



UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**DISEÑO DE LA ETAPA DE ELECTRO FLOCULACIÓN PARA EL
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES GRISES EN
UN LABORATORIO UNIVERSITARIO**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

Autor

Noguera Muñoz Bayron Bartolo

Tutor

Msc. Pablo Elicio Ron Valenzuela

QUITO– ECUADOR
2024

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, Bayron Bartolo Noguera Muñoz, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre **“DISEÑO DE LA ETAPA DE ELECTRO FLOCULACIÓN PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES GRISES EN UN LABORATORIO UNIVERSITARIO”**, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 22 días del mes de enero de 2024, firmo conforme:

Autor: Bayron Bartolo Noguera Muñoz

Firma: 

Número de Cédula: 2300251846

Dirección: Pichincha, Quito, Calderón, Los Ceibos.

Correo Electrónico: bnoguera@indoamerica.edu.ec - byronnoguera22@gmail.com

Teléfono: 0995964491

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “DISEÑO DE LA ETAPA DE ELECTRO FLOCULACIÓN PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES GRISES EN UN LABORATORIO UNIVERSITARIO” presentado por Noguera Muñoz Bayron Bartolo para optar por el Título de Ingeniero Industrial

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Quito, 12 abril del 2024

.....
Msc. Pablo Elicio Ron Valenzuela

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, 12 abril del 2024



.....
Bayron Bartolo Noguera Muñoz
2300251846

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “DISEÑO DE LA ETAPA DE ELECTRO FLOCULACIÓN PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES GRISES EN UN LABORATORIO UNIVERSITARIO” previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Quito, 12 abril del 2024

.....
Msc. Jacqueline del Pilar Villacis Guerrero
LECTOR

.....
Msc. Fabian Alberto Sarmiento Ortiz.
LECTOR

DEDICATORIA

Quiero dedicarle este logro principalmente a mi esposa Sophia, gracias por ser parte fundamental en este objetivo alcanzado, por tus palabras inspiradoras que alimentaban mi alma cuando sentía que mi voluntad se desmoronaba, gracias por la paciencia, comprensión y sobre todo por todo el amor, eres y siempre serás mi inspiración de seguir alcanzando metas. También dedicarles este trabajo a mis padres, gracias por todos los valores que me supieron enseñar, principalmente la satisfacción de haber cumplidos con tus metas dando lo mejor de ti y siempre con la voluntad de Dios.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todos los docentes que conforman esta prestigiosa institución, especialmente a Ing. Pablo Ron, ya que gracias a sus consejos y recomendaciones profesionales se logró con éxito alcanzar este objetivo planificado.

Extender mis agradecimientos a todos los compañeros que pude conocer en este periodo, haciendo énfasis en que cada recomendación brindada me sirvió para poder crecer profesionalmente.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I	16
INTRODUCCIÓN	16
Marco teórico.....	18
Electro floculador	18
Aguas Residuales.....	19
Aguas grises.....	20
Floculación	20
Antecedentes.....	20
Justificación.....	22
Objetivos.....	23
Objetivo general	23
Objetivos Específicos	23
CAPÍTULO II.....	24
INGENIERÍA DEL PROYECTO	24
Diagnóstico actual del sistema de tratamiento	24
Interpretación resultados de laboratorio	28
Conclusión del sistema actual.....	29
Evaluación de impactos ambientales del sistema actual con metodología Matriz de Vicente Conesa.....	30
Criterios de metodología	30
Valoración del impacto.....	31
Evaluación de resultados de la matriz de Conesa.....	33
Área de estudio:	35
Modelo operativo.....	36
Desarrollo del modelo operativo:	36
Interacción bibliográfica entre metodologías de tratamiento de aguas residuales .	36
Impacto ambiental de las metodologías propuestas	37
Elección de la metodología adecuada.....	37
Diseño del método de Electro floculación.....	38
Planos de construcción	38
CAPÍTULO III.....	39
PROPUESTAS Y RESULTADOS ESPERADOS	39
Interpretación de la propuesta.....	39
Principales parámetros fuera de norma del sistema actual.	39

INTERACCIÓN BIBLIOGRÁFICA ENTRE METODOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	40
Concepto de las perspectivas analizadas bibliográficamente	40
Método de Filtrado	41
Método Floculación.....	42
Método Electro Floculación	44
Método de Tratamiento Biológico.....	45
Determinación del análisis bibliográfico.....	47
IMPACTO AMBIENTAL DE LAS METODOLOGÍAS PROPUESTAS.....	47
Evaluación de impactos ambientales a los métodos propuestos con metodología Matriz de Leopold.	48
Análisis a la evaluación de impactos ambientales de la metodología de	53
Análisis a la evaluación de impactos ambientales de la metodología de Tratamiento biológico.....	54
Análisis a la evaluación de impactos ambientales de la metodología por Electro Floculación	55
Determinación del análisis del impacto ambiental	56
SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA ADECUADA	57
Asignación de porcentaje factores de intervención	57
Determinación del análisis de matriz de factores ponderados.....	59
DISEÑO DE LA ETAPA DE ELECTRO FLOCULACIÓN	60
Parámetros de diseño	60
Diseño del reactor.....	61
Zona de partículas flotantes.....	62
Zona de reacción de iones metálicos y solidos suspendidos.	62
Zona de sedimentación de flóculos formados.	62
Perforaciones en el reactor	63
Determinación del volumen inicial.....	65
Calculo total del volumen inicial del reactor.....	67
Material del reactor.....	68
Diseño del sistema de electrodos.....	69
Sujeción de placas en reactor.....	72
Cálculo del volumen total de tratamiento.....	73
Determinación de voltaje por placa	75

Determinación de intensidad de la corriente	76
Tiempo de retención	79
PLANOS DE CONSTRUCCIÓN	79
RESULTADOS ESPERADOS.	80
COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN	82
Costos de materia prima	82
Costos de mano de obra.....	87
Cálculo del costo total	91
CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN	91
CAPITULO IV	93
Conclusiones.....	93
Recomendaciones	95
BIBLIOGRAFÍA	96
.....	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Niveles de grasa y aceites en los ríos de la ciudad de Quito.....	18
Figura 2 Niveles de Cobre.....	18
Figura 3 Procesos de electro floculación.....	19
Figura 4 Trampa de Grasa del sistema actual.....	24
Figura 5 Primer filtro de arena	25
Figura 6 Segundo filtro de arena	26
Figura 7 Tercer filtro de carbono activado	27
Figura 8 Esquema del prototipo de tratamiento de aguas residuales grises actual.....	28
Figura 9 Diagrama de bloques del modelo operativo.....	36
Figura 10 Representación gráfica de los porcentajes de impacto en el método de Floculación	53
Figura 11 Representación gráfica de los porcentajes de impacto en el método de Tratamiento Biológico.....	54
Figura 12 Representación gráfica de los porcentajes de impacto en el método de Electro-Floculación	55
Figura 13 Vista frontal del reactor	61
Figura 14 Vista inferior del reactor	63
Figura 15 Vista lateral izquierda del reactor	64
Figura 16 Vista lateral derecha.....	65
Figura 17 Diagrama de cuerpo libre zona de sedimentación	66
Figura 18 Vista frontal de placas.....	71
Figura 19 Vista isométrica de ranuras	72
Figura 20 Voltaje vs Intensidad de la corriente.....	77
Figura 21 Vista final.....	80
Figura 22 Esquema plano del reactor	83
Figura 23 Esquema de corte en láminas de tol.....	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resultados de laboratorio	29
Tabla 2 Criterios de Matriz (Conesa, 1997)	30
Tabla 3 Valoración de importancia	31
Tabla 4 Evaluación de impacto ambiental.....	32
Tabla 5 Metodologías de tratamiento	36
Tabla 6 Ponderaciones positivas.....	48
Tabla 7 Ponderaciones negativas	49
Tabla 8 Determinación de impactos	49
Tabla 9 Análisis ambiental Método de floculación	50
Tabla 10 Análisis ambiental método de Tratamiento Biológico	51
Tabla 11 Análisis ambiental método Electro Floculación.....	52
Tabla 12 Escala de importancia.....	57
Tabla 13 Elección de la metodología adecuada.....	59
Tabla 14 Dimensiones del reactor	61
Tabla 15 Ficha técnica.....	69
Tabla 16 Voltaje obtenido experimentalmente.....	77
Tabla 17 Desface porcentual de resultados del tratamiento actual.....	81
Tabla 18 Costos de elementos	86
Tabla 19 Costo total de materia prima.....	86
Tabla 20 Tiempos de producción tomados en la organización.....	87
Tabla 21 Tiempo total de elaboración de reactor y placas metálicas	88
Tabla 22 Rubros de valores a pagar por operario	90
Tabla 23 Cronograma de implementación.....	92

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1 Norma Técnica Para el control de Descarga Liquidas.....	99
Anexo 2 Tabla No A1 de la Norma (NT002).....	100
Anexo 3 Tabla No. A5 sección H Norma (NT002)	101
Anexo 4 Tabla No. A3 Norma (NT002)	101
Anexo 5 Resultados de laboratorio del sistema actual	102
Anexo 6 Norma INEN 003.....	103
Anexo 7 Planos de construcción	104

UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: “DISEÑO DE LA ETAPA DE ELECTRO FLOCULACIÓN PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES GRISES EN UN LABORATORIO UNIVERSITARIO”

AUTOR: Bayron Bartolo Noguera Muñoz

TUTOR: Msc. Pablo Elicio Ron Valenzuela

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de titulación fue basado en los análisis de laboratorio que se realizaron en el prototipo de tratamiento agua grises residuales de uso doméstico ubicado en el los laboratorios de la facultad de ingeniería, la mismas que no cumplen con los parámetros establecidos por la Norma técnica (NT002) de la Ciudad de Quito para las descargas en alcantarillados, caudales de agua y reutilización en riegos agrícolas. Por tal motivo se propone implementar una nueva etapa al actual sistema correspondiente a la metodología de electro floculación la misma que fue previamente comparada con otras tres metodologías para garantizar dicha elección. Una vez, encontrado los motivos para elegir el método de electro floculación se establecen los parámetros que intervendrán dentro del sistema las cuales son: volumen total de reacción 110 litro de agua residual a tratar con 24 placas metálicas que actuarán como electrodos sumergidos tales que serán divididos en 12 placas de aluminio y 12 placas de hierro, el tiempo de retención será de 1 hora y 38 minutos respectivamente, con respecto a la energía eléctrica que se aplicara esta será de 12 voltios con 22 amperes de intensidad previamente según datos bibliográficos garantizando una efectividad del 87.6%. Los resultados esperados con la implementación de este proyecto es el de mejorar las propiedades de las aguas residuales para posteriormente cumplir con la normativa ya antes mencionada. Se recomienda que las aguas residuales que ya fueron mejoradas en sus propiedades puedan ser utilizadas en otras actividades para fomentar el reciclado de este recurso hídrico.

DESCRIPTORES: Electro floculador, Aguas Residuales, recurso hídrico

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

Faculty of Engineering, Industry and Production

Industrial Engineering

AUTHOR: NOGUERA MUÑOZ BAYRON BARTOLO

TUTOR: RON VALENZUELA PABLO ELICIO

ABSTRACT

DESIGN OF THE ELECTRO-FLOCCULATION STAGE FOR THE GREY WASTEWATER TREATMENT SYSTEM IN A UNIVERSITY LABORATORY.

The current project was based on laboratory analyses that were carried out on the prototype domestic wastewater treatment, located in the laboratories of the engineering faculty, which do not meet the parameters established by the Technical Standard (NT002) Quito's city, to discharge into sewers, flowing water, and reusing it for agricultural irrigation. For this reason, it is proposed to implement a new stage in the current system that corresponds to the electro-flocculation methodology, the one that was previously compared with three other methodologies to ensure such an election. Once, the reasons for choosing the electro-flocculation method are found the parameters that will intervene within the system: total reaction volume of 110 liters of wastewater to be treated with 24 metal plates that will act as submerged electrodes; such that they will be divided into 12 aluminum plates and 12 iron plates, the retention time will be 1 hour and 38 minutes respectively. Concerning the electrical energy to be applied, it will be 12 volts with 22 amperes of intensity previously, according to bibliographic data, guaranteeing an effectiveness of 87.6%. The objective of implementing this project is to improve wastewater properties and comply with the regulations to promote the recycling of this water resource, it is suggested to use wastewater that has already been improved in its properties in other activities.

KEYWORDS: Electro flocculant, wastewater, water resource.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Una de las problemáticas muy graves y comunes que vive la sociedad es la contaminación ambiental, ya sea por efecto de la industrialización de los países avanzados industrialmente o los países en rutas de desarrollo, por efecto de la sobrepoblación que existe en la actualidad o a su vez por la inconciencia o incompetencia de la gravedad de las consecuencias que podrían acarrear la alteración de los recursos ambientales, estableciendo que este tema es de vital importancia para el futuro de nuestra sociedad. (Carrión, 2020)

La contaminación a los recursos hídricos es un inconveniente que día a día se agudiza globalmente ya que de este depende la vida en el planeta. Según reseñas de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) se establece que tan solo el 3.5% de toda el agua que coexiste en el planeta corresponde a agua dulce, la cual el 70% de este pertenece a glaciares, el 29% se encuentra en los humedades del suelo, menos del 1% en cuencas hidrográficas arroyos y ríos y tan solo el 0.025% es agua potable, es decir agua que es tratada para el consumo humano, sin embargo, este porcentaje tiende a disminuir debido a la contaminación desmesurada del líquido vital. (Carrión, 2020)

El tratamiento de aguas residuales busca en cierta forma compensar hacia el medioambiente la alteración de la calidad de los recursos hídricos del planeta. No siempre las aguas residuales que llegan a dichos recursos son tratadas de la mejor manera o peor aún no tratadas netamente. En un estudio realizado por el banco mundial el 19 de marzo del 2020 aprovechando el día mundial del agua revelo que aproximadamente el 80% del agua residual no es tratada eficiente y tentativamente el porcentaje tiende al aumento. (Banco Mundial , 2020)

En Estados Unidos los contaminantes industriales oscilan cerca de los 3.63 millones de toneladas anuales, las cuales solo el 10% son tratados ecológicamente. (Parra, 2016).

En Latinoamérica y el Caribe la situación en relación a la contaminación de recursos hídricos es aún más grave que en otras regiones, si bien es cierto esta parte del planeta posee el 30% de las fuentes de agua a nivel mundial, los estándares de recursos hídricos contaminados son muy elevados, estimando que cerca del 40 % de dichos recursos se encuentran en estado crítico de contaminación. (Prashad, 2020)

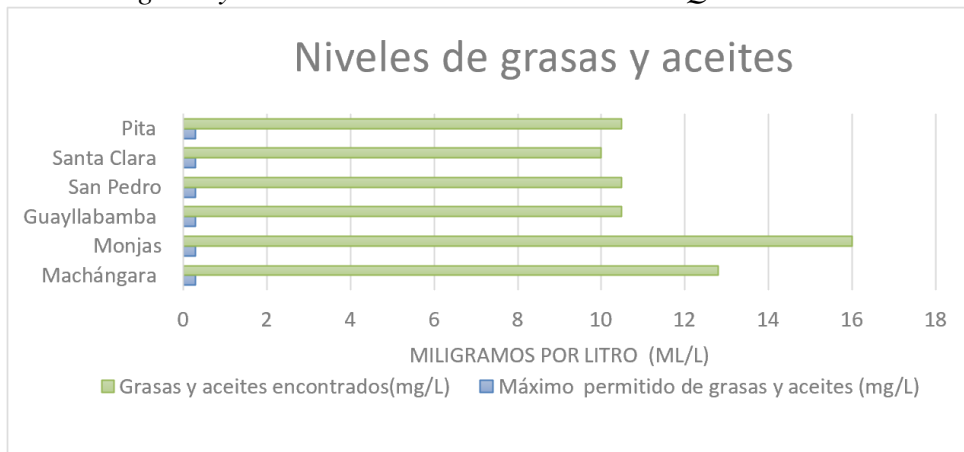
El 70 % de las aguas residuales en América Latina son descargadas en cuerpos de agua naturales sin haber cumplido con los parámetros permisibles requeridos de descarga, es decir que los métodos de tratamiento de agua no son eficientes en esta región ya sea por factores económicos, políticos o de infraestructura. (Sánchez, 2022).

Según la Secretaría del Ambiente, el ente de control ambiental en la ciudad de Quito menciona que la falta de tratamiento de aguas residuales en el Ecuador maximiza la contaminación en los recursos hídricos del país. La red de monitoreo de la Secretaría de Ambiente de Quito establece que la falta de tratamiento de aguas residuales fomenta que los seis principales ríos de la capital presenten porcentajes considerables de grasas y aceites, cobres y detergentes. (Machado, PRIMICIAS, 2020)

Dicha entidad de control determina que los ríos analizados posean una buena calidad de agua, esta no debe pasar de los 0.3 miligramos por litro de agua de grasas y aceites y 0.005 miligramos de cobre por litro de agua. (Machado, PRIMICIAS, 2020)

Figura 1

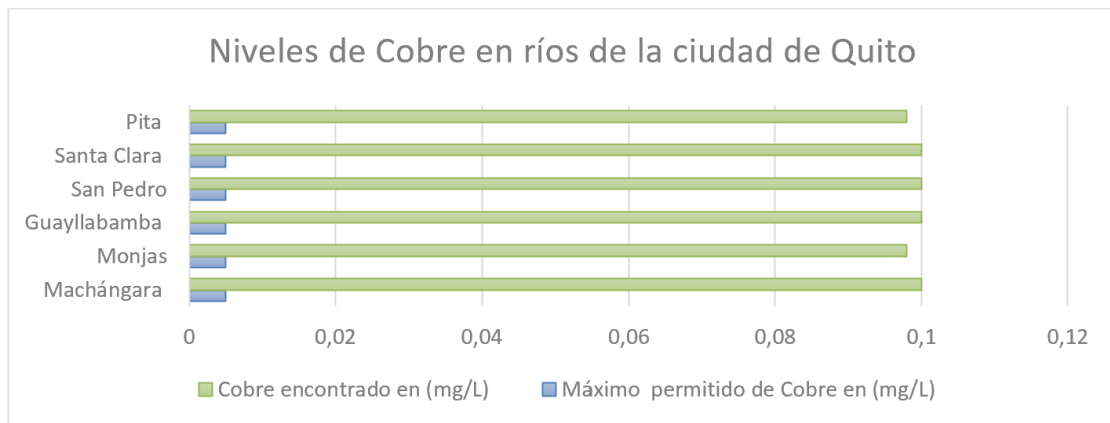
Niveles de grasa y aceites en los ríos de la ciudad de Quito



Nota. Se evidencia que los niveles de grasas y aceites son altos en las aguas residuales de los ríos de la ciudad de Quito. Tomado del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2020. Elaborado por: Autor, 2023

Figura 2

Niveles de Cobre



Elaborado por: Autor

Fuente: Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2020.

Marco teórico

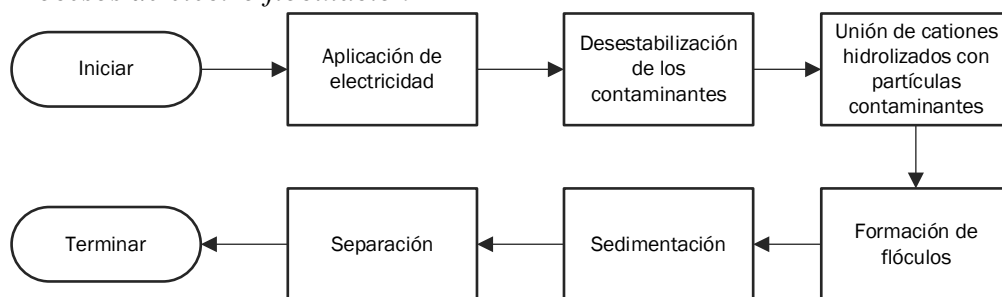
Electro floculador

Unas de las soluciones que busca mejorar las propiedades del agua residual corresponde al tratamiento de aguas grises el cual consiste en la implementación de sistemas electro floculadores a plantas de tratamiento de aguas residuales. Este proceso de descontaminación interviene directamente en la flotabilidad de los sólidos suspendidos que se encuentran en las aguas grises residuales con la aplicación de energía eléctrica a bajo

voltaje donde través del agua a tratar actúa la tecnología electroquímica, la misma que se encarga del estudio de las reacciones actividades de óxido-reducción. (Vargas, 2018)

El funcionamiento consiste en la liberación de iones metálicos provenientes del aluminio, aunque por costos de fabricación la implementación del hierro es predominante en este tipo de dispositivos. Una vez que los iones metálicos cargados positivamente entren en contacto con los sólidos suspendidos que poseen carga negativa proceden a la formación de flóculos aumentando el volumen de los mismos, esta acción hace que los flóculos se sedimenten formando una especie de lodos la cual mediante un proceso de separación facilita la extracción. (Coky, 2016)

Figura 3
Procesos de electrofloculación



Elaborado por: Autor
Fuente: (Vargas, 2018)

Aguas Residuales

Las aguas residuales se denominan de tal forma ya que han sido utilizadas por el ser humano para satisfacer sus necesidades básicas en sus hogares, comunidades o actividades industriales y por efecto del uso se altera la calidad de recurso para luego ser evacuada o descargada hacia la red de alcantarillado o hacia un cauce de agua. Las aguas residuales están combinadas por componentes físicos, químicos y biológicos, conteniendo sustancias orgánicas e inorgánicas suspendidas o disueltas. (Díaz, 2018)

Aguas grises

Las aguas grises son aguas residuales domésticas que provienen específicamente de lavamanos, duchas, aguas provenientes de cocinas y lavadoras. Este tipo de aguas contienen bajo contenido de materia orgánica y carga fecal. Las aguas grises suelen ser tratadas para ser utilizadas como aguas de riego o son recicladas para llenar cisternas de inodoros y lavar pisos. (Asociación Española de Empresas del Sector del Agua, 2018)

Floculación

Se le denomina floculación al efecto de aglomerar partículas coloidales que se encuentran desestabilizadas por acción de un reactivo químico como coagulante, este reactivo genera la desestabilización de las partículas haciendo que se aglomeren formando flóculos más grandes y estos a su vez van sedimentándose por acción de la gravedad. (Acura, 2023)

Antecedentes

Con el fin de promover una cultura sostenible dentro de la sociedad las instituciones educativas ya sean en escuelas, colegios, institutos o universidades proponen dentro de sus mallas curriculares temas que promuevan el bienestar del medio ambiente, con el fin de que los futuros profesionales puedan concientizar la mencionada problemática sobre el medio ambiente o a su vez tomar decisiones en función de la mejora y preservación del ecosistema.

En una universidad ubicada dentro del sector norte de la ciudad de Quito específicamente en la facultad de ingeniería, enfatizan constantemente las problemáticas ambientales que se desarrollan en el entorno. Por tal motivo en los laboratorios de mencionada institución se elaboró un prototipo de tratamiento de aguas grises residuales con el objetivo de que los alumnos puedan ser capaces de comprender de una manera más clara y práctica la maniobra

del tratamiento de aguas residuales, sin embargo, el prototipo en la actualidad está abierto para la aplicación de nuevas mejoras.

El actual sistema comprende en primera instancia; una trampa de grasa la cual detiene el paso de aceites y grasas, posteriormente las aguas residuales pasan por dos estaciones de filtrado de arena, la cual cuenta con distinta calibración del granulado. Por ultimo las aguas residuales pasan por una estación de filtrado de carbono activado la cual filtra con más exactitud el proceso. En el diseño actual, el ciclo se ejecuta gracias a bombas electro sumergibles que permiten el flujo del sistema. Las aguas residuales que se utilizan en el actual sistema corresponden aguas grises de uso doméstico como cocina, lavadoras y lavamanos.

La problemática más relevante que posee el actual sistema es que el análisis realizado por los laboratorios no cumple con los parámetros permisibles para descargas en los alcantarillados y causes de aguas que redacta la Norma Técnica para Control de Descarga Liquidas (NT002) Pag 10, **Anexo 2**

Dado que los análisis del sistema actual no cumplen con los parámetros que dicta la norma ya antes mencionada, esta tampoco puede ser reutilizada en riegos agrícolas, ya que tampoco cumple con los parámetros permisibles para riego agrícola que estipula la Norma Técnica para Control de Descarga Liquidas (NT002) Pag 13, **Anexo 4**

Es así, que el presente trabajo busca mejorar las condiciones fisicoquímicas del agua residual y para ello se busca otra alternativa de tratamiento a través del proceso de electro floculación analizando el tiempo que le toma realizar la separación de solidos disueltos atrapando contaminantes como grasas y aceites, considerando el tiempo de operación, los costos del proceso de electro floculación frente al sistema de tratamiento actual.

Justificación

La presente propuesta posee sustancial **importancia** en el tratamiento de aguas residuales ya que se pretende demostrar mediante los cálculos y diseño la mejora y reducción en la cantidad de parámetros contaminantes que se encuentran por el límite superior de sus niveles permisibles a través del diseño de la nueva metodología de tratamiento y de bajo costo para el usuario del proyecto, siendo una alternativa al mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas al actual sistema de tratamiento de aguas grises domesticas residuales en los laboratorio de la carrera de Ingeniería Industrial.

El sistema de electro floculación tendrá un **impacto** positivo en el actual sistema de tratamiento de aguas esperando que el proceso propuesto optimice los tiempos de operación del sistema, también el presente proyecto pretende impactar en la comunidad universitaria para que sea ejemplo de aprendizaje como un método alterno de tratamiento.

La etapa de electro floculación es de mucha **utilidad** porque permite demostrar como la electricidad puede ser de gran aporte en el tratamiento de aguas residuales sumándose a un tratamiento sostenible siendo amigable con el medio ambiente. Los alumnos de la Universidad podrán analizar el método propuesto y generar discusión entre los métodos empleados para el tratamiento y reutilización aguas grises domesticas residuales.

Los **beneficiarios** del presente trabajo son los estudiantes de la Universidad ya que pueden experimentar a través del proceso de electro floculación otro método eficaz para el tratamiento de aguas gises domésticas. Si el modelo puede replicarse a gran escala se espera que pueda beneficiar a la economía de los hogares e industrias permitiendo reutilizar las aguas grises y contribuya en la mejora continua del proseo de tratado de aguas residuales.

El diseño propuesto es **factible** ya que el sistema de tratamiento de aguas residuales cuenta con un espacio para la instalación en los laboratorios de la etapa de floculación, la misma que permite mejorar las propiedades fisicoquímicas de las aguas a tratar y puedan ser

descargadas al sistema de alcantarillado, caudales de agua o reutilizadas para riego agrícola o jardinería.

Objetivos

Objetivo general

- Proponer el diseño de electro floculador al actual prototipo de tratamiento de aguas residuales grises domésticas del laboratorio universitario, mediante parámetros técnicos de ingeniería, para el mejoramiento de las propiedades del agua residual referenciadas en la normativa de control de descargas aguas residuales.

Objetivos Específicos

- Interpretar los análisis de laboratorio del estado actual del sistema de tratamiento de aguas residuales frente la norma técnica para el control de descargas líquidas (NT002) para determinar su factibilidad de descarga.
- Identificar cuál es la metodología ideal de tratamiento de agua residual para proponer como propuesta de mejora al prototipo actual de tratamiento de aguas grises domésticas.
- Determinar las variables que intervienen en el proceso de electro floculación para el diseño y funcionamiento en la etapa del sistema de tratamiento de aguas residuales.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

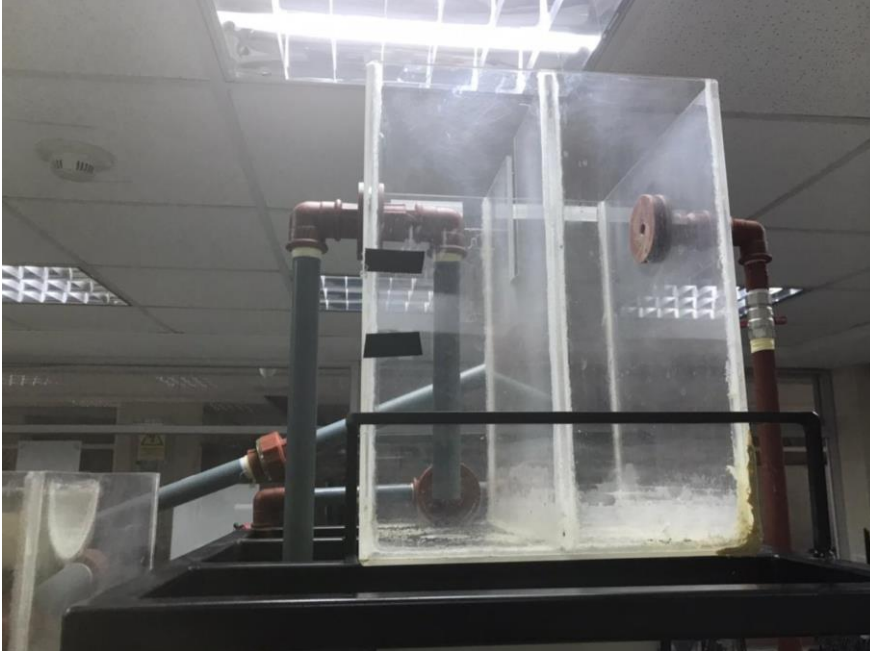
Diagnóstico actual del sistema de tratamiento

El sistema de tratamientos de aguas grises residuales de uso doméstico que se encuentra en los laboratorios de ingeniería de la mencionada universidad cuenta con tres fases de filtrados, tales que se mencionan a continuación.

Fase 1 (Trampa de grasa). – Esta fase da inicio al sistema de tratamiento de aguas grises la cual tiene como objetivo separar las grasas, aceites o cualquier otra sustancia de menor densidad que estén presentes en las aguas grises residuales. Para esta fase el agua residual tiene que reposar en el recipiente entre 10 a 15 minutos, con el fin de que los ingresantes de menor densidad puedan colocarse en la parte superior del mencionado recipiente.

Figura 4

Trampa de Grasa del sistema actual



Nota. Fotografía tomada por el autor en el laboratorio universitario de la facultad de ingeniería

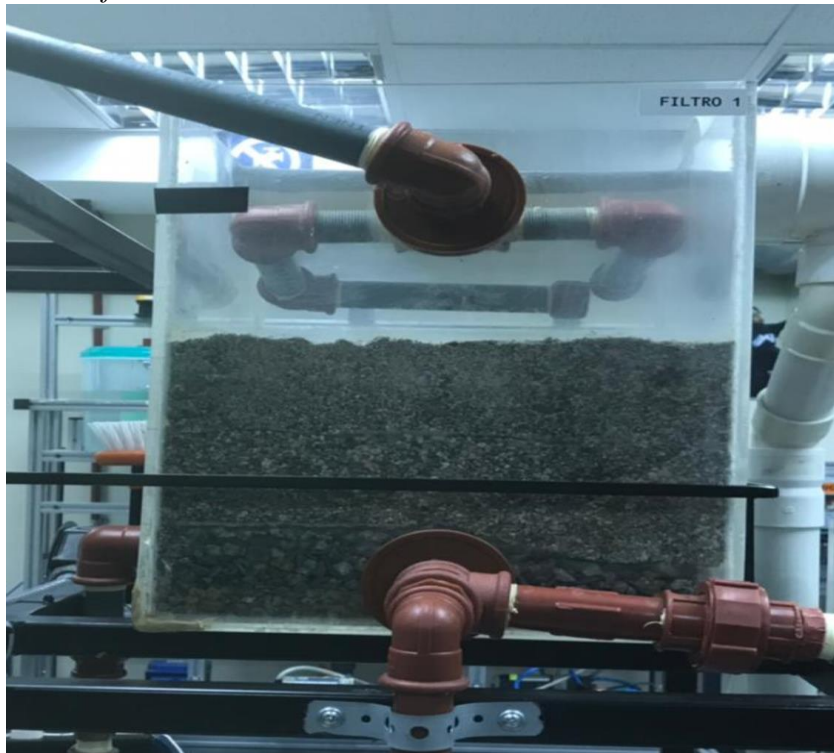
Como se detalla en la **Figura 4** el agua residual ingresa por la parte derecha del recipiente y una vez las grasas y aceites se encuentren separadas por su densidad estas son retiradas manualmente y el agua sin grasa sale por la parte izquierda del recipiente a la siguiente

fase.

Fase 2 (Filtrado por arena). – En esta fase se encuentran dos recipientes de filtros de arena de diferente espesor la cual permite filtrar las impurezas que se encuentren en las aguas grises residuales.

Figura 5

Primer filtro de arena



Nota. Fotografía tomada por el autor en el laboratorio universitario de la facultad de ingeniería

La granulación en el primer filtro de arena correspondiente a la **Figura 5** está de entre los 2.5 mm hasta 1mm de espesor, predominando la granulación con mayor diámetro.

Figura 6
Segundo filtro de arena



Nota. Fotografía tomada por el autor en el laboratorio universitario de la facultad de ingeniería

Para el segundo filtro de arena correspondiente a la

Figura 6 la granulación en la arena es similar a la del filtro uno, con la diferencia que en este recipiente la granulación que predomina es la de menor diámetro.

Fase 3 (Filtro de carbono activado). – En esta fase a más de la arena también actúa como ente filtrante el carbono activado que es colocado en la parte superior de las capas de arena para precisar el proceso de filtrado.

Figura 7

Tercer filtro de carbono activado



Nota. Fotografía tomada por el autor en el laboratorio universitario de la facultad de ingeniería

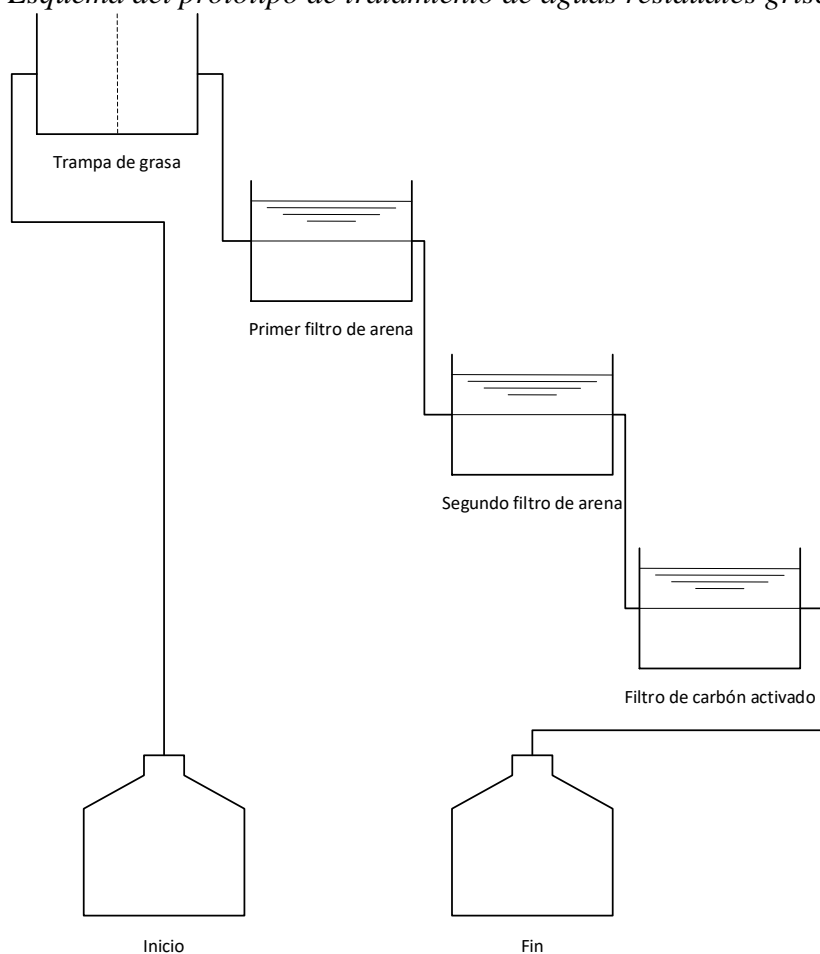
Al ser la

Figura 7 la fase final del tratamiento de aguas residuales grises, la filtración debe ser más precisa dado que es el resultado final del sistema actual.

El proceso de recirculación de las aguas residuales puede ser posible por la intervención de bombas electro sumergibles que permiten que el agua residual fluya por todo el sistema, el tiempo estimado que se toma el funcionamiento de todo el sistema es de 45 minutos con un resultado de 0.025 metros cúbicos de aguas grises residuales tratada. La metodología de tratamiento de aguas residuales en todas las fases del actual sistema pertenece al método por filtrado, siendo este una de las problemáticas a tratar ya que se pretende proponer un nuevo método de tratamiento de aguas residuales que sea más práctico y de características físico químico, que permitan ayudar al aprendizaje teórico practico de los estudiantes de la mencionada universidad.

Figura 8

Esquema del prototipo de tratamiento de aguas residuales grises actual



Elaborado por: Autor

Interpretación resultados de laboratorio

Con el fin de analizar los resultados obtenidos correspondiente al tratamiento de aguas grises residuales la institución realizó un análisis de laboratorio para determinar los resultados y la eficiencia del sistema actual, dado que en este prototipo se utilizó aguas grises domésticas se utiliza como referencia la Tabla No. A5 Guía Orientativa de los parámetros de descarga a analizarse. Sección H. Hoteles y Restaurantes de la Norma Técnica para el Control de Descargas Líquidas (NT002) **Anexo 3** de la Ciudad de Quito, donde los parámetros a medir son caudales, Demanda biológica de oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO),

Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sustancias Activas de Azul de Metileno (SAAM), aceites y grasas.

Tabla 1

Resultados de laboratorio

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO FRENTE A LA NORMA TÉCNICA (NT002)

Parámetros	Unidad	Normativa técnica para descargas en alcantarillado	Normativa técnica para descargas en Caudales de agua	Resultados de análisis de laboratorio
<i>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)</i>	Mg/l	170	100	190.89
<i>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i>	Mg/l	350	160	496.4
<i>Sólidos Suspendidos Totales (SST)</i>	Mg/l	120	100	168
<i>Turbidez</i>	NTU			79.5
<i>Potencial de hidrogeno(pH)</i>		6-9	6-9	7

Elaborado por: Autor

Fuente: Datos obtenidos de Norma Técnica para el Control de Descargas Líquidas (NT002) de la Ciudad de Quito

Conclusión del sistema actual

El sistema actual de tratamiento de aguas grises residuales comprende de una sola metodología de tratamiento y esta corresponde al filtrado por arena y carbón activado, por otra parte, los resultados de laboratorio según los datos en la **Tabla 1** los parámetros obtenidos en los análisis de laboratorio demuestran que las aguas grises residuales no pueden ser descargadas directamente en los alcantarillados y caudales de agua, por tal motivo se determina que la metodología por filtrado del sistema actual en cierta forma no cumple con la normativa técnica vigente y por ende se plantea una nueva etapa de tratamiento no convencional eco amigable con el medio ambiente que principalmente pueda mejorar las propiedades del agua residual referente a los sólidos suspendidos ya sea para las descargas en el alcantarillado o en caudales de agua. Uno de los propósitos que también se pretende alcanzar con la implementación de mejora al sistema de tratamiento de aguas grises residuales es el de reciclado de dichas aguas, las mismas que pueden ser utilizadas en los

riegos de jardines cumpliendo con los parámetros que establece la normativa técnica (NT002).

Según el **Anexo 5** los resultados de laboratorio fueron realizados el 2 de mayo del 2019, sin embargo, hasta la actualidad no se han realizado modificaciones al sistema de tratamiento de aguas grises residuales, por tal motivo no es necesario que se realicen nuevos análisis en la actualidad.

Evaluación de impactos ambientales del sistema actual con metodología Matriz de Vicente Conesa.

Esta metodología se enfoca en el análisis de causas y efectos que ocasionan los impactos producidos hacia el medio ambiente las descargas de aguas residuales que no son tratadas de una manera eficiente o que no cumplan con los parámetros a la cual sean comparados. La presente matriz puede ser adaptada a la problemática que se establece en el actual sistema de tratamiento de aguas residuales ya que en dicha analogía causa efecto se pueden identificar todas las interacciones que actúan frente al caso de estudio, las mismas que se evalúan mediante expresiones algebraicas y así poder valorar cada uno de los criterios obtenidos y determinar su importancia

Criterios de metodología

Tabla 2
Criterios de Matriz (Conesa, 1997)

Intensidad (I)		Area de influencia (AI)	
Baja	2	Puntual	2
Media	4	Local	4
Alta	8	Regional	8
Muy Alta	12	Extrarregional	12
Plazo de manifestación (PZ)		Persistencia (PE)	
Largo Plazo	4	Fugaz	1
Medio Plazo	2	Temporal	2
Inmediato	1	Permanente	4
Reversibilidad (R)		Sinergia (S)	

Reversible	1	Sin sinergismo	1
Medio Plazo	2	Sinérgico	2
Irreversible	4	Muy sinérgico	4
Acumulación (AC)		Relación causa-efecto (RCE)	
Simple	1	Indirecto	1
Acumulativo	4	Directo	4
Periodicidad (RM)		Recuperabilidad (RE)	
Irregular	1	Recuperable	2
Periódico	2	Mitigable	4
Continuo	4	Irrecuperable	8

Elaborado por: Autor
Fuente: (Conesa, 1997)

Con ayuda de esta metodología se logra determinar el grado de importancia de la generación de aguas residuales sobre el ambiente receptor, para lo cual es tomado en cuenta una serie de características atribuidas a cada uno de los impactos ambientales, las mismas que estarán compuestas a través de un análisis matemático que proporcionará el Índice Único denominado *Importancia del Impacto Ambiental (IM)*, ecuación que se indica a continuación:

$$Importancia(IM) = 3(I) + 2(AI) + (PZ) + (PE) + (R) + (S) + (AC) + (RCE) + (RM) + (RE)$$

Valoración del impacto

Los impactos ambientales se los clasificará en función del valor de su Importancia, ya sean estas críticos y no críticos respectivamente; valores que podrían estar dentro de los siguientes rangos:

Tabla 3
Valoración de importancia

Denominación de Impacto		Rangos del Valor de Importancia (IM)	
Bajo	NO CRÍTICOS	IM < 25	
Moderado		25 < IM < 50	
Severos	CRÍTICOS	50 < IM < 75	
Muy alto		75 < IM	

Elaborado por: Autor
Fuente: Estudio de Titulación UTI (Sevillano, 2022)

Tabla 4

Evaluación de impacto ambiental

Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales Matriz Vicente Conesa Fernández DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES				SIGNO	INTENSIDAD	EXTENSIÓN	MOMENTO	PERSISTENCIA	REVERSIBILIDAD	SINERGIA	ACUMULACIÓN	CAUSA EFECTO	PERIODICIDAD	RECUPERABILIDAD	IMPORTANCIA	
MEDIO ABIOTICO Y BIOTICO	COMPONENTE FISICO	AIRE	Calidad del aire	-1	2	2	4	4	1	1	1	4	4	2	-31	
			Ruido													
		AGUA	Calidad del agua	-1	8	4	1	4	1	2	1	4	4	4	4	-53
			Infiltraciones	-1	4	4	2	4	1	1	4	1	4	2	4	-39
		SUELO	Calidad del Suelo	-1	4	4	2	4	1	2	4	1	4	4	4	-42
			Cambio de uso de suelo	-1	2	2	4	4	1	1	1	1	4	4	4	-30
			Permeabilidad	-1	4	2	2	4	1	1	1	1	4	4	4	-34
	Erosión															
	COMPONENTE BIOLOGICO	FLORA	Cobertura vegetal natural	-1	4	2	2	4	1	1	4	1	4	4	4	-37
			Cultivos	-1	4	2	2	4	1	2	1	1	4	4	4	-35
		FAUNA	Fauna acuática	-1	8	4	1	4	1	2	4	4	4	8	8	-60
			Fauna terrestre	-1	8	2	1	4	1	2	4	4	4	8	8	-56
			Aves													
	COMPONENTE SOCIAL	USO DEL TERRITORIO	Zona residencial	-1	8	4	4	4	1	2	1	1	4	2	2	-51
			Zona Comercial	-1	8	4	4	4	1	2	1	1	4	2	2	-51
		SERVICIOS E INFRAESTRUCTURA	Red de servicios	-1	8	4	4	4	1	2	1	4	4	4	4	-56
			Paisajes	-1	8	4	1	4	1	1	1	1	4	2	2	-47
			Estructuras													
		ANTROPOGENICO	Aceptación social													
			SISO													
CULTURAL		Empleo														
	Arqueología															

Elaborado por: Autor

Evaluación de resultados de la matriz de Conesa

Los resultados de la evaluación de impactos demuestran 14 interacciones, entre la actividad de generación de aguas residuales del actual sistema frente a los factores ambientales. Se determinó que el 100% de los impactos ambientales son negativos, el 57% de impactos ambientales recaen en la categoría de impactos críticos y el 43% en impactos no críticos.

La presente evaluación permite identificar que no existe parámetros de importancias de muy alto, es decir que se encuentran en un nivel crítico extremo, esto demuestra que el actual sistema si es funcional, sin embargo, la metodología no es suficiente para alcanzar la eficiencia máxima del sistema de tratamiento de aguas grises residuales domésticas.

Para el componente físico el impacto más crítico es la alteración a la calidad del agua, en el componente biótico la mayor afectación la sufre la fauna marina y terrestre; para el componente social la afectación crítica es para la zona residencial, comercial y la red de servicios.

Con respecto a las valoraciones de la importancia en el marco de moderado existe una interacción que tiende a severo, esta interacción corresponde al componente social en el campo de servicios de infraestructura impactando directamente a los paisajes. Con la propuesta de mejora al sistema actual se busca que todas las interacciones que intervienen con respecto al impacto ambiental que provoca el tratamiento de aguas residuales pasen de críticos a no críticos, es decir que el tratamiento no posea ponderaciones en su importancia de severo.

La metodología permitió establecer que el sistema actual si está abierto a nuevas mejoras para lograr un eficiente tratamiento de aguas residuales, implementando una nueva etapa en el sistema actual con una metodología no convencional que sea amigable con el medio ambiente y de bajos costos operativos.

Veneficio por reciclado de agua residual

Existe una alternativa sostenible que a más de beneficiar directamente al cuidado del agua también puede ser objeto de ahorro económico a las familias en general, esta alternativa trata del reciclaje del agua. El consumo masivo de agua a diario en la ciudad de Quito es de aproximadamente 140,7 litros por habitante, sin embargo, según datos preliminares de la organización mundial de la salud determina que una persona solo necesita 100 litro de agua diarias para cumplir con sus necesidades. Esta problemática se agudiza en verano, dado que cada habitante puede consumir hasta 250 litros de agua diaria dentro de la ciudad de Quito, haciendo que esta sea la ciudad que más agua consume por habitante a comparación de otras grandes ciudades como Cuenca que su punto máximo de consumo es de 180 litros de agua diaria por habitante. (Machado, Primicias, 2023)

El incremento de consumo de agua por habitante en verano en la ciudad de Quito se da por la mala utilización de este líquido. Datos extraídos por la EPMAPS determinan que este aumento del 20% del consumo de agua potable en la capital se da por el uso de este recurso en riegos de jardines, por el riego de suelo en zonas de desérticas para reducir la emisión de polvo, en zonas residenciales que utilizan piscinas, excesivo uso de agua potable para el lavado de vehículos, etc. Según Interagua determina que el metro cubico de agua tiene un valor de \$ 0.324. (El Comercio, 2019)

Debido a que el sistema actual no cumple con los parámetros establecidos por la Norma Técnica para el Control de Descargas Líquidas (NT002) de la Ciudad de Quito para la descarga en alcantarillados y caudales de agua, estas tampoco pueden ser recicladas y ser utilizadas en aguas de riegos para jardín, siendo esta una de las razones de incremento de consumo de agua en la ciudad de Quito. Según (anexo de riego) que dicta la Norma Técnica para el Control de Descargas Líquidas (NT002) de la Ciudad de Quito, determina las propiedades que tiene que poseer las aguas residuales para ser utilizadas en riegos agrícolas,

por lo que este proyecto pretende que la propuesta de mejora al sistema actual de tratamiento de aguas grises residuales pueda mejorar dichas propiedades y darles un nuevo destino a las aguas tratadas.

Se determina que en el actual sistema es necesaria la implementación de una nueva etapa de tratamiento de aguas grises residuales ya que solo posee una sola metodología de tratamiento, debido a que según los análisis de laboratorios **Anexo 5** los parámetros no son óptimos para su posterior descarga en los alcantarillados y causes de aguas como lo indica la normativa técnica (NT002) **Anexo 1**. Por otra parte, los resultados de los análisis de impactos ambientales utilizando la matriz de Vicente Conesa determino que el actual sistema no posee impactos ambientales con ponderación muy alta, sin embargo, cerca del 43% de las interacciones son de valoración severa que pertenecen al grupo de las ponderaciones críticas, por ende, se pretende que con la propuesta de mejora todas estas valoraciones pasen de críticas a no críticas. Una de las alternativas que se busca con la propuesta de mejora del sistema de tratamiento de aguas grises residuales es que dichas aguas residuales puedan ser reutilizadas en otras actividades como en riego de jardines.

Área de estudio:

Dominio: Tecnología y Sociedad

Línea de Investigación: Gestión del medio ambiente y la sostenibilidad

Sub línea: Diseño de productos y servicios ecológicos,

Campo: Ingeniería Industrial

Área: Gestión Ambiental

Aspectos: Diseño de la etapa de Electro floculación en el tratamiento de aguas residuales

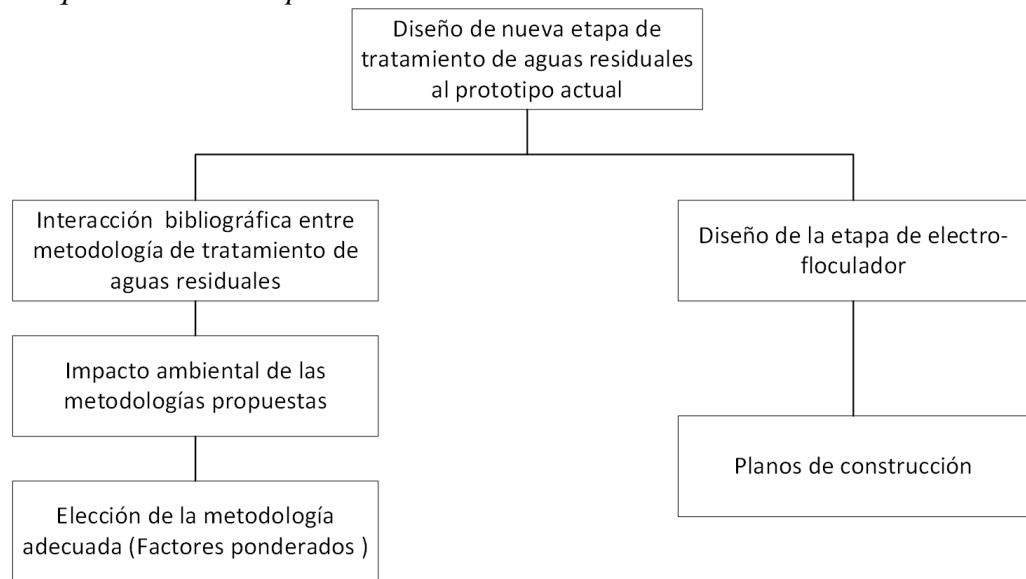
Objeto de estudio: Laboratorio universitario de la facultad de ingeniería

Periodo de análisis: octubre 2023 – enero 2024

Modelo operativo

Figura 9

Diagrama de bloques del modelo operativo



Elaborado por: Autor

Desarrollo del modelo operativo:

Interacción bibliográfica entre metodologías de tratamiento de aguas residuales

Se pretende analizar bibliográficamente las metodologías más comunes dentro del tratamiento de aguas residuales, las mismas que intervendrán conceptos como: fuente actuadora, Impactos ambientales, ventajas y desventajas

Tabla 5

Metodologías de tratamiento

INTERACCIÓN ENTRE LAS METODOLOGÍAS

Metodología	Fuente actuadora	Impacto ambiental de la metodología	Ventajas	Desventajas
<i>Filtrado</i>	Material granulado y carbón activado	A semeja a las condiciones de la Naturaleza. Carbón activado	Fácil purificación del sistema	Se necesita completar con otras metodologías
<i>Floculación</i>	Sales de aluminio y hierro	Productos químicos suelen impactar de forma negativa a los recursos hídricos	Variedad de agentes floculantes	El excesivo uso de químicos puede empeorar las propiedades del agua residual

<u>Electro-Floculación</u>	<u>Electricidad</u>	<u>Eco Amigable no requiere de productos químicos</u>	<u>Es generado por electricidad</u>	<u>Si se excede en la aplicación de electricidad pueden generar gases tóxicos</u>
<i>Tratamiento biológico</i>	Uso de microorganismos	Bajo impacto al usar bacterias benéficas	Reutilización de subproductos	Costos elevados de implementación

Elaborado por: Autor

Impacto ambiental de las metodologías propuestas

En este apartado se analizará el impacto ambiental que ocasionaría la elaboración de la nueva etapa de tratamiento de aguas residuales al sistema actual, la misma que utilizará la matriz de impactos ambientales Vicente Conesa para la posterior evaluación de cada una de las metodologías.

Elección de la metodología adecuada

Según la **Tabla 5** el método más adecuado para la propuesta de mejora del sistema actual corresponde al método de electro floculación. Se ha considerado el método de electro floculación como un método innovador de bajo impacto ambiental, y de bajo costo monetario, al usar electricidad para generar flóculos de alta densidad.

Con la implementación del sistema de electro floculación al prototipo de filtrado de aguas residuales del sistema actual se pretende reducir los parámetros que se encuentran fuera de norma como grasas y sólidos disueltos que no pudieron ser retenidos en etapas anteriores. Por otro lado, este proyecto pretende ser eco amigable con el medio ambiente reemplazando la utilización de químicos que por lo general se utiliza para la ejecución de la floculación, también se pretende determinar que el método de electro floculación corresponde al más económico y práctico en comparación a otros métodos de floculación.

Diseño del método de Electro floculación.

Para el diseño de la etapa de electro floculación intervendrán parámetros tales como:

- Capacidad, dimensiones y materiales del reactor
- Determinación del voltaje e intensidad que actuara en el sistema
- Determinación de dimensiones y materiales de los electrodos sumergibles
- Tiempo de retención

Planos de construcción

Los planos de construcción de la nueva etapa de tratamiento con la metodología del electro floculador son parte fundamental del diseño, ya que en dichos documentos se dimensionará el prototipo en una escala adecuada la cual estará detallada cada una de las partes, mecanismos y su funcionabilidad con el fin de que la interpretación sea clara y concisa.

CAPÍTULO III

PROPUESTAS Y RESULTADOS ESPERADOS

Interpretación de la propuesta

A consideración, que la metodología del prototipo actual del sistema de tratamientos de aguas grises residuales de los laboratorios de ingeniería en la mencionada universidad no son del todo efectivo esto se puede argumentar debido a que los análisis de laboratorio que se realizaron no cumplen con la normativa (NT002) **Anexo I** con respecto a la descarga de agua grises a causes de agua o al alcantarillado, por tal motivo se plantea una propuesta del diseño de una nueva etapa en el prototipo actual, la misma que se caracterizara por mejorar la calidad de las aguas grises tratadas y a su vez estas no solo puedan ser descargadas con seguridad a los alcantarillados o causes de agua, sino que también puedan ser reutilizadas en otras actividades, esto con el propósito de que la futura generación de estudiantes de la facultad de ingeniería pueden interpretar nuevos métodos de tratamiento de aguas residuales y así poder estar preparados de manera académica-practica para dar soluciones frente a la contaminación ambiental.

Principales parámetros fuera de norma del sistema actual.

Los parámetros evaluados del sistema actual fueron referenciados según la normativa (NT002) **Anexo 3** ya que en esta sección corresponde a las aguas grises residuales de hoteles y restaurantes, dado que esta sección es la que más se acopla a las aguas grises residuales de uso doméstico del sistema actual. Según la tabla 1 son tres parámetros que se encuentran fuera de norma y a estos se les adjudicaría el hecho de que dichas aguas tratadas no puedan ser devueltas al ecosistema ya sea en causes de agua o alcantarillado y mucho menos ser

reutilizadas en riego agrícola. Los parámetros fuera de norma son:

- Sólidos suspendidos totales (SST)
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)
- Demanda química de oxígeno (DQO).

INTERACCIÓN BIBLIOGRÁFICA ENTRE METODOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En el campo de tratamiento de aguas residuales existen varias metodologías que de alguna manera u otra pueden lograr el objetivo planteado, que corresponde a la mejora de las propiedades del agua residual y a si pueda ser devuelta al ecosistema o en mejores de los casos pueda ser reutilizada ayudando directamente a la contaminación de este recurso hídrico.

Para esta interacción se establecieron cuatro perspectivas que intervienen directamente en la ejecución de la metodología esto con el fin de posterior a este análisis cualitativo poder realizar una comparación cuantitativa a las metodologías que ingresaron como posibles alternativas de mejora al sistema actual de tratamiento de aguas grises residuales.

Concepto de las perspectivas analizadas bibliográficamente

A continuación, se detallan las perspectivas con la cual se elaboraron los conceptos que se determinaron para la elección de la metodología idónea para la propuesta de mejora al diseño actual del prototipo de tratamiento de aguas grises residuales.

- *Fuente actuadora.* – Este análisis corresponde al principal ente actuador que ejecuta la acción de separación de sólidos en el tratamiento de aguas residuales, por tal motivo se evaluara la capacidad de obtención de dicho componente y su factibilidad de uso.

- *Impacto ambiental.* – Se entiende que el motivo del presente análisis corresponde al tratamiento de aguas residuales que en sí busca una alternativa para mejorar las propiedades del agua que ya fue utilizada para devolverla al medio ambiente, sin embargo, se tiene que dejar en claro que absolutamente todas las metodologías que intervengan ocasionarán un impacto ambiental.
- *Ventajas y desventajas.* – Los criterios que se pueden interpretar frente a esta perspectiva pretenden realizar una comparación e identificar cuál de las dos características sobresalga en cada metodología analizada.

Método de Filtrado

Esta metodología utiliza materiales porosos que cumplen con el objetivo de filtrar todos los agentes sólidos suspendidos que se encuentren en las aguas residuales, sin embargo, existen más de una forma de realizar este método de tratamiento de aguas residuales. En la actualidad el sistema cuenta con esta metodología haciendo uso de arena con diferente tamaño de granulación. (Fluen Cecorp, 2020)

La metodología por filtrado ya sea la fuente actuadora de arena o carbón activado principalmente son ejecutadas en plantas que utilizan el filtrado por lecho profundo, el cual consiste realizar capas de arena o carbón activado granulado predominando la profundidad de mencionadas capas, estas tienen el propósito de retención los agentes sólidos en las porosidades que se generan en las camas de los agentes actuadores ya antes mencionados. El uso de esta metodología principalmente es utilizado como apoyo para otros métodos de tratamiento de aguas residuales debido a que existen contaminantes de características microscópicas, las mismas que deberán ser tratadas de una manera específica (Carbotecnia, 2023)

- **La filtración con arena.-** Se practica en aguas residuales que posean menor impacto de contaminación en sus propiedades ya que esta metodología tiende a la retención

de partículas o agentes contaminantes de hasta 20 micras, por tal motivo las mencionadas partículas que se encuentran suspendidas en el agua residual son retenidas entre la granulación del sistema y cuando esta alcanza un nivel máximo de agente contaminantes se puede regenerar mediante una regresión de fluidos, la cual consiste en accionar el sistema en reversa. (Carbotecnia, 2023)

- **Filtrado por carbón activado.** - Se utiliza en ocasiones utiliza la misma metodología que el filtrado por arena y es utilizado frecuentemente en sistemas purificadores de agua potable dado que es un método ideal para la absorción de agentes químicos y orgánicos, principal mente la filtración por carbón activado ha ayudado en las propiedades de las aguas residual correspondientes a olor. (Fluen Cecorp, 2020)

Método Floculación

La floculación es uno de los métodos de separación de solidos en aguas residuales muy eficientes ya que es capaz de separar partículas mucho más pequeñas que otras metodologías, esta consiste en la agregación de productos químicos que normalmente se conocen como floculantes y cumplen la función de unir dichas partículas suspendidas y realizar flóculos muchos más grandes que facilitan la separación de las aguas residuales.

Para que se ejecute o se pueda realizar los flóculos en las aguas residuales, es necesario que en estas intervengas ciertos químicos que interactúen en este proceso las mismas que ayudan a la desestabilización de los contaminantes suspendidos permitiendo que se agrupen y por ende se facilite su separación. (Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox, 2023)

A continuación, se presentan ciertos químicos que facilitan a la floculación de los sólidos suspendidos en las aguas residuales.

- **Sulfato de aluminio.** - Este producto químico corresponde a una sal inorgánica que es ampliamente utilizada en el tratamiento de aguas residuales dado que al disolverse en el agua residual de este se separan iones de aluminio que pasan a interactuar con las partículas suspendidas que por lo general poseen cargas negativas, esta neutralización provocan la generación de flóculos que por su tamaño y la gravedad aducen a la sedimentación y facilitan su separación. Es importante tomar en cuenta varios factores a la hora de la dosificación de este producto químico ya que pueden depender de varios factores tales como la concentración de impurezas presentes en el agua residual, las condiciones en la cual se encuentre la planta de tratamiento, el tratamiento que se va a aplicar, etc. Sin embargo, según la empresa fabricante de sulfatos de aluminio SIDESA ubicada en la ciudad de México recomienda que las dosis típicas que se puedan aplicar varían entre 10 y 70 miligramos por litros de agua. Por otra parte, es recomendable que las dosificaciones sean realizadas por personal experto en el tema ya que si este producto es insertado de manera excesiva a las aguas residuales ocasionaría una presencia de aluminio en el afluente tratado. (SIDESA, 2019)
- **Cloruro férrico.** – Este producto químico al igual que el sulfato de aluminio corresponde a una sal inorgánica y se presenta al hierro en su estado de oxidación. Correspondiente al funcionamiento dentro de las aguas residuales los iones férricos interactúan con las partículas que se encuentran suspendidas a las mismas que neutralizan las cargas eléctricas provocando su desestabilización y posterior a su agrupación. La dosificación al igual que el sulfato de aluminio es recomendable que sea realizada por profesionales especialistas en el tema ya que si esta se excede o por lo contrario no se aplica la dosis necesaria el resultado no podría ser satisfactorio, sin embargo, en el manual del cloruro Férrico proporcionado por la empresa OXY

CHILE determina que la dosificación puede asilar de entre 20 a 150 miligramos por litro de agua. Es importante recalcar que el monitoreo continuo de los ajustes de dosificación es esencial para garantizar el rendimiento óptimo del sistema. (OXI CHILE, 2020)

- **Polímeros orgánicos.** – Este tipo de polímero interactúa en el tratamiento de aguas residuales debido a sus propiedades de agentes floculantes, estos pueden ser poliacrilamidas o polielectrolitos. Las poliacrilamidas aniónicas son las más comunes dentro de la floculación de tratamiento de aguas residuales, ya que estas poseen cargas negativas en su estructura molecular y permiten unir partículas finas de sólidos en suspensión que se aglutinan y permiten la elaboración de flóculos más grandes y pesados. Los polielectrolitos por su parte son polímeros que poseen dentro de sus propiedades cargas eléctricas en su cadena molecular, al igual que el anterior tipo de polímero orgánico este se disuelve en las aguas residuales y debido a su carga este puede interactuar y unirse a otras partículas con una carga opuesta. Según un estudio realizado en el 2019 por una universidad en Colombia se utilizaron polímeros orgánicos en el tratamiento de aguas residuales aplicando dosis de 3 a 15 miligramos por litro de agua logrando remociones en un 88%, sin embargo, para una dosificación ideal se recomienda la ejecución de monitoreos continuos ya que los contaminantes tienden a la variabilidad y esta es directamente proporcional a la dosificación. (Rodríguez & Gallego, 2019)

Método Electro Floculación

En este método de tratamiento de aguas residuales interviene directamente la corriente eléctrica que como consecuencia de la electrolisis forman flóculos sedimentables que facilitan la separación de estos en el agua residual. Generalmente la ejecución de la electro floculación intervienen electrodos que se encuentran sumergidos en las aguas residuales con

carga eléctrica, dicha corriente permite que se ejecute la electrolisis la cual genera iones metálicos que por lo general son de aluminio o hierro, dichos iones interactúan directamente con las partículas suspendidas ya que las cargas de los iones metálicos es inversa a los de las partículas suspendidas, este efecto desencadena que los iones y las partículas de solidos suspendidos se unan y formen flóculos que posterior mente puedan ser sedimentados y separados. Esta metodología al igual que las demás tiene que ser evaluada eficaz mente para la determinación de la magnitud de energía eléctrica que se pueda aplicar, ya que si esta es en exceso puede inducir a la producción de gases tóxicos que emporaría el panorama de tratamiento de aguas residuales. (Vargas, 2018)

Una de las ventajas que posee esta metodología de tratamiento de aguas residuales que utiliza como fuente actuadora la energía eléctrica, es que elimina la necesidad de utilización de productos químicos favoreciendo al impacto ambiental que este podría generar por su construcción o ejecución. Otra ventaja que posee este método ayuda a una operación más precisa debido a que es más efectivo manipular las intensidades de la corriente eléctrica y su duración permitiendo adaptarse a cualquier tipo de ambiente en el que se encuentre la planta de tratamiento de agua residual. Con respecto a la generación de lodos esta metodología tiende presentar menos cantidades, esto es debido a que por la presencia de energía eléctrica los flóculos generados son más compactados entre sí y por ende su volumen es menor, esta característica también favorece a que la separación de los lodos se puede realizar en un intervalo de tiempo mayor a los demás métodos de tratamiento de agua residual. (KHN WATER TREATMENTS EQUIPMENTS CO., LTD., 2021)

Método de Tratamiento Biológico

Esta metodología su principal fuente actuadora corresponde a la utilización de uso de microorganismos, tales como hongos, bacterias, organismos biológicos e interactúan directamente con las materia orgánica que se encuentra en las aguas residuales

degradándolas permitiendo el mejoramiento de las propiedades de las aguas residuales tratadas, en otras palabras este tipo de tratamiento utiliza los microorganismos para transformar los contaminantes orgánicos y nutrientes como nitrógeno y fosforo en contaminantes más admisibles o menos dañinas para su reutilización. (Condorchem Enviro Solutions, 2023)

Para la ejecución de esta metodología es necesario que funcione dentro de un sistema llamado “*reactor digestor anaeróbicos*”, cuya característica principal es que prohíbe el paso de oxígeno para la generación de este tipo de bacterias. Es necesario entender que para este tipo de tratamiento de agua residual la misma tiene que pasar por una etapa de pre purificación correspondiente a la eliminación de solidos gruesos y grasa que interfieran el proceso en mención. El agua en tratamiento es introducida en el reactor que como ya se detalló anteriormente este se encuentra sin oxígeno ambiente propicio para las bacterias anaeróbicas y estas puedan degradar la materia orgánica de una forma óptima y precisa.

Por otra parte, entre las varias metodologías que puedan existir para el tratamiento de aguas residuales de manera biológica el método por digestión anaeróbica es la más vistosa, esto debido a que con la ejecución de esta mencionada metodología se obtienen sub productos que bien pueden ser utilizados en otras actividades, (Telwesa, 2021) por ejemplo:

- **Biogás.** – Los gases que se generan dentro del reactor que se denomina como biogás el mismo que está formado principalmente por metano y dióxido de carbono, dado que si se lo llegara a almacenar de una manera correcta y eficaz este puede ser reutilizado para la generación de nuevas energías.
- **Digestato.** – Corresponde al material restante de la digestión anaeróbica el mismo que contiene nutrientes ricos en minerales, lo cual este tipo de residuo puede ser utilizado para la agricultura o jardinería. (Telwesa, 2021)

Determinación del análisis bibliográfico

Después del análisis bibliográfico que interactuaron todas las metodologías propuestas se determina que el método por filtrado es eliminado de las posibles opciones de mejora para el sistema actual de tratamiento de aguas residuales, esto debido a que estableció según (Carbotecnia, 2023) los métodos por filtrados sirven como apoyo para otras metodologías debido a que existen patógenos de características microscópicas que necesitan otro tipo de tratamiento un poco más puntual y específico.

IMPACTO AMBIENTAL DE LAS METODOLOGÍAS PROPUESTAS

Con el fin de determinar cuáles de las metodologías propuestas en este proyecto es la más idónea para proponer como mejora al sistema de tratamiento de aguas residuales de los laboratorios de ingeniería, se establece la medición del impacto ambiental de cada uno de los métodos con el fin de determinar su impacto ambiental en niveles macro, es decir, el impacto que este pueda llegar a provocar al medio ambiente en su ejecución a gran escala y a su vez mediante los resultados que se puedan obtener poder identificar la metodología idónea.

Condiciones de evaluación

Las condiciones para la evaluación de impactos ambientales de las metodologías propuestas son:

- Todos los métodos asemejaran que se encuentran en etapa de construcción
- Todos los métodos asemejarán que serán construidos en una zona residencial
- Las metodologías asemejarán que serán construidas para el tratamiento de aguas grises residuales domesticas de un hogar

Evaluación de impactos ambientales a los métodos propuestos con metodología Matriz de Leopold.

La evaluación de impactos ambientales basándose en la metodología de matriz de Leopold pretende identificar los costos beneficios ecológicos que puedan interactuar en un determinado proyecto. La presente metodología de evaluación de impacto ambiental no presenta resultados cuantitativos dado que este método se inclina más a una subjetividad de valores, por tal motivo el fin de esta evaluación de es evaluar cada impacto ambiental que se llegara a dar en cada etapa de planificación de un proyecto determinado. (Leopold, 1971)

Las características de esta metodología de interpretación de impacto ambiental corresponden a que en el eje de horizontal se encuentran todas las acciones que podrían ocasionar un impacto ambiental. Por otra parte, en el eje vertical poseerá tolas los aspectos ambientales que podrían verse afectados por la planeación de un proyecto.

Determinación de magnitud e importancia

En las siguientes tablas se muestran las ponderaciones correspondientes tantos a impactos positivos como negativos que se generen dentro de la matriz de Leopold.

Tabla 6
Ponderaciones positivas

ASPECTOS POSITIVOS					
MAGNITUD			IMPORTANCIA		
INTENSIDAD	AFECCIÓN	CALIFICACIÓN	DURACIÓN	INFLUENCIA	CALIFICACIÓN
BAJA	Baja	1	TEMPORAL	Puntual	1
BAJA	Media	2	MEDIA	Puntual	2
BAJA	Alta	3	PERMANENTE	Puntual	3
MEDIA	Baja	4	TEMPORAL	Local	4
MEDIA	Media	5	MEDIA	Local	5
MEDIA	Alta	6	PERMANENTE	Local	6
ALTA	Baja	7	TEMPORAL	Regional	7
ALTA	Media	8	MEDIA	Regional	8
ALTA	Alta	9	PERMANENTE	Regional	9
MUY ALTA	Alta	10	PERMANENTE	Nacional	10

Elaborado por: Autor
Fuente: (Leopold, 1971)

Tabla 7
Ponderaciones negativas

ASPECTOS NEGATIVOS








MAGNITUD			IMPORTANCIA		
INTENSIDAD	AFECTACIÓN	CALIFICACIÓN	DURACIÓN	INFLUENCIA	CALIFICACIÓN
BAJA	Baja	-1	TEMPORAL	Puntual	1
BAJA	Media	-2	MEDIA	Puntual	2
BAJA	Alta	-3	PERMANENTE	Puntual	3
MEDIA	Baja	-4	TEMPORAL	Local	4
MEDIA	Media	-5	MEDIA	Local	5
MEDIA	Alta	-6	PERMANENTE	Local	6
ALTA	Baja	-7	TEMPORAL	Regional	7
ALTA	Media	-8	MEDIA	Regional	8
ALTA	Alta	-9	PERMANENTE	Regional	9
MUY ALTA	Alta	-10	PERMANENTE	Nacional	10

Elaborado por: Autor
Fuente: (Leopold, 1971)

Determinación de resultados

Cada resultado tendrá una interpretación según sea su impacto, a continuación, se muestran las ponderaciones ya sea un resultado negativo o positivo

Tabla 8
Determinación de impactos

CALIFICACIONES NEGATIVAS				CALIFICACIONES POSITIVAS			
IRRELEVANTES	0	-25		POCO IMPORTANTE	0	25	
MODERADOS	-25	-50		IMPORTANTE	25	50	
SEVEROS	-50	-75		MUY IMPORTANTE	> 50		
CRÍTICOS		> -75					

Elaborado por: Autor
Fuente: (Leopold, 1971)

A continuación, se muestra el análisis ambiental mediante la matriz de impactos ambientales ya antes mencionada, cabe recalcar que en este análisis fue descartado el método de filtrado por la evolución bibliográfica que se realizó posterior a este análisis.

Tabla 9

Análisis ambiental Método de floculación

Metodología de floculación				MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL DE LEOPOLD													
Acciones del Proyecto				Construcción				Operación			Mantenimiento				Afectaciones (Magnitud)		Impacto Agregado por factores
				Adquisición de materiales	Preparación de área de ubicación del sistema	Movilización de materiales	Ejecución de construcción	Ejecución de separación de sólidos	Toma de muestras para monitoreos	Abastecimiento de agentes actuadores	Evacuación de subproductos	Mantenimiento a equipos internos	Mantenimiento a equipos externos	+	-		
																Factores Ambientales	
MEDIO ABIOTICO Y BIOTICO	COMPO NENTE FISICO	AIRE	Calidad del aire	-1	-2	-2	-3	-1	-1	-3	-2				0	8	-31
			Ruido	-1	-2	-2	-3	-2	-2	-3	-2	-2	-2	0	7	-32	
		AGUA	Calidad del agua					-3	-3	-4	-4	-3	-2	0	6	-46	
			Infiltraciones				-3	-3	1		-2	1	-3	0	4	-14	
		SUELO	Calidad del Suelo		-2	2	-3	2						0	2	-10	
			Cambio de uso de suelo				7	3						1	0	21	
			Permeabilidad					-2	2		-3	2	-2	0	3	-14	
	COMPO NENTE BIOLOGICO	FLORA	Cobertura vegetal natural				3	2						1	0	6	
			Cultivos											0	0	0	
		FAUNA	Fauna acuática					5	3					1	0	15	
			Fauna terrestre											0	0	0	
			Aves											0	0	0	
	COMPO NENTE SOCIAL	USO DEL TERRITORIO	Zona residencial	-3	-3	-2	-2	-1	-2	-3	1	-1	-2	0	9	-24	
			Zona Comercial	6	5	4	4	1	1	1	5	3		5	0	74	
		SERVICIO SE INFRAEST RUCTURA	Red de servicios				-3	-2	1					0	2	-8	
			Paisajes		4	2	5	3						2	0	23	
			Estructuras											0	0	0	
		ANTROPO GENICO	Aceptación social	-2	3	-3	3	4	2	2				4	2	14	
			SISO		-2	-3	-2	2	2	2	-3	2		0	5	-24	
			Empleo	3	2	2	4	3	4	4	2	2	2	10	0	59	
CULTURAL	Arqueología											0	0	0			
Afectaciones (Importancia)			+	2	4	2	6	3	2	1	2	1	1	24		9	
			-	4	5	5	7	7	4	3	5	3	5		48		
Impacto Agregado acciones				20	14	-4	22	6	-1	-5	-19	-7	-17	9			

Elaborado por: Autor

Tabla 10

Análisis ambiental método de Tratamiento Biológico

Metodología por Tratamiento Biológico				MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL DE LEOPOLD													
Acciones del Proyecto				Construcción				Operación			Mantenimiento				Afectaciones (Magnitud)		Impacto Agregado por factores
				Adquisición de materiales	Preparación de área de ubicación del sistema	Movilización de materiales	Ejecución de construcción	Ejecución de separación de sólidos	Toma de muestras para monitoreos	Abastecimiento de agentes actuadores	Evacuación de subproductos	Mantenimiento a equipos internos	Mantenimiento a equipos externos	+	-		
																Factores Ambientales	
MEDIO ABIOTICO Y BIOTICO	COMPO NENTE FISICO	AIRE	Calidad del aire	-3	-2	-3	-4	-1	-1	-3	-7			0	8	-62	
			Ruido	-1	-2	-2	-3	-2	-2	-2	-2	-2	-2	0	7	-32	
		AGUA	Calidad del agua					-3	-4	-4	-4	-3	-2	0	6	-48	
			Infiltraciones				-3	-3	2	2	2	4	-3	0	4	-14	
		SUELO	Calidad del Suelo		-2		-3	2	1			1		0	2	-10	
			Cambio de uso de suelo				7	3						1	0	21	
			Permeabilidad					-2	2		-3	2	-2	0	3	-14	
	COMPO NENTE BIOLOGICO	FLORA	Cobertura vegetal natural				3	2					1	0	6		
			Cultivos								8	4	1	0	32		
		FAUNA	Fauna acuática					5	3				1	0	15		
			Fauna terrestre										0	0	0		
			Aves										0	0	0		
	COMPO NENTE SOCIAL	USO DEL TERRITORIO	Zona residencial	-4	-3	-2	-2	-3	-2	-2	-3	-1	-2	0	9	-35	
			Zona Comercial	6	6	4	4	2	2	1	5	3	5	0	77		
		SERVICIO SE INFRAEST RUCTURA	Red de servicios				-3	-2	1			3		0	2	-8	
			Paisajes		4	2	5	3					2	0	23		
		ANTROPO GENICO	Estructuras											0	0	0	
			Aceptación social	-2	3	-3	3	4	2	2	2			4	2	14	
		CULTURAL	SISO		-2	-3	-2	2	2	-2	2	-3	2	0	5	-24	
			Empleo	5	5	2	4	3	4	4	2	2	2	10	0	71	
Afectaciones (Importancia)				+	2	4	2	6	3	2	1	3	1	1	25	12	
Impacto Agregado acciones				-	4	5	5	7	7	4	3	5	3	5		48	

Elaborado por: Autor

Tabla 11

Análisis ambiental método Electro Floculación

Metodología por Electro-Floculación				MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL DE LEOPOLD														
Acciones del Proyecto				Construcción				Operación			Mantenimiento				Afectaciones (Magnitud)		Impacto Agregado por factores	
				Adquisición de materiales	Preparación de área de ubicación del sistema	Movilización de materiales	Ejecución de construcción	Ejecución de separación de sólidos	Toma de muestras para monitoreos	Abastecimiento de agentes actuadores	Evacuación de subproductos	Mantenimiento a equipos internos	Mantenimiento a equipos externos	+	-			
Factores Ambientales																		
MEDIO ABIOTICO Y BIOTICO	COMPO NENTE FISICO	AIRE	Calidad del aire	-2	2			-1	-1	-3	-3	2	2	0	5	-20		
			Ruido	-1	2	2	2	4	3	1	2	2	1	3	0	6	-28	
		AGUA	Calidad del agua					-3	-2	-4	-4	-2	-3	2	2	0	6	-36
			Infiltraciones				-3	-3	2	1	2	2	2	2	2	0	4	-14
		SUELO	Calidad del Suelo		-2	2										0	2	-10
			Cambio de uso de suelo				7	3								1	0	21
	Permeabilidad						-2	2			-3	2		2	0	3	-14	
	Erosión														0	0	0	
	COMPO NENTE BIOLOGICO	FLORA	Cobertura vegetal natural				3	2							1	0	6	
			Cultivos												0	0	0	
		FAUNA	Fauna acuática					5	3						1	0	15	
			Fauna terrestre												0	0	0	
	COMPO NENTE SOCIAL	USO DEL TERRITORIO	Zona residencial	-4	-3	-2	-2	-3	-2	-3	1	-1	-2	0	9	-35		
			Zona Comercial	6	4	3	4	2	1	5	3	1	2	5	0	77		
		SERVICIO S E INFRAEST RUCTURA	Red de servicios				-3	-2	1						0	2	-8	
			Paisajes		4	2	5	3							2	0	23	
		ANTROPO GENICO	Estructuras												0	0	0	
			Aceptación social	-2	3	-3	3	6	2	3	2	2	2	2	5	2	30	
			SISO		-2	-3	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-3	-2	0	7	-34	
			Empleo	3	5	2	4	3	4	4	2	4	2	3	10	0	66	
CULTURAL		Arqueología												0	0	0		
Afectaciones(Importancia)			+	2	4	2	6	3	2	2	2	1	1	25	39			
			-	3	5	4	6	6	4	3	5	4	6	46				
Impacto Agregado acciones				12	23	-2	28	15	-3	1	-5	-9	-21	39				

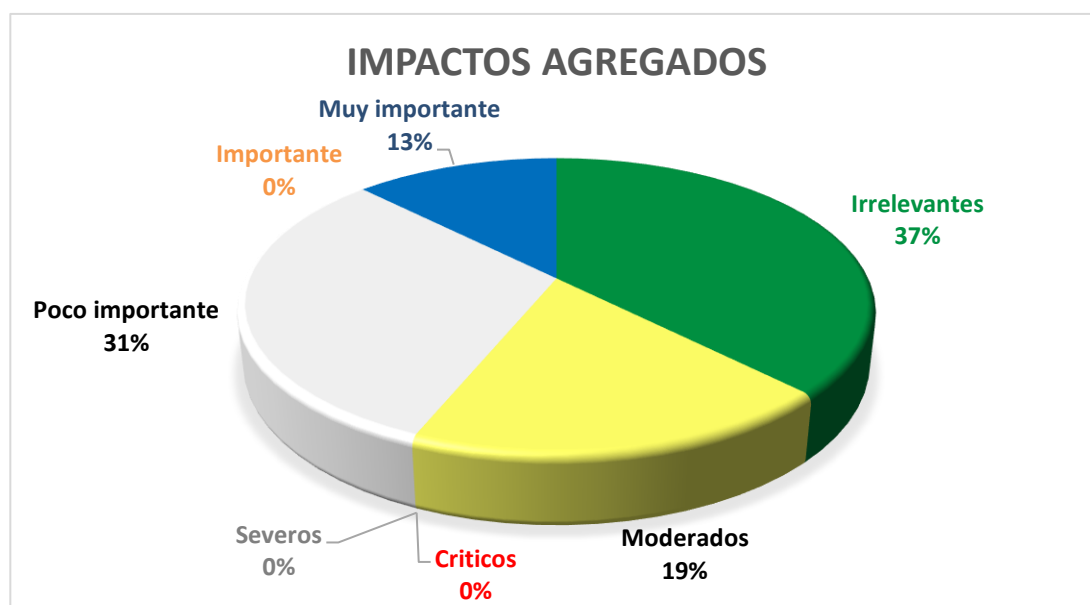
Elaborado por: Autor

Análisis a la evaluación de impactos ambientales de la metodología de Flocculación

Según el análisis de impacto ambiental que se realizó utilizando la metodología de matriz causa efecto de Leopold **Tabla 9** se pudo determinar que existen 24 interacciones de carácter positivo y 48 interacciones de carácter negativo dando un total de 72 interacciones de acciones del proyecto que impactan en los factores ambientales. Por otra parte, se pueden identificar que el factor ambiental del campo social en el apartado de uso de territorio correspondiente al impacto a zonas residenciales posee 9 impactos negativos siendo este el factor con más impactos negativos, sin embargo, referente al factor ambiental del campo social en el apartado de empleo los impactos fueron positivos dando como resultado 10 impactos favorables.

Figura 10

Representación gráfica de los porcentajes de impacto en el método de Flocculación



Elaborado por: Autor

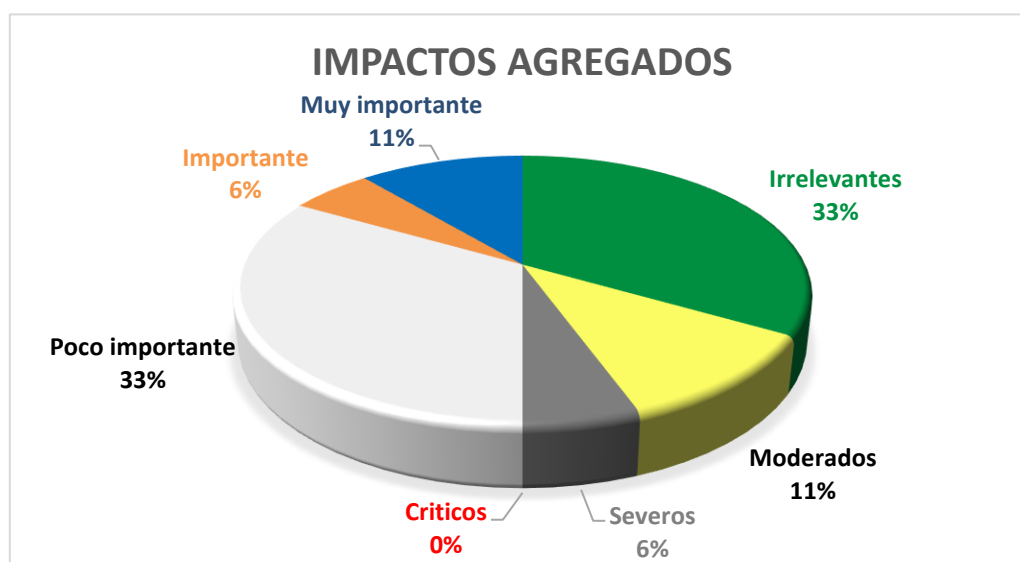
Como se muestra en la **Figura 10** no existen niveles críticos de impacto, sin embargo, el 19% de los impactos negativos son moderados, por otra parte, existe el 13% de impactos positivos considerados como muy importantes tales que pertenecen a la generación de empleo y al impacto positivo en la zona comercial.

Análisis a la evaluación de impactos ambientales de la metodología de Tratamiento biológico

Según los datos obtenidos por la evaluación de impacto ambiental correspondiente a la **Tabla 10** determinan que existen 48 impactos negativos y 25 impactos de carácter positivos, los mismos que al igual que el caso anterior el impacto negativo más considerable se encuentra en las afectaciones en las zonas residenciales. Por otro lado, este análisis también coincide con el anterior con respecto a los impactos positivos dado que también favorece a la generación de empleo.

Figura 11

Representación gráfica de los porcentajes de impacto en el método de Tratamiento Biológico



Elaborado por: Autor

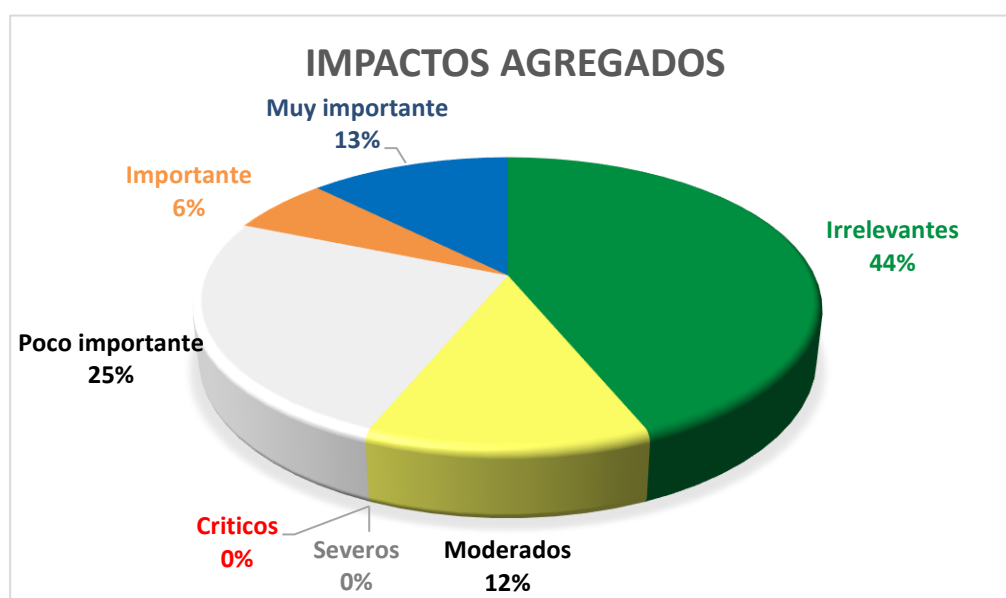
Como se muestra en la **Figura 11** no existen niveles críticos de impacto ambiental en la mencionada metodología, sin embargo, salta a la vista un porcentaje de nivel severo en los impactos negativos y esto se da por que el método analizado impacta negativamente a la calidad del ambiente ya que este emite un sub producto como gas de Metano y Dióxido producido por el material orgánico que interviene en el proceso de tratamiento de aguas residuales. Un impacto positivo que sobresale es en la intervención con los cultivos, ya que los lodos que se generen son ricos en nutrientes y pueden servir como abono orgánico.

Análisis a la evaluación de impactos ambientales de la metodología por Electro Floculación

Como se puede observar en el análisis de impacto ambiental en la **Tabla II** correspondiente al método de tratamiento de aguas residuales por electro floculación este posee 46 impactos de carácter negativo y 26 de carácter positivo, al igual que las otras metodologías el impacto negativo con más relevancia corresponde a la afectación residencial y el impacto positivo corresponde a la generación de empleo.

Figura 12

Representación gráfica de los porcentajes de impacto en el método de Electro-Floculación



Elaborado por: Autor

En la **Figura 12** se puede determinar que esta metodología predomina los impactos ambientales negativos irrelevantes, con un 44% haciendo énfasis en que esta propuesta es una de las más eco amigables con el medio ambiente, por otra parte, resalta un impacto positivo importante y está en la aceptación social, esto se da principalmente porque el sistema no necesita elementos sofisticados ni de mucha tecnología para su ejecución. Otro dato muy importante dentro del análisis de impacto ambiental, corresponde a la sumatoria de los impactos agregados, que a diferencia de las otras metodologías fue superior a 25 y por tal motivo se convierte en un proyecto importante para el medio ambiente.

Determinación del análisis del impacto ambiental

Después de la evaluación de impactos ambientales utilizando la metodología de Matriz de Leopold se puede determinar que todas las metodologías no generan un impacto de nivel crítico en el ambiente, también se establece que todas las metodologías impactan positivamente en el ámbito laboral, por otra parte los impactos negativos cayeron en la afectación de zonas residenciales, esto tiene sentido debido a que unas de las citaciones de análisis conllevaba a que fuera construida en una zona residencial. A pesar de que todas las metodologías no generan un impacto significativo hacia el medio ambiente se establece que la metodología por tratamiento biológico queda fuera de las posibles opciones de mejora al prototipo de tratamiento de aguas residuales ubicado en los laboratorios de ingeniería.

La determinación fue tomada debido que en la **Tabla 10** muestra que en los resultados de impactos agregados en la valoración que se da con respecto a la calidad de aire posee una ponderación de severo debido a que afecta directamente a este factor ambiental ya antes mencionado, dado que al ser un procedimiento biológico este emite gases de efecto invernadero hacia el medio ambiente, si bien este tipo de gas puede ser reutilizado este necesita otro procedimiento de recolección y almacenamiento caso que en efecto podría complicar la propuesta de mejora del sistema actual.

SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA ADECUADA

Una vez la que lista de las metodologías se reduciría en un 50% como posibles propuestas de mejora al prototipo de aguas residuales que se encuentra ubicado en los laboratorios de ingeniería, es ente apartado que se pretende identificar el método final que se utilizara para el diseño de la nueva etapa al sistema actual de tratamiento de aguas grises residuales.

Se determina que la selección de la metodología más apropiada se llevara a cabo mediante la ejecución de la matriz de factores ponderados dado que este método sirve como punto de referencia para aumentar o disminuir la categoría que se le pueda ponderar a cada una de las alternativas que se estudie.

A continuación, se representan la valoración de los indicadores, la cual se asignaron a cada una de las escalas que intervienen en el proceso de ponderación.

Tabla 12

Escala de importancia

ESCALA	VALOR
DEFICIENTE	1
REGULAR	2
BUENO	3
MUY BUENO	4
EXCELENTE	5

Elaborado por: Autor

Asignación de porcentaje factores de intervención

Se determinan todos los factores que intervienen dentro de la elección a la metodología adecuada, cuyos factores corresponden a: bajo costos de instalación, accesibilidad a los materiales, eficiencia, facilidad de elaboración, facilidad de operación.

A continuación, se valoriza en porcentaje de importancia a cada uno de los factores que intervienen.

- ***Bajo costos de instalación.*** - Este factor es muy importante ya que como en todo proyecto el factor económico es una pieza fundamental de decisión, por tal motivo

la ponderación corresponde al más alta de entre todos los factores con un valor de (30%).

- **Accesibilidad a los materiales.** – En este apartado es muy importante comprender que los materiales que se utilicen para la elaboración del prototipo se puedan obtener fácilmente, por tal motivo su importancia tiene un valor de (25%).
- **Eficiencia.** - Se refiere a la optimización de recursos que pueda tener el prototipo ya instalado, es decir que logre alcanzar los objetivos de tratamiento de aguas residuales con menor cantidad de recursos. Su ponderación de importancia es de (20%).
- **Facilidad en la elaboración.** – La elaboración del prototipo tiene que ser de carácter sencillo y practico ya que el sistema actual se encuentra ubicado en los laboratorios de una universidad es muy probable que dicha elaboración sea ejecutada por estudiantes. Por tal motivo su ponderación es de (10%).
- **Facilidad en la operación.** - Como se detalló anteriormente es muy probable que el prototipo sea manipulado por estudiantes de la facultad de ingeniería, por tal motivo el manejo de los equipos que conforma el sistema tiene que realizarse de una manera simple. Por tal motivo su ponderación es de (15%)

Continuando con el proceso de elección de la metodología ideal se procede a la multiplicación de la escala de importancia de cada metodología frente al porcentaje ya antes evaluado, a continuación, se muestra el análisis matemático que se utilizó para la valoración de factores ponderados.

$$Fp_n = \sum W_i * P_i$$

Donde

W_i = Valoración a las alternativas según la escala de importancia al factor (i)

P_i = Porcentaje de las variables al factor (i)

Tabla 13*Elección de la metodología adecuada*

VARIABLES DE SELECCIÓN	PONDERACIÓN	MÉTODO DE ELECTRO-FLOCULACIÓN	MÉTODO DE FLOCULACIÓN
BAJO COSTO DE INSTALACIÓN	35%	1,4	1,05
ACCESIBILIDAD A LOS MATERIALES	25%	0,75	0,5
EFICIENCIA	20%	0,4	0,2
FACILIDAD DE ELABORACIÓN	10%	0,2	0,3
FACILIDAD DE OPERACIÓN	15%	0,6	0,3
TOTAL	100%	3,35	2,35

Elaborado por: Autor

Determinación del análisis de matriz de factores ponderados

Como se puede observar en la (tabla) la metodología adecuada para proponer como alternativa de mejora al prototipo de tratamiento de aguas grises residuales fue el método de Electro floculación, dado que la otra alternativa al utilizar implementos químicos en sus operaciones podría conllevar un retraso en sus operaciones debido a la adquisición de dichos componentes, por otra parte, correspondiente a los costos de instalación el método de Electro floculación no necesita de materiales de valores significativos y por ende en este apartado su valoración fue superior que la otra opción. En el apartado de facilidad en operación la metodología de Electro floculación obtuvo también una valoración alta respecto a la otra opción debido a que su funcionabilidad actúa con energía eléctrica por lo que hace que esta metodología sea más práctica en el manejo de su equipamiento, sin embargo, se determinó que el único apartado donde el método de Floculación obtuvo mayor puntaje con respecto a la metodología elegida está en el apartado de facilidad de elaboración, esto se da por que la metodología elegida está conformada por una estructura la cual llevara energía eléctrica al sistema.

DISEÑO DE LA ETAPA DE ELECTRO FLOCULACIÓN

Una vez determinada la metodología que se utilizara en el presente apartado del proyecto, entra el diseño como tal de la nueva etapa de tratamiento de aguas grises residuales al prototipo ubicado en los laboratorios de ingeniería en las instalaciones de una universidad.

Parámetros de diseño

El reactor corresponde al recipiente principal donde se depositará el agua residual la cual entrara en contacto con los iones producidos por las placas de hierro y aluminio las mismas que se encuentran energizadas con corriente eléctrica previamente regulada.

Para dar inicio al reactor se debe de considerar que dentro del laboratorio existe un lugar de apoyo para este dispositivo, es decir una estructura metálica donde reposara dicho instrumento, las medidas de la mesa metálica de apoyo la cual posee una forma rectangular fueron tomadas previamente a este análisis las cuales son:

$$Largo = 1.02m$$

$$Ancho = 0.65m$$

$$Altura del suelo hasta la base de la mesa metálica = 0.95m$$

En consideración a las dimensiones que se detallaros anteriormente se establece el área total del trabajo.

$$A = 0.663m^2$$

Con respecto a lo calculado anteriormente la base del reactor no debe sobrepasar los valores calculados anteriormente. Por tal motivo, considerando el área disponible de trabajo y considerando las dimensiones de los reactores de las etapas ya instaladas del sistema actual se establece que el reactor de la etapa de electro floculación tendrá las siguientes características.

Diseño del reactor

El reactor corresponde al recipiente donde se depositará el agua residual e interactuarán los iones metálicos con las partículas suspendidas en el agua residual. En la siguiente tabla se muestran las dimensiones que se tomaran para dar inicio al diseño del reactor, estas medidas fueron tomadas como referencia contemplando las dimensiones de las otras etapas y el área de trabajo que se determinó anteriormente.

Tabla 14
Dimensiones del reactor

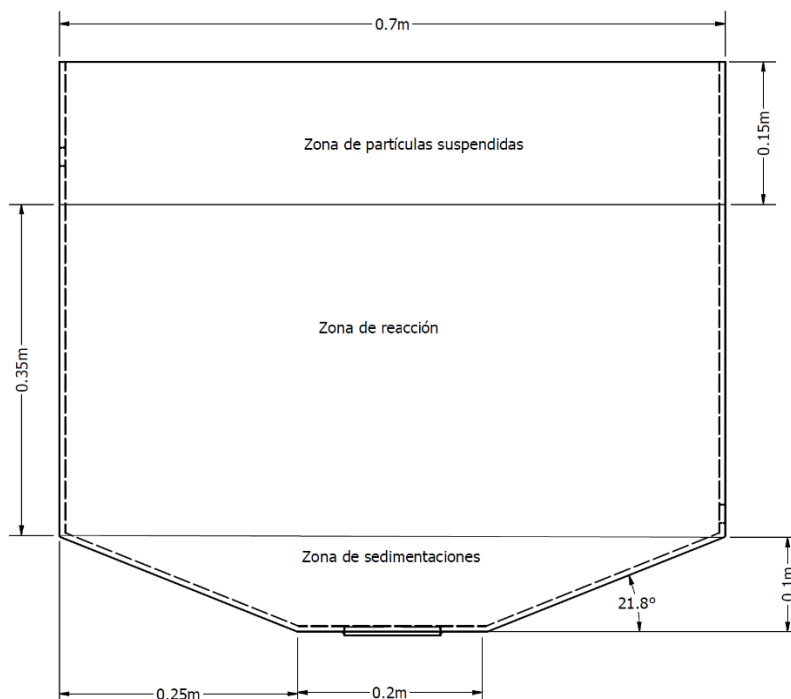
DIMENSIONES DEL REACTOR

CARACTERÍSTICA	VALOR	REPRESENTACIÓN
ALTURA	0,6 m	h
ANCHO	0,4 m	a
LARGO	0,7 m	l

Elaborado por: Autor

Divisiones del reactor

Figura 13
Vista frontal del reactor



Elaborado por: Autor

El reactor constara de tres zonas principalmente las cuales son:

- Zona de partículas flotantes.
- Zona de reacción de iones metálicos y solidos suspendidos.
- Zona de sedimentación de flóculos formados.

Zona de partículas flotantes.

Esta zona comprende de la parte superior del reactor hasta 0.15m en descenso. Este espacio se considerado para evitar que el agua residual pueda desbordarse del reactor, por otra parte, en la misma permite agrupar todas las partículas flotantes y a su vez también puede retener la creación de espuma que se genere por la reacción del electro floculación.

Zona de reacción de iones metálicos y solidos suspendidos.

En esta zona interactúan los electrodos sumergidos frente a los sólidos suspendidos en el agua residual, en otras palabras, esta zona corresponde a al corazón de la etapa de electro floculación, la misma que corresponde de 0.35 m de altura, esta dimensión corresponde también a la profundidad que los electrodos estarán sumergidos en el agua residual.

Zona de sedimentación de flóculos formados.

En esta zona reposaran todos los flóculos formados por el electro floculación la cual constara de 0.1 m y corresponderá desde la parte final de las placas de los electrodos hasta la base del reactor. Esta zona también es de suma importancia dentro del diseño del reactor ya que constituye a la decantación de los sólidos floculados la misma que se describe a continuación:

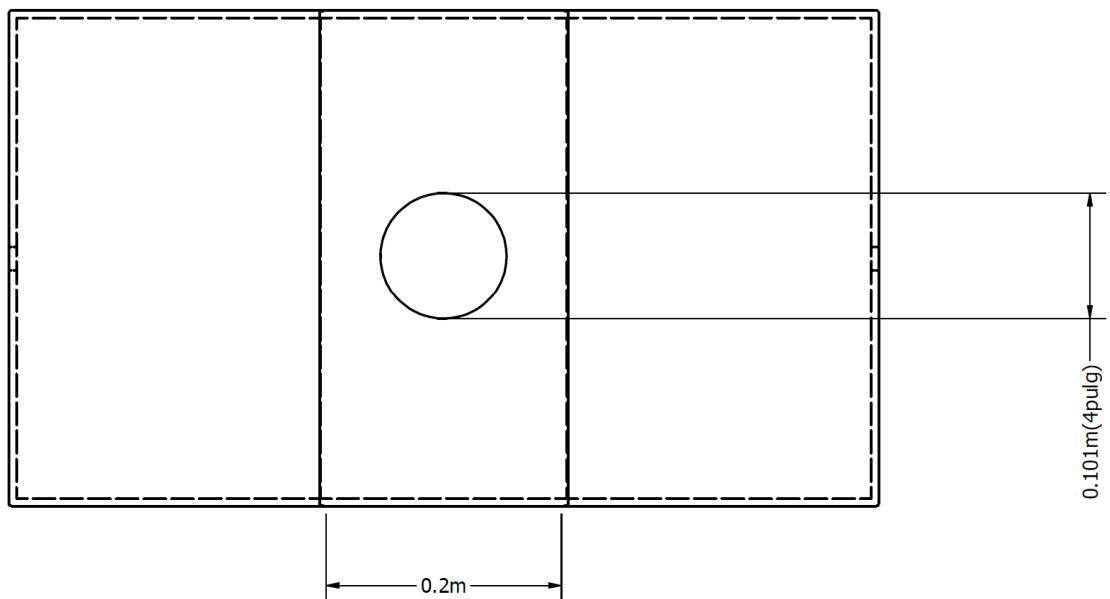
La zona de sedimentación posee una forma piramidal inversa, esta forma fue determinada debido a que los flóculos formados deberán agruparse en la zona céntrica del rector para la facilitar la decantación de los lodos como se puede observar en la **Figura 13**. La forma

piramidal posee un ángulo de 21.8° de inclinación con respecto a la parte inferior del reactor dejando una base de 0.2m.

Perforaciones en el reactor

Entre el espacio que se genere entre las rampas se realizara un orificio de 0.1016m (4pulg) la misma que se colocara un tubo PVC con su válvula de paso correspondiente, esto con el fin de que los flóculos formados puedan ser decantad una vez estén sedimentados y la estructura que se detalló anterior mente facilite esta acción como muestra la **Figura 14**

Figura 14
Vista inferior del reactor

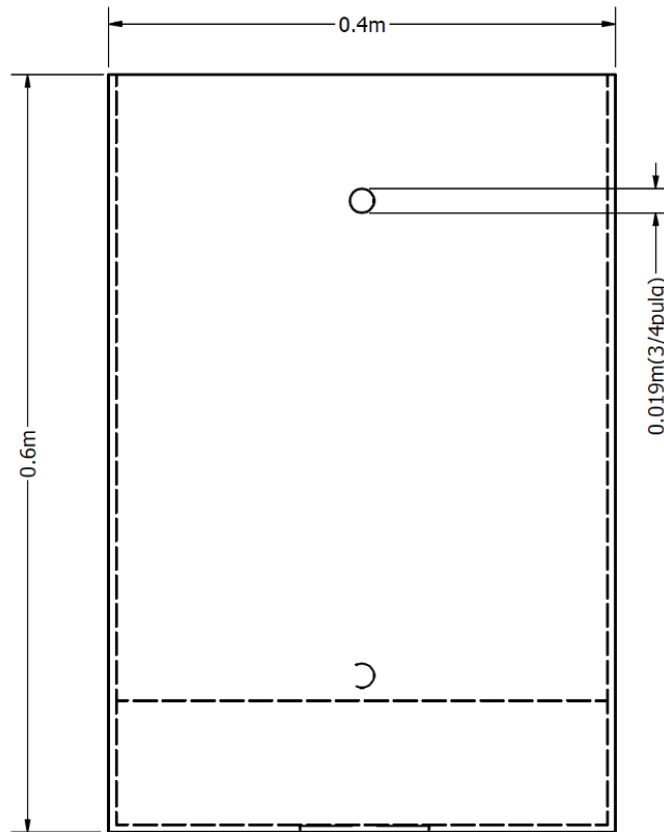


Elaborado por: Autor

Como ingreso del agua residual hacia el reactor se realizará una perforación de 0.019m (3/4pulg) en la pared izquierda del reactor a una distancia de 0.1m de la parte superior del reactor hacia abajo y lateralmente centrado en la pared, es decir la pared de reactor posee 0.4 m de ancho el orificio de entrada residual será en el centro de esta dimensión. Para la

regulación de entrada de flujo de agua residual se dispondrá de una tubería instalada en el orificio ya antes mencionado con su respectiva llave de paso como en la **Figura 15**

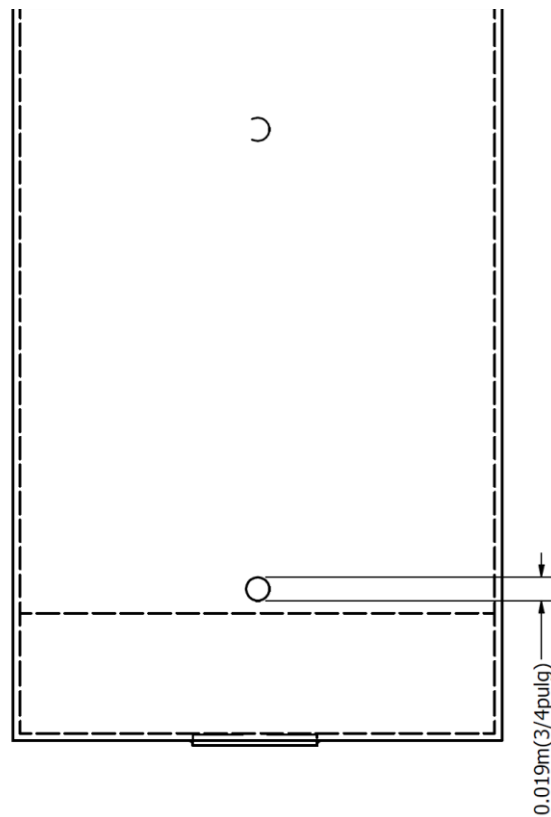
Figura 15
Vista lateral izquierda del reactor



Elaborado por: Autor

Para la salida del agua residual ya tratada se realizará un orificio en la parte derecha del reactor de 0.0508m (2pulg) justo antes de la zona de sedimentación, es decir a 0.15m desde la base hacia la parte superior, de igual forma debe estar centrado con respecto a las dimensiones de ancho del reactor. Para la regulación del flujo de salida se dispondrá de una tubería tipo PVC de 2pulg que será previamente instalada en el orificio de salida del reactor con su respectiva llave de paso como en la **Figura 16**

Figura 16
Vista lateral derecha



Elaborado por: Autor

Determinación del volumen inicial.

Ya una vez caracterizado las dimensiones que se utilizaran para el reactor se establece el volumen del dispositivo en mención, cabe mencionar que el volumen que se determinará corresponde al volumen inicial y será la sumatoria de volúmenes de todas las zonas ya antes mencionadas.

$$V_i = V_p + V_r + V_s$$

Entonces:

$V_i =$ *volumen inicial.*

$V_p =$ *volumen de zona de partículas suspendidas*

$V_r =$ *volumen de zona de reacción*

$V_s = \text{volumen de zona de sedimentación}$

- *Volumen de la zona de partículas suspendidas*

$$V_p = l * a * h$$

$$V_p = 0.7m * 0.15m * 0.4m$$

$$V_p = 0.042m^3$$

- *Volumen de la zona de reacción*

$$V_r = l * a * h$$

$$V_r = 0.7m * 0.35m * 0.4m$$

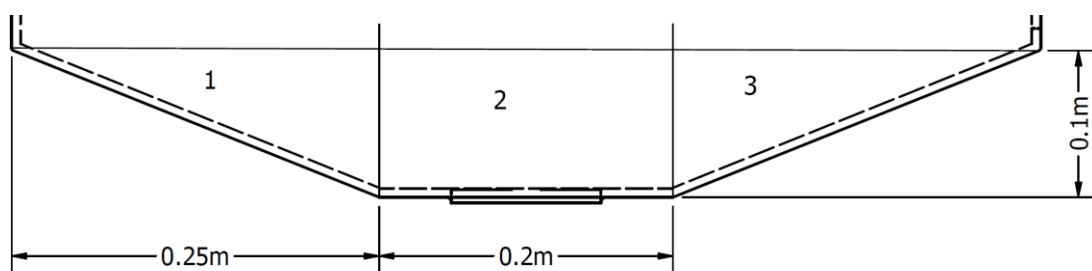
$$V_r = 0.098m^3$$

- *Volumen de la zona de sedimentación*

Se realiza un diagrama de cuerpo libre para la zona de sedimentación y poder determinar el volumen.

Figura 17

Diagrama de cuerpo libre zona de sedimentación



Elaborado por: Autor

Desarrollo del segmento 1

Área del segmento 1

$$A_{s1} = \frac{\text{base} * \text{altura}}{2}$$

$$A_{s1} = \frac{0.1 * 0.25}{2} = 0.0125m^2$$

Volumen del segmento 1

$$V_{s1} = A_{s1} * \text{ancho}$$

$$V_{s1} = 0.0125m^2 * 0.4m = 0.005m^3$$

Desarrollo del segmento 2

$$V_{s2} = l * a * h$$

$$V_r = 0.2m * 0.4m * 0.1m$$

$$V_r = 0.008m^3$$

Desarrollo del segmento 3

El segmento 3 es igual posee las mismas características triangular y dimensiones del segmento 1 por tal motivo sus resultados con respecto al volumen son los mismos.

$$V_{s3} = 0.0125m^2 * 0.4m = 0.005m^3$$

Cálculo del volumen total de la zona de sedimentación

$$V_s = V_{s1} + V_{s2} + V_{s3}$$

$$V_s = 0.005m^3 + 0.008m^3 + 0.005m^3 = 0.018m^3$$

Calculo total del volumen inicial del reactor

$$V_i = V_p + V_r + V_s$$

$$V_i = 0.042m^3 + 0.098m^3 + 0.018m^3 = 0.158m^3$$

Material del reactor

Para la construcción del reactor se necesitará un material resistente que funcione como aislante ya que en este sistema interactúa directamente la energía eléctrica, por otra parte, que sea resistente y que pueda tener características óptimas para realizar termo doblados, y que pueda resistir productos químicos en concentraciones moderadas. Según las necesidades antes mencionadas se opta por que el material del reactor sea de origen de Polimetilmetacrilato. El polimetilmetacrilato también puede ser nombrado por sus siglas PMMA, es un tipo de acrílico muy resistente y con las características necesarias para el presente proyecto. Según (García, 2012) establece las siguientes características físicas de este material.

- 93% de transparencia
- Dóctiles mecanizados de moldeo en termo doblado
- Dureza semejada al aluminio
- Aislante térmico
- 50% más ligero que el vidrio
- Es óptimo para mecanizado en frío exceptuando el doblado
- Resistente a productos químicos exceptuando: ácido sulfúrico, ácido acético, butanol, triclorometano.
- Veinte veces más resistente al impacto que el vidrio.

Tabla 15
Ficha técnica

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

MECÁNICAS	
ALARGAMIENTO A ROTURA	Entre 2,5 - 5%
DUREZA ROCKWELL	Escala M: 92
MÓDULO DE TRACCIÓN	2400 - 3300 N/mm ²
RESISTENCIA AL IMPACTO IZOD	entre 16 y 32 J*m ⁻¹
TÉRMICAS	
COEFICIENTE DE EXPANSIÓN TÉRMICA LINEAL	Entre 70*10 ⁻⁶ y 77*10 ⁻⁶ K ⁻¹
TEMPERATURAS DE TRABAJO	Desde -40 °C a 50 - 90 °C dependiendo si el trabajo es continuo o no
FISICAS	
DENSIDAD	1,2 gcm ⁻³
ABSORCIÓN AL AGUA	< 0,2 %
RESISTENCIA UV	Excelente, no amarillea ni se fisura
QUÍMICAS	
RESISTENCIA A COMPUESTOS QUÍMICOS	
ÁCIDOS MINERALES/ORGÁNICOS	Resistente
ÁCIDOS ACÉTICOS	No resistente
ACETATO DE ETILENO	No resistente
AGUARRÁS/ALCOHOL	Medianamente resistente
BENZOL/BUTANOL	No resistente
CLORUROS	Resistente
GASOLINA	Resistente
HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS	Resistente
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS	No resistente

Fuente: (EMAC AMERICAN LLC (FL,USA), 2022)

Diseño del sistema de electrodos (Placas metálicas)

El sistema de electrodos comprende de las placas que estarán sumergidas dentro del reactor, las cuales servirán como transportadoras de energía eléctrica, las mismas que estarán distribuidas de una forma ordenada dentro del reactor.

Según (Fonseca & Panimbosa, 2021) determinan que los materiales necesarios que actuarán de una manera óptima dentro del reactor corresponderán a materiales de hierro y aluminio, determinando que las placas de aluminio respectivamente actuarán como ánodos correspondiendo a electrodos de sacrificio y las placas metálicas de hierro actuarán como cátodos.

Determinación de número de placas

Para determinar la cantidad de placas, antes se tiene que establecer la distancia que poseerá dichas placas con respecto a las paredes del reactor, se determina que la distancia será de 0.04m respectivamente debido a que por estas partes laterales del reactor están las entradas y salidas de las aguas residuales la cual se determina una distancia prudente para su funcionamiento optimo.

La distancia que tiene que poseer cada electrodo promueve un factor importante para la eficiencia del tratamiento de aguas residuales, la cual según (Grijalva & Mariño, 2014) para que esto suceda las distancia optima será de entre 10mm hasta 25mm respectivamente manifestando que según experimentos realizados en este rango no presentaron inconvenientes de sedimentación por tal motivo establecen que este rango de separación es óptimo para reactores de entre 0.0150m³ hasta 0.200m³ respectivamente.

De acuerdo a la información ya antes analizada se establece que la separación óptima para el reactor del tratamiento de aguas residuales será de 0.023m.

El espesor de las placas fue determinado según (Fonseca & Panimbosa, 2021, pág. 30) determina que el espesor óptimo de las palcas que funcionarán como electrodos sumergidos corresponderán a 2 mm, ya que según datos experimentales este espesor es el óptimo para la eficiencia del prototipo tanto en las reacciones de floculación, como en los costos de implementación.

Determinación de numero de electrodos

Según (Grijalva & Mariño, 2014, pág. 36) determina que para calcular el número de electrodos se usara la siguiente ecuación:

$$n = \frac{a - 2\theta}{d + \sigma}$$

Donde

n = número de placas

a = ancho del reactor

δ = distancia entre el reactor y paredes laterales

d = distancia entre electrodos

σ = espesor de los electrodos

Se menciona que para la ejecución de esta fórmula los valores serán transformados de metros a centímetros respectivamente.

Entonces

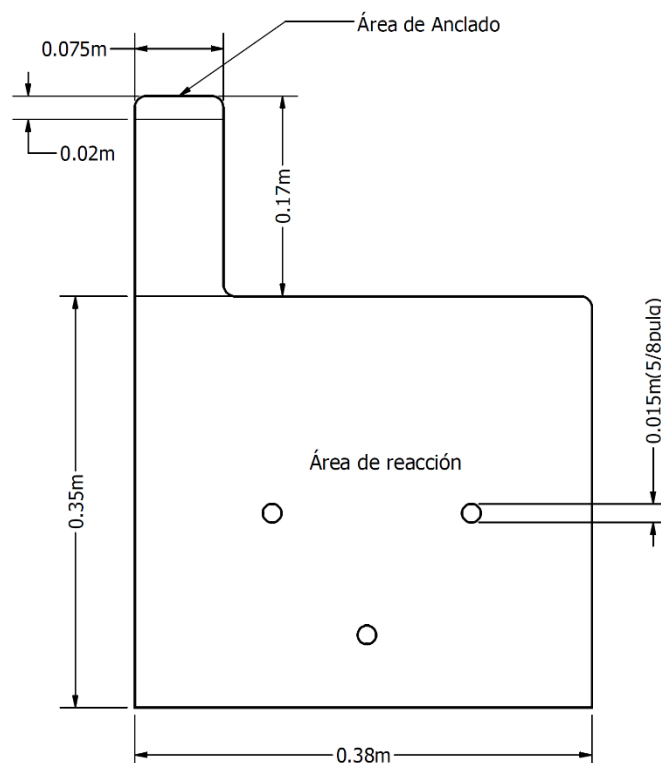
$$n = \frac{70cm - 2(4cm)}{2.3cm + 0.2cm}$$

$$n = 23.846$$

Se determina que el número de placas que actuara en le rector serán de 24 unidades siendo 12 de material de aluminio y 12 de hierro respectivamente.

Figura 18

Vista frontal de placas



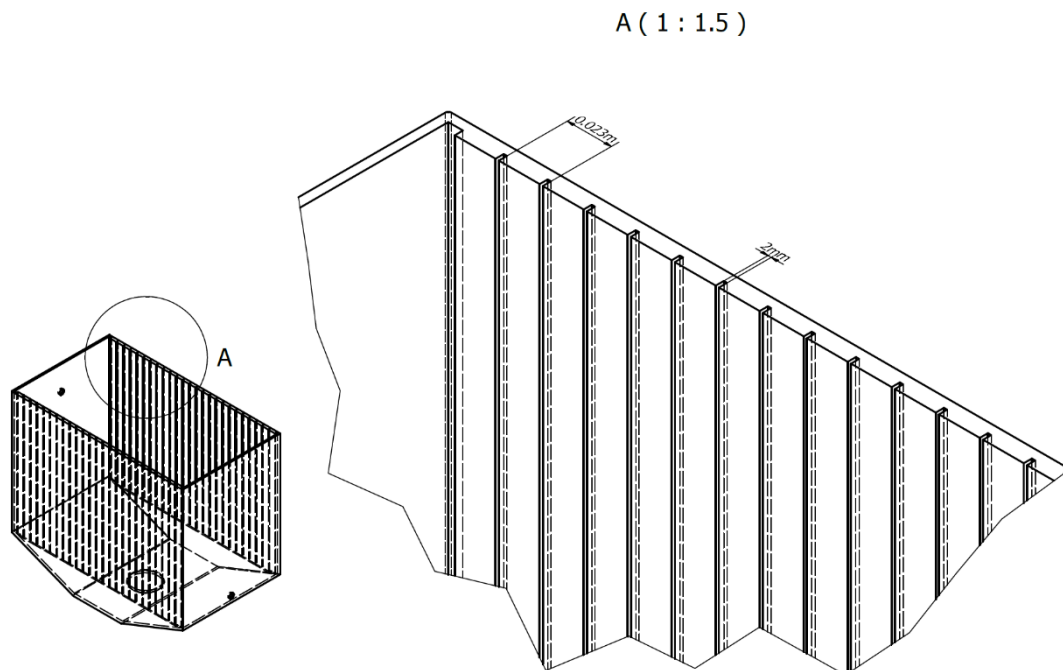
Elaborado por: Autor

Como se puede observar en la **Figura 18** la placa consta de una zona de anclado, la misma que sirve para sostener los lagartos correspondientes al paso de la energía eléctrica sobresaliendo de esta 0.02m con respecto al reactor. Por consiguiente se realizan tres perforaciones en la zona del área de reacción, estas perforaciones tienen el objetivo de que el agua pueda circular de cierta forma entre las placas, dichas perforaciones poseen un diámetro de 0.015 m (5/8 pulg).

Sujeción de placas en reactor

Las placas al ser conductoras de energía eléctrica estas deben estar aisladas unas a otras por tal motivo es necesario establecer una especie canaletas en las paredes frontales y traseras del reactor con el fin de que las placas permanezcan sin contacto.

Figura 19
Vista isométrica de ranuras



Elaborado por: Autor

Cálculo del volumen total de tratamiento

Para este apartado se determinará cual es el volumen total del agua residual que se pretende tratar mediante el método de electro floculación, en dicho calculo se tiene que tener en cuenta que las placas metálicas que actúan como electrodos disminuyen la capacidad de volumen en el reactor.

Por tal motivo se entiende que

$$V_f = V_i - V_p$$

Donde

$V_f = \text{volumen final}$

$V_i = \text{volumen inicial}$

$V_p = \text{volumen de las placas sumergidas (área de reacción)}$

Determinación de V_p

Para la determinación de este volumen según (Grijalva & Mariño, 2014) solo se debe tomar en consideración el área de reacción como se puede observar en la **Figura 18**, ya que esta es la que se encuentra sumergida en el agua residual.

Para el cálculo del área total de las placas se utilizará la siguiente ecuación según (Grijalva & Mariño, 2014).

$$V_p = \varepsilon(n((l * a) - 3(\pi * r^2)))$$

Donde

$n = \text{número de placas}$

$l = \text{largo de placa}$

$a = \text{ancho de placa}$

$r = \text{radio de la perforación}$

$\varepsilon = \text{espesor de la placa}$

Se reemplaza los valores

$$V_p = 0.002m(24((0.35m * 0.38m) - 3(\pi * 0.0079^2m)))$$

$$V_p = 0.00636m^3$$

Se determina el volumen total

$$V_f = 0.158m^3 - 0.00636m^3$$

$$V_f = 0.152m^3$$

Sin embargo, el cálculo de V_f no corresponde al real ya que correspondiente al reactor según la **Figura 13** la zona de partículas suspendidas no estará sumergida en agua residual, por tal motivo es necesario la sustracción del mencionado volumen

$$V_f = 0.152m^3 - V_p$$

$$V_f = 0.152m^3 - 0.042m^3$$

$$V_f = 0.11m^3$$

Para obtener un análisis más adecuado se procede a la transformación de unidades al volumen final dando como resultado la capacidad total que poseerá el reactor correspondiente a litro de aguas residuales que puede tratar.

$$V_f = 0.11m^3 = 110 \text{ litros de agua}$$

Determinación de voltaje por placa

Para la generación de energía eléctrica se parte como punto de partida la obtención de una fuente de energía eléctrica. Según (Importadora Marvin, s.f.) existe un cargador de baterías

Tipo CB-50 cuyas características están dadas a continuación:

- Cargador de Baterías de 12 a 24 Voltios
- 50Amp
- Voltaje de entrada: 110 Voltios
- Cargador de Batería de Plomo-Ácido
- Frecuencia: 60 Hz
- Tensión de Carga: 12 y 24 Voltios
- Fusible de protección
- Regulador de carga máxima o mínima
- Peso 5 Kg
- Medidas: Largo 25cm, Ancho 16cm, Alto 19cm

Nota: Los datos fueron obtenidos por la importadora “*MARVIN*” ubicada en Av. Ana de Ayala E12-93 y Guayacanes. Sector Hospital Solca. Frente al Colegio SEK (Importadora Marvin, s.f.)

Este producto de alimentación de corriente continua es de gran ayuda para la regulación del voltaje que se aplicara al sistema de electro floculación. Según (Burnes & Martinez, 2019, pág. 56) determina que en base a datos experimentales la aplicación de 12 voltios garantiza un 87.61% de afectividad, por tal motivo se determina que es el voltaje que actuará en la celda del electro floculador. Cabe mencionar que el valor de 12 voltios será el que se digitalizará en la fuente de corriente continúa.

Cálculo del voltaje por placa

Según (Grijalva & Mariño, 2014) determina que para la medición del voltaje por placa se utilizara la siguiente ecuación.

$$V_p = \frac{V_{fuente}}{n}$$

Donde

$V_p =$ Voltaje por placa

$V_f =$ Voltaje de la fuente de energía

$n =$ Numero de placas

Entonces

$$V_p = \frac{12v}{24}$$

$$V_p = 0.5v$$

Determinación de intensidad de corriente

La intensidad de la corriente según la ley de ohm es la velocidad de que posee las cargas eléctricas dentro de un material, por tal motivo se determina que la intensidad de la corriente es directamente proporcional al voltaje del circuito e inversamente proporcional a la resistencia del mismo. (Tenelema, 2019)

Según un estudio realizado por (Tenelema, 2019, pág. 35) determina que se realizaron varias aplicaciones de intensidades de corriente a un sistema electro coagulador en la cual

determina que el voltaje es directamente proporcional como ya se manifestó anteriormente, a continuación, en la siguiente tabla se muestran los datos obtenidos con respecto al voltaje.

Tabla 16

Voltaje obtenido experimentalmente

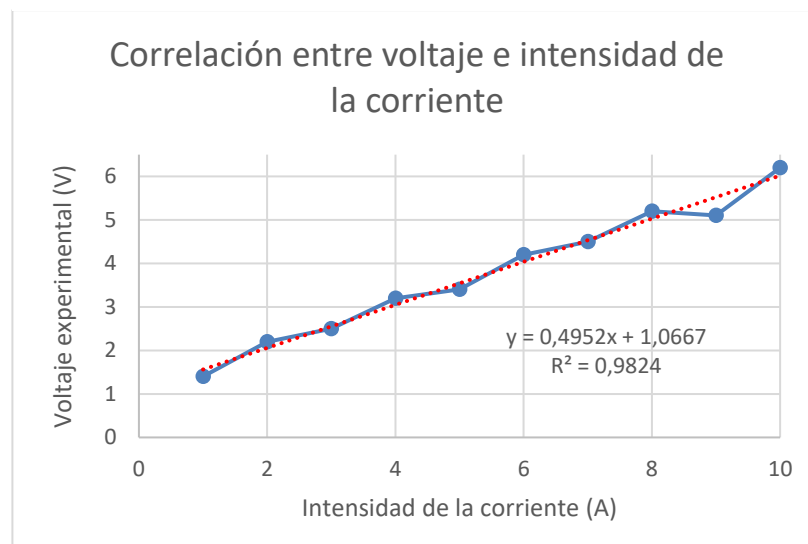
INTENSIDAD DE LA CORRIENTE (A)	VOLTAJE (V)
1	1,4
2	2,2
3	2,5
4	3,2
5	3,4
6	4,2
7	4,5
8	5,2
9	5,1
10	6,2

Elaborado por: (Tenelema, 2019, pág. 36)

Por consecuente se determina la correlación que existen entre la determinación del voltaje frente a la intensidad de la corriente representados en la siguiente grafica

Figura 20

Voltaje vs Intensidad de la corriente



Elaborado por: Autor

Fuente: (Tenelema, 2019, pág. 36)

Como se puede interpretar en la **Figura 20** se determina que los valores correspondientes a eje de y pertenece al voltaje experimental y el eje horizontal, es decir el eje correspondiente de x pertenece a los valores de intensidad de la corriente, sabiendo eso y determinando que el voltaje es directamente proporcional a la intensidad de la corriente se establece una ecuación lineal.

$$V_y = (0.4952 * I_x) + 1.0667$$

Donde

$V_y =$ Voltaje (Voltios)

$I_x =$ Intensidad de corriente (Amperes)

Dado que en esta ocasión la incógnita por resolver pertenece al hallazgo de la intensidad de la corriente es necesario despejar dicho valor siendo esta la ecuación final.

$$I_x = \frac{V_y - 1.0667}{0.4952}$$

Los valores del voltaje V_y que se aplicarán para esta ecuación corresponderán a los valores que se determinaron que se digitalizaran en la fuente de energía teniendo esta un valor de 12 voltios.

Por tal motivo el valor de x correspondiente a la intensidad de la corriente será:

$$x = \frac{12 - 1.0667}{0.4952}$$

$$x = 22.08 \text{ Amperes}$$

Tiempo de retención

Según (Grijalva & Mariño, 2014, pág. 62) determina que el tiempo de retención comprende de la velocidad con la que los iones se desplacen en centímetros por segundo en el agua residual donde se establece que para removerlos esta tendiente a una pulgada cuadrada sobre horas voltio.

$$1 \left[\frac{in^2}{hv} \right]$$

Donde se manifiesta que para la determinación de la retención del tiempo se utilizara la siguiente ecuación.

$$T_r = \frac{d^2}{1 \left[\frac{in^2}{hv} \right] * V_{placa}}$$

Donde

$T_r =$ *Tiempo de reaccion*

$d =$ *distancia de las placas en (pulg)*

$V_p =$ *voltaje por placas*

Entonces

$$T_r = \frac{0.9055in^2}{1 \left[\frac{in^2}{hv} \right] * 0.5v}$$

$$T_r = 1.63h = 98 \text{ minutos} = 1 \text{ hora con } 38 \text{ minutos de retención}$$

PLANOS DE CONSTRUCCIÓN

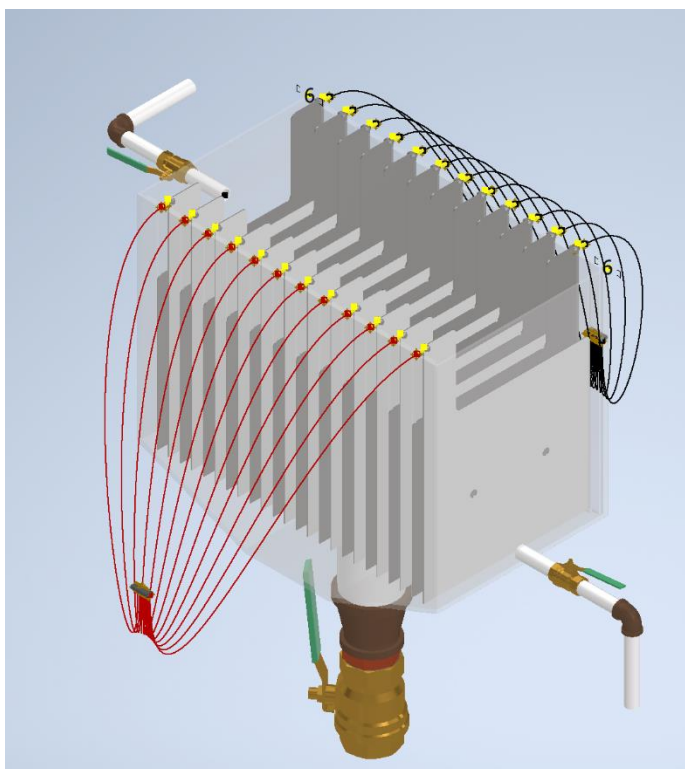
Los planos de construcción competen a la ilustración de cada parte que se detalló anteriormente en la etapa de electro floculación implementada al prototipo de tratamiento aguas residuales. Estas simulaciones de construcción se ejecutaron con la ayuda del sistema CAD. Correspondiente a la rotulación de los planos ya antes descritos fueron basados según

la normativa CPE INEN 003: código de dibujo técnico, mecánico. (CPE-INEN-003, 1989)

Anexo 6

En la siguiente grafica se muestra el esquema terminado del electro floculador.

Figura 21
Vista final



Elaborado por: Autor

Los planos de construcción del sistema de electro floculación se encuentran detallados en el **Anexo 7** el cual muestra todos los elementos que lo conforma ya sea en sus dimensiones y características.

RESULTADOS ESPERADOS.

Los resultados que se pretende obtener con la implementación de la nueva etapa de electro floculación al prototipo actual del sistema de tratamiento de aguas residuales ubicado en los

laboratorios universitarios de ingeniería pretenden mejorar considerablemente las propiedades de las aguas grises domésticas para ser descargadas tanto al alcantarillado como a caudales de agua, por otra parte se pretende que uno de los resultados sea la reutilización de las aguas residuales en actividades de riego de jardinería permitiendo dar un segundo uso a dicho recurso hídrico que por lo genera tienden a ser desperdiciado siendo objeto de una mala utilización.

A continuación, se muestra el desfase porcentual que presentan los resultados de laboratorio de las aguas grises residuales de uso doméstico con respecto a la normativa referente al control de descargas de agua residual ya sea en caudales naturales de agua y alcantarillado.

Tabla 17

Desfase porcentual de resultados del tratamiento actual

PARÁMETROS	NORMATIVA (NT002)		MUESTRAS DE LABORATORIO	PORCENTAJE DE DESFACE	
	<i>Descargas a caudales naturales de agua</i>	<i>Descargas al Alcantarillado</i>		<i>Alcantarillado</i>	<i>Caudales naturales de agua</i>
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)	100mg/l	170 mg/l	190,89 mg/l	10,94%	47,61%
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	160 mg/l	350 mg/l	496,4 mg/l	29,49%	67,77%
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)	100 mg/l	120 mg/l	168 mg/l	28,57%	40,48%

Elaborado por: Autor

Como se puede identificar en la **Tabla 17** los parámetros correspondientes a: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), y los Solidos Suspendidos Totales (SST) se encuentra por encima de los parámetros establecidos por la normativa en mención (NT002). En este mismo análisis (**Tabla 17**) se establecen los porcentajes de desfases que existen en las propiedades del sistema actual referente a la

normativa, determinando el porcentaje de superioridad que posee los resultados de laboratorio del sistema actual, estableciendo que la implementación del electro floculador al sistema actual debe mejorar como mínimo en un 70% aproximadamente y poder cubrir con todos los porcentajes de desfases que existen en el sistema actual.

Con respecto a los resultados académicos este pretende impactar positivamente a los estudiantes de la mencionada universidad, dado que con esta nueva metodología se espera ampliar los conocimientos con respecto a los métodos de tratamiento de aguas residuales y a la importancia que estos conllevan en la mejora de calidad del medio ambiente.

COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

Los costos para la implementación de la nueva etapa de electro floculación están divididos en dos ítems correspondientes a:

- *Costos de materia prima.*
- *Costos de mano de obra.*

Costos de materia prima

Estos costos abarcan todos los materiales que se necesiten para la elaboración de la nueva etapa de tratamiento de aguas residuales correspondiente al electro floculación.

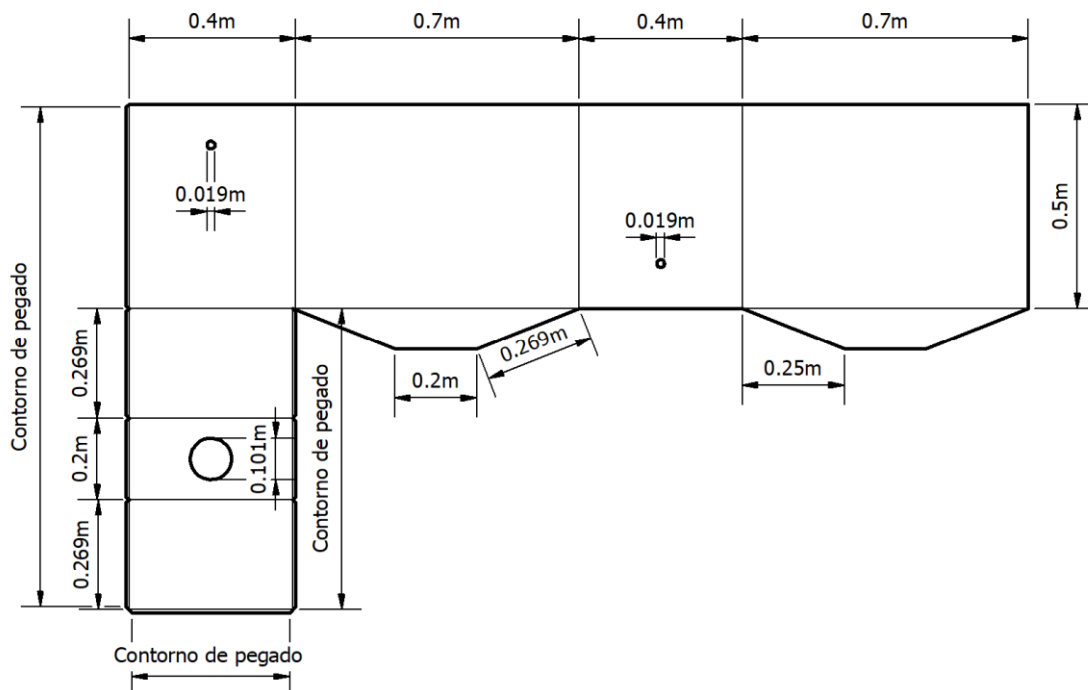
- ***Costos de materiales para reactor.***

Como se estableció anteriormente el material del reactor será de polimetilmetacrilato ya que según la **Tabla 15** muestra la ficha técnica de este material demostrando que es el material óptimo para la elaboración del reactor.

Para determinar cuál es la cantidad del mencionado material que se utilizara en la elaboración del reactor es necesario calcular el área total del reactor.

En la siguiente imagen se muestra el esquema del reactor antes de realizar la respectiva conformación del mismo la misma que interpreta el desarrollo de corte.

Figura 22
Esquema plano del reactor



Elaborado por: Autor

Considerando el esquema mostrado en la **Figura 22** se puede determinar que el área total del reactor corresponde de:

$$A_r = 1.43m^2$$

Según la empresa distribuidora (Acrilmax, 2023) determina que ofrece láminas de acrílico transparente con dimensiones tales como:

$$Ancho = 1.22m$$

$$Largo = 2.44m$$

Es decir que posee un área de trabajo de:

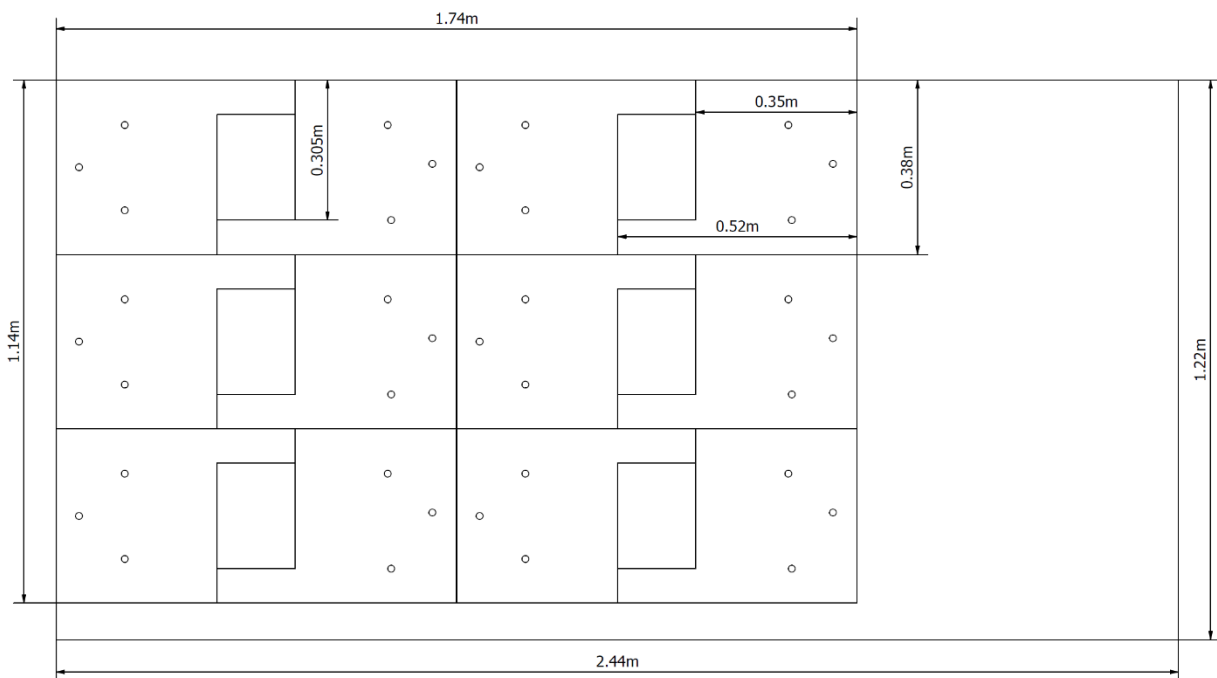
$$A_t = 2.9m^2$$

Por tal motivo se necesitará una plancha de acrílico transparente cuyo espesor será de 3 mm donde el valor según (Acrilmax, 2023) corresponde a **48.21\$** dólares americanos

- **Costos de materiales para placas metálicas.**

Como primera intervención se tiene que determinar cuántas láminas de planchas de tol de 2 mm de espesor se necesitaran para las 24 placas metálicas, sin embargo, se tiene que recalcar que 12 placas son de material de hierro y los otros 12 restantes corresponden a placas de material de aluminio. A continuación, se muestra el esquema de corte de las placas metálicas, sabiendo que las láminas de tol ya sea en hierro o de aluminio sus dimensiones son de 1.22m de ancho por 2.44m de largo.

Figura 23
Esquema de corte en láminas de tol



Elaborado por: Autor

Con respecto a la **Figura 23** se puede determinar que en una lámina de tol entran 12 placas haciendo uso del 70% de la lámina, sin embargo, debido a que las placas son de distinto material se establece que se necesitan.

- Una lámina de tol negro de 2mm de espesor por 1.22/2.44
- Una lámina de aluminio de 2mm de espesor por 1.22/2.44

Según la empresa (Dismetel , 2023) ubicada en la ciudad de Quito ofrece láminas de aluminio liso en las medidas y espesores que se detallaron anteriormente con un peso aproximado de 16.4 kg. El precio aproximado de esta lámina está en **33\$** dólares americanos.

Según la empresa (Acercons, 2023) ubicada en Tumbaco determina que las planchas de tol laminadas en caliente de 2 mm de espesor y un peso aproximado de 45.5 kg posee un precio de **53.52\$** dólares americanos.

- ***Costos de fuente de energía***

Como ya se determinó anteriormente según (Importadora Marvin, s.f.) existe un cargador de baterías Tipo CB-50 cuyas características se encuentran en la (pág. **75**) determina que tiene un precio de **75\$** dólares americanos. Además, para realizar las conexiones se necesitan 2 metros de cable sólido 10 Awg de color negro y 2 metros de cable sólido 10 Awg de color rojo. Estimando un valor de **6\$** dólares americanos

- ***Costos de elementos***

A continuación, se detallan los precios de todos los elementos que se necesitan para conformar el electro floculador, esto haciendo referencia a los planos de construcción detallados en la (Pag 79).

Tabla 18
Costos de elementos

NUMERO DE ELEMENTO	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
2	Tubo de sedimentado	Tubo PVC de 4 pulg de 15 cm	1	1,3	1,3
3	Reductor de tamaño	Reductor de diámetro de 4 pulg a 3 pulg	1	0,5	0,5
4	Adaptador interno	Adaptador para rosca interna	1	1,5	1,5
5	Válvula de bola 1	Válvula de bola tipo PVC de 3 pulg	1	29,99	29,99
6	Tubo inicial	Tubo PVC de 3/4 de pulg de 10 cm	2	0,75	1,5
7	Válvula de bola 2	Válvula de bola TIPO PVC de 3/4 de pulg	2	7,99	15,98
8	Tubo intermedio	Tubo PVC de 3/4 de pulg de 15 cm	2	1,25	2,5
9	Codo	Codo plástico de 3/4 de pulg	2	0,4	0,8
10	Tubo final	Tubo PVC de 3/4 de pulg de 20 cm	2	1,5	3
13	Perno	Perno cabeza hexagonal rosca continua 1pulg x 1/4pulg	24	0,2	4,8
14	Terminal tipo arandela	Terminal eléctrico tipo arandela	24	0,25	6
15	Tuerca	Tuerca hexagonal de 1/4 de pulg	24	0,1	2,4
TOTAL					70,27\$

Elaborado por: Autor

Fuente: Ferrería MOREIRA

Ya determinado todos los precios de la materia prima que se necesitará para la elaboración del electro floculador se establece la suma total de la misma.

Tabla 19
Costo total de materia prima

DESCRIPCIÓN	CANT	VALOR
-------------	------	-------

PLANCHA DE ACRÍLICO DE 3MM 1,22M X 2,44M	1	\$	48,21
PLANCHA DE ALUMINIO DE 2MM DE ESPESOR DE 1,22M X 2,44M	1	\$	33,00
PLANCHA DE TOL NEGRO DE 2MM DE ESPESOR DE 1,22M X 2,44M	1	\$	53,52
FUENTE DE PODER TIPO CB-50	1	\$	70,00
CABLE SOLIDO 10AWG	4 metros	\$	6,00
COSTO TOTAL DE ELEMENTOS	-	\$	70,27
TOTAL		\$	281,00

Elaborado por: Autor

Costos de mano de obra

Para constar con una base de los tiempos que se pueda tomar realizar la elaboración de las piezas que se necesiten se tomara como referencia los tiempos de una organización que se dedica a la elaboración de Exhibidores ya sea metálicos, madera, acrílicos o mixtos. Esta organización cuenta con más de 30 años en el mercado y posee una estandarización en los tiempos de producción, los mismos que servirán como línea base para el desarrollo de los costos de mano de obra.

En la siguiente tabla se muestran los tiempos aproximados de producción obtenidos mediante la toma de tiempo.

Tabla 20

Tiempos de producción tomados en la organización

ACTIVIDADES	RECORRIDO (METRO) O UNIDAD (UND)	TIEMPO (H)	DESCRIPCIÓN
CORTADO DEL ACRÍLICO	1m	0,16	el corte se lo realiza de forma manual con un artefacto que se denomina “ <i>pico de loro</i> ” la misma que es guiado mediante una regla
PEGADO DE PARTES ACRÍLICAS	1m	0,14	El pegado se realiza con el químico cloruro de metileno depositado con una jeringa de 10 cm

PERFORACIONES MENOS DE 3/4 DE PULG	1 und	0,033	las perforaciones de menos de 3/4 de pulg son realizadas con una broca
PERFORACIONES MÁS DE 3/4 DE PULG	1 und	0,05	las perforaciones de más de 3/4 de pulg son realizadas a mano con un molde del agujero haciendo uso del “ <i>pico de loro</i> ”
CORTE DE PLACAS METÁLICAS CON AMOLADORA	1m	0,15	El corte se lo realiza con una amoladora, haciendo uso de un disco de corte de 4/2 pulg x 1/16
PERFORACIONES EN PLACAS METÁLICAS	1und	0,016	Las perforaciones se realizan en un taladro de pedestal siempre y cuando el agujero no sea mayor a 3/4 de pulgada
PULIDO DE LAS ESQUINAS DE LAS PLACAS METÁLICAS	1m	0,04	El pulido de la rebaba se lo realiza con una pulidora haciendo uso de un disco de circonio

Elaborado por: Autor

Fuente: Organización elaboradora de exhibidores

En la siguiente tabla se muestran los valores del tiempo que se tomaría en la elaboración del reactor y las placas metálicas.

Tabla 21

Tiempo total de elaboración de reactor y placas metálicas

ACTIVIDADES	TIEMPO (H)	RECORRIDO (METRO) O UNIDAD (UND)	DESCRIPCIÓN	TIEMPO TOTAL DE TRABAJO
CORTADO DEL ACRÍLICO	0,16	8,8m	Contorno total del reactor (Figura 22)	1,408h
PEGADO DE PARTES ACRÍLICAS	0,14	2,3m	Contorno total de pegado del reactor (Figura 22)	0,322h
PERFORACIONES MENOS DE 3/4 DE PULG	0,033	2und	Perforaciones de entrada y salidas del agua residual (Figura 22)	0,066h
PERFORACIONES MÁS DE 3/4 DE PULG	0,05	1unidad	Perforación en la zona de	0,05h

CORTE DE PLACAS METÁLICAS CON AMOLADORA	0,15	43,2m	sedimentación (Figura 22) Contorno de las placas metálicas (Figura 18)	6,48h
PERFORACIONES EN PLACAS METÁLICAS	0,016	96und	Perforaciones en la zona de reacción y anclado (Figura 18)	1,536h
PULIDO DE LAS ESQUINAS DE LAS PLACAS METÁLICAS	0,04	43,2m	Contorno de las placas (Figura 18)	1,728h

Elaborado por: Autor

Correspondiente a los resultados de la **Tabla 21** se determina el tiempo de elaboración del reactor y las placas metálicas siendo:

$$T_1 = 11.59 \text{ horas} = 11 \text{ horas con } 35 \text{ minutos}$$

Para la determinación del tiempo de ensamblado de la parte eléctrica y de tuberías se analiza que estas carecen de complejidad ya que son dispositivos fáciles de instalar, por tal motivo se establece que dicho tiempo T_2 corresponderá al 50% del valor de T_1 entonces:

$$T_2 = T_1 * 50\%$$

$$T_2 = 5.8h$$

Por tal motivo se determina que el tiempo total de mano de obra será:

$$Tiempo_{total} = T_1 + T_2$$

$$Tiempo_{total} = 11.59h + 5.8h$$

$$Tiempo_{total} = 17.39 h = 17 \text{ horas con } 23 \text{ minutos}$$

Determinación del costo total

Para la determinación del costo total de las horas que llevara a cabo la implementación de la nueva etapa en el prototipo de tratamiento de aguas grises residuales se referenciará con el sueldo mínimo básico del año 2024, siendo este el valor de **460\$** dólares estadounidenses.

Tabla 22*Rubros de valores a pagar por operario*

RUBRO\EMPLEADO	OPERARIO
SALARIO MÍNIMO VITAL (2024)	460,0
IESS PATRONAL (11,35%)	52,2
13	38,3
14	38,3
FR	38,3
VACACIONES	19,2
DESAHUCIO	9,6
TOTAL, MENSUAL	656,0
HORAS MES	160
COSTO MINUTO	0,068
COSTO HORA	4,100

Elaborado por: Ing. Hernán Espejo

En la

Tabla 22 se puede determinar todos los valores que intervienen en el pago mensual mínimo a una persona, por tal motivo se establece que una persona que gana el sueldo básico en el año 2024 ganaría por hora **4.1\$** dólares estadounidenses.

Entonces se determina que el cálculo del valor total de la mano de obra está determinado por:

$$C_t = T_t * C_h$$

Donde:

 $C_t =$ Costo total de mano de obra $T_t =$ Tiempo total de elaboración $C_h =$ Costo por hora de un operador con el sueldo básico

Entonces:

$$C_t = 17.39 * 4.100$$

$$C_t = 71.29 \text{ dolares estadounidenses}$$

Cálculo del costo total

Como ya se determinó anteriormente el costo total estará dado por la sumatoria del costo de materia prima y los costos de mano de obra.

$$\text{Costo total} = \text{Costos de materia prima} + \text{costos de mano de obra}$$

$$\text{Costo total} = 281 \text{ dolares} + 71.29 \text{ dolares}$$

$$\text{Costo total} = \mathbf{352.29 \text{ dólares estadounidenses}}$$

CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN

Este apartado comprende la planificación que se llevaría a cabo en la implementación de la nueva etapa de electro floculación al prototipo de tratamiento de aguas residuales ubicada en los laboratorios de ingeniería.

Tabla 23

Cronograma de implementación

CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA NUEVA ETAPA DE ELECTRO FLOCULACIÓN																		
Fecha de Inicio			6/5/2024	Fecha Final										17/5/2024				
Etapas	ITEMS	TAREA	Responsable	Recursos			Lun	Mar	Mier	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Mier	Jue	Vie
				Económico	Humano	Tecnológico	6/5/2024	7/5/2024	8/5/2024	9/5/2024	10/5/2024	11/5/2024	12/5/2024	13/5/2024	14/5/2024	15/5/2024	16/5/2024	17/5/2024
Socialización	1,1	Socialización del proyecto a autoridades	Byron Noguera		x													
	1,2	Aprobación de la propuesta	Autoridades universitarias	x	x													
	1,3	Socialización estudiantes	Byron Noguera		x													
	1,4	Cotización de los materiales	Estudiantes	x	x													
Construcción	2,1	Construcción de reactor	Estudiantes	x	x	x												
	2,2	Construcción de placas metálicas	Estudiantes	x	x	x												
Instalación	3,1	Instalación de tuberías	Estudiantes	x	x	x												
	3,2	Instalación del sistema eléctrico	Estudiantes	x	x	x												
	3,3	Instalación de fuente de poder	Estudiantes	x	x	x												
Pruebas de funcionamiento	4,1	Pruebas de electricidad	Estudiantes	x	x	x												
	4,2	Pruebas de drenaje optimo	Estudiantes	x	x	x												
	4,3	Pruebas de tiempo	Estudiantes	x	x	x												
Análisis de resultados	5,1	Análisis de laboratorio a las aguas grises tratadas	Laboratorista contratado	x	x	x												
	5,2	Verificación con los resultados antes de la implementación	Responsable de laboratorio	x	x													

Elaborado por: Auto

CAPITULO IV

Conclusiones

- Referente a los resultados obtenidos por parte de los análisis de laboratorio que se ejecutaron a las aguas grises tratadas con el sistema actual correspondiente al prototipo de tratamiento de aguas residuales ubicada en los laboratorios universitarios de ingeniería se toma en consideración a 5 parámetros los cuales son; Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Solidos Suspendidos Totales (SST), Turbidez y Potencial de hidrogeno(pH) cuyos valores son determinados en la **Tabla I**, por otra parte se comparan los resultados obtenidos frente la normativa técnica de control de agua residual para el distrito metropolitano de quito (NT002) ANEXO 1 determinando los parámetros de descarga en alcantarillados y caudales de agua. Para niveles de descargas en alcantarillado los resultados mostraron que los parámetros de DBO sobrepasan frente a la normativa en un 10.94% respectivamente, los parámetros de DQO sobrepasan frente a la normativa en un 29.57%, los parámetros de SST sobrepasan frente a la normativa en un 28.57%, sin embargo, los parámetros de turbidez y potencial de hidrogeno se encuentran en niveles estables. Para los niveles de descargas en caudales de agua la normativa es aún más estricta aumentando considerablemente el porcentaje de desface tal que, los parámetros correspondientes al DBO este sobrepasa en un 47.67% con respecto a la normativa en descargas en caudales de agua, los parámetros de DQU sobrepasan en un 67.77%, los parámetros de SST sobrepasan en un 40.48%, sin embargo, los niveles de turbidez y potencial de hidrogeno se mantiene estables.
- Para realizar una identificación de cuál es la metodología idónea para proponer como una alternativa de mejora el prototipo actual se tomaron tres métodos que permitan descartar opciones y por ende elegir la adecuada, tales metodologías

fueron basadas en; análisis bibliográfico comparativa entre los métodos propuestos, análisis cualitativo usando matriz de Leopold, determinación de metodología adecuada con utilización de factores ponderados. Posterior se identificó 4 metodologías que entraran en análisis para poder identificar cual es la ideal para la propuesta de mejora las misma son; método por filtrado, método por floculación, método por electro floculación y métodos biológicos. Con respecto a las comparaciones bibliográficas como primer descarte de métodos se tomó al método de filtrado ya que según (Carbotecnia, 2023) determina que este método sirve como apoyo para otros métodos sabiendo que el sistema actual posee este método siendo descartada de las opciones. Con respecto a los análisis cualitativos utilizando la matriz de Leopold se obtuvo como descarte al método biológico ya que según la **Tabla 10, Figura 11** posee un impacto negativo severo y corresponde a la afectación de calidad de aire ya que este método al ser bilógico expulsa gases de efecto invernadero y para esto se necesitaría un diseño de almacenamiento aumentado la complejidad de la propuesta. Con dos metodologías en la lista de opciones estas son analizadas haciendo uso de factores ponderados determinando como variables de selección a; bajo costos de instalación, accesibilidad a los materiales, eficiencia en resultados, fácil elaboración y fácil operación determinando a cada variable un porcentaje de ponderación **Tabla 13**. Esta metodología da como resultado que el método de electro floculación sea la ideal para la implementación al prototipo actual de tratamiento de aguas grises residuales.

- Las variables que se pudieron identificar en el diseño de la nueva etapa de electro floculación corresponden a: el volumen de agua residual que será tratada corresponde a 0.11m^3 de agua residual gris doméstica, es decir, 110 litros de agua, el voltaje que se manejará dentro del sistema corresponderá a 12 voltios haciendo

referencia a (Burnes & Martinez, 2019, pág. 56) que garantiza con este voltaje una eficiencia del 87.61%, la intensidad de la corriente fue determinada a partir de la tabla 16 elaborada por (Tenelema, 2019, pág. 36) donde determina la correlación entre la intensidad de la corriente y el voltaje donde según su grafica figura 20 se puede extraer una ecuación lineal y por ende poder identificar la intensidad de la corriente sabiendo que el voltaje será de 12 v, por tal motivo la intensidad de la corriente fue de establecida en 22.08 amperes, correspondiente al tiempo de retención según (Grijalva & Mariño, 2014, pág. 62) determina una ecuación la cual permite identificar que según las características del sistema de electro floculación este tendrá una retención de 1 hora con 38 minutos para garantizar su funcionamiento, los planos de construcción también intervine directamente a la hora de la construcción, tal como se muestra en el **Anexo 7**.

Recomendaciones

- Se recomienda que al realizar las pruebas de laboratorio sean considerado el parámetro (SAAM) Sustancias Activas al Azules de Metileno donde se determina la cantidad de detergentes que actúan dentro del agua residual.
- Se recomienda que el final del agua residual tratada no solo este enfocada al depósito en alcantarillado o caudales de agua, sino que también puedan ser reutilizadas en otras actividades.
- Se recomienda el uso de equipo de protección personal tanto en la implantación, ejecución y funcionamiento de la nueva etapa de electro floculación.
- Se recomienda si existe a necesidad de incrementar otras faces esta sea enfocada en la floculación química, ya que este metodo no posee mayor dificultad de implementación.

BIBLIOGRAFÍA

- Acercons. (2023). Obtenido de <https://www.acercons.com.ec/producto/productos-1?page=6>
- Acrilmax. (2023). Obtenido de <https://acrilmaxec.com/producto/lamina-de-acrilico-transparente-122-244/>
- Acura, G. (21 de Marzo de 2023). Obtenido de <https://grupoacura.com/es/blog/coagulacion-floculacion/>
- Asociación Española de Empresas del Sector del Agua. (7 de Julio de 2018). *Píldora del conocimiento*. Obtenido de https://aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/Pildora_08-Grises_origen.pdf
- Banco Mundial . (19 de Marzo de 2020). *Banco Mundial BIRF.AIF*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2020/03/19/wastewater-a-resource-that-can-pay-dividends-for-people-the-environment-and-economies-says-world-bank>
- Burnes, K., & Martinez, M. (2019). *Reducción de la concentración de Ibuprofeno en agua por electrocoagulación, a nivel de laboratorio, Lima-2019*. Lima: Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/36654>
- Carbotecnia. (15 de Mayo de 2023). *Carbotecnia*. Obtenido de <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/filtracion-de-agua-liquidos/filtros-de-lecho-profundo/>
- Carrión, M. (20 de Marzo de 2020). *El Ágora Diario*. Obtenido de <https://www.elagoradiario.com/agorapedia/cuanta-agua-planeta/>
- Coky, P. (6 de Septiembre de 2016). *National University of Technology*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/323727693_DISENO_DE_UN_ELECTRO-FLOCULADOR_PARA_LA_ELIMINACION_DE_ARSENICO_EN_AGUA
- Condorchem Enviro Solutions. (20 de Enero de 2023). *Condorchem Enviro Solutions*. Obtenido de <https://condorchem.com/es/blog/tratamiento-biologico-de-aguas-residuales/>
- Conesa, F. (1997). Obtenido de <http://www.sinab.unal.edu.co/?q=node/46>
- CPE-INEN-003. (1989). *Código de dibujo técnico, mecánico*. Quito.
- Díaz, E. A. (2018). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el casode la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. *Universidad Autónoma de Estado de México*, 78-79.
- Dismetal . (2023). Obtenido de <https://dismetal.ec/productos/planchas/aluminio-liso>
- El Comercio. (22 de Julio de 2019). Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/consumo-agua-verano-crecimiento-barrios.html>
- EMAC AMERICAN LLC (FL,USA). (2022). Obtenido de <https://studylib.es/doc/3504764/metacrilato-ficha-t%C3%A9cnica--pmma->

- Fluen Cecorp. (9 de Enero de 2020). *Fluen Cecorp*. Obtenido de <https://www.aguasresiduales.info/revista/noticias/que-es-la-filtracion-del-agua-con-carbon-activado-7n7jV>
- Fonseca, L., & Panimbosa, M. (2021). *EVALUACIÓN DE UN ELECTROCOAGULADOR PARA LA DISMINUCIÓN DE CONTAMINANTES EN AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA, EN EL PERIODO ABRIL-AGOSTO 2021*. Latacunga: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI. doi:<https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7836/1/PC-001078.pdf>
- García, J. (7 de Mayo de 2012). *Arquimaterials*. Obtenido de <https://arquimaterials.wordpress.com/2012/05/07/polimetilmetacrilato-caracteristicas-y-propiedades/>
- Grijalva, M., & Mariño, F. (2014). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELECTROCOAGULADOR APLICADO AL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA TESQUIMSA, PARA EL LABORATORIO DE QUÍMICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES DE LA UISEK*. Quito: UNIVERSIDAD INTERNACIONAL UISEK. Obtenido de <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/999>
- Importadora Marvin. (s.f.).
- KHN WATER TREATMENTS EQUIPMENTS CO., LTD. (25 de Agosto de 2021). *KHN WATER TREATMENTS*. Obtenido de <http://www.khnwatertreatments.com/info/advantages-and-wide-application-of-electro-flo-63533515.html>
- Leopold. (1971). *A procedure for evaluating environmental impact*. Washington, D.C.: U.S. Geological Survey Circular 645. doi:<https://doi.org/10.3133/cir645>
- Machado, J. (13 de Febrero de 2020). *PRIMICIAS*. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/rios-contaminacion-quito-agua/>
- Machado, J. (27 de Junio de 2023). *Primicias*. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/cortes-agua-quito-barrios-verano/>
- OXI CHILE. (5 de Julio de 2020). *Manual Cloruro Férrico*. Obtenido de <https://www.oxychile.cl/downloadfile.aspx?CodSistema=20020129172812&CodContenido=20200911154430&CodArchivo=20200914170306#:~:text=Para%20esti mar%20la%20dosis%20de,90%25%20de%20los%20fosfatos%20presentes.>
- Prashad, J. (28 de Julio de 2020). *Humanium*. Obtenido de <https://www.humanium.org/es/la-crisis-de-la-contaminacion-del-agua-de-america-latina-y-sus-efectos-en-la-salud-de-los-ninos/>
- Rodríguez, D., & Gallego, D. d. (2019). Evaluación del quitosano como coagulante para el tratamiento de efluentes piscícolas. *Revista Colombiana de Biotecnología*, XXI, 6-17.
- Sevillano, J. (2022). *DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PRODUCIDAS EN EL LAVADO DE CORRALES DE CERDOS, EN LA GRANJA DE PRODUCCIÓN PORCINA A PEQUEÑA ESCALA PARA EL RANCHO SAN FERNANDO*. *Universidad Indoamérica*.

- SIDESA. (20 de Marzo de 2019). Obtenido de [https://aniq.org.mx/pqta/pdf/Respaldo/Sulfato%20de%20Al.Sol.%20Libre%20de%20Fe\(toda%20LIT\).pdf](https://aniq.org.mx/pqta/pdf/Respaldo/Sulfato%20de%20Al.Sol.%20Libre%20de%20Fe(toda%20LIT).pdf)
- Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox. (7 de Mayo de 2023). SSWN. Obtenido de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/coagulaci%C3%B3n-y-separaci%C3%B3n-floculaci%C3%B3n-y-separaci%C3%B3n>
- Telwesa. (20 de Mayo de 2021). *Telwesa*. Obtenido de <https://telwesa.com/reactor-biologico/>
- Tenelema, S. (2019). *DISEÑO DE UN ELECTROCOAGULADOR PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA FAMILAC DEL CANTÓN CHAMBO*". Riobamba: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10573>
- Vargas, J. (30 de Marzo de 2018). Desarrollo de un sistema electrónico que aporta a la potabilización de agua mediante electrofloculación, ozonificación y radiación ultravioleta. *Espacios*(39), 1. Obtenido de <https://www.revistaespacios.com/a18v39n39/18393901.html>

Anexo 1

Norma Técnica Para el control de Descarga Líquidas

NORMA TÉCNICA PARA EL CONTROL DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES

1. OBJETO

El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar los usos asignados, la salud e integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general. Para ello, se establecen los límites permisibles de concentración de contaminantes en los efluentes líquidos de origen industrial, comercial y de servicios, vertidos al sistema de alcantarillado y cauces de aguas.

2. ALCANCE

Todo efluente líquido residual proveniente de establecimientos industriales, comerciales y de servicios, pública o privada está sujeto a la aplicación de la presente norma técnica dentro del territorio del Distrito Metropolitano de Quito.

Anexo 2

Tabla No A1 de la Norma (NT002)

ANEXO 1

TABLA No. A1. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES POR CUERPO RECEPTOR

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	
			Alcantarillado	Cauce de agua
Aceites y grasas	A y G	mg/l	70	30
Explosivos e inflamables	Sustancias	mg/l	Cero	
Alquil Mercurio		mg/l	No detectable	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1	0,1
Bario	Ba	mg/l		2,0
Boro	B	mg/l		2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02	0,02
Cianuro Total	CN	mg/l	1,0	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1	0,1
Cloruros	Cl	mg/l		1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0	1,0
Cobalto Total	Co	mg/l	0,5	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml		Remoción>al 99,9%
Color real	Color real	Unidades Pt-Co		*Inapreciable en dilución:1/20
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2	0,2
Cromo Hexavalente	Cr ⁶⁺	mg/l	0,5	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	170	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	350	160
Dicloroetileno	Expresada como Dicloroetileno	mg/l	1,0	
Estaño	Sn	mg/l		5,0
Fluoruro	F	mg/l		5,0
Fósforo Total	P	mg/l	15	10
Hierro	Fe	mg/l	25	10
Hidrocarburos Totales	TPH	mg/l	20	10
Materia flotante	Visible	-	Ausencia	Ausencia
Manganeso	Mn	mg/l	10,0	2,0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l		30
Nitrógeno Total	N	mg/l	60,0	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados Totales	mg/l	0,05	0,05
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,5	0,2
Potencial de hidrógeno***	pH	---	6-9	6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5	0,1
Sulfuros	S	mg/l	1,0	0,5
Sólidos Suspendidos	SS	mg/l	100	80
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	120	100
Sólidos Totales	ST	mg/l	1200	1200
Sólidos Sedimentables	SSE	ml/l	20,0	

**TABLA No. A1. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES POR CUERPO RECEPTOR
(continuación...)**

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	
			Alcantarillado	Cauce de agua
Sulfatos	SO ²⁻	mg/l	400	1000
Temperatura	-	°C	< 40	Condición natural +/- 3
Tensoactivos	Substancias activas al azul de metileno	mg/l	1	0,5
Turbidez	-	NTU		**
Zinc	Zn	mg/l	2,0	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0	

Anexo 3

Tabla No. A5 sección H Norma (NT002)

TABLA No. A5 GUÍA ORIENTATIVA DE LOS PARAMETROS DE DESCARGA A ANALIZARSE. (continuación...)

H. HOTELES Y RESTAURANTES			
5511	Alojamiento en hoteles, hostales y apartoteles	caudal, DBO, DQO, SST, SAAM, Aceites y Grasas	
5512	Alojamiento en residencias, moteles y amoblados		
5513	Alojamiento en centros vacacionales y zonas de camping		
5600	Servicio de alimento y bebida		

Anexo 4

Tabla No. A3 Norma (NT002)

TABLA No. A3. CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRICOLA

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Película Visible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Huevos Parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia Flotante	Visible		Ausencia
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,5
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3
Potencial de hidrógeno	pH	---	6-9
Plomo	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables	SSE	m l / l	20,0

Anexo 5

Resultados de laboratorio del sistema actual

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA RESIDUAL					
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS	OBSERVACIONES
28352-1	A00	Planta Tratadora de Agua	02/05/2019	10:45	Latitud: -0.120431 Longitud: -78.498477	Ninguna Observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES

Los datos relacionados al Proyecto e Información de la Muestra a excepción del Código de Laboratorio fueron proporcionados por el cliente.

Laboratorio de Ensayo ALS acreditado por el SAE con Acreditación N° SAE LEN 05-005.

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.

SM - Standard Methods. La versión utilizada para la realización de los análisis corresponde a la Ed. 22, 2012. La actualización a la Ed. 23, 2017, se encuentra en proceso.

EPA - Environmental Protection Agency.

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas, las mismas que fueron entregadas al laboratorio bajo condiciones propias del cliente. ALS declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por ALS; éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe".

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de ALS.

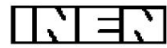
Sin la firma electrónica del Responsable Técnico, este informe no es válido.



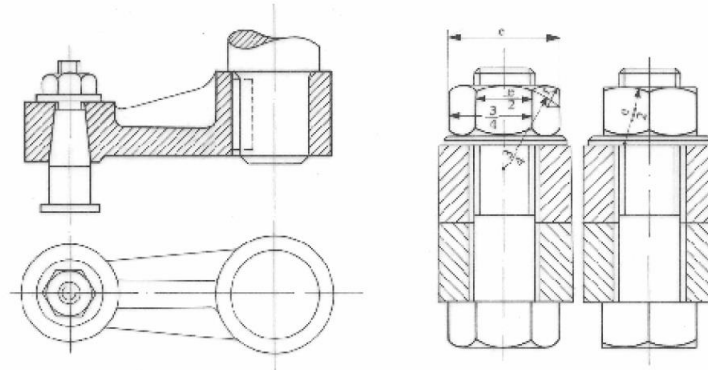
Firmado digitalmente por
MIGUEL ELIAS
MALIZA
VERDESOTO
Fecha: 2019-05-13
13:47:05:00



PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	28352-1	INCERTIDUMBRE (K=2)
				A00	
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 4500-H+ A y 4500-H+ B	PA - 05.00	U pH	7,00	± 0,11 U pH
TURBIDEZ	Standard Methods Ed. 22, 2012, 2130 A y 2130 B	PA - 37.00	NTU	79,5	± 1,1 NTU
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Standard Methods Ed. 22, 2012, 2540 A y 2540 D	PA - 16.00	mg/l	168,0	± 3,9 mg/l
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	190,89	± 16,34 mg/l
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5220 A y 5220 D	PA - 32.00	mg/l	496,4	± 74,6 mg/l



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN



**CODIGO DE
DIBUJO
TECNICO-MECANICO**

1

2

3

4

A

B

C

D

E

TABLA

ELEMENTO	CANTIDAD	NOMBRE DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1	1	Reactor	Recipiente principal
2	1	Tubo de sedimentado	Tubo PVC de 4 pulg de 15 cm
3	1	Reductor de tamaño	Reductor de diámetro de 4 pulg a 3 pulg
4	1	Adaptador interno	Adaptador para rosca interna
5	1	Válvula de bola 1	Válvula de bola de 3 pulg
6	2	Tubo inicial	Tubo PVC de 3/4 de pulg de 10 cm
7	2	Válvula de bola 2	Válvula de bola de 3/4 de pulg
8	2	Tubo intermedio	Tubo PVC de 3/4 de pulg de 15 cm
9	2	Codo	Codo plástico de 3/4 de pulg
10	2	Tubo final	Tubo PVC de 3/4 de pulg de 20 cm
11	12	Placas 1	Placas metálicas de Hierro 2mm de espesor
12	12	Placas 2	Placas metálicas de Aluminio 2mm de espesor
13	24	Perno	Perno cabeza hexagonal rosca continua 1pulg x 1/4pulg
14	24	Terminal tipo arandela	Terminal eléctrico tipo arandela
15	24	Tuerca	Tuerca hexagonal de 1/4 de pulg

Tolerancias

Peso

Materiales:

Fecha:

Nombre:

Denominación:

Escala:

Dib.

B.Noguera

Tabla de Piezas

1:1

Rev.

Apro.

Firma:

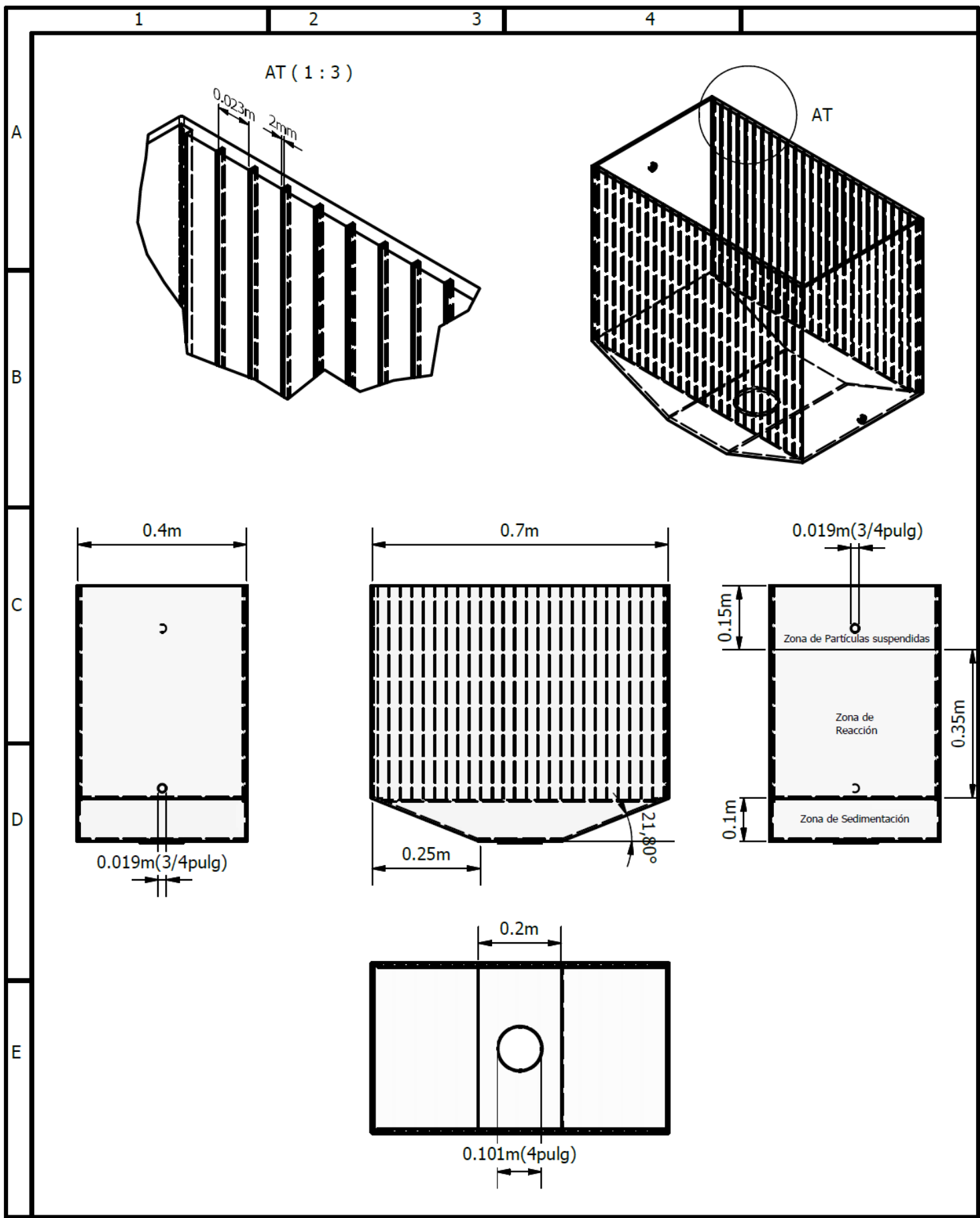
Número:

001-1

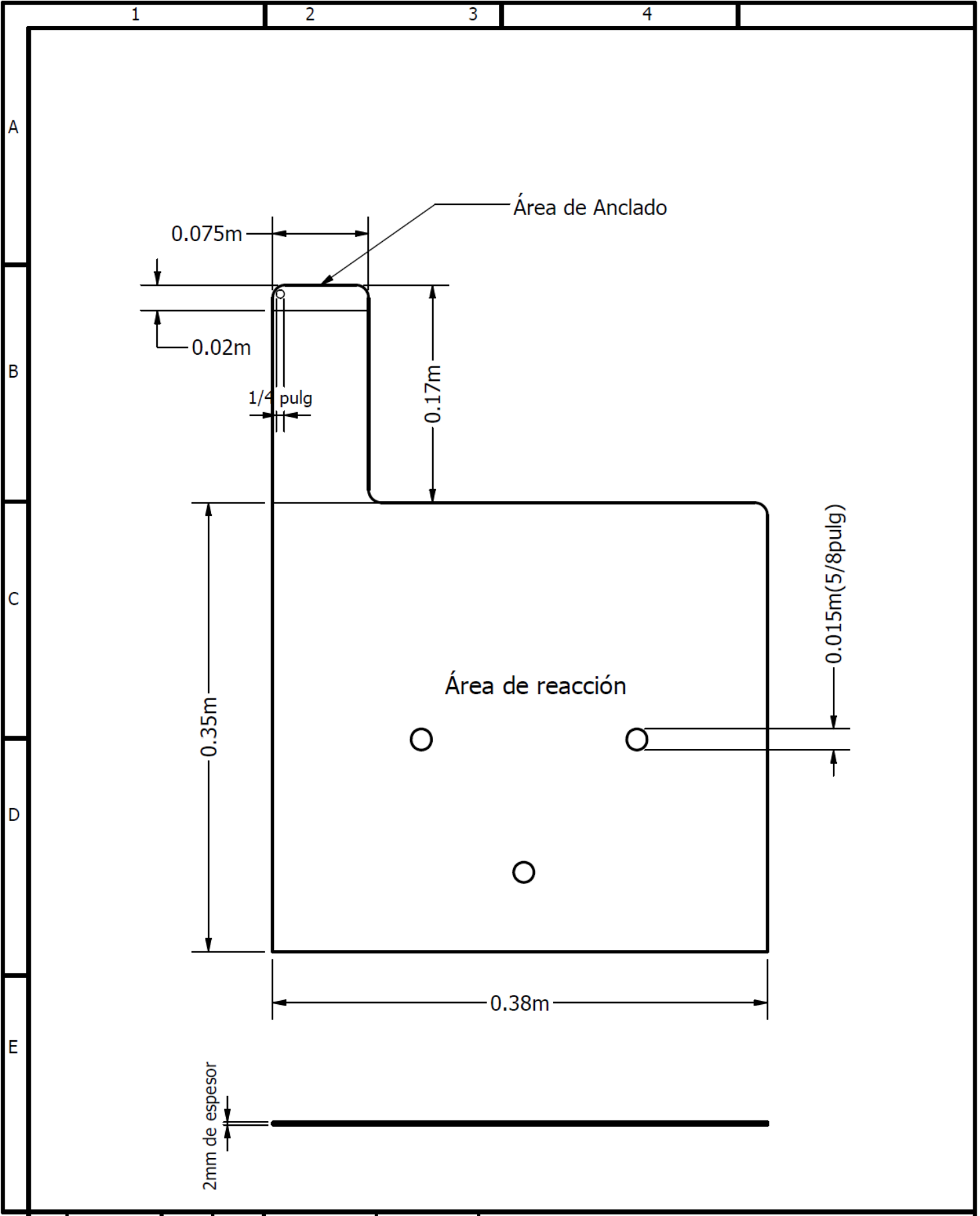
Edi-
ciónModifi-
cación

Fecha

Nombre



				Tolerancias	Peso	Materiales:	
				Fecha:	Nombre:	Denominación:	Escala:
				Dib.	B.Noguera	REACTOR	1:12
				Rev.			
				Apro.			
				Firma:		Número:	
						002	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



				Tolerancias	Peso	Materiales:	
						Denominación:	Escala:
				Dib.	Fecha:	1:4	
				Rev.	Nombre:	PLACAS METÁLICAS	
				Apro.	B. Noguera		
				Firma:	Número:	003	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				