con alta viscosidad fluye más lentamente (Skiba, 2011). La viscosidad está influenciada por la interacción entre las moléculas del fluido. En los líquidos, la viscosidad se debe principalmente a las fuerzas de fricción entre las capas adyacentes del líquido que se deslizan una sobre otra. En los gases, la viscosidad se relaciona con la transferencia de momento entre las moléculas durante su movimiento (Jiménez, 2018). La viscosidad también se puede modificar mediante la variación de la temperatura, la presión y la composición química del fluido.

7.5. Parámetros Químicos

Los parámetros químicos del agua son medidas de las sustancias químicas disueltas en el agua, las cuales pueden influir en su calidad y aptitud para diferentes usos. Estos incluyen la concentración de compuestos como nutrientes, compuestos orgánicos, y compuestos inorgánicos. La presencia de materia orgánica, influye en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO), indicadores cruciales en la evaluación de la carga orgánica (Oikawa et al., 1984).

7.5.1 Demanda Química De Oxígeno.

La demanda química de oxígeno o DQO, se define como la cantidad de oxígeno requerida para descomponer la materia orgánica, y su análisis en agua proporciona resultados en un período de 3 horas. Se emplea para evaluar la concentración de fracciones biodegradables y no biodegradables de la materia orgánica en una muestra. El límite máximo permitido para

la es de $250 \text{ mgO}^2/\text{L}$, estableciendo un estándar para la calidad del agua en términos de su capacidad para soportar la degradación de materia orgánica sin comprometer el equilibrio del oxígeno disuelto (Peralta-Velsaco, 2019).

7.5.2. Demanda Bioquímica De Oxígeno.

La DBO, o Demanda Bioquímica de Oxígeno, es una medida utilizada para evaluar la cantidad de materia orgánica biodegradable presente en una muestra de agua. Es un parámetro importante en la caracterización de la calidad del agua y se utiliza comúnmente como indicador de la contaminación orgánica (Oikawa et al., 1984). Se expresa en miligramos de oxígeno por litro de agua (mg/L) y representa la cantidad de oxígeno disuelto que los microorganismos necesitan para descomponer la materia orgánica presente en el agua durante un período específico de incubación, generalmente 5 días a 20 grados Celsius (DBO_5) (Gallegos, 2013). Los niveles altos de pueden indicar una mayor carga de contaminantes orgánicos y la necesidad de tratamiento adicional antes de liberar el agua al medio ambiente.

7.4 Tratamiento de agua residuales

El tratamiento de aguas residuales es un proceso fundamental para mitigar los impactos negativos en el medio ambiente y salvaguardar la salud pública. Este proceso implica una serie de etapas diseñadas para eliminar o reducir la carga contaminante presente en las aguas residuales, transformándolas en efluentes tratados que cumplen con los estándares ambientales establecidos (Noyola et al., 2015). Las principales etapas del tratamiento de aguas residuales incluyen el pretratamiento, el tratamiento primario, el tratamiento secundario y, en algunos casos, el tratamiento terciario (Font et al., 2022).

7.4.1 Niveles y procesos de tratamiento de aguas residuales.

Figura 1. Niveles de tratamiento de aguas residuales.



Elaborado por: Flores Ana, 2023.

7.4.1.1 Pre-tratamiento.

Esta fase no incide en la materia orgánica presente en el agua residual; su objetivo es eliminar materiales gruesos, cuerpos grandes y partículas arenosas que podrían interferir con el proceso general de tratamiento y el funcionamiento eficaz de las maquinarias, equipos e instalaciones de la planta de tratamiento (Orellana, 2005).

7.4.1.2 Tratamiento primario.

El tratamiento primario en el proceso de tratamiento de aguas residuales se enfoca en la separación física de sólidos sedimentables y flotantes que existan en el agua residual. Esta etapa tiene como objetivo principal reducir la carga contaminante, preparando las aguas para procesos posteriores más especializados (Rodríguez, 2020).

Durante el tratamiento primario, el agua residual ingresa a grandes tanques de sedimentación permite a las partículas sólidas más pesadas se hundan en el fondo, formando un lodo llamado lodo primario. Al mismo tiempo, los materiales flotantes como grasas y aceites son removidos de la superficie del agua. Este proceso de sedimentación facilita la separación física de los sólidos del agua, disminuyendo significativamente la cantidad de materia suspendida (Rodríguez, 2020). A pesar de que el tratamiento primario no elimina completamente la materia orgánica, es una etapa crucial para la eficacia de las fases

siguientes del tratamiento. Al reducir la carga de sólidos, el tratamiento primario contribuye a un funcionamiento más eficiente de los equipos y procesos posteriores, como el tratamiento biológico en el tratamiento secundario (Rodríguez, 2020).

7.4.1.2 Tratamiento Secundario.

El tratamiento secundario en el proceso de depuración de aguas residuales se centra en la reducción adicional de la carga orgánica mediante procesos biológicos. Después de la fase de tratamiento primario, que se dedica a la eliminación de sólidos sedimentables y flotantes, el agua residual se somete a procesos específicos para descomponer la materia orgánica remanente (Nuevo, 2023).

Entre los métodos usuales de tratamiento secundario se encuentran los sistemas biológicos, tales como lodos activados, filtros biológicos y lagunas de estabilización. En estas configuraciones, se introduce una población controlada de microorganismos, incluyendo bacterias, que consumen y descomponen la materia orgánica presente en el agua. Este proceso biológico facilita la conversión de compuestos orgánicos complejos en productos más estables, logrando una reducción significativa en la carga contaminante del agua residual (Farias, 2016).

El tratamiento secundario tiene como objetivo principal mejorar la calidad del agua tratada, ya sea para su descarga en cuerpos de agua receptores o para su reutilización. Aunque no logra eliminar todos los contaminantes, consigue reducir de manera substancial la carga orgánica, minimizando así el riesgo de contaminación ambiental y mejorando la salud del ecosistema acuático (Orellana, 2005).

7.5 La Sedimentación.

La sedimentación constituye un procedimiento físico que implica la eliminación de partículas suspendidas en el agua mediante la influencia de la gravedad. Para que este proceso tenga lugar, el peso específico de las partículas debe ser superior al peso específico del agua que va a ser tratada (Maldonado, 2015). Las partículas con un mayor peso específico se desplazarán hacia abajo, es decir, se sedimentarán, mientras que aquellas con un peso específico menor que el agua tenderán a flotar en la superficie. Es un proceso de purificación

del agua en el cual el agua a tratar permanece en reactores durante un periodo de tiempo significativo (Arboleda, 1992). Durante este tiempo, el agua fluye a lo largo de toda la extensión del reactor a una velocidad relativamente baja, generando una condición de aparente reposo del agua dentro de los reactores (Irene & Jhon, 2016).

7.6 Tipos de Sedimentación.

7.6.1 Sedimentación de Partículas Discretas

Se refiere a aquellas partículas que mantienen constantes sus características, como forma, tamaño y densidad, mientras experimentan el proceso de caída. El proceso de depósito de estas partículas, sin cambios en sus propiedades, se conoce como sedimentación simple. Este tipo de partículas y este método de sedimentación se encuentran comúnmente en desarenadores, sedimentadores y presedimentadores, donde actúan como una fase inicial antes del proceso de coagulación en plantas de filtración rápida. Asimismo, se observa en sedimentadores que preceden a la filtración lenta (Maldonado, 2015).

7.6.2 Sedimentación de partículas floculentas.

Las partículas floculentas son el resultado de la aglomeración de partículas coloides que se desestabilizan debido a la de agentes químicos apocados. Las partículas discretas, las características de las partículas floculentas, como forma, tamaño y densidad, sí experimentan cambios durante el proceso de caída (Perez & Urrea, 2018).

Se utiliza el término "sedimentación floculenta" o "decantación". Este tipo de sedimentación se observa comúnmente en la clarificación de aguas, desempeñando un papel intermedio entre los procesos de coagulación-floculación y la filtración rápida. Durante este proceso, las partículas floculentas se asientan, permitiendo la separación de impurezas y facilitando la posterior purificación del agua (Maldonado, 2015).

7.6.3 Sedimentación por caída libre e interferida.

La concentración de partículas en el agua es baja, estas se depositan de manera independiente sin interferencias, lo cual se conoce como caída libre. En contraste, en situaciones de alta concentración de partículas, las colisiones entre ellas evitan que se depositen de forma

individual, dando lugar a un depósito masivo en lugar de uno individual. Este fenómeno de sedimentación se denomina depósito o caída interferida, también conocida como sedimentación zonal (Basile et al., 2015).

Cuando las partículas, una vez en contacto, se amalgaman formando una masa compacta que impide una mayor consolidación, se genera una zona de compresión. Esta sedimentación se observa en los almacenadores de lodos presentes en la decantación (Maldonado, 2015).

7.7 Velocidad de sedimentación.

La velocidad de sedimentación es un componente crucial en el análisis de las aguas residuales, por la eficiencia con la que las partículas suspendidas se asientan en el fondo del agua. Este proceso, esencial para la remoción de sólidos, juega un papel determinante en la calidad del agua tratada. La comprensión de la velocidad de sedimentación no solo implica la cuantificación del ritmo al que las partículas descienden, sino también la consideración de factores como la naturaleza de las partículas, la densidad del fluido y las condiciones ambientales (Cercana et al., 2021).

La velocidad de sedimentación no es un fenómeno estático, sino que está influido por una serie de variables. La densidad y el tamaño de las partículas en suspensión, así como la viscosidad del agua, son factores determinantes que afectan la rapidez con la que estas partículas se asientan. En entornos de aguas residuales, donde la composición puede ser diversa, comprender cómo estas variables interactúan es esencial. Las partículas más grandes tienden a sedimentar más rápido, pero la presencia de otras sustancias en el agua puede alterar este proceso. La temperatura del agua y su contenido de sólidos totales también son elementos a considerar, ya que impactan directamente en la velocidad de sedimentación (Pérez, 2005).

El tratamiento de aguas residuales, la velocidad de sedimentación adquiere una relevancia crítica. La eficacia de los procesos de clarificación y sedimentación determina en gran medida la calidad final del agua tratada. Un entendimiento preciso de cómo ajustar y optimizar la velocidad de sedimentación permite desarrollar estrategias de tratamiento adaptativas (Belzona Inc, 2010). Esto no solo garantiza una remoción efectiva de sólidos suspendidos, sino también una gestión eficiente de los recursos, ya que un proceso de

sedimentación optimizado reduce la necesidad de tratamientos adicionales y minimiza el impacto ambiental de los efluentes tratados (Llano et al., 2014).

7.8 Sedimentación en Columna Vertical

La columna vertical de sedimentación es un dispositivo utilizado en el ámbito del tratamiento de aguas y la investigación científica para estudiar el proceso de sedimentación en condiciones controladas. Su diseño permite la observación y evaluación de la clarificación del agua al permitir que las partículas sólidas suspendidas en el líquido se depositen y separen del agua. Esta herramienta es particularmente útil en laboratorios y plantas piloto, donde se llevan a cabo pruebas para comprender mejor los factores que afectan la sedimentación y para evaluar la eficiencia de diferentes tratamientos de agua (Guevara, 2013).

En estudios de investigación y desarrollo, la columna vertical de sedimentación sirve como plataforma para investigar la cinética del proceso de sedimentación y para analizar cómo diversos factores, como la velocidad de sedimentación y la formación de flocs, pueden influir en la eficacia de la clarificación. Además, se utiliza para realizar pruebas con la adición de reactivos químicos, permitiendo evaluar cómo estos reactivos afectan la formación y compactación del sedimento (Asensi, 2015).

En plantas de tratamiento de aguas, las columnas de sedimentación se emplean para realizar pruebas piloto, lo que permite a los profesionales del agua entender mejor cómo ajustar las condiciones operativas para lograr una clarificación eficiente. Estas pruebas también son valiosas para evaluar la capacidad de diferentes sistemas de tratamiento para lidiar con variaciones en la calidad del agua (Maldonado, 2015).

7.9 Caudal

El caudal, en términos hidrológicos, representa el volumen de agua que fluye a través de una sección específica de un curso de agua en un periodo determinado. Es la medida fundamental que caracteriza la cantidad de agua que pasa por un punto particular en un río, arroyo o canal (Ordóñez, 2011). La variabilidad del caudal está influenciada por diversos factores, como las precipitaciones, la fusión de la nieve, y la topografía del terreno. Esta magnitud no solo es esencial para comprender la dinámica fluvial, sino que también desempeña un papel crucial

en el diseño y operación de infraestructuras hidráulicas y sistemas de tratamiento de aguas (Escorrentía, 2007).

7.9.1 Caudal Medio.

Se refiere al promedio del flujo de agua a lo largo de un período específico, generalmente medido en metros cúbicos por segundo (m^3/s) o litros por segundo (l/s)(Erazo & Ortiz, 2015). El caudal medio, también conocido como débito medio, se refiere a la cantidad promedio de agua que fluye a través de un punto específico en una corriente, canal o tubería durante un período de tiempo determinado (Mejía & Rosas, 2016).

El cálculo del caudal medio implica tomar mediciones periódicas de la cantidad de agua que pasa por el punto de interés y calcular el promedio durante un período específico. Por ejemplo, si se mide el caudal cada hora durante un día, el caudal medio para ese día sería la suma de todos los caudales medidos dividida por el número total de mediciones (Ecuador Estrategico, 2018). El caudal medio es un parámetro importante en la gestión del agua y la hidrología, ya que proporciona información sobre la disponibilidad y la distribución del recurso hídrico. También es fundamental en el diseño y la operación de sistemas de abastecimiento de agua, instalaciones hidroeléctricas, sistemas de riego y otros proyectos relacionados con el agua (Mirassou & Bertranou, 2009).

7.10 Marco legal

7.10.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

La Constitución Política de la República del Ecuador, publicada en Quito (2008) mediante Registro Oficial N°. 449, menciona los artículos:

Artículo 396: Cada uno de los participantes en los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá directamente la responsabilidad de evitar cualquier impacto ambiental, mitigar y reparar los daños causados, y mantener un sistema de monitoreo ambiental continuo.

Artículo 411: Se regularán todas las actividades que puedan afectar la calidad y cantidad de agua, así como el equilibrio de los ecosistemas, especialmente en las fuentes y zonas de recarga de agua.

Artículo 415: Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas para el uso racional del agua, así como para la reducción, reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos.

10.7.2 Acuerdo Ministerial 097-A, Anexos de Normativa, REFORMA LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE

El Texto Unificado de Legislación Ambiental del Ministerio del Ambiente (TULSMA), Libro VI, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes:

“4.2.2.3 Toda descarga al sistema de alcantarillado deberá cumplir, al menos, con los valores establecidos a continuación (ver tabla 3):”

Tabla 3. *Límites de descarga al sistema de alcantarillado público en base a la normativa vigente.*

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo
Aceites y grasas	Sustancias solubles	mg/l	100
Caudal máximo		l/s	1.5 veces el caudal
Demanda Bioquímica	D.B. O5.	mg/l	250
Demanda Química de	D.Q.O.	mg/l	500

Sólidos Sedimentables	ml/l	20
Sólidos Suspendidos	mg/l	220
Sólidos totales	mg/l	1 600
Temperatura	°C	< 40

Fuente: Libro VI, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes (TULSMA).

8.VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.

Hipótesis

La hipótesis que se plantea y se asume en esta investigación es que las variaciones en el caudal de las aguas residuales del Campus están directamente relacionadas con cambios significativos en la velocidad de sedimentación.

9. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

9.1 Descripción del área de estudio

Localización del Campus CEYPSA– Universidad Técnica de Cotopaxi

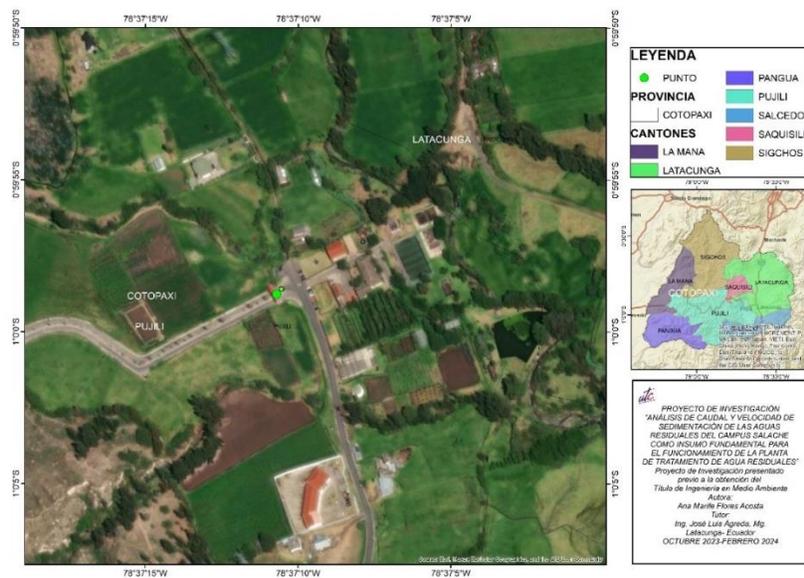
Esta investigación se desarrolla en la Universidad Técnica de Cotopaxi, específicamente en la Institución Académica Salache, situado a una distancia de 7,54 kilómetros del Cantón Latacunga, en la parroquia Eloy Alfaro, dentro del barrio Salache, en la provincia de Cotopaxi.

9.2. Coordenadas geográficas

- N: 9888.749,37. y E: 764.660,386

9.3. Ubicación del área de estudio

Figura 2. Ubicación del área de estudio.



Fuente: Autoría propia.

9.4 Altitud

Tabla 4. Datos generales altitudinales

	Altitud
Parte Baja del campus	2703,04 msnm.
Parte Intermedia del campus	2757,59 msnm.
Parte Alta del campus	3047,39 msnm.

Fuente: Autoría propia.

9.5 Datos Climatológicos

9.5.1 Temperatura

El campus está situado en una región de clima templado, caracterizado por condiciones climáticas generalmente agradables a lo largo del año. Sin embargo, debido a su ubicación geográfica, puede experimentar cambios significativos de temperatura. Las temperaturas en el campus de Salache varían entre los 10°C y los 25°C. Durante los meses más fríos, que van desde diciembre hasta febrero, las temperaturas pueden descender hasta los 5°C,

mientras que en los meses más cálidos, de junio a septiembre, pueden llegar hasta los 30°C (Laverde, 2014).

9.5.2 Humedad Relativa

La humedad relativa en la región ha mantenido un promedio constante en los últimos años, situándose en un 76,4%. La humedad relativa se define como el porcentaje que representa la relación entre la humedad absoluta y la cantidad de vapor de agua en un metro cúbico de aire podría contener si estuviera saturado a una determinada temperatura. En otras palabras, indica qué tan cerca está el aire de estar completamente saturado con vapor de agua a una temperatura específica. En este caso, el 76,4% representa la proporción actual de humedad relativa en relación con la capacidad máxima de retener vapor de agua a la temperatura prevaleciente en la región (Laverde, 2014).

9.5.3 Precipitaciones

La precipitación anual promedio alcanza los 621,3 mm, con una media mensual de 51,8 mm. Los períodos más lluviosos abarcan desde noviembre hasta mayo, mientras que los de menor precipitación se extienden de junio a octubre. El mes de abril destaca por registrar la máxima precipitación, alcanzando los 94,3 mm, mientras que en agosto se observa la mínima, con tan solo 19,3 mm. (Laverde, 2014).

9.5.4 Hidrología

El terreno de CEASA se encuentra situado en la microcuenca del río Salache - Isinche, que forma parte del área natural de la subcuenca del río Cutuchi. Esta subcuenca, a su vez, es parte integrante de la cuenca alta del río Pastaza. La región en la que se ubica está incorporada en la cuenca del río Amazonas, que desemboca finalmente en el Océano Atlántico. La influencia atmosférica en esta área proviene de las corrientes características de la región amazónica, siendo canalizada a través de la brecha del Agoyán, El cual es cruzado por el canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato (Shiguango, 2021).

9.5.5 Velocidad del Tiempo.

La velocidad promedio del viento durante el período analizado, junto con información detallada sobre la velocidad máxima registrada en el estudio, fue documentada. En la región de influencia, los vientos predominantes tienden a dirigirse desde el norte hasta el sureste, aunque también se observan vientos de naturaleza irregular. La velocidad media del viento observada entre 2006 y 2010 se sitúa en 4,7 km/h (Laverde, 2014).

9.6 Investigación Bibliográfica.

Este análisis empleará para revisar la información recopilada en la sección de fundamentación teórica. Su propósito es agilizar la identificación del problema de investigación y proporcionar una comprensión esencial sobre los diversos modelos que serán utilizados, así como sobre cada una de sus variables.

9.7 Fase Técnica.

Durante esta etapa, se llevarán a cabo métodos de muestreo con el objetivo de adquirir datos cruciales para el desarrollo de la investigación.

9.7.1 Aforo de Caudal.

Mediante el estudio del caudal, se definió el volumen del fluido que atraviesa una sección por unidad de tiempo (m^3/s) (Pérez et al., 2013). Por medio del método volumétrico se aplica el cálculo de volumen de agua/ tiempo, que se encuentra en el caudal (MINAGRI, 2015). La siguiente formula se aplica para calcular el volumen del caudal;

Formula 1

$$Q = V \cdot t$$

Donde:

Q es el caudal (volumen de agua por unidad de tiempo)

T es el tiempo

V es el volumen del agua.

Con esta técnica volumétrica se realizó la toma de caudal, durante un período de un mes y con repeticiones durante cada hora para evaluar variaciones en los resultados obtenidos. A continuación, se presenta el horario que fue establecido para la ejecución de esta labor.

Las mediciones se realizaron directamente en el afluente de la caja de revisión o alcantarillado que se evidencio en la visita in-situ, **VER ANEXO 1**. Con guantes, se procedió a levantar la tapa que cubría las aguas de la caja de revisión. Posteriormente, se amarró la soga en el balde con medidas y se colocó en el punto de interés, esperando a que el balde se llenara hasta alcanzar la cantidad deseada, que en este caso fue de 5 litros. Utilizando un cronómetro, se midió con precisión el tiempo que tardó en completarse el llenado del balde. Finalmente, se anotaron meticulosamente todos los datos obtenidos en una libreta, asegurando un registro exacto y completo de la medición realizada.

Los materiales utilizados para la práctica de aforo de caudal:

- Balde con mediciones
- Soga
- Guantes
- Cronómetro
- Lápiz o esfero
- Libreta

9.7.2 Toma de muestra

La toma de muestras para analizar parámetros físico-químicos, como DQO y sólidos totales, fue una tarea meticulosa que se llevó a cabo en el punto donde se recopilaron los datos para el aforo del caudal, este proceso se realizó con el equipo de protección necesario, que incluía guantes de nitrilo, mandil y mascarilla, garantizando condiciones seguras para el personal involucrado. Para el análisis de DQO y sólidos totales, se implementó un plan de muestreo riguroso, llevándose a cabo la recolección de muestras en intervalos de tiempo de media hora, desde las 6:00 a.m. hasta las 15:30 p.m., a lo largo de una semana.

El procedimiento de muestreo comenzó llenando un recipiente de 5 litros con el efluente en cuestión. Posteriormente, se procedió al llenado de envases de 10 ml, los cuales fueron enjuagados meticulosamente tres veces con el propio efluente antes de ser completamente

llenados. Durante este proceso, se cuidó de evitar la presencia de aire en las muestras, asegurando así la integridad de los datos recolectados. Este enfoque sistemático y detallado no solo garantiza la representatividad de las muestras recopiladas, sino que también sienta las bases para un etiquetado preciso y detallado de los datos resultantes, **VER ANEXO 4**. Para el análisis de Turbidez se tomaron muestras directas de la columna de sedimentación, en intervalos de tiempos diferentes, mediante un espectrofotómetro, se realizó el análisis de las muestras las cuales fueron llevadas inmediatamente al laboratorio de la facultad de CAREN. Durante este proceso se calibro el instrumento para la medición de la absorbancia de la muestra a la longitud de onda específica. Posteriormente, se determinó la turbidez de cada muestra (Deloya, 2006), **VER ANEXO 14**.

9.7.3 Etiquetado de muestra

Después de tomar cada muestra de agua, se llevó a cabo un procedimiento meticuloso que incluyó la asignación de información adicional clave. En este sentido, se registró con precisión la fecha y hora de la toma de muestras, el tipo específico de muestra que se estaba analizando y el tipo de análisis que se llevó a cabo. Este paso fue esencial para contextualizar y enriquecer los datos recolectados, permitiendo una comprensión más completa de las condiciones en las que se obtuvieron las muestras, **VER ANEXO 3**.

9.7.4 Fase de laboratorio

Las muestras fueron transportadas al laboratorio de la Facultad de CAREN de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Aquellas obtenidas durante los monitoreos en el área de estudio se conservaron y almacenaron en refrigeradoras, siguiendo las condiciones establecidas por la Norma Ecuatoriana. Estas medidas se implementaron para prevenir cualquier forma de contaminación externa y para evitar alteraciones en su contenido.

9.7.7.1 Determinación de sólidos totales

En la práctica de laboratorio se empleó el método gravimétrico, el cual es un proceso para la determinación de los sólidos totales en la muestra de agua. El método gravimétrico de sólidos totales se utiliza comúnmente para medir la cantidad de materia orgánica y materia inorgánica en una muestra (Hernández, 2007).

La gravimetría es aplicada en los análisis de muestras de aguas, con fines ambientales su aplicación cuantitativa a través de fórmulas las cuales permiten la obtención de resultados como es el total de sólidos la materia inorgánica y materia orgánica, es decir que se puede interpretar las partículas de los sólidos que mantenga la muestra de agua, además que a la vista en los crisoles que los puede visualizar a los sólidos y posteriormente son medidos en la balanza analítica para que nos refleje el peso en gramos posteriormente se debe multiplicar por 1 000 000 para que el resultado sea en miligramos ya que en esta unidad se valora los límites permisibles del agua, **VER ANEXO 8**. Una vez concluido con el procedimiento detallado y obtenido los valores de los pesos correspondientes, este método es una forma precisa y confiable de determinar los sólidos totales en una muestra de agua y se utiliza ampliamente en la industria de tratamiento de aguas (Mera, 2019).

Los materiales utilizados para la práctica de laboratorio fueron los que se detallan a continuación, además también se encuentran los equipos de protección que fueron empleados en la práctica.

- Balanza analítica
- Mufla
- Probeta graduada base hexagonal
- Desecador
- Crisoles
- Pinza metálica
- Estufa
- Muestra de agua
- Guante para calor
- Guantes de nitrilo
- Mandil
- Mascarilla

9.7.7.2 Determinación de Demanda Química de Oxígeno.

La Demanda Química de Oxígeno es la cantidad de oxígeno obtenido a partir de oxidantes químicos necesarios para la oxidación completa de sustancias disueltas o suspendidas en agua.

El procedimiento para el análisis fue extraer 2 ml de cada muestra y se colocaron en los frascos, los cuales contenían los reactivos, desencadenando una reacción exotérmica. Las muestras, se ubicaron en el termo reactor, un calentador de probetas, donde las muestras se mantuvieron a una temperatura constante de 150 °C durante 2 horas. Después de este periodo, se agitaron las muestras y se dejaron enfriar hasta alcanzar los 120 °C en un lapso de 20 minutos. Posteriormente, se limpiaron los frascos para prepararlos para la medición en el espectrofotómetro, el cual fue previamente calibrado utilizando el blanco del diseño de muestra (Harris, 2004), **VER ANEXO 7**.

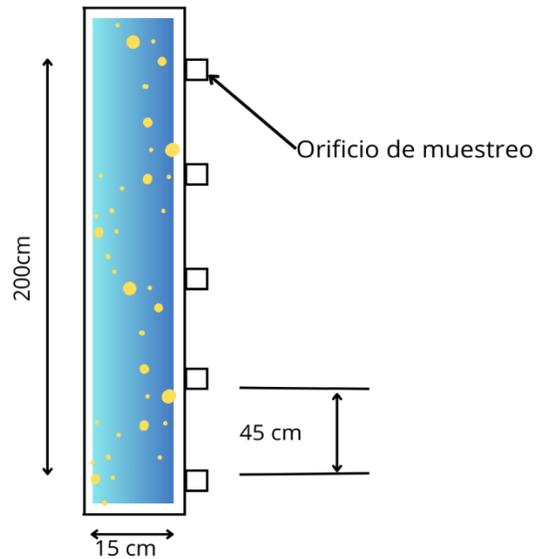
Para el análisis de Demanda Química de Oxígeno se utilizó los siguientes materiales y reactivos:

- Equipo de protección personal
- Libreta de campo
- cinta adhesiva, rotulador y tijera
- Cooler
- Reactivos de DQO
- Termoreactor
- Espectrofotómetro

9.7.4 Ensayo de columna de sedimentación.

El método de tubo largo o columna vertical para la sedimentación es una técnica esencial en la evaluación de la velocidad de sedimentación de partículas en un fluido. Se destaca por su simplicidad y eficacia, siendo particularmente apropiado para partículas de mayor tamaño (Ortiz, 2020).

En esta prueba, se empleó un tubo transparente de 2 metros de longitud y con un diámetro 15 cm, el cual está equipado con grifos de muestreo cada 45 cm. El tubo fue montado verticalmente el cual se procedió a llenarse con una muestra de sólidos en suspensión tomada en la caja de revisión o alcantarillado de la facultad CAREN.

Figura 3. *Columna de sedimentación***Columna de sedimentación**

Fuente: Autoría propia.

El procedimiento comenzó con la preparación cuidadosa de toma de muestra de agua, asegurando una mezcla homogénea antes de verterla en la columna de sedimentación. Una vez que se llenó la columna se inició con las mediciones y toma de los tiempos (20 min, 40 min, 60 min, 80 min y 100 min). Adicionalmente, se procedió a tomar muestras de agua en cada uno de los grifos, los cuales fueron llevados al laboratorio para la determinación de la turbidez de cada muestra.

Con estos datos, se calculó la velocidad de sedimentación y el porcentaje de turbidez removida en cada muestra, utilizando la fórmula que relaciona la altura y con el tiempo transcurrido.

Utilizando la información de turbidez recopilada en cada muestra, se determinó el porcentaje de turbidez eliminada mediante la siguiente fórmula. Este cálculo evalúa la eficacia del tratamiento en la reducción de la turbidez en distintos momentos. (Trujillo et al., 2014).

Formula 2

$$\% \text{ de turbidez removida} = \left(1 - \frac{T_1}{T_0}\right) * 100$$

Donde:

T_0 = Sólidos suspendidos o Turbidez inicial (t=0).

T_1 = Sólidos suspendidos o Turbidez para un tiempo t.

De este modo se representó visualmente la relación entre el tiempo y el porcentaje de turbiedad eliminada para los cinco puntos de muestreo ubicados a diversas distancias. A partir de este gráfico, se calculó el tiempo estimado necesario para la eliminación de partículas en el sistema, en relación con el porcentaje de reducción de la turbidez a diferentes alturas correspondientes (Masturoh & Anggita, 2018).

Formula 3

$$V_s = \frac{H_1}{T_1}$$

Donde:

H_1 = Altura final.

T_1 = Tiempo.

Se elaboró un gráfico utilizando los datos del tiempo de remoción en comparación con la altura final. Cada valor estimado se representó por su porcentaje de remoción, y luego se trazaron curvas de iso remoción cada 10%. Luego, se calculó la profundidad correspondiente a cada curva según su porcentaje de remoción, dividiendo esta profundidad por la altura final, que fue de 1,85 metros. Esto nos permitió obtener un promedio de las eficiencias.

Se procede de igual forma para la determinación del porcentaje de remoción correspondiente a una $v_c = v_{cB}$ (con $B = 20\%, \dots$).

Formula 4

$$R = A + (B - A) \frac{h_B}{h_f} + (C - B) \frac{h_C}{h_f} + (D - C) + \frac{h_D}{h_f} \dots$$

Donde:

A, B, C,...G = valor porcentual de remoción de cada curva trazada

hB, hC, hD,... hD, = porcentaje de remoción

hf = altura final.

La expresión para el cálculo de la remoción total de sólidos para cada velocidad crítica, es una aproximación de la misma ecuación utilizada para la remoción de partículas discretas, en la que se suma el porcentaje removido de partículas con $v_s \geq v_c$ (correspondiente a los porcentajes A, B, C,), y el porcentaje removido de partículas con $v_s < v_c$.

El porcentaje removido de partículas con $v_s < v_c$.

Formula 5

$$y = \int_0^c \frac{v_s}{v_c} dC = \int_0^c \frac{h}{H} dC$$

Finalmente se determinó las velocidades críticas de sedimentación (v_c) para cada porcentaje de remoción (10%, 20%,).

9.9 Métodos

9.9.1 Método Inductivo

Este enfoque nos ofreció la posibilidad de realizar un análisis organizado, coherente y lógico con el fin de identificar un diagnóstico preciso y proponer recomendaciones para abordar la problemática actual en materia ambiental.

9.9.2 Método Deductivo

Facilitó la identificación de la eficiencia del sistema, permitiendo así un análisis detallado y la formulación de recomendaciones para el aforo del caudal y velocidad de sedimentación.

9.9.3 Método Analítico

Este enfoque posibilitará la evaluación de la eficacia de los proceso y cálculos.

9.9.4 Método experimental

La metodología experimental se utilizó como el conjunto de pasos que detallaron y estructuraron la investigación para responder a las preguntas planteadas y cumplir con los objetivos establecidos.

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

10.1 Aforo del Caudal

Para el aforo de caudal se realizó mediante el método volumétrico, el cual se realizó en un periodo de un mes las cuales constaron con repeticiones cada hora a lo largo del día, esto con el fin de ver si existen variaciones en los resultados. Se utilizó en un recipiente de 5 litros y se midió la velocidad de llenado con respecto al tiempo.

El levantamiento de información de la primera semana del caudal reflejó los siguientes datos:

Tabla 5. Resultados de la primera semana del caudal.

Horario	Volumen (L)	Diciembre(L/s)				
		Lunes-04	Martes-05	Miércoles-06	Jueves-07	Viernes-08
7:00	5	0,31	0,32	0,29	0,29	0,19
8:00	5	0,27	0,34	0,3	0,21	0,22
9:00	5	0,32	0,37	0,24	0,35	0,3
10:00	5	0,38	0,53	0,32	0,28	0,49
11:00	5	0,6	0,56	0,49	0,5	0,74
12:00	5	0,42	0,54	0,6	0,47	0,49
13:00	5	0,29	0,65	0,74	0,63	0,48
14:00	5	0,19	0,29	0,69	0,27	0,52
15:00	5	0,2	0,56	0,52	0,48	0,4
16:00	5	0,32	0,43	0,52	0,38	0,34
17:00	5	0,22	0,44	0,32	0,29	0,36
18:00	5	0,22	0,43	0,28	0,25	0,21

19:00	5	0,18	0,23	0,26	0,31	0,19
-------	---	------	------	------	------	------

10.2 Resultados del caudal medio por día

Los datos obtenidos se analizaron matemáticamente para obtener un caudal instantáneo y una media del volumen entregado, ver **Tabla 5**.

Tabla 6. *Resultados del día lunes - 04*

Lunes-04			
	Caudal m ³ /h	Volumen Entregado	Volumen acumulado
0	0		
1	1,13	0,56	2,18
2	0,97	1,61	3,79
3	1,14	1,54	5,33
4	1,37	1,82	7,15
5	2,17	2,45	9,60
6	1,51	2,92	12,52
7	1,03	2,03	14,55
8	0,69	1,37	15,92
9	0,70	1,04	16,96
10	1,17	1,29	18,25
11	0,80	1,57	19,81
12	0,81	1,20	21,01
13	0,66	1,13	22,15
		Caudal medio (Qm)	0,92

La tabla correspondiente al lunes 4 representan mediciones de caudal, con intervalos regulares de tiempo. Cada fila de datos muestra el caudal en metros cúbicos por hora, así como el volumen entregado y acumulado en ese momento específico. A partir de estos datos, se calcula un caudal medio de 0.92 m³/h. Este análisis nos permite monitorear el flujo de líquido a lo largo del tiempo y comprender su comportamiento en términos de entrega y acumulación de volumen.

Tabla 7. *Resultados del día Martes - 05*

Martes-05	
-----------	--

	Caudal m3/h	Volumen Entregado	Volumen acumulado
0	0		
1	1,14	0,57	2,33
2	1,23	1,76	4,08
3	1,34	1,90	5,98
4	1,90	2,29	8,27
5	2,03	2,92	11,19
6	1,96	3,01	14,20
7	2,34	3,13	17,33
8	1,04	2,86	20,20
9	2,01	2,04	22,24
10	1,55	2,78	25,02
11	1,59	2,34	27,37
12	1,55	2,37	29,74
13	0,83	1,96	31,70
	Caudal medio (Qm)		1,32

Los datos presentados en la tabla del martes-05 representan mediciones de caudal en tiempo real. Cada fila de la tabla muestra el caudal en metros cúbicos por hora, así como el volumen entregado y acumulado. A partir de estos datos, se calcula un caudal medio de 1.32 m3/h. Se observa una variación en el caudal a lo largo del tiempo, indicando que el flujo de líquido en el sistema no es constante y puede experimentar fluctuaciones. Estos datos son esenciales para comprender el rendimiento y optimizar la gestión del recurso hídrico.

Tabla 8 .Resultados del día Miércoles - 06

Miércoles-06			
	Caudal m3/h	Volumen Entregado	Volumen acumulado
0	0		
1	1,05	0,52	2,10
2	1,07	1,58	3,68
3	0,87	1,50	5,18
4	1,16	1,45	6,63
5	1,77	2,05	8,68
6	2,17	2,85	11,53
7	2,65	3,50	15,03

8	2,47	3,89	18,92
9	1,88	3,41	22,33
10	1,88	2,82	25,16
11	1,13	2,45	27,60
12	1,02	1,64	29,25
13	0,93	1,48	30,73
Caudal medio (Qm)			1,28

Los datos presentados en la tabla correspondiente al miércoles-06 muestran mediciones continuas de caudal en tiempo real. Cada fila de la tabla representa caudal en metros cúbicos por hora, así como el volumen entregado y acumulado en el sistema en ese momento específico. Al calcular el caudal medio, que es de 1.28 m³/h. Se observa una variabilidad significativa en el caudal a lo largo del día, con valores que oscilan entre 0 m³/h y 2.65 m³/h. Esta variación podría deberse a diversos factores, como cambios en la demanda de líquido, ajustes en la presión del sistema o incluso condiciones ambientales. Además, los datos sobre el volumen acumulado proporcionan información crucial sobre la disponibilidad y el uso del recurso hídrico en el sistema.

Tabla 9. Resultados del día Jueves - 07

Jueves-07			
	Caudal m ³ /h	Volumen Entregado	Volumen acumulado
0	0		
1	1,04	0,52	1,95
2	0,77	1,43	3,37
3	1,26	1,40	4,77
4	1,01	1,76	6,53
5	1,79	1,90	8,44
6	1,69	2,64	11,08
7	2,28	2,83	13,91
8	0,96	2,76	16,67
9	1,75	1,83	18,50
10	1,36	2,43	20,92
11	1,05	1,89	22,81

12	0,88	1,49	24,30
13	1,12	1,44	25,75
Caudal medio (Qm)			1,07

Los datos en la tabla correspondiente al jueves-07 muestran mediciones de caudal. Cada fila de la tabla proporciona información sobre el caudal en metros cúbicos por hora, así como el volumen entregado y acumulado en el sistema en ese momento específico. Se ha calculado un caudal medio de 1.07 m³/h a partir de estos datos. La observación de los valores revela una variación en el caudal a lo largo del día, con fluctuaciones que van desde 0 m³/h hasta 2.28 m³/h. Esta variabilidad puede atribuirse a diversas condiciones, como cambios en la demanda de líquido, ajustes en la configuración del sistema, o influencias ambientales.

Tabla 10. Resultados del día Viernes - 08

Viernes-08			
	Caudal m ³ /h	Volumen Entregado	Volumen acumulado
0	0		
1	0,68	0,34	1,41
2	0,78	1,07	2,49
3	1,06	1,31	3,80
4	1,77	1,95	5,75
5	2,68	3,11	8,86
6	1,78	3,57	12,43
7	1,71	2,64	15,06
8	1,89	2,66	17,72
9	1,43	2,60	20,32
10	1,23	2,04	22,36
11	1,29	1,87	24,23
12	0,74	1,66	25,89
13	0,68	1,08	26,97
Caudal medio (Qm)			1,12

Los datos proporcionados en la tabla correspondiente al viernes-08 reflejan mediciones de caudal en un sistema durante un período específico en tiempo real. Cada fila de la tabla presenta el caudal en metros cúbicos por hora, así como el volumen entregado y acumulado

en el sistema en ese instante particular. A partir de estos datos, se ha calculado un caudal medio de 1.12 m³/h. Observando los valores, se aprecia una variación en el caudal a lo largo del día, con fluctuaciones que van desde 0 m³/h hasta 2.68 m³/h. Estas variaciones pueden ser influenciadas por múltiples factores, como cambios en la demanda de líquido, ajustes en la presión del sistema o condiciones ambientales. Además, los datos sobre el volumen acumulado permiten evaluar la cantidad total de líquido suministrado y almacenado en el sistema a lo largo del tiempo, lo cual es crucial para comprender la disponibilidad y el uso del recurso hídrico.

Al momento de obtener el valor del caudal medio total de todos los días muestreados, se procede a sacar un promedio general.

Tabla 11. *Cálculo del caudal promedio.*

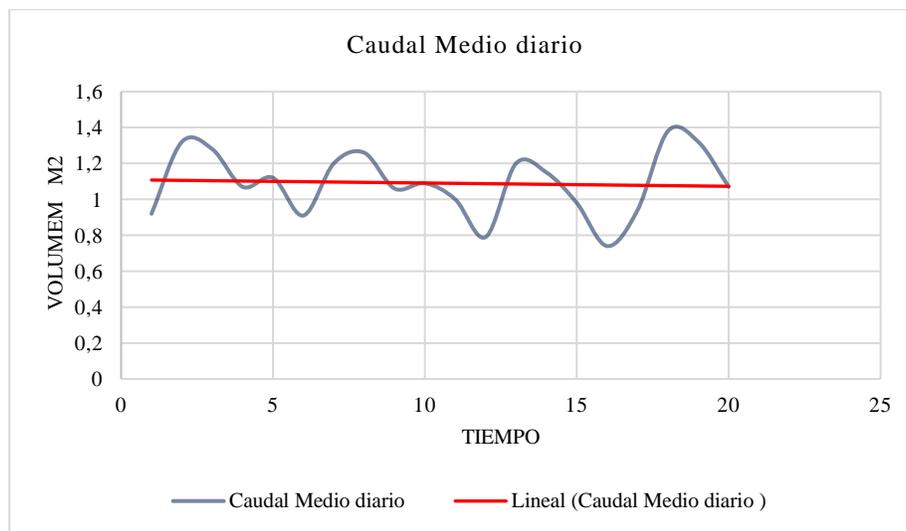
Promedio de Caudal Medio		
N	Día	Caudal Medio
1	Lunes 04	0,92
2	Martes 05	1,32
3	Miércoles 06	1,28
4	Jueves 07	1,07
5	Viernes 08	1,12
6	Lunes 11	0,91
7	Martes 12	1,2
8	Miércoles 13	1,26
9	Jueves 14	1,06
10	Viernes 15	1,09
11	Lunes 18	1
12	Martes 19	0,79
13	Miércoles 20	1,2
14	Jueves 21	1,15
15	Viernes 22	0,98
16	Lunes 01	0,74
17	Martes 02	0,94
18	Miércoles 03	1,38
19	Jueves 04	1,32
20	Viernes 05	1,07

Caudal medio (Qm) 1,09

Esta Tabla resume los caudales medios diarios registrados a lo largo de un mes. Cada fila presenta el número de día, el día de la semana correspondiente y el caudal medio diario registrado para ese día. Estos datos reflejan la variabilidad en los flujos de agua a lo largo de las semanas, proporcionando una visión general de los niveles promedio.

En la figura se representa el volumen total diario y el caudal medio (Qm) de $1.09 \text{ m}^3/\text{h}$, en una gráfica de volumen acumulado en función del tiempo.

Figura 4. *Volumen acumulado en función del tiempo*



Fuente: Autoría propia.

10.2 Fase de Laboratorio

10.2.1 Resultados de Demanda Química de Oxígeno.

Una vez realizadas las pruebas de DQO en el laboratorio de la facultad de CAREN. Se obtuvieron los siguientes resultados de las cuatro muestras formadas a lo largo del día.

Tabla 12. Resultados de DQO.

Jueves 07/12/23			
N°	Hora	Abs	DQO 436mm (mg/L O ₂)
1	9:30	0,861A	560
2	11:30	0,706A	755
3	13:30	0,723A	702
4	15:30	0,703A	595
Promedio diario			653
Viernes 08/12/23			
5	9:30	0,542A	519
6	11:30	0,712A	757
7	13:30	0,740A	670
8	15:30	0,742A	460
Promedio diario			601,5
Lunes 11/12/23			
N°	Hora	Abs	DQO 436mm (mg/L O ₂)
9	9:30	0,701A	554
10	11:30	0,621A	637
11	13:30	0,743A	460
12	15:30	0,647A	442
Promedio diario			523,25
Martes 12/12/23			
N°	Hora	Abs	DQO 436mm (mg/L O ₂)
13	9:30	0,711A	656
14	11:30	0,719A	758
15	13:30	0,708A	763
16	15:30	0,711A	649
Promedio diario			706,5
Miércoles 13/12/23			
N°	Hora	Abs	DQO 436mm (mg/L O ₂)
17	9:30	0,672A	648
18	11:30	0,573A	726
19	13:30	0,592A	530
20	15:30	0,635A	459
Promedio diario			590,75
Promedio Total			615 (mg/L O₂)

Los datos proporcionados muestran mediciones de DQO a lo largo de varios días de la semana actual. Se observa una variabilidad en los valores en diferentes momentos del día y entre los días de la semana. El jueves, los valores oscilan entre 560 mg/L O₂ a las 9:30 y 595 mg/L O₂ a las 15:30. Esta variación puede reflejar cambios en la carga orgánica presente en el agua

residual durante el día. Además, el promedio diario varía entre los días, con valores que van desde 523,25 mg/L O_2 el lunes hasta 706,5 mg/L O_2 el martes.

Estas muestras fueron comparadas con la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua del TULSMA.

Tabla 13. *Muestras de DQO*

Parámetros Analizados	Unidad	Muestras promedio diario	Límite máximo permisible	Criterio de resultados
DQO	mg/L	653	500	NO CUMPLE
DQO	mg/L	601,5	500	NO CUMPLE
DQO	mg/L	523,25	500	NO CUMPLE
DQO	mg/L	590,75	500	NO CUMPLE

Basándonos en los datos de DQO proporcionados, podemos determinar que el agua muestra una variabilidad en su carga orgánica a lo largo de la semana, lo que sugiere fluctuaciones en la contaminación. Los valores registrados están por encima de los estándares de calidad del agua, indicando una presencia significativa de materia orgánica que podría afectar negativamente el ecosistema acuático si se vierte sin tratar. Esto resalta la importancia de implementar medidas adecuadas de tratamiento de aguas residuales para reducir la carga contaminante y proteger la calidad del agua y el medio ambiente.

11.2.2 Resultados de sólidos totales

Una vez completadas las evaluaciones de sólidos totales mediante el método gravimétrico en el laboratorio de la Facultad de CAREN, se lograron obtener los resultados correspondientes de las cuatro muestras recopiladas a lo largo del día, mismos datos que fueron comparados con la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua del TULSMA.

Tabla 14. *Muestras de sólidos totales*

No	Parámetros Analizados	Unidad	Muestras	Límite máximo permisible	Criterio de resultados
1	Sólidos Totales	mg/L	2101	1600	NO CUMPLE
2	Sólidos Totales	mg/L	2840	1600	NO CUMPLE
3	Sólidos Totales	mg/L	2611	1600	NO CUMPLE

4	Solidos Totales	mg/L	2533	1600	NO CUMPLE
---	-----------------	------	------	------	-----------

Los datos analizados revelan concentraciones de sólidos totales en las cuatro muestras de agua que superan el límite máximo permisible de 1600 mg/L establecido por los estándares de calidad. Esta situación indica una contaminación significativa en las muestras, lo cual plantea preocupaciones sobre la calidad del agua. La presencia excesiva de sólidos totales puede comprometer la salud pública y el equilibrio ecológico de los ecosistemas acuáticos. Por lo tanto, se amerita la implementación urgente de medidas efectivas de gestión y tratamiento de aguas para mitigar esta contaminación y garantizar la conformidad con los estándares de calidad del agua establecidos.

10.2.3 Resultados de Turbidez

Con los análisis de turbidez mediante el espectrofotómetro en el laboratorio de la Facultad de CAREN, se lograron obtener los resultados correspondientes de las primeras 5 muestras recopiladas, mismos datos que fueron comparados con la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua del TULSMA.

Tabla 15. Resultados de la turbidez.

N°	Abs	Turbidez 620nm	Límite máximo permisible	Criterio de resultados
1	0,489A	61	5.0	NO CUMPLE
2	0,465A	58	5.0	NO CUMPLE
3	0,474A	59	5.0	NO CUMPLE
4	0,458A	57	5.0	NO CUMPLE
5	0,446A	55	5.0	NO CUMPLE
Promedio		58		

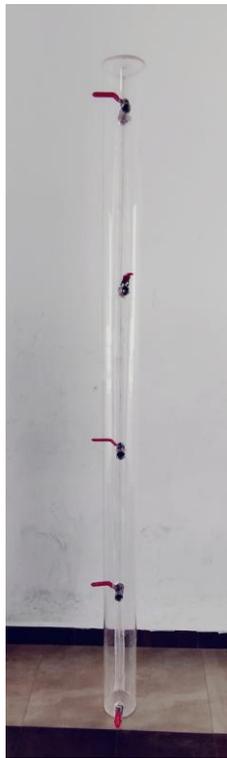
Los datos analizados muestran que los valores de turbidez en las muestras de agua superan el límite máximo permisible de 5.0 NTU establecido por los estándares de calidad. Esta situación indica una presencia significativa de partículas suspendidas en el agua, lo que puede afectar su transparencia y claridad. La turbidez excesiva puede tener implicaciones negativas para la salud pública y el medio ambiente, ya que puede dificultar el tratamiento del agua y afectar la vida acuática. Por lo tanto, es crucial implementar medidas de gestión y tratamiento de aguas para reducir la turbidez a niveles seguros y garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad del agua.

10.3 Diseño para el análisis de velocidad de sedimentación

La **figura 5**, muestra la torre de sedimentación, la cual se utilizó como herramienta en el desarrollo de la práctica para determinar la velocidad de sedimentación. Estas prácticas se llevaron a cabo utilizando agua residual obtenida de la caja de revisión del campus Salache.

La cantidad de agua aplicada en la columna de 25 litros, en la cual por dos horas se tomaron un total de 30 muestras para determinar el valor de turbiedad. El valor inicial de turbiedad del agua cruda fue de 63 FAU.

Figura 5. *Columna de sedimentación*



Fuente: Autoría propia.

La grafica generada continuación, revela el comportamiento de los datos obtenidos en función de la turbiedad con relación a la profundidad de sedimentos.

Tabla 16. Valores de turbiedad determinados en diferentes alturas en la columna de sedimentación.

Intervalo	Tiempo (min)	Muestras					Altura (cm)
		h5	h 4	h 3	h 2	h 1	
20	0	61	58	59	57	55	5
	20	43	34	47	51	48	50
20	40	39	35	40	44	42	95
	60	33	30	38	37	39	140
20	80	30	29	35	35	37	185
	100	30	29	31	34	36	

Los datos presentados muestran las alturas de las muestras en cinco recipientes (h1 a h5) en intervalos de tiempo específicos. Se observa una variación en las alturas de las muestras a lo largo del tiempo en cada repetición, se evidencian diferencias en las alturas entre los intervalos de tiempo.

10.3.1 Determinación del porcentaje de remoción (% remoción).

Se pudo determinar el porcentaje de turbiedad removida cada muestra con la **fórmula 2**. Obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 17. % Porcentaje de remoción.

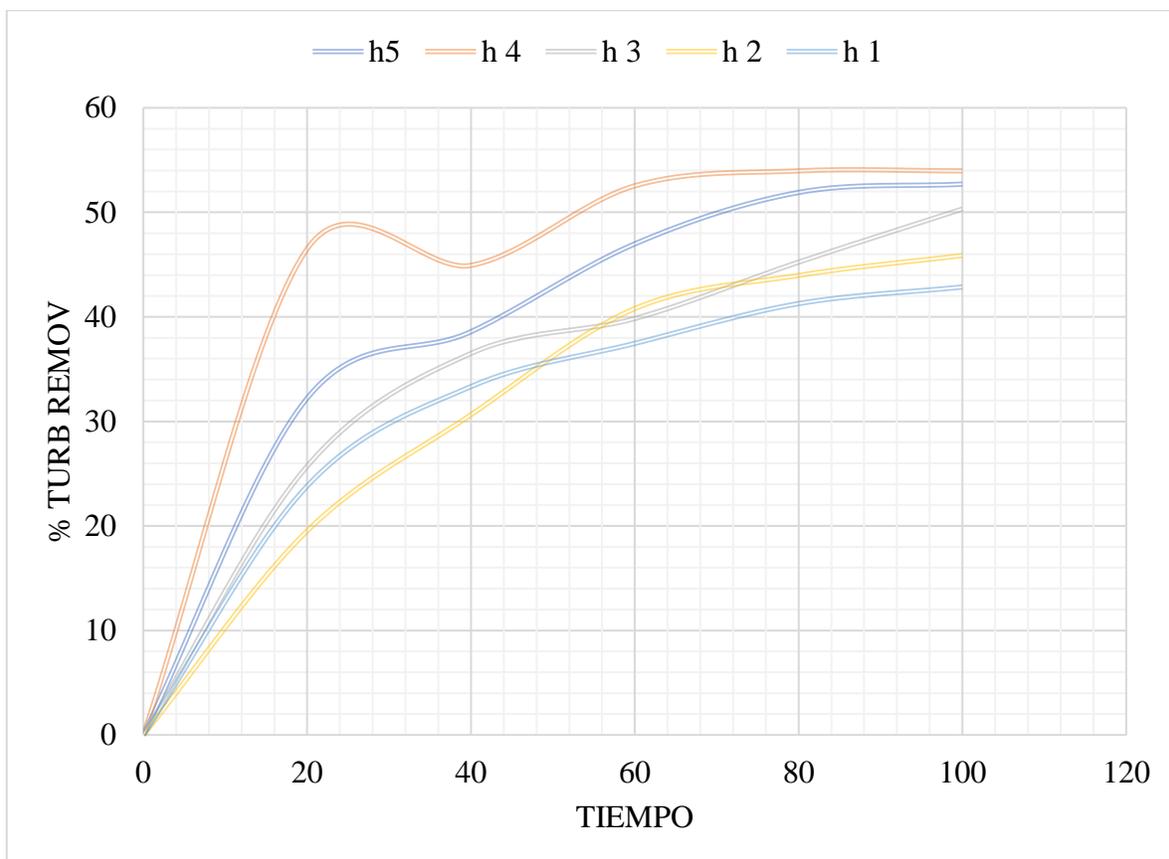
% Porcentaje de remoción					
Alturas					
	5 cm	50 cm	95 cm	140 cm	185 cm
Tiempo (min)	h5	h 4	h 3	h 2	h 1
0	0	0	0	0	0
20	32,22	46,51	25,71	19,52	23,81
40	38,57	44,92	36,51	30,63	33,33
60	46,98	52,54	39,84	40,79	37,46
80	51,90	53,97	45,24	43,97	41,27
100	52,70	53,97	50,32	45,87	42,86

Los datos muestran el porcentaje de remoción en función del tiempo y la altura del recipiente. Se observa una variación en el porcentaje de remoción a medida que transcurre el tiempo y

en diferentes alturas del recipiente. Por ejemplo, en el tiempo inicial de 0 minutos, no hay remoción en ningún recipiente. Sin embargo, a medida que avanza el tiempo, el porcentaje de remoción aumenta gradualmente en todos los recipientes y alturas. Se observa que el porcentaje de remoción varía entre las alturas, lo que sugiere que la dinámica del proceso puede estar influenciada por la altura de caída de las muestras.

Teniendo en cuenta los datos se procede a graficar en función de % turbiedad removida sobre tiempo con relación a la profundidad de sedimentación.

Figura 6. *Porcentaje de remoción.*



Fuente: Autoría propia.

Nota. En la Figura 6, se presenta la gráfica tiempo vs porcentaje de remoción. De estas curvas se obtienen los valores de tiempo a las diferentes alturas para % *Turb remov* cada 10%.

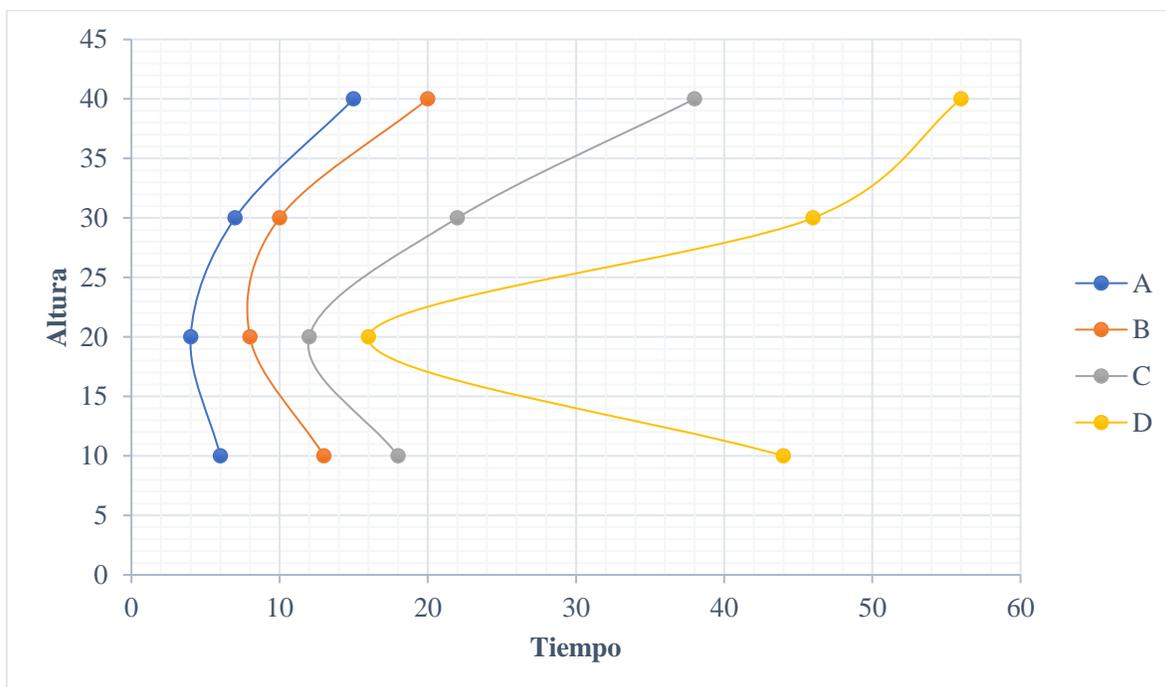
Tabla 18. *Tiempo de remoción del sistema de partículas*

		Tiempo (min)				
		h5	h 4	h 3	h 2	h 1
		5	50	95	140	185
A	10%	6	4	7	15	8
B	20%	13	8	10	20	16
C	30%	18	12	22	38	30
D	40%	44	16	46	56	61

Nota. Se asignaron letras a los porcentajes de remoción en función al nivel alcanzado.

Los datos presentados muestran el porcentaje de A, B, C y D, en relación con el tiempo y la altura. Se observa una variación significativa en los tiempos con relación a las diferentes alturas del recipiente, en el parámetro D, se evidencian un mayor tiempo en relación con los otros porcentajes.

Se procede a graficar en función de altura h versus tiempo t y % *Turb remov.*

Figura 7. *Tiempo de remoción.*

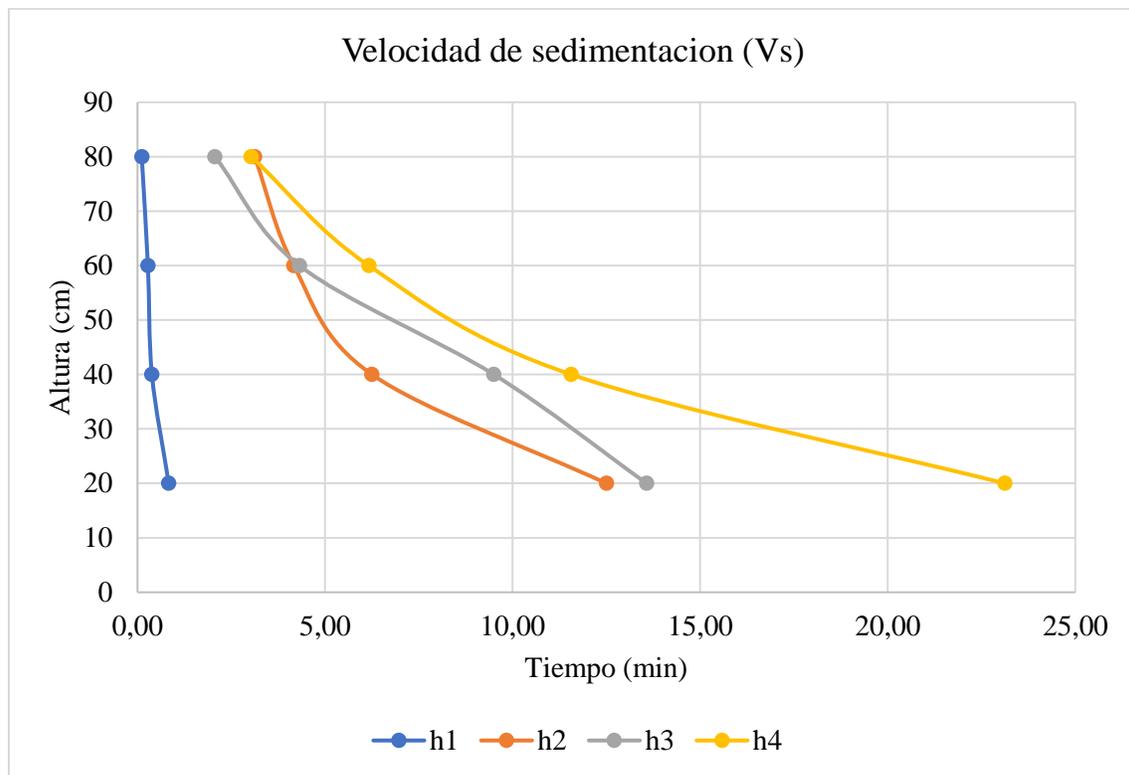
Nota. Se trazan curvas de igual remoción cada 10% (curvas de iso remoción).

10.3. Velocidad de sedimentación.

Con la determinación del tiempo se calculó las velocidades de sedimentación en

función al porcentaje de remoción de sólidos suspendido, observándose en la siguiente gráfica.

Figura 8. *Velocidad de sedimentación.*



Nota. Se determinaron distintas velocidades de sedimentación en función al porcentaje de remoción de sólidos.

10.4 Discusión de resultados

El análisis exhaustivo de la calidad del agua revela una situación preocupante en términos de contaminación y variabilidad en los flujos. El método volumétrico empleado para el aforo del caudal durante un mes permitió obtener datos detallados sobre el comportamiento del flujo a lo largo del tiempo. Sin embargo, las mediciones mostraron fluctuaciones significativas en el caudal a lo largo del día, lo que sugiere una falta de estabilidad en el suministro de agua. Esta variabilidad puede atribuirse a varios factores, incluidos cambios en la demanda de agua y condiciones ambientales cambiantes, lo que destaca la necesidad de una gestión eficaz y adaptable de los recursos hídricos.

Los resultados de los parámetros químicos, como la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Totales, revelan una carga orgánica y de contaminantes significativa en las muestras de agua analizadas. Los valores superiores a los límites permisibles indican una contaminación preocupante que podría tener impactos negativos en la salud humana y el medio ambiente. La presencia de altas concentraciones de DQO y sólidos totales plantea desafíos adicionales para el tratamiento efectivo del agua y destaca la necesidad urgente de medidas de mitigación y gestión de la contaminación.

Asimismo, los niveles de turbidez exceden los estándares de calidad, lo que indica la presencia de partículas suspendidas en el agua. La turbidez excesiva puede dificultar el tratamiento del agua y afectar la vida acuática, lo que subraya la importancia de implementar medidas adecuadas para reducir la turbidez y mejorar la calidad del agua. Este hallazgo resalta la necesidad de un enfoque integral para abordar la contaminación del agua, que incluya medidas para controlar tanto la carga orgánica como las partículas suspendidas.

Además, el análisis de la velocidad de sedimentación proporciona información valiosa sobre los procesos de tratamiento de agua. La variación en la velocidad de sedimentación en función del porcentaje de remoción de sólidos sugiere la necesidad de diseñar sistemas de tratamiento que puedan adaptarse a diferentes condiciones y cargas de contaminantes. Estos hallazgos son críticos para el diseño y la operación efectiva de plantas de tratamiento de agua, que deben ser capaces de manejar fluctuaciones del agua y garantizar la conformidad con los estándares de calidad ambiental y de salud pública. En conjunto, estos resultados resaltan la importancia de una gestión integral y proactiva de los recursos hídricos para garantizar la disponibilidad de agua segura y limpia para las generaciones futuras.

11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

El análisis detallado del caudal y la velocidad de sedimentación de las aguas residuales en el Campus Caren no solo tiene implicaciones técnicas, sino que también aborda impactos sociales, ambientales y económicos cruciales. Desde una perspectiva técnica, entender la dinámica del caudal y la sedimentación permite optimizar los procesos de tratamiento,

mejorando la eficiencia del sistema y reduciendo posibles problemas de obstrucción o rendimiento ineficiente de las instalaciones.

Socialmente, la implementación de estrategias de tratamiento más efectivas contribuye directamente a la protección de la salud pública y a la mejora de la calidad de vida de la comunidad del campus, al garantizar la conformidad con los estándares de calidad del agua. Ambientalmente, la gestión adecuada de las aguas residuales es esencial para preservar los recursos hídricos locales y mitigar posibles impactos negativos en los ecosistemas circundantes. Además, la adopción de prácticas de tratamiento más eficientes puede reducir la liberación de contaminantes, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental. Económicamente, la optimización de los procesos de sedimentación puede resultar en ahorros significativos a largo plazo al minimizar los costos de operación y mantenimiento, al tiempo que reduce la necesidad de inversiones en infraestructuras adicionales. En conjunto, este análisis técnico no solo mejora la gestión del recurso hídrico, sino que también tiene un impacto positivo en la salud comunitaria, la preservación ambiental y la sostenibilidad económica del Campus Caren.

12. PRESUPUESTO

Tabla 19. *Presupuesto para la elaboración del proyecto.*

RECURSOS	DESCRPCIÓN	UNIDADES	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
HUMANO	Investigador			
	Tutor			
TECNOLÓGICO	Resmas de papel	3	\$4,50	\$13,50
	Esferos	5	\$0,75	\$3,75
	Reactivos de muestras	1	\$50,00	\$50,00
OFICINA	Resmas de papel	3	\$4,50	\$13,50
	Esferos	5	\$0,75	\$3,75
	Cinta adhesiva	1	\$1,00	\$1,00
	Marcadores	3	\$0,90	\$2,70
OTROS	Tubo de acrílico	1	\$200,00	\$200,00
	balde	1	\$5,00	\$5,00

Impresiones	320	\$0,15	\$48,00
Anillados	3	\$20,00	\$60,00
Empastado	1	\$15,00	\$15,00
SUBTOTAL			\$416,20
10 % DE IMPREVISTOS			\$41,62
TOTAL			\$457,82

Elaborado: Ana Flores,2024.

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

13.1 Conclusiones

Los datos recopilados revelan un caudal medio diario variable a lo largo del periodo de estudio, con valores que oscilan entre 0.74 m³/h y 1.38 m³/h. Este rango de caudal es crucial para definir las condiciones óptimas de operación de los tratamientos primarios, ya que influye directamente en la eficiencia de los procesos de saneamiento. Además, al calcular el promedio total del caudal medio, se obtiene un valor de 1.09 m³/h, que sirve como referencia para dimensionar la capacidad de los sistemas de tratamiento y asegurar su adecuado funcionamiento.

En cuanto a los resultados de la DQO, se registraron concentraciones promedio diarias que varían desde 523.25 mg/L O₂ hasta 706.5 mg/L O₂. Estos valores superan ampliamente el límite máximo permisible de 500 mg/L O₂ establecido por los estándares de calidad del agua. Similarmente, los sólidos totales presentaron concentraciones que exceden el límite permisible de 1600 mg/L en todas las muestras analizadas, con valores que oscilan entre 2101 mg/L y 2840 mg/L. Además, los resultados de turbidez muestran valores que superan el límite máximo permisible de 5.0 NTU, con una media de 58 NTU. Esta alta turbidez indica la presencia de partículas suspendidas en el agua, lo que puede afectar la vida acuática. Es esencial implementar estrategias de gestión de aguas residuales para reducir la turbidez y cumplir con los estándares de calidad del agua. En conjunto, estos datos cuantitativos subrayan la necesidad imperiosa de abordar la contaminación del agua en el Campus CEASA.

Los resultados obtenidos de la velocidad de sedimentación destacan la eficacia de los procesos de tratamiento primario en la eliminación de sólidos suspendidos del agua. La

variabilidad en los tiempos de sedimentación y la distribución no uniforme de los sólidos a lo largo de la columna subrayan la importancia de un diseño preciso y una operación cuidadosa de los sistemas de tratamiento. Estos hallazgos proporcionan una base sólida para la selección e implementación de tecnologías adecuadas que cumplan con los objetivos de calidad del agua del Campus CEASA.

13.2 Recomendaciones

En base a la eficacia de la gestión de la columna de sedimentación, se recomienda el uso de floculantes. Al agregar floculantes al agua, se promueve una mayor eficiencia en la eliminación de sólidos durante el proceso de sedimentación, lo que resulta en una clarificación más rápida y completa del agua.

Dada la presencia de contaminantes identificados mediante pruebas de DQO, se recomienda realizar investigaciones más detalladas para identificar específicamente los contaminantes presentes en el agua.

Fomentar la conciencia sobre la conservación del recurso hídrico y promover prácticas eco amigables en el campus los cuales pueden tener un impacto positivo a largo plazo. Esto puede incluir iniciativas de ahorro de agua, reutilización de aguas grises y el fomento de la responsabilidad individual en el uso del agua.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Arboleda Valencia, J. (1992). Teoría de la Coagulación del Agua. *Teoría y Práctica de La Purificación Del Agua*, 793.

Asensi, E. (2015). *Estudio y modelización de la velocidad de sedimentación zonal Y de la aceleración de los fangos activados*. 432.

Anguizola, C. D. C. A. (2021). Caracterización para oportunidad de reuso de lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales de una industria de grasas vegetales. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 16(2), 34-41.

Basile, P. A., Riccardi, G., & Aguzzi, I. (2015). *Revisión De Ecuaciones De Velocidad De Caída Terminal De Partículas De Sedimento*. 1954, 1–14.

- Belzona Inc. (2010). Guía de Aplicaciones Belzona en Equipos de Tratamiento de Aguas Residuales-Tratamiento de Aguas Residuales. *Belzona*, 40.
<https://www.belzona.com/es/industries/wastewater.aspx>
- Benjumea-Hoyos, C., Ríos-Pulgarín, M. I., & Villabona, S. (2019). Calidad del Agua en las Americas: Riesgos y Oportunidades. In *Ianas* (Issue February).
https://www.researchgate.net/profile/Katherine-Vammen/publication/336778235_Calidad_de_Agua_en_las_Americas_Riesgos_y_Oportunidades_IANAS/links/5db1fa25299bf111d4c1167b/Calidad-de-Agua-en-las-Americas-Riesgos-y-Oportunidades-IANAS.pdf#page=30
- Bravo et al. (2010). “*PROPUESTA DE DESARROLLO PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS AZULES ANEXO CON UN NUEVO SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE PUEBLA, HERMANOS SERDAN*”.
<https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/7819/1/TESINA-OPE-013.pdf>
- Cercana, D. E. P., Hotel, A. L., & Royal, T. H. E. (2021). *Manifestación de impacto ambiental*.
- Delgadillo, O., Camacho, A., Andrade, M., & Pérez, L. (2010). *1. A cleaner causes a mob to undergo two displacements on a floor. If the resultant displacement has a magnitude of 120 cm and is directed at an angle of 55.*
- Deloya, A. (2006). Métodos de Análisis Físicos y Espectrofométricos para el Análisis de Aguas Residuales. *Tecnología En Marcha*, 19(2), 31–40.
https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/30
- Ecuador Estrategico. (2018). *Memoria de cálculo del sistema de agua potable*. 1–13.
https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/bajarArchivo.cpe?Archivo=LDI-tMWnH_ynJaeWxz_aLvVQ0HLYqPLuvEhLHqPAsWU,#:~:text=Se define como caudal máximo,final del período de diseño.&text=Según Norma CO 10.7-601,%2C3-1%2C5.&text=El cons
- Erazo, W. R. S., & Ortiz, E. P. A. (2015). Determinación de Caudales en cuencas con poco información Hidrológica. *Ciencia Unemi*, 7(12), 100–110.
- Escorrentía, T. (n.d.). *Hidrología aplicada*.
- Font, D., Martínez, Y., Arias, E., & Lobelles, G. (2022). Tratamiento de aguas residuales en la industria desde una perspectiva cts. *Revista Minerva*, 3(4), 131–142.
<http://orcid.org/0000-0003-4009-1202>
- Gallegos, A. (2013). *Escuela politécnica nacional*.
- García Martínez, E. M., & Fernández Segovia, I. (2018). Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación.

- Gavilán, S. R., & Aquino, G. C. (2018). Aeromicrología de locales administrativos de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho 2017. *Investigación*, 26(1), 83-87.
- Guevara, J. M. (2013). *DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA VELOCIDAD DE CAÍDA DE SEDIMENTOS COHESIVOS EN SUSPENSIÓN*.
- Harris, D. (2004). Determinación De Materia Orgánica En Aguas: Demanda Química De Oxígeno. *Técnicas Avanzadas En Química*, 1-4.
https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/TAQ/curso0405/TAQP4_0405.pdf
- Hernandez, A. (2007). Instituto De Hidrologia, Meteorología Y Estudios Ambientales. *Ideam-Meteo*, 008(32), 1-10.
http://www.fing.edu.uy/imfia/cursos/hidrometria/material/Guia_de_Monitoreo.pdf
- Investigación, P. D. E. (2021). *Universidad técnica de cotopaxi*.
- Irene, M., & Jhon, G. (2016). Diseño Y Construcción De Una Torre De Sedimentación Para La Evaluación De Los Procesos De Remoción Y Eficiencia En El Tratamiento De Agua Potable. *Correspondencias & Análisis*, 15018, 1-23.
- Jiménes, C. (2018). Mecánica De Fluidos: Viscosidad Y Turbulencia. *Escuela de Física Instituto Tecnológico de Costa Rica*, 6.
- Laverde, P. E. (2014). *Determinación de la huella de carbono organizacional en el Ceasa para elaborar una propuesta de manejo en el período 2013 - 2014*. 1, 283.
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2733>
- Llano, B. A., Cardona, J. F., Ocampo, D., & Ríos, L. A. (2014). Tratamiento fisicoquímico de las aguas residuales generadas en el proceso de beneficio de arcillas y alternativas de uso de los lodos generados en el proceso. *Informacion Tecnologica*, 25(3), 73-82.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000300010>
- Maldonado, V. (2015). *Ing. Víctor Maldonado Yactayo*.
http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualII/tomoII/ma1_tomo2_cap7.pdf
- Marcó, L., Azario, R., Metzler, C., Garcia, M. C., Marcó, L., Azario, R., Metzler, C., Del, M., & Garcia, C. (2004). La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina). *Higiene y Sanidad Ambiental*, 4, 72-82.
- Martínez, R. (2010). La importancia de la educacion ambiental ante los retos actuales. *Revista Electrónica Educare*, XIV(1), 97-111.
<https://www.redalyc.org/pdf/1941/194114419010.pdf>
- Masturoh, I., & Anggita, N. (2018). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DIDÁCTICO DE UN SEDIMENTADOR TIPO LAMELLA*.
- Mejia, E., & Rosas, G. (2016). *Calculo de velocidad media y caudal con base en la velocidad superficial*. May, 31-48.
- Mera Izurieta, J. A. (2019). Detección de metales pesados en sólidos suspendidos totales,

- fijos y volátiles de la Laguna de Limoncocha: un estudio para la conservación y salud ambiental.
- MINAGRI. (2015). Manual N° 5 Medición de agua. *Ministerio de Agricultura y Riego de Lima, 2da Ed.*, 32. <http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual5.pdf>
- Mirassou, S., & Bertranou, A. (2009). “La Gestión Integral de los Recursos Hídricos: Aportes a un desarrollo conceptual para la gobernabilidad del agua. *FLACSO Sede Académica Argentina*, 256. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/1365/2/TFLACSO-02-2009SBM.pdf>
- Miyamoto, Y., & Yamauchi, J. (2010). Cellular signaling of Dock family proteins in neural function. In *Cellular Signalling* (Vol. 22, Issue 2). <https://doi.org/10.1016/j.cellsig.2009.09.036>
- Noyola, A., Morgan, J., & Guereca, L. (2015). Tratamiento de aguas residuales. In *Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales*. <http://es.slideshare.net/EdwinMamaniVilcapaza/seleccion-de-tecnologias-para-el-tratamiento-de-aguas-residuales-municipales>
- Oikawa, S., Tsuda, M., Okamura, Y., & Urabe, T. (1984). Prefulvene as a Stable Intermediate at the Potential Energy Surface Minimum of the Benzene \rightleftharpoons Benzvalene Isomerization Process. *Journal of the American Chemical Society*, 106(22), 6751–6755. <https://doi.org/10.1021/ja00334a047>
- OEFA. (2014). *FISCALIZACIÓN AMBIENTAL EN AGUAS RESIDUALES*. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Ordóñez, J. (2011). ¿ Qué Es Cuenca Hidrológica ? *Sociedad Geológica de Lima*, 1, 1–44. http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca_hidrologica.pdf
- Orellana, J. (2005). Tratamiento De Las Aguas. *Ingeniería Sanitaria- UTN - FRRO*, 1–123. https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf
- Ortiz, K. P. (2020). *Estimación de la velocidad de sedimentación en condiciones de flujo estratificado no estacionario en Zona de Máxima Turbidez -Desembocadura del Río Magdalena, Colombia*. 3–4. <https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/9060/140441.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Peralta-Velsaco, J. (2019). Universidad Técnica de Cotopaxi UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI. *Sistema Biodigestor*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6265>
- Perez, F., & Urrea, M. A. (2018). Abastecimiento de Aguas. *Abastecimiento De Aguas, Coagulación Y Floculación*, 1–34. http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6019/mod_resource/content/1/Tema_06_COAGULACION_Y_FLOCULACION.pdf
- Pérez, L. (2005). Teoría de la sedimentación. *Cátedra De Hidráulica Aplicada a La Ingeniería Sanitaria*, 23.

Pérez, F. C., Martínez, C. L., & Lázaro, R. V. (2013). *Fundamentos físicos de los procesos biológicos. Volumen II*. Editorial Club Universitario.

Quispe Burga, B. L. (2020). Relación del proceso de sedimentación de sólidos totales del agua residual y el estado de las redes de alcantarillado pluvial, Moyobamba.

Skiba, Y. N. (2011). *Introducción a la mecánica de fluidos*. September.

Soriano, A. (2001). Investigación Sobre El Empleo De Membranas En Tratamientos Terciarios De Desinfección. *Doctor*.

http://oa.upm.es/38473/1/Paloma_Batanero_Akerman.pdf

Tania, C. (2007). Instituto De Hidrología, Meteorología Y Estudios Ambientales. *Ideam-Meteo*, 008(32), 1–10.

http://www.fing.edu.uy/imfia/cursos/hidrometria/material/Guia_de_Monitoreo.pdf

Telenchana, A. (2022). Universidad Técnica de Cotopaxi UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI. In *Sistema Biodigestor*.

<https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6322/6/PC-000696.pdf>

Trujillo, D., Duque, L. F., Arcila, J. S., Rincón, A., & Pacheco, S. (2014). *342031331003*.

Villa Coque, J. A. (2019). Validación del método gravimétrico para la determinación de aceites y grasas en aguas naturales y residuales del Distrito Metropolitano de Quito (Bachelor's thesis, Quito, 2019.).

Zaragoza. (2010). *Características de las aguas residuales*. 62.

<http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/Caracteristicas.PDF>

ANEXOS.

Anexo 1. Hoja de vida del tutor



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Dirección de
Investigación

CURRICULUM VITAE ÁGREDA OÑA JOSE LUIS

- **Información personal**

APELLIDOS: Ágreda Oña
NOMBRES: José Luis
CÉDULA DE CIUDADANÍA: 0401332101
TELÉFONO CELULAR: 0986003679
EMAIL INSTITUCIONAL: jose.agreda2101@utc.edu.ec
FACULTAD: CAREN
CARRERA: Ingeniería Ambiental

- **Formación académica**

NIVEL	TITULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO	CÓDIGO DEL REGISTRO CONESUP O SENESCYT
CUARTO	MAGISTER EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL	2018-02-07	1079-2018-1930244
TERCER	INGENIERO EN PETROLEOS	2014-01-03	1001-14-1257655

- **Otra experiencia (capacitación relativa a la propuesta) – Solo los relevantes para esta aplicación.**

GIS -Manejo de Recursos Hídricos- CAREN- Universidad Técnica de Cotopaxi

Anexo 2. Hoja de vida del estudiante.

Datos personales

Nombre	Ana Marife Flores Acosta
Correo electrónico	ana.flores0100@utc.edu.ec
Teléfono	0980950855
Dirección	Quito, La Ecuatoriana, 170102 Quito
Fecha de nacimiento	14 de septiembre de 1999
Lugar de nacimiento	Quito
Género	Mujer



Perfil

Soy una estudiante de Ingeniería Ambiental a punto de graduarme, apasionada por encontrar soluciones sostenibles para los desafíos ambientales. Con experiencia en proyectos prácticos y habilidades de comunicación, estoy lista para contribuir positivamente en la protección de nuestro entorno.

Formación

Estudios primarios
Unidad Educativas Santa Cruz de la Providencia

Estudios Secundarios
Unidad Educativa Liceo Empresarial

Estudios Universitarios
Universidad Técnica de Cotopaxi
Ingeniería Ambiental, en proceso.

Certificados

Auxiliar de Enfermería

Asistencia integral en cuidado del adulto mayor

I Congreso Internacional Difusión de Metodologías de Investigación y Vinculación CAREN 2022.

Creando mapas con datos ambientales, evento participativo en el marco del Open Data Day 2022 y el proyecto Más Datos Más Transparencia.

Anexo 3

Toma de muestra



Anexo 4

Cronometro para medir el tiempo.

01 + 00:23.03 00:23.03

Anexo 5

Tomas de muestras de DQO.



Anexo 6.

Toma de muestras para solidos totales.



Anexo 7

Termo reactor para viales.



Anexo 8

Reactivos para DQO de rango medio.



Anexo 9.

Medición de DQO con el espectrofotómetro.



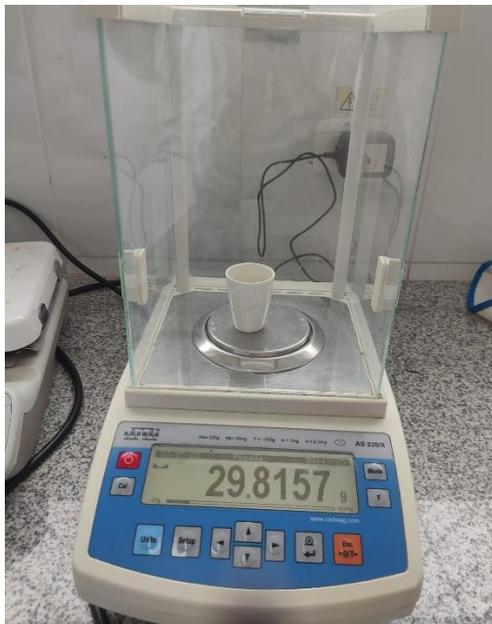
Anexo 10.

Determinación de solidos totales.



Anexo 11.

Pesado del crisol.



Anexo 12.

Toma de muestra para análisis de turbidez.



Anexo 13.

Llenado de columna de sedimentación.

Anexo 14.

Llenado de columna de sedimentación.



Anexo 15.

Toma de muestras para determinar la turbidez.



Anexo 16.

Medición de DQO con el espectrofotómetro.



Anexo 17. Aval del Traductor.



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI



CENTRO
DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“ANÁLISIS DE CAUDAL Y VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMPUS CEASA COMO INSUMO FUNDAMENTAL PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES”** presentado por: **Flores Acosta Ana Marife** egresada de la Carrera de: **Ingeniería Ambiental**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a la peticionaria hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, Febrero del 2024.

Atentamente,

Mg. Marco Paúl Beltrán Sembantes
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CC: 0502666514

