

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
DOMESTICAS PARA EL RIEGO DE LAS ZONAS VERDES DE LA CORPORACIÓN  
UNIVERSITARIA REFORMADA**

**AUTOR:**

**CINTHYA MORALES JIMÉNEZ**

**ANGELITH TORRES PEÑA**

**TRABAJO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AMBIENTAL**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA REFORMADA – CUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**BARRANQUILLA – ATLÁNTICO**

**2023**

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
DOMESTICAS PARA EL RIEGO DE LAS ZONAS VERDES DE LA CORPORACIÓN  
UNIVERSITARIA REFORMADA**

**CINTHYA MORALES JIMÉNEZ  
ANGELITH TORRES PEÑA**

**ASESORES:**

**RUTH YESENIA ESCORCIA GAMARRA**

**PEDRO JESSID PACHECO TORRES**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA REFORMADA – CUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**BARRANQUILLA – ATLÁNTICO**

**2023**

## Tabla de contenido

1.	Introducción .....	10
2.	Planteamiento Del Problema.....	12
2.1	Descripción Del Problema .....	12
2.2	Formulación Del Problema .....	13
3.	Justificación .....	14
4.	Objetivos .....	16
4.1	Objetivo General .....	16
4.2	Objetivos Específicos .....	16
5.	Marco Referencial.....	17
5.1	Estado Del Arte .....	17
6.	Marco Teórico .....	20
6.1	Tipos De Aguas Residuales.....	20
6.2	Características De Las Aguas Residuales .....	21
3.	Proceso De Tratamiento De Aguas Residuales .....	22
7.	Marco Conceptual.....	24
8.	Marco Legal .....	26
9.	Metodología .....	28
9.1	Área De Estudio .....	33
9.2	Presupuesto.....	37

10.	Resultados Y Discusiones .....	45
10.1	Caracterización De Agua Residual Domestica .....	46
10.2	Técnicas De Muestreo .....	49
10.3	Equipos Utilizados.....	53
10.4	Diseño De La Planta .....	55
10.5	Mantenimientos .....	56
10.6	Responsabilidades Del Operador De La PTARD .....	57
10.6	Formatos .....	58
11.	Conclusiones Y Recomendaciones .....	60
12.	Referencias.....	62
13.	Anexos .....	66

## LISTADO DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Cuadro normativo.....	26
<b>Tabla 2.</b> Caudal máximo de la planta de tratamiento. ....	36
<b>Tabla 3.</b> Caudal promedio de la planta de tratamiento. ....	36
<b>Tabla 4.</b> Capacidades de la planta de tratamiento según su diseño. ....	37
<b>Tabla 5.</b> consumo de agua m <sup>3</sup> sin PTARD.....	38
<b>Tabla 6.</b> Actividades de consumo de agua y su valor económico. ....	40
<b>Tabla 7.</b> Insumos necesarios para el funcionamiento de la PTAR. ....	41
<b>Tabla 8.</b> Consumo de insumos y monitoreo. ....	42
<b>Tabla 9.</b> Análisis de viabilidad del proyecto. ....	42
<b>Tabla 10.</b> Muestreo de aguas residuales en la UR.....	47
<b>Tabla 11.</b> Muestreo de aguas residuales en la UR. ....	48
<b>Tabla 12.</b> Técnicas de muestreo. ....	50
<b>Tabla 13.</b> Caracterización de las aguas residuales. ....	51
<b>Tabla 14.</b> Resultados de pH, DQO y SST. ....	52
<b>Tabla 15.</b> Resultados de pH, DQO y SST. ....	53
<b>Tabla 16.</b> Equipos utilizados para la recopilación de los resultados. ....	53
<b>Tabla 17.</b> Mantenimiento de la PTARD. ....	56
<b>Tabla 18.</b> Divulgación del diseño de la planta de tratamiento al personal de mantenimiento.....	66
<b>Tabla 19.</b> Toma de muestra de agua residual doméstica. ....	66
<b>Tabla 20.</b> Toma de muestra de aguas residuales domésticas. ....	67

**LISTADO DE IMÁGENES**

<b>Imagen 1.</b> Cronograma de trabajo de la planta de tratamiento de aguas residuales no domesticas de la CUR. ....	28
<b>Imagen 2.</b> Sistema de tuberías de planta de tratamiento. ....	29
<b>Imagen 3.</b> Identificación de aguas residuales de la universidad reformada. ....	30
<b>Imagen 4.</b> Delimitación geográfica del área de estudio en la universidad reformada. ....	34
<b>Imagen 5.</b> Indicador de consumo de agua triple A 2023. ....	34
<b>Imagen 6.</b> Consumo de agua Triple A 2023. ....	35
<b>Imagen 7.</b> Costo del consumo de agua Triple A 2023. ....	36
<b>Imagen 8.</b> Presupuesto para la implementación de una PTAR en la CUR. ....	38
<b>Imagen 9.</b> Punto de vertimiento final. ....	46
<b>Imagen 10.</b> Materiales utilizados. ....	47
<b>Imagen 11.</b> Diseño de la PTARD. ....	56
<b>Imagen 12.</b> Registro de operación y mantenimiento de PTARD. ....	59

**LISTADO DE GRAFICOS**

<b>Gráfica 1.</b> Estado de resultados.....	43
---	----

## RESUMEN

La Universidad Reformada es una institución que a lo largo de estos años ha ido creciendo, lo cual genera una mayor generación en el uso de los recursos naturales, en este caso actualmente la Universidad Reformada no trata sus aguas residuales domésticas generadas, ni tampoco se tienen separadas las diferentes aguas que se utilizan dentro de la misma, por esta razón este proyecto consiste en diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas tipo biológica para actividades de riego dentro de las áreas verdes de la Universidad, con esta planta podremos minimizar y aprovechar un recurso vital como lo es el agua, y también reutilizar sus lodos generados para actividades de compostaje. Con este proyecto la Universidad va a crecer como institución y aportara al desarrollo sostenible de los futuros estudiantes a ingresar

**Palabras claves:** aguas residuales, planta de tratamiento de aguas residuales, recurso, compostaje.

## ABSTRACT

The Reformed University is an institution that over these years has been growing, which generates a greater generation in the use of natural resources, in this case currently the Reformed University does not treat its domestic wastewater generated, nor does it have separate the different waters that are used within it, for this reason this project consists of designing a biological type domestic wastewater treatment plant for irrigation activities within the green areas of the University, with this plant we will be able to minimize and take advantage of a vital resource such as water, and also reuse the sludge generated for composting activities. With this project the University will grow as an institution and will contribute to the sustainable development of future students to enter

**Keywords:** wastewater, wastewater treatment plant, resource, composting.

## 1. Introducción

Las aguas residuales son un fenómeno que no puede ser ignorado ni descuidado por parte de los entes gubernamentales, se debe velar y garantizar el bienestar de sus comunidades. Por esta razón, El objetivo del desarrollo sostenible número seis consiste en garantizar la disponibilidad del agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.

En Colombia, existen entidades las cuales regulan normas que buscan garantizar que este objetivo se cumpla tal como el ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible que busca definir bajo la política integral del recurso hídrico, las pautas y actividades que se deben cumplir con el fin de conservar los ecosistemas que abastecen con agua el país, es de gran importancia cuidar nuestros cuerpos de agua desde su tratamiento y también realizar gestiones para el ahorro de este, sabemos que es un recurso vital para nuestra supervivencia humana por ende debe ser preservado. De esa forma contribuimos con el desarrollo sostenible y se garantiza el derecho de todos los ciudadanos a gozar y heredar un ambiente sano. A través de esta entidad, se han legislado resoluciones como el RAS 2000 que fue reemplazado por la resolución 0330 de 2017 donde se reglamentan los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

Con el crecimiento de la población y el progreso en el desarrollo industrial, la generación de aguas residuales continúa en aumento, siendo una de las principales causas de afluentes, sistemas de agua y ecosistemas, por esta razón se ha considerado una obligación el cuidar y tratar las aguas residuales que son generadas de diferentes actividades específicas. su disponibilidad ha disminuido en los últimos años, como resultado del aumento significativo de la

contaminación, que además de disminuir las fuentes de agua, produce una mayor propiedad en condiciones de saneamiento básico en la comunidad (Chávez, 2011). Para reducir el nivel de contaminación, es importante proporcionar un tratamiento adecuado para las aguas residuales, lo cual dependerá de una operación y un mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), con el fin minimizar el impacto de los derrames realizados por los desechos en las fuentes de agua (Nations, 2019).

La Corporación Universitaria Reformada es una institución educativa que cuenta con una gran cantidad de zonas verdes en su campus. Estas áreas verdes son esenciales para el bienestar de los estudiantes y el personal que trabaja para la Universidad, ya que proporcionan un ambiente agradable y relajante. Sin embargo, el riego de estas zonas verdes requiere una gran cantidad de agua, lo que puede ser costoso y no sostenible a largo plazo. Por lo tanto, se propone diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para el riego de las zonas verdes de la Corporación Universidad Reformada.

Por lo anterior, mediante el desarrollo del presente trabajo, se propone el diseño de una planta modelo de tratamiento de agua residuales domesticas para la Corporación Universitaria Reformada, en la cual se realizarán caracterizaciones, investigaciones teóricas y diseño de planta de tratamiento.

## 2. Planteamiento Del Problema

### 2.1 Descripción Del Problema

La Corporación Universitaria Reformada es una institución de carácter privado, cuyo objetivo es ofrecer un servicio público cultural y cumplir con una función social. Actualmente, cuenta con un número aproximado de 3100 personas entre estudiantes y personal administrativo, las cuales usan los servicios de los baños públicos que la Universidad brinda, generando con esto una gran cantidad de aguas residuales domésticas, adicionalmente, existen otras actividades donde también se pueden generar aguas residuales dentro de la Universidad como la limpiezas de superficies y aguas de riego, estas aguas son depositadas directamente en la línea de alcantarillado sin ningún tratamiento o pretratamiento previo alguno, volviéndose un problema ambiental que puede generar un gran impacto al medio ambiente. Es decir, que en la actualidad la Corporación Universitaria Reformada, está realizando vertimientos de aguas residuales domésticas con cargas contaminantes elevadas y por fuera de especificaciones que pueden afectar la calidad de este recurso, convirtiéndose en un problema para los sistemas de alcantarillado e inmediatamente, los cuerpos de agua aledaños a la ciudad como lo son el Río Magdalena y, por ende, el Mar Caribe. Teniendo en cuenta esta problemática ambiental es necesario buscar estrategias que influyan en la minimización de este impacto significativo, por lo que se hace necesario tratar las aguas residuales domésticas para reutilizarla en actividades de riego en las áreas verdes de la Universidad o incluso, reutilizarla en las aguas suministradas a los sanitarios de los baños de la Universidad. Es necesario que todos los recursos naturales puedan ser utilizados y aprovechados al máximo, de esa manera aseguramos un medio ambiente sano a las generaciones futuras, pero también es importante la reducción de costos con servicios tercerizados, y esto ayudaría a la universidad a mantener su economía y no depender de otras

empresas, la importancia de generar tus propios recursos es una estrategia de producción más limpia muy utilizada en el país y en el mundo. Y este proyecto en la universidad traería muchas soluciones a las diferentes actividades de tipo domésticos ejecutadas, también ayudaría a que los estudiantes se concienticen de la importancia de conservar y preservar el recurso del agua.

## **2.2 Formulación Del Problema**

¿Es viable el diseño de una planta de tratamiento de aguas domésticas en la Corporación Universidad Reformada para el riego de sus zonas verdes?

### 3. Justificación

Las aguas residuales y su tratamiento son un tema de gran importancia, ya que el agua no es abundante en todas las partes del planeta y hoy el cambio de la temperatura ha provocado sequías y racionamiento de agua, esto sin duda ha afectado a todas las poblaciones en los últimos años. Por lo cual se requiere cuidar el agua e insistir en aplicar un correcto tratamiento de aguas para así contribuir con el cuidado de la misma. Los sistemas de acueducto y alcantarillado deben estar compuestos por elementos que garanticen la captación de las aguas residuales y aguas lluvias, para ser estas transportadas hacia sistemas de tratamiento que reduzcan las cargas contaminantes y estas aguas puedan continuar su ciclo hidrológico hacia otros cursos de agua.

Actualmente el servicio de acueducto lo suministra la empresa Triple A S.A.S la cual realiza un cobro mensual por el consumo de m<sup>3</sup> de las actividades como uso de baños, lavado de manos, limpieza de superficies entre otras, es por esta razón que este proyecto busca diseñar una planta de tratamiento la cual cuenta con una tecnología que va a contribuir en el aprovechamiento de un residuo líquido el cual proviene de actividades sencillas y rutinarias que normalmente los estudiantes y cuerpo administrativo de la institución realizan, estas aguas tratadas pueden ser reutilizadas en actividades de riego, lavado de pisos y superficies como también en los sanitarios de la Universidad, de esta manera se va a reducir un impacto significativo en el consumo diario y también se va a contribuir con el desarrollo sostenible el cual consiste en utilizar los recursos del presente sin afectar los de las generaciones futuras.

Con esta idea se busca que la universidad siga utilizando tecnologías renovables que en un futuro pueden convertirla en una institución completamente independiente en la preservación y conservación de recursos naturales y también el ahorro económico de no solicitar servicios externos de acueducto influirá de manera satisfactoria. El sistema de tratamiento que se propone

es sencillo y práctico y completamente biológico el cual va a permitir que la calidad del agua que se reutilice cumpla con las especificaciones que las normas colombianas en temas de vertimientos lo disponen. Para ello, se deben considerar varios factores importantes, como la calidad del agua, los procesos de tratamiento, la capacidad y el mantenimiento, para garantizar una implementación exitosa y sostenible.

El diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas para el riego de las zonas verdes de la Corporación Universidad Reformada es una solución efectiva para la gestión sostenible de los recursos hídricos y la mejora de la calidad de vida en la universidad.

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo General**

Diseñar una planta de tratamiento de aguas domésticas en la Corporación Universidad Reformada, para el riego de sus zonas verdes.

### **4.2 Objetivos Específicos**

Caracterizar las aguas residuales domesticas generadas en la Corporación Universidad Reformada.

Elaborar un diagnóstico de los diferentes puntos de utilización del recurso del agua y las rutas de tuberías en la Corporación Universitaria Reformada.

Realizar un análisis de viabilidad financiera para la implementación y puesta en marcha del diseño de la planta de tratamiento de aguas y mejoras propuestas en la infraestructura hídrica de la Corporación Universidad Reformada.

## 5. Marco Referencial

### 5.1 Estado Del Arte

En un estudio realizado por Iván Ramos Ancajima denominado “Propuesta de rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas de la empresa Joscana SAC para su reúso en áreas verdes en la ciudad de Piura, Perú 2019” fundamentado en una investigación de tipo descriptiva, diseño no experimental y corte transversal, porque se observa el estado de la situación actual de la planta y se realizara la descripción de cada proceso con la recopilación de la información sin realizar ningún tipo de influencia directa en ellos y en un único periodo de tiempo. Asimismo, bajo un modelo teórico se contextualiza según los parámetros de las características técnicas exigidas en la norma de edificación de plantas de tratamiento de agua residuales OS.090. Se utilizaron como técnicas de recolección de la información la observación y el análisis documental y como apoyo tecnológico el software Autocad para el diseño de los planos y el rediseño de procesos. Sus objetivos se estructuraron inicialmente en el diagnóstico de la situación actual de la planta de tratamiento de aguas residuales, seguido de la identificación de los procesos susceptibles de mejora y por último la determinación de las características técnicas de la planta de tratamiento que promueva y garantice el agua para regar las zonas verdes. Entre los resultados y las conclusiones se define que se rediseño un PTAR incluye mejoras en el tanque mezclado y el proceso de floculación, que permite la reducción de DBO a 3,82 mg/L y DQO a 9,77 impactando positivamente el mejoramiento de la calidad del efluente y cumpliendo con los estándares establecidos en la normativa (Ramos, 2019).

En otro estudio realizado por Silva Obregón, denominado “Diseño de una planta de tratamiento de agua residual para el riego de áreas verdes en el distrito de los Olivos de Lima, Perú – 2020 Pontificia Universidad Católica” fundamentado en una metodología de tipo

descriptiva, mixta y transversal. Sus objetivos se estructuraron inicialmente en la realización del diseño de una planta de tratamiento de agua residual por medio del software BioWin para realizar el análisis del comportamiento de la planta diseñada y hacer la comparación con el empírico para posteriormente con el diseño definir si la propuesta lograr la reducción de concentración de los contaminantes a valores que no impacten negativamente la salud ni al medio ambiente y por último contribuir el crecimiento de áreas verdes y tener el agua disponible para el riego de las mismas. Entre sus conclusiones se encontraron que a mayor el caudal que se trate el nivel de remoción será menor por lo que se recomienda la utilización de mejores tecnologías, no obstante, al ser la propuesta una planta pequeña los escenarios estudiados son similares (Silva, 2020).

Por último, en un estudio realizado por Yolimar Castro denominado “Propuesta de diseño de la planta de tratamiento de agua residual del corregimiento de Nariño, Municipio de Tulia, Universidad Autónoma del Occidente, Cali- Colombia, 2022”, se fundamentó en una metodología de tipo descriptiva, no experimental y de corte transversal. Sus objetivos se estructuraron inicialmente en el establecimiento de la línea base de los datos de la calidad de agua residual requeridos para el diseño del sistema, seguido de la definición de la tecnología de tratamiento requerida para el cumplimiento de exigencias sociales, ambientales y económicas para el corregimiento y por último la realización del dimensionamiento de unidades y procesos planteados para el sistema que incluya la normatividad ambiental aplicable. Entre sus principales resultados se encontraron que para la recopilación de datos se realizaron diferentes visitas de campo en las que se ejecutó la caracterización fisicoquímica del agua domestica evaluando parámetros como por ejemplo la demanda bioquímica de oxígeno. Estos resultados permitieron identificar que el corregimiento contiene aguas residuales con altos niveles de dilución por la

principal causa de la canalización de nacimientos de agua del sector, posteriormente para el diseño de la planta fueron utilizados estándares de diferentes tipos de aguas residuales de tal forma que cuando se realice la optimización del sistema de alcantarillado esta tenga la capacidad de responder a la carga orgánica requerida. Se diseñó la planta a 25 años con proyecciones de población de 7946 habitantes al año 2046 asimismo para garantizar su continuidad con referencia a la adquisición de recursos o aportes del estado o entes privados se selecciona una tecnología existente conformada por un canal de entrada con rejillas de diferentes dimensiones gruesas y finas, dos unidades de desarenador horizontal con vertedero para controlar el caudal, una trampa de gradas, dos tanques sépticos, dos unidades de filtro anaerobio ascendentes y dos lechos de secado (Castro, 2022).

## 6. Marco Teórico

Se elabora el presente marco teórico con la finalidad de atender el óptimo desarrollo de la investigación.

**Aguas residuales:** Se reconocen por ser aquellas que fueron previamente utilizadas y que pueden representar un peligro por lo que deben ser desechadas al contener elevadas cantidades de sustancias y microorganismos, es decir que puede ser cualquier agua la cual su calidad está afectada de forma negativa a causa de influencias antropogénicas. Otra definición al respecto sería como el conjunto de aguas que han sido contaminadas por la realización de actividades humanas, esta puede proceder de viviendas, poblaciones y zonas industriales que arrastran suciedad” (Ramalho, 2021).

El volumen tiene variaciones dependiendo de la utilización que se le otorga a la fuente hídrica. En el caso de zonas domesticas donde el alcantarillado funcione de forma correcta una persona puede producir 90 l/día y la zona industrial 800 l/día.

Las aguas residuales se originan por los desechos humanos, animales, desperdicios caseros, corrientes fluviales, infiltración de aguas subterráneas y desechos industriales. Los alcantarillados de aguas domesticas representan una red de tuberías que sirve de transporte a aguas contaminadas hasta la planta de tratamiento (David, 2021).

### 6.1 Tipos De Aguas Residuales

Entre los diferentes tipos de aguas residuales se encuentran:

- Aguas residuales domesticas o negras: originarias de las heces y orina humana, el aseo personal, la cocina y la limpieza de los hogares. Estas tienen grandes

cantidades de materia orgánica y microorganismos como jabones, detergentes y grasas.

- Agua residual industrial (ARI): residuos líquidos originarios de procesos productivos industrial que tienen origen agrícola o pecuario.
- Aguas residuales agrícolas: procedente de los eslabones agrícolas en zonas rurales. Estas participan en su origen de las urbanas que son utilizadas en diferentes lugares para riego con o sin un tratamiento previamente realizado.
- Aguas blancas: procedencia atmosférica como la lluvia, nieve o hielo; del riego y limpieza de lugares públicos. Las precipitaciones atmosféricas son abundantes” (Silva, 2020).

## **6.2 Características De Las Aguas Residuales**

Se considera importante conocerlas para diseñar su correcto tratamiento y evaluación, estas son:

- Características físicas: estas pueden ser fácilmente percibido por los sentidos como, por ejemplo: sólidos (orgánicos e inorgánicos), turbidez (medida de las propiedades de dispersión de la luz de las aguas), color (ocasionado por sólidos suspendidos y sustancias en solución), temperatura (mayor que la temperatura del agua de abastecimiento como causa de la incorporación del agua caliente proveniente del uso doméstico e industrial que impacta directamente a las reacciones químicas, la vida acuática y la adecuación del agua para otras finalidades y el olor (debido a los gases producidos por la descomposición de la materia orgánica).

- Características químicas: materia orgánica (estados se producen generalmente por la combinación del carbono, hidrogeno, oxígeno y nitrógeno), grasas de animales y aceites (sustancias de naturaleza lipídica que son inmisible con el agua permaneciendo en la superficie y promoviendo la aparición de espumas); medidas de contenido orgánico, materia orgánica y gases (nitrógeno, oxígeno, anhídrido carbónico, sulfuro de hidrogeno, amoniaco y metano) (Castro, 2022).
- Características microbiológicas: microorganismos algunos de estos dañinos para la salud y el medio ambiente entre los que se pueden encontrar algas, hongos, protozoos, virus, crustáceos y bacterias que promueve la coagulación de sólidos en suspensión, la estabilización y eliminación de materia orgánica disuelta inicialmente por el ejercicio de las bacterias” (Ramos, 2019).

### **3. Proceso De Tratamiento De Aguas Residuales**

El proceso de tratamiento de aguas residuales se encuentra constituido por tres etapas:

- Tratamiento primario: consiste en el proceso de asentamiento de sólidos, retiro de arena partículas sólidas y solidos grandes por medio de áreas de cribas, sedimentación primaria y retiro de partículas sólidas (Evacuación del 15% de los contaminantes).
- Tratamiento secundario: proceso de descomposición del contenido biológico de las aguas residuales, se crea un entorno biológico que terminara los organismos portadores de enfermedades utilizando tanques de aireación (se añade aire a la mezcla de agua residual, bacterias y microorganismos), tanque de sedimentación secundario (los microorganismos y los desperdicios sólidos se integran y se

asientan. El flujo efluente se retira como líquido claro, se elimina el 65% de los contaminantes restantes).

- Tratamiento terciario: proceso de desinfección o microfiltración (una solución de cloro elimina los organismos causantes de enfermedades el 20%).

## 7. Marco Conceptual

A continuación, se describen los conceptos más importantes para el desarrollo de esta investigación:

- **Antropogénico:** todo aquellos que se origina o es resultado de las actividades humanas o que se produce de las mismas destacándose especialmente las correspondientes al sector industrial y que en su mayoría tiene efectos en la naturaleza. Ejemplo la deforestación.
- **Contaminación hídrica:** acumulación de sustancias que son ajenas al agua que pueden producir múltiples consecuencias entre las que se incluyen desequilibrar la vida de los seres vivos humanos, animales y plantas” (González Cardona, 2020).
- **Especificaciones técnicas ambientales:** compilación estructurada y en orden de las normativas actualizadas de tipo general y específico que se relacionan con las exigencias de protección y conservación del medio ambiente que son aplicadas para gestionar la conservación de los recursos (Domínguez, 2022).
- **Límite máximo permisible (LMP):** medida de concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, biológicos y químicos que se presentan en el agua y que puede ser causa de perjuicios en la salud, el bienestar humano y el ambiente.
- **Oxígeno disuelto:** elemento químico que se encuentra disuelto en el agua residual. Su concentración se evalúa en mg/l (Peña & Solís, 2022).
- **Sólidos suspendidos totales (SST):** cantidad de residuos que son retenidos al momento de análisis con tamaño poro nominal de 0,45 micras es decir materiales

que se encuentra en suspensión en las corrientes de agua superficial o residual. Estos pueden ser sedimentales, volátiles y disueltos (Castañares, 2023).

- Tratamiento de aguas residuales: servicio que se fundamenta en separar la carga orgánica, promoviendo la máxima eliminación de residuos y contaminantes (David, 2021).
- Zonas verdes: terreno caracterizado por la presencia de vegetación entre los que se encuentran parques y jardines, en su mayoría son desarrollados por la acción de la naturaleza y otros creados por los seres humanos al impulsar el cultivo de plantas con alguna finalidad. Se destaca su importancia porque permiten contrarrestar el efecto contaminante” (Lopera, 2015).

## 8. Marco Legal

A continuación, se describe la normativa correspondiente para el correcto desarrollo y viabilidad de este proyecto:

**Tabla 1.** *Cuadro normativo.*

ÍTEM	NORMA	EMISIÓN	EMISOR	OBJETO DE LA NORMA
1	Ley 9	1979	Congreso de Colombia	Establecer normas generales que permiten la regulación del agua relacionada a la salud humana y todos los procedimientos y medidas correspondientes que se deben implementar para regular, legalizar y controlar los descargos de residuos y materiales que impactan las condiciones sanitarias en el ambiente, las cuales deben ajustarse a su vez a las reglamentaciones establecidas por el Ministerio de Salud para fuentes receptoras.
2	Decreto 2811	Diciembre 18 de 1974	Presidencia de la República de Colombia	Lograr la preservación y restauración del ambiente y la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables, según criterios de equidad que aseguran el desarrollo armónico del hombre y de dichos recursos, la disponibilidad permanente de éstos, y la máxima participación social para beneficio de la salud y el bienestar de los presentes y futuros habitantes del territorio Nacional
3	Resolución 0631	2015	Minambiente	Se cimienta en la reducción y el control de sustancias contaminantes que alcanzan los ríos, embalses, lagunas, cuerpos de agua natural o artificial y al sistema de alcantarillado público, promoviendo altos estándares de calidad del agua y trabajar continuamente por la recuperación ambiental de las arterias fluviales a nivel nacional”
4	RAS 2000	2000	Ministerio de Desarrollo Económico	Definir los criterios considerados básicos y requisitos mínimos que deben cumplir los diferentes procesos relacionados con la

---

				conceptualización, diseño, construcción, supervisión técnica, puesta en marcha, operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de sistemas residuales desarrollados a nivel nacional
5	CONPES 3177	2002	Departamento Nacional de Planeación	promover el mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos a nivel nacional, fundamentado en las políticas de agua potable y saneamiento básico que construyen el Plan nacional de Manejo de Aguas Residuales (PMAR) ofreciendo viabilidad y sostenibilidad tanto a nivel económico, social y ambiental”. Las empresas públicas de las ciudades principales tienen que invertir en el tratamiento de aguas residuales, incluyendo la construcción de colectores e interceptores para la recolección de aguas residuales

---

Fuente: (Autor, 2023)

## 9. Metodología

La metodología de este proyecto será de forma cuantitativa, como primera medida se ejecuta un cronograma de actividades dentro de las cuales se estará revisando el cumplimiento de todos los pasos que se deben llevar para el diseño del sistema de tratamiento.

**Imagen 1.** Cronograma de trabajo de la planta de tratamiento de aguas residuales no domesticas de la CUR.

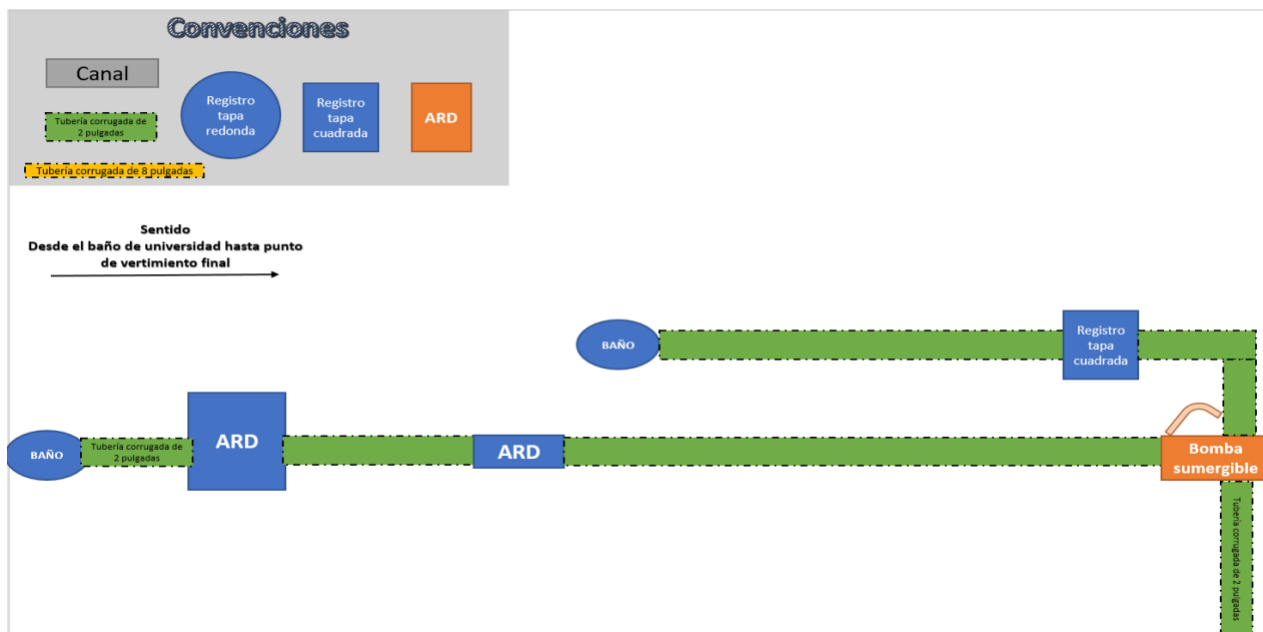
ITEM	DESCRIPCION	RESPONSABLE	SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE					
			S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4		
1	REUNIÓN CON COORDINADORA DE LOGISTICA DE UNIVERSIDAD	Cinthy Morales- Angelth Torres		SI												
2	MUESTREOS DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS	Cinthy Morales- Angelth Torres		SI				SI								
3	DEFINICIÓN DE CAUDAL DE PLANTA DE TRATAMIENTO	Cinthy Morales- Angelth Torres						SI								
4	DEFINICIÓN DE TIPO DE SISTEMA DE TRATAMIENTO	Cinthy Morales- Angelth Torres					SI									
5	PROGRAMACIÓN DE CAPACITACIÓN CON PERSONAL DE MANTENIMIENTO	Cinthy Morales- Angelth Torres											SI			
6	COTIZACION DE OBRAS CIVILES PARA PTARD	Cinthy Morales- Angelth Torres											SI			
7	DISEÑO DE SISTEMAS DE TUBERIAS	Cinthy Morales- Angelth Torres	SI													
8	DISEÑO DE PTARD	Cinthy Morales- Angelth Torres					SI									
9	DEFINIR SUS MANTENIMIENTOS PREVIOS	Cinthy Morales- Angelth Torres											SI			
10	DEFINIR FORMATO DE VERIFICACIÓN DE PTARD	Cinthy Morales- Angelth Torres											SI			
11	DEFINIR FRECUENCIAS DE MONITOREO INTERNOS Y EXTERNOS DE LA PLANTA	Cinthy Morales- Angelth Torres											SI			
<b>AVANCES</b>		<b>TOTAL S1 SEPT</b>														
SI		12														
NO		0	12													

Fuente: (Autor, 2023)

Se realizarán unas charla de divulgación al personal de mantenimiento y logística con el fin de conocer los puntos de vista de aprobación en el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, luego de esto se procederá a realizar los estudios de diseño el área en la cual se puede construir la planta y su capacidad teniendo en cuenta el número de personas que se encuentren en la universidad y el consumo en m<sup>3</sup> que reportan las facturas de Triple A, partiendo de esta línea base se proponen los diferentes sistemas con los que se puede realizar un

tratamiento eficaz para este caso el sistema de tuberías de comunicación hacia la planta es el siguiente:

**Imagen 2.** Sistema de tuberías de planta de tratamiento.



Fuente: (Autor, 2023)

El sistema de tratamiento que se propone, es un sistema biológico el cual no va a requerir de un proceso fisicoquímico para llegar a esta conclusión se realizaron unas mediciones en puntos estratégicos de la Universidad con el fin de medir parámetros como DQO, SST, pH y temperatura para saber la carga contaminante que debe ser tratada en la planta de tratamiento:

- Identificación de las fuentes de agua: Se identificará las fuentes de agua que actualmente la universidad genera por sus diferentes actividades. En este caso, se utilizará el agua residual doméstica generada por la institución:

**Imagen 3.** *Identificación de aguas residuales de la universidad reformada.*

IDENTIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE LA UNIVERSIDAD REFORMADA		
TIPO DE AGUA	ACTIVIDADES DONDE REALIZAN	FRECUENCIA
AGUA RESIDUAL DOMESTICA	Baños, lavado de manos, limpieza de superficies, aguas de riego	Diaria
AGUA RESIDUAL NO DOMESTICA	Enjuague de reactivos en laboratorio de Ingenieras y Biomedica	Cada vez que se programen clases

Fuente: (Autor, 2023)

A continuación, se presentan las etapas de tratamiento propuestos para el diseño de la planta de tratamiento:

- Punto de vertimiento final de aguas sin tratar o registro externo: En el registro externo llegan las Aguas Residuales Domésticas que vienen de los sanitarios y lavamanos de la Universidad. Este registro cuenta con una bomba sumergible controlada de manera automática con un sensor de nivel. Cuando se activa envía el agua hacia las tanquillas primarias. También se puede accionar en manual en caso de que se requiera. Para mejor operación de la bomba sumergible, se debe garantizar que cuente con una malla para evitar obstrucciones con sólidos.
- Tanquillas primarias: Tanque o Tanquilla subterránea en concreto con 3 divisiones internas donde se recibirán las aguas y se hará una primera separación de gruesos, cada tanquilla debe retener la mayor cantidad de solidos existentes en el agua, en la tercera tanquilla por medio de una bomba sumergible controlada de manera automática con un sensor de nivel, serán enviadas las aguas hacia un tanque de rebose el cual cuenta con una canaleta que enviara las aguas directamente hacia el primer reactor biológico.

- **Tanque de Rebose:** Es un tanque cilíndrico vertical fabricado en fibra de vidrio, la función de este tanque es simple, se tiene como un punto de emergencia en caso de que aumente el caudal de entrada por ejemplo, como también en caso de que se realicen mantenimientos, este tanque puede almacenar todo el agua durante la ejecución de un mantenimiento, cabe resaltar que por medio de este tanque pasa una canaleta en la parte de arriba de este, la cual va dirigir el agua directamente hacia el reactor biológico #1, esta canaleta tendrá unos orificios que servirán para mantener esta canal sin desbordamientos, también cuenta con unas rejillas que van a retener sólidos, y el agua que caiga dentro del tanque será recirculada por medio de una bomba sumergible controlada de manera automática con un sensor de nivel, que se encuentra dentro del tanque hacia la tercera tanquilla primaria
- **Reactores Biológicos:** Dos tanques cilíndricos verticales fabricados en fibra de vidrio cada uno con sus respectivas tuberías de aireación las cuales serán alimentadas por medio de dos sopladores que estarán ubicados dentro la zona donde estará el tablero eléctrico. Estos van a trabajar de la mano de unos portadores de biomasa una tecnología conocida dentro del mundo comercial de fabricación y diseño de plantas de tratamientos, estos portadores a nivel de experiencia resultan eficaces dentro de sus procesos permiten el paso del agua, oxígeno y nutrientes hacia una biopelícula la cual se encuentra internamente dentro de cada portador de biomasa, reduciendo así la mayor cantidad de materia orgánica existente en el agua residual y tiene una remoción de hasta el 90%, estos tanques contienen apropiadamente el 50% en volumen de portadores de biomasa la duración de estos portadores puede ser de hasta 25 años aproximadamente y solo su mantenimiento consiste en lavar con agua potable, estos reactores se comunican entre sí

por medio de un filtro metálico el cual va permitir que solo lo que pase al segundo reactor sea agua y no cualquier otro objeto físico o solidos aún existentes en el agua.

- Clarificador: Tanque cilíndrico vertical fabricados en fibra de vidrio dentro del cual va a ingresar el agua que es enviada del reactor número 2 por medio de un filtro metálico que se encuentra en la parte media de este, en esta etapa se da la sedimentación de los lodos mineralizados por medio de un piso falso en fibra de vidrio que tiene el tanque en la parte media de este, encima de este piso falso se encuentran unos portadores de biomasa un poco más grande en comparación a los que se encuentran dentro de los reactores, allí se hace la separación física del lodo y del agua clarificada la cual sale por medio de unas flautas de tuberías de 2" por la parte de arriba del tanque, lista para ser llevada hacia la salida de agua tratada, existe una opción que es la aplicación de hipoclorito de sodio en caída salida libre en la tubería de salida que solo se utilizara en caso de ser necesario para desinfección del agua, esta aplicación se dará por medio de una bomba dosificadora la cual cuenta con un sensor de nivel, El agua de salida tratada va a ser utilizada para las actividades de riego en las áreas verdes que se encuentran en la universidad, como también pueden ser utilizadas para las aguas de los sanitarios de los baños de la universidad, claro está, luego de ser estandarizado el proceso de tratamiento de estas aguas residuales en su salida. La distribución del agua tratada se tiene como propuesta que sea por medio de una manguera de 2" que lleve el agua hacia las diferentes áreas verdes de la Universidad.
- Espesador de Lodos: Tanque cilíndrico vertical en fibra de vidrio donde será ingresado el lodo por medio de unas purgas que se van a realizar cada vez que el clarificador lo requiera, este clarificador cuenta con una válvula reguladora en la parte baja del tanque

que conecta con una tubería que manda el lodo hacia el espesador, este espesador cuenta con las tuberías de aireación para poder minimizar los malos olores del lodo y volverlo más espeso a la hora de enviarlos hacia los lechos de secado, esta actividad se debe realizar en frecuencia de cada 3 días aproximadamente.

- Lechos de secado: Dos tanques en concreto de 2x2 cada una con sus divisiones y tuberías internas para la disposición y secado de los lodos provenientes del espesador de lodos, estos lodos al ser secados pueden ser caracterizados primeramente para poder descartar su peligrosidad, en caso de no ser peligrosos pueden ser reutilizados en actividades de compostaje, como también puede ser vendidos y aprovechados como un residuo orgánico para uso en plantas de compostaje.

La metodología de la charla que se va a llevar a cabo al personal de mantenimiento y logística será de modo informativo y también se evaluará la opinión acerca del diseño, la viabilidad que el departamento de mantenimiento pueda tener acerca del proyecto, de esta manera podremos tener claro la visión de las personas que van a operar el proyecto. En esta charla también se compartirán los mantenimientos que el sistema de tratamiento debe tener, así mismo, un formato de inspección y control del sistema de tratamiento.

### **9.1 Área De Estudio**

El área de estudio en este caso es la Universidad Reformada, cuenta con 3100 personas aproximadamente las cuales constantemente hacen presencia en la misma. El área sugerida por el área de logística y mantenimiento y tutores dentro de la ejecución a lo largo de este proyecto se encuentra en la parte de atrás de los salones que se encuentran frente de la cafetería y las medidas del área para la construcción de la planta serán de 19 m x 4,45 m.

**Imagen 4.** Delimitación geográfica del área de estudio en la universidad reformada.



Fuente: (Autor, 2023)

Un punto importante dentro de la recopilación de la línea base para este proyecto es el caudal con el cual se va a diseñar la planta, para esto se hace una verificación de las facturas de Triple A quien actualmente es el prestador del servicio de acueducto, aseo y alcantarillado, debido a que la Universidad no cuenta con un sistema de tuberías o canales óptimas para medir caudal volumétrico, actualmente se maneja un promedio de consumo de 1028m<sup>3</sup>/mes de lo siguiente:

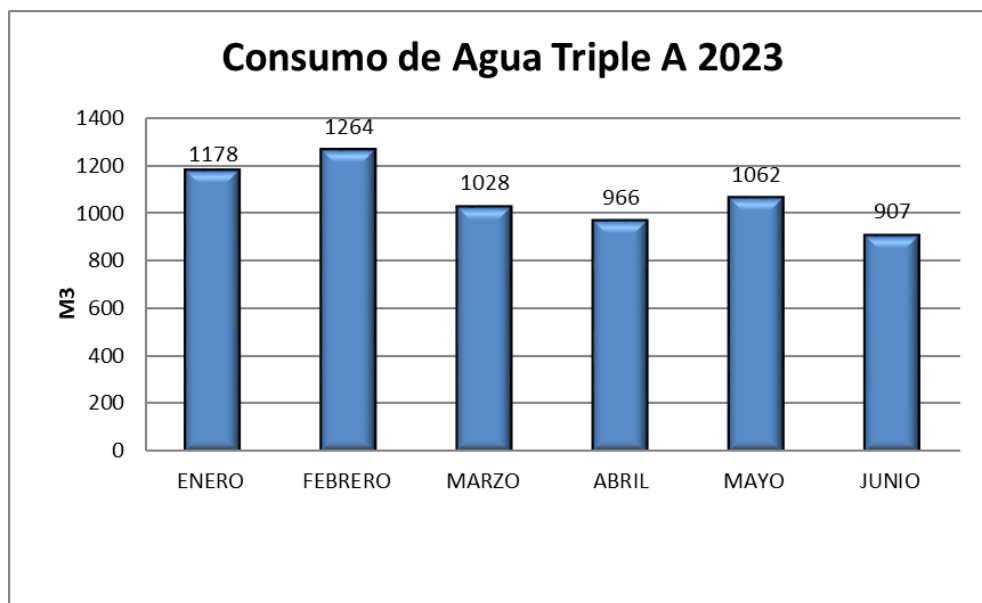
**Imagen 5.** Indicador de consumo de agua triple A 2023.

INDICADOR DE CONSUMO DE AGUA TRIPLE A 2023							
MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	TOTAL
m <sup>3</sup> /mes	1178	1264	1028	966	1062	907	6405
m <sup>3</sup> /día	35,7	43,6	34,3	33,3	35,4	29,3	211,52
CONSUMO (\$)	\$ 11.875.052	\$ 12.752.642	\$ 10.380.890	\$ 9.922.597	\$ 11.210.541	\$ 9.576.914	\$ 65.718.636

Fuente: (Triple A, 2023)

En el mes de febrero se obtuvo un caudal máximo de 43m<sup>3</sup>, esto debido a que es un mes donde se inicia un nuevo semestre estudiantil, inscripciones y demás actividades es por esto que la planta se diseña con un propósito de tratar este caudal que no es constante en el sistema de tratamiento:

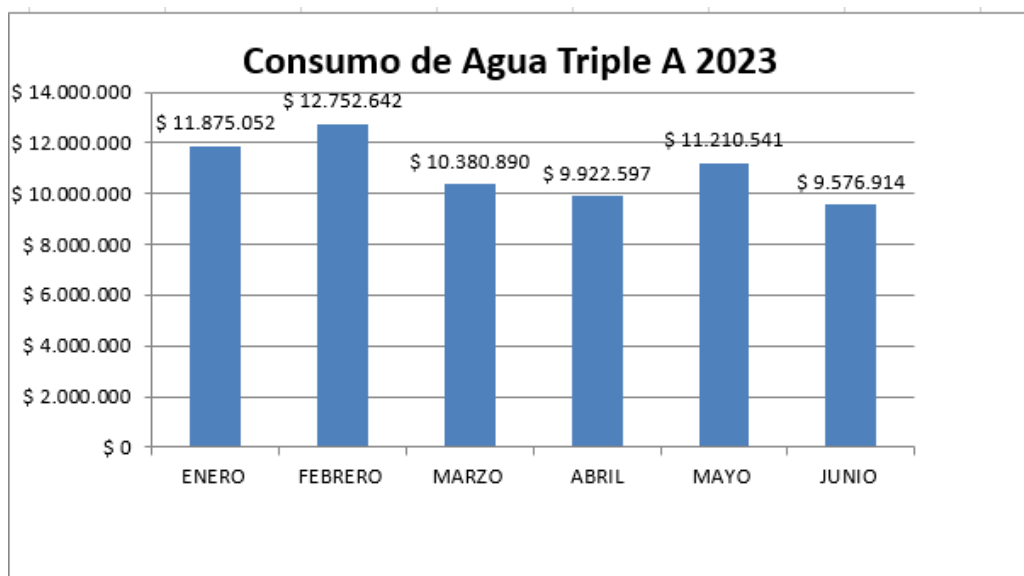
**Imagen 6.** Consumo de agua Triple A 2023.



Fuente: (Triple A, 2023)

También es importante resaltar el dato relevante del consumo en \$ del m<sup>3</sup> consumido mes a mes como anteriormente se mencionó, en 6 meses del 2023 se consumieron \$65.718.636 por los m<sup>3</sup> de mes a mes.

**Imagen 7.** Costo del consumo de agua Triple A 2023.



Fuente: (Triple A, 2023)

A continuación, se relaciona el caudal máximo y el caudal promedio con el que se va a diseñar la PTARD:

**Tabla 2.** Caudal máximo de la planta de tratamiento.

<i>Caudal máximo de Diseño de la planta de tratamiento</i>	
<b>1264 m<sup>3</sup>/mes</b>	<b>43 m<sup>3</sup>/día</b>

Fuente: (Autor, 2023)

**Tabla 3.** Caudal promedio de la planta de tratamiento.

<b>Caudal de Diseño promedio de la planta de tratamiento</b>	
<b>1028 m<sup>3</sup>/mes</b>	<b>35 m<sup>3</sup>/día</b>

Fuente: (Autor, 2023)

Partiendo de que será una planta diseñada con un caudal promedio de 35 m<sup>3</sup>/día se debe tener en cuenta lo siguiente:

**Tabla 4.** *Capacidades de la planta de tratamiento según su diseño.*

<b>Capacidades según el diseño de las etapas del tratamiento</b>	
<b>Registro Externo</b>	0,392 m <sup>3</sup>
<b>Trampas primarias (3)</b>	3,42 m <sup>3</sup>
<b>Reactor Biológico 1</b>	5,44 m <sup>3</sup>
<b>Reactor Biológico 2</b>	5,44 m <sup>3</sup>
<b>Clarificador</b>	9,12 m <sup>3</sup>
<b>Espesador de lodos</b>	2 m <sup>3</sup>
<b>Lechos de secado</b>	4 m <sup>3</sup>

Fuente: (Autor, 2020)

Los números totales de m<sup>3</sup> a tratar según la capacidad de cada Tk son de 29,812m<sup>3</sup>, se debe tener en cuenta que la entrada al ingreso de las trampas primarias debe existir una válvula reguladora de caudal la cual va a permitir tratar con más confianza el agua ingresada, también se debe definir un punto de emergencia en caso de la PTARD entre a mantenimientos.

## **9.2 Presupuesto**

Una parte fundamental de este proyecto consiste en determinar la viabilidad de inversión de la implementación de la planta de tratamiento de agua residual doméstica, para esto se realiza un presupuesto dentro del cual se tuvieron criterios de costos de obras civiles, operación, accesorios necesarios, como también monitoreos y estudios pertinentes para la ejecución del proyecto. Por otro lado, se realiza un análisis de lo que actualmente se le paga a la empresa prestadora del servicio Triple A por consumo de m<sup>3</sup> durante un año el cual es un valor de \$ 131.437.272 partiendo de este dato se realiza una proyección de cuanto sería el consumo para los

cinco próximos años sin planta de tratamiento teniendo en cuenta el crecimiento poblacional por año en la Universidad.

**Tabla 5.** consumo de agua m<sup>3</sup> sin PTARD.

<b>CONSUMO DE AGUA M<sup>3</sup> SIN PLANTA DE TRATAMIENTO</b>					
<b>Año</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>
<b>Número de estudiantes</b>	3100	3540	3936	4292	4613
<b>Consumo m<sup>3</sup></b>	\$131.437.272	\$165.102.173	\$183.571.229	\$200.193.380	\$215.153.316
<b>\$</b>					

Fuente: (Autor, 2023)

En base a la tabla anteriormente presentada, podemos visionar que, a mayor incremento de estudiantes, mayor incremento en el consumo. Por esta razón y por minimizar el impacto de hacer vertimientos al alcantarillado sin ningún tipo de tratamiento se relaciona el presupuesto del diseño de la Planta de tratamiento de aguas residuales domesticas para la Universidad:

**Imagen 8.** Presupuesto para la implementación de una PTAR en la CUR.

<b>CORPORACIÓN UNIVERSITARIA REFORMADA</b>					
<b>Presupuesto para el diseño de una planta de tratamiento de aguas para el riego de las zonas verdes de la Corporación Universitaria Reformada</b>					
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
<b>1</b>	<b>DISEÑOS</b>				
1.1	Diseño de planta de tratamiento de agua residual domestica incluye TK de rebose, reactores biológicos y sus filtros, clarificador, espesador de lodos, bomba dosificadora, tablero eléctrico y tubería de acero	1	Und	\$ 83.984.300	\$ 83.984.300
<b>2</b>	<b>ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA</b>				
2.1	Caracterización de agua residual domestica	1	Und	\$ 2.161.899	\$ 2.161.899
2.2	Memorias de calculo	1	Und	\$ 7.000.000	\$ 7.000.000
<b>3</b>	<b>ESTUDIO DE SUELOS</b>				

3.1	Cotización de un estudio de suelo			\$ 4.107.010	\$ 4.107.010
<b>4</b>	<b>CONSTRUCCION OBRAS CIVILES</b>				
4.1	Excavación de 20*20 para cimientos	50	Mts	\$ 5.000	\$ 250.000
4.2	Cemento	30	Und	\$ 30.000	\$ 900.000
4.3	Arena para construcción	7	m2	\$ 400.000	\$ 400.000
4.4	Granzón	7	m2	\$ 650.000	\$ 650.000
4.5	Block para construcción	450	Und	\$1.500	\$675.000
4.6	Nivelación de terreno para plantilla	85	m2	\$ 200.000	\$ 200.000
4.7	Mano de obra de terreno a utilizar			\$ 3.500.000	\$ 3.500.000
<b>5</b>	<b>REGISTRO EXTERNO</b>	<b>1</b>	<b>Und</b>		
5.1	Excavación de 1.70 * 1,70 con profundidad de 1.50 mts			\$ 20.000	\$ 200.000
5.2	Block para construcción	100	Und	\$ 1.500	\$ 150.000
5.3	Arena para construcción	30	Latas	\$ 2.000	\$ 60.000
5.4	Varillas	5	Und	\$ 25.000	\$ 125.000
5.5	Mano de obra de Manholle			\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
<b>6.</b>	<b>TANQUILLAS PRIMARIAS</b>	<b>3</b>	<b>Und</b>		
6.1	Excavación de 5 mts * 1,70 con profundidad de 1.20 mts			\$ 700.000	\$ 700.000
6.2	Block para construcción	200	Und	\$ 1.500	\$ 300.000
6.3	Granzón	20	Latas	\$ 3.500	\$ 70.000
6.4	Arena para construcción	120	Latas	\$ 2.000	\$ 240.000
6.5	Cemento	15	Bolsas	\$ 30.000	\$ 450.000
6.6	Varillas	10	Und	\$ 25.000	\$ 250.000
6.7	Mano de obra de tanquillas primarias			\$ 3.200.000	\$ 3.200.000
<b>7</b>	<b>LECHO DE SECADO</b>	<b>2</b>	<b>Und</b>		
7.1	Latas de piedras	30	Und	\$ 3.500	\$ 105.000
7.2	Arena para construcción	50	Gal	\$ 2.000	\$ 100.000
7.3	Block para construcción	90	Und	\$ 1.500	\$ 135.000
7.4	Cemento	10	Bolsas	\$ 30.000	\$ 300.000
7.5	Mano de obra de lecho de secado			\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
7.6	Arena de granulometría	2000	Kg	\$ 220	\$ 440.000
7.7	Grava	2000	mts3	\$ 450	\$ 900.000
<b>8</b>	<b>TUBERIAS PARA DISEÑO</b>				
8.1	Suministro e instalación de tubería de extracción o descarga 2"	80	mts	\$ 10.166	\$ 813.280
8.2	Suministro e instalación de codos de PVC 2"	10	Und	\$ 8.232	\$ 82.320
8.3	Suministro e instalación de unión PVC de 2"	5	Und	\$ 2.571	\$ 12.855
<b>9</b>	<b>SISTEMA DE DESINFECCION</b>				
9.1	Hipoclorito de sodio	70	Kg	\$ 1.450	\$ 101.500

10	<b>AIREACION (SOPLADORES)</b>				
10.1	Sopladores regenerativos	2	Und	\$ 8.357.639	\$ 16.715.278
10.2	Filtros de aire de sopladores	4	Und	\$ 49.500	\$ 198.000
11	<b>BOMBAS SUMERGIBLES</b>				
11.1	Bomba sumergible	4	Und	\$ 1.750.000	\$ 7.000.000
11.2	Sensores de nivel	5	Und	\$ 272.000	\$ 1.360.000
11.3	Válvulas reguladoras de presión de agua	3	Und	\$ 412.000	\$ 1.236.000
12	<b>FLUJOMETRO</b>	1	Und	\$ 8.135.322	\$ 8.135.322
13	<b>SEPARACIÓN DE TUBERIAS DOMESTICAS DE 2"</b>			\$ 21.000.000	\$ 21.000.000
<b>TOTAL COSTOS</b>					<b>\$ 150.207.764</b>
<b>ADMINISTRACION</b>				<b>20%</b>	<b>\$ 30.041.553</b>
<b>IMPREVISTOS</b>				<b>15%</b>	<b>\$ 4.506.233</b>
<b>UTILIDAD</b>				<b>5%</b>	<b>\$ 225.312</b>
<b>IVA</b>				<b>19%</b>	<b>\$ 42.809</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>					<b>\$ 185.023.671</b>

Fuente: (Autor, 2023)

El total del diseño y construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas será de \$185.023.671.

Es importante tener claro que del 100% del consumo de agua que actualmente la empresa prestadora del servicio Triple A nos suministra el cual durante un año es de \$131.437.272, con la implementación de la PTARD el consumo del 60% es que el ingresaría al tratamiento, mientras que el 40% restante será el agua que la empresa Triple A debe seguir suministrando para actividades de consumo humano y lavado de manos. De lo siguiente obtenemos el siguiente análisis con respecto a los datos de lo que se consume durante un año en específico:

**Tabla 6.** *Actividades de consumo de agua y su valor económico.*

<b>Actividades de consumo humano y lavado de manos que representa el 40%</b>	<b>Actividades de aguas de riego, sanitarios, lavado de superficies representa el 60%</b>
--	---

---

 \$ 52.574.908
 

---



---

 \$ 78.862.363
 

---

Fuente: (Autor, 2023)

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede afirmar que la implementación de la planta de tratamiento si tiene una viabilidad importante que aportara para reducir un impacto ambiental significativo como también para reducir costos económicos en el consumo de agua. Por otra parte, la planta de tratamiento necesita unos insumos y monitoreos para poder operar de manera eficiente se realiza un presupuesto de los consumos anuales con respecto a los insumos y monitoreos que debe tener la PTARD:

*Tabla 7. Insumos necesarios para el funcionamiento de la PTAR.*

<b>CORPORACIÓN UNIVERSITARIA REFORMADA</b>				
<b>CONSUMO DE INSUMOS ANUALES PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS</b>				
<b>INSUMO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Hipoclorito de Sodio	700	kg	\$ 1.450	\$ 1.015.000
Filtro de sopladores	15	Und	\$ 49.500	\$ 742.500
Codo Pvc de 2"	10	Und	\$ 8.232	\$ 82.320
Tuberia Pvc de 2"	30	mts	\$ 10.166	\$ 304.980
Union Pvc de 2"	5	Und	\$ 2.571	\$ 12.855
Caracterización de agua domestica	2	Und	\$ 2.161.299	\$ 4.322.598
Mantenimiento de Planta de tratamiento	1	Und	\$ 3.114.449	\$ 3.114.449
Sensores de nivel	5	Und	\$ 272.000	\$ 1.360.000
Escobas Perla Suave	10	Und	\$ 9.200	\$ 92.000
Escobon para aseos	5	Und	\$ 25.000	\$ 125.000
Baldes Plasticos	10	Und	\$ 4.950	\$ 49.500
Recogedores plasticos	10	Und	\$ 3.500	\$ 35.000
Valvulas reguladoras	4	Und	\$ 412.000	\$ 1.648.000
<b>TOTAL COSTOS</b>				<b>\$ 12.904.202</b>
<b>ADMINISTRACION</b>			<b>20%</b>	<b>\$ 2.580.840</b>
<b>IMPREVISTOS</b>			<b>15%</b>	<b>\$ 387.126</b>
<b>UTILIDAD</b>			<b>5%</b>	<b>\$ 19.356</b>
<b>IVA</b>			<b>19%</b>	<b>\$ 3.678</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO DE UN AÑO EN OPERACIÓN</b>			<b>\$</b>	<b>15.895.202</b>

<b>TOTAL PRESUPUESTO DE CINCO AÑOS EN OPERACIÓN</b>	\$ 85.039.333
---	---------------

Fuente: (Autor, 2023)

Se realiza una proyección de consumo de insumos y monitoreos de la planta de tratamiento a cinco años y se obtiene lo siguiente:

**Tabla 8.** *Consumo de insumos y monitoreo.*

<b>Consumo de insumos y monitoreos durante un año de operación</b>	<b>Consumo de insumos y monitoreos durante cinco años de operación</b>
<b>\$15.895.202</b>	<b>\$85.039.333</b>

Fuente: (Autor, 2023)

Teniendo en cuenta los datos anteriormente mencionados, se realiza un análisis de viabilidad del proyecto, en este análisis factores como inversión, gastos, ahorro, y estado de resultados son importantes para definir aspectos como el tiempo que la Universidad logra recuperar el valor de la inversión inicial del diseño y construcción de la planta de tratamiento a una proyección de cinco años:

**Tabla 9.** *Análisis de viabilidad del proyecto.*

<b>ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE PLANTA DE TRATAMIENTO</b>					
<b>Descripción</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>
<b>Inversión</b>	\$185.023.671	\$122.056.510	\$40.479.929	\$50.429.614	\$149.389.129
<b>Gastos consumibles</b>	\$15.895.202	\$17.484.723	\$19.233.195	\$21.156.514	\$23.272.166
<b>Ahorro proyectado</b>	\$78.862.363	\$99.061.304	\$110.142.738	\$120.116.029	\$129.091.990

<b>Estado de resultados</b>	\$122.056.510	\$40.479.929	\$50.429.614	\$149.389.129	\$255.208.953
-----------------------------	---------------	--------------	--------------	---------------	---------------

Fuente: (Autor, 2023)

**Gráfica 1.** Estado de resultados.



Fuente: (Autor, 2023)

El análisis nos indica que es un proyecto que puede aportar una viabilidad significativa a la Universidad desde aspectos ambientales y económicos, el tiempo en que la Universidad puede recuperar la inversión según el estado de resultados es aproximadamente 2 años y 3 meses luego de colocar en marcha la planta de tratamiento, el 60% del consumo que actualmente se le cancelaba a la empresa prestadora del servicio será un ahorro para la Universidad que puede ser utilizado para otras actividades, por otro lado el lodo mineralizado que generara la planta de tratamiento puede ser aprovechado y vendido a empresas que generen actividades de compost

por ejemplo y ese ingreso puede ser utilizado en caso para los consumos que la planta requiera durante el año cursado.

## 10. Resultados Y Discusiones

Diseñar una planta de tratamiento de aguas para el riego de las zonas verdes de la Corporación Universidad Reformada es una tarea importante para asegurar la sostenibilidad y el bienestar de la comunidad universitaria. Para ello, se deben considerar varios factores, como la calidad del agua, los procesos de tratamiento, la capacidad y el mantenimiento. Además, es crucial cumplir con las regulaciones ambientales para garantizar la sostenibilidad a largo plazo.

En primer lugar, es necesario analizar la calidad del agua que se utilizará para el riego. Se deben realizar pruebas para determinar los niveles de contaminantes presentes y asegurarse de que se cumplan los estándares establecidos por las autoridades ambientales.

Una vez que se ha evaluado la calidad del agua, se pueden seleccionar los procesos de tratamiento adecuados para eliminar los contaminantes y asegurar que el agua sea segura para el riego. Entre los procesos de tratamiento comunes se incluyen la sedimentación, la filtración, la desinfección y la oxidación.

La capacidad de la planta de tratamiento también es importante, ya que debe ser suficiente para satisfacer la demanda de agua necesaria para el riego de las zonas verdes de la Corporación Universidad Reformada. Además, se debe considerar la posibilidad de futuras expansiones y aumentos de la demanda.

Finalmente, el mantenimiento de la planta de tratamiento es crucial para asegurar su buen funcionamiento a largo plazo. Se deben establecer planes de mantenimiento y monitoreo para garantizar que la planta esté operando de manera eficiente y efectiva.

### 10.1 Caracterización De Agua Residual Domestica

Para poder determinar si el diseño propuesto era el óptimo para el tratamiento de las aguas residuales domesticas de la Universidad Reformada, se tomaron unas muestras simples en un punto identificado en conjunto con el personal de mantenimiento, esta caracterización consistió en 2 muestras simples en fechas distintas donde se analizaron parámetros importantes como DQO, SST, pH y temperatura los cuales serán comparados con las normativas ambientales vigentes y se conocerá su % de carga contaminante, El punto donde se tomaron las muestras fue llamado "Punto vertimiento final", se encuentra cercano al segundo baño principal de la Universidad cerca de la cafetería:

**Imagen 9.** *Punto de vertimiento final.*



Fuente: (Autor, 2023)

Los materiales utilizados para esta caracterización fueron las siguientes:

Nevera de icopor de 10 litros, Medidor de pH, Guantes, Agua destilada, Vasos desechables, Recipientes plásticos, Marcadores, Etiquetas, Wypall.

**Imagen 10.** *Materiales utilizados.*



Fuente: (Autor, 2023)

A continuación, se comparten las evidencias de los diferentes muestreos realizados según las fechas establecidas:

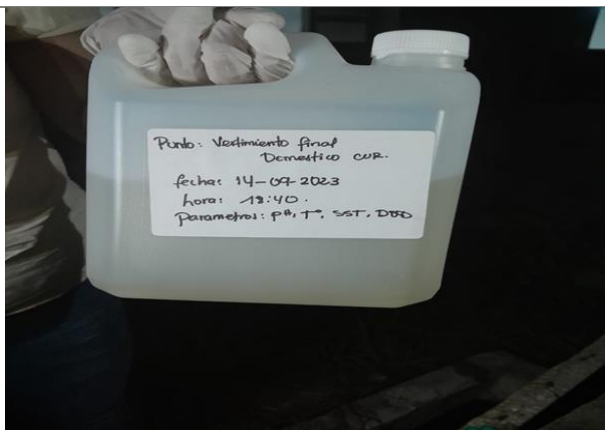
**Tabla 10.** *Muestreo de aguas residuales en la UR.*

---

**14/09/2023**

---



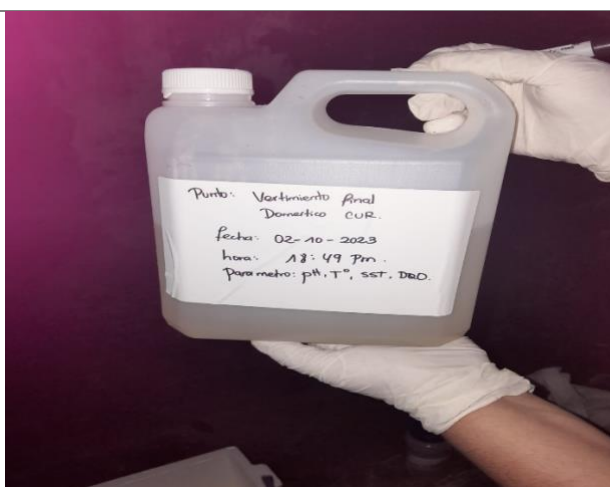


Fuente: (Autor, 2023)

**Tabla 11.** *Muestreo de aguas residuales en la UR.*

02/10/2023





---

Fuente: (Autor, 2023)

## 10.2 Técnicas De Muestreo

Para llevar a cabo un buen muestreo se debe tener en cuenta lo siguiente:

- La cantidad de agua para la muestra representativa como mínimo debe ser de 1 litro aproximadamente
- Se debe elegir un punto clave para la toma de muestra
- Etiquetar la muestra, agregando información clave como nombre del punto, fecha, hora, parámetros analizar

- Utilizar los elementos de protección personal pertinentes entre ellos, guantes, tapabocas
- Se debe tomar la muestra y con un vaso plástico tomar una muestra para medir los parámetros in situ
- Ingresar el medidor de pH al vaso plástico para medir el pH y temperatura respectivamente
- Limpiar el medidor de pH con agua destilada para así no generar ningún tipo de daño en el equipo
- Guardar la muestra en una nevera de icopor y refrigerarla para conservación de la muestra
- Llevar la muestra hacia un laboratorio para la medición de sus análisis

Las técnicas de muestreo utilizadas en las caracterizaciones realizadas fueron las siguientes:

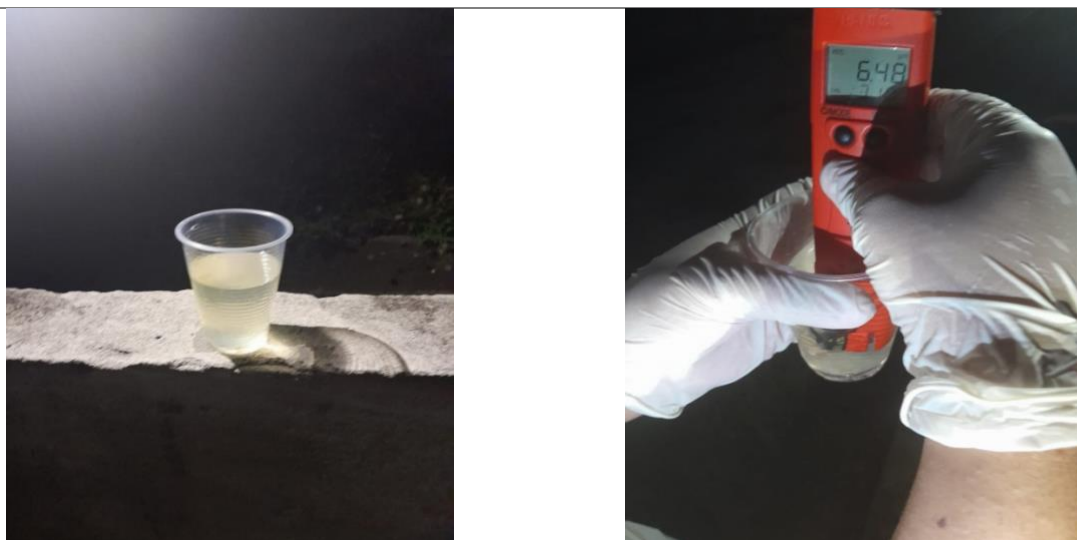
**Tabla 12.** *Técnicas de muestreo.*

---

Técnicas de muestreo

---





Fuente: (Autor, 2023)

Los resultados obtenidos durante las caracterizaciones realizadas durante dos fechas fueron las siguientes:

**Tabla 13.** *Caracterización de las aguas residuales.*

		<b>Agua domestica</b>			
<b>Caracterización</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resolución n 631 de 2015 Artículo 08</b>	<b>Resolución 1207 de 1984 Artículo 06</b>	<b>14/09/2023 3 Hora: 18:40</b>	<b>2/10/2023 Hora: 18:49</b>
<b>Estudiantes</b>	Unidades		3100		
<b>pH</b>	unidades	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00	6,48	6,27
<b>DQO</b>	mg/L	180		550	1840
<b>SST</b>	mg/L	90		119	56
<b>Temperatura</b>	°C	Máximo 40°C	< 40°C	31	30,8

Fuente: (Autor, 2023)

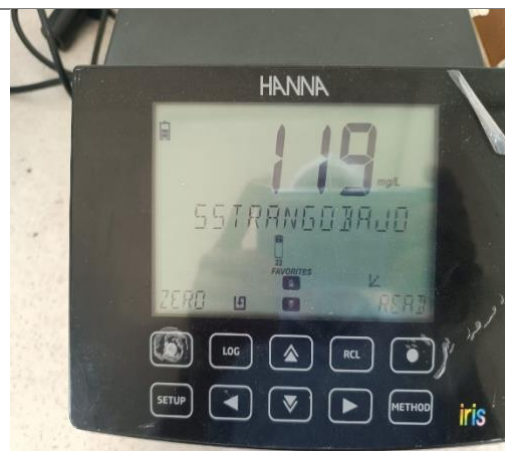
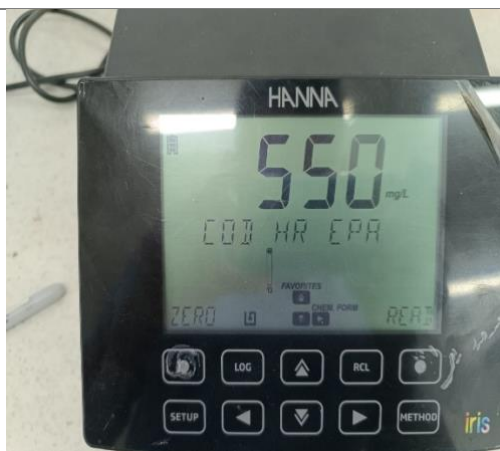
A continuación, se adjuntan registros fotográficos de resultados de las diferentes fechas de caracterizaciones, cabe resaltar que los resultados para pH son in situ, mientras que los resultados de DQO y SST son datos el día después de cada muestreo:

**Tabla 14.** Resultados de pH, DQO y SST.

---

RESULTADOS DE MUESTREO 14/09/2023

---



---

Fuente: (Autor, 2023)

**Tabla 15.** Resultados de pH, DQO y SST.

RESULTADO DE MUESTREO 02/10/2023






Fuente: (Autor, 2023)

### 10.3 Equipos Utilizados

**Tabla 16.** Equipos utilizados para la recopilación de los resultados.

EQUIPOS UTILIZADOS PARA LAS MEDICIONES DE PARAMETROS		
NOMBRE DEL EQUIPO	PARAMETRO A MEDIR	FOTOGRAFIA

PHmetro Marca Hanna con referencia HI98128	PH, temperatura	
Spectrophotometer (Multiparámetro con referencia HI801)	SST, DQO	
Calentador Marca Hanna Referencia HI839800 COD reactor	DQO	

Fuente: (Autor, 2023)

De estos resultados se logró determinar lo siguiente:

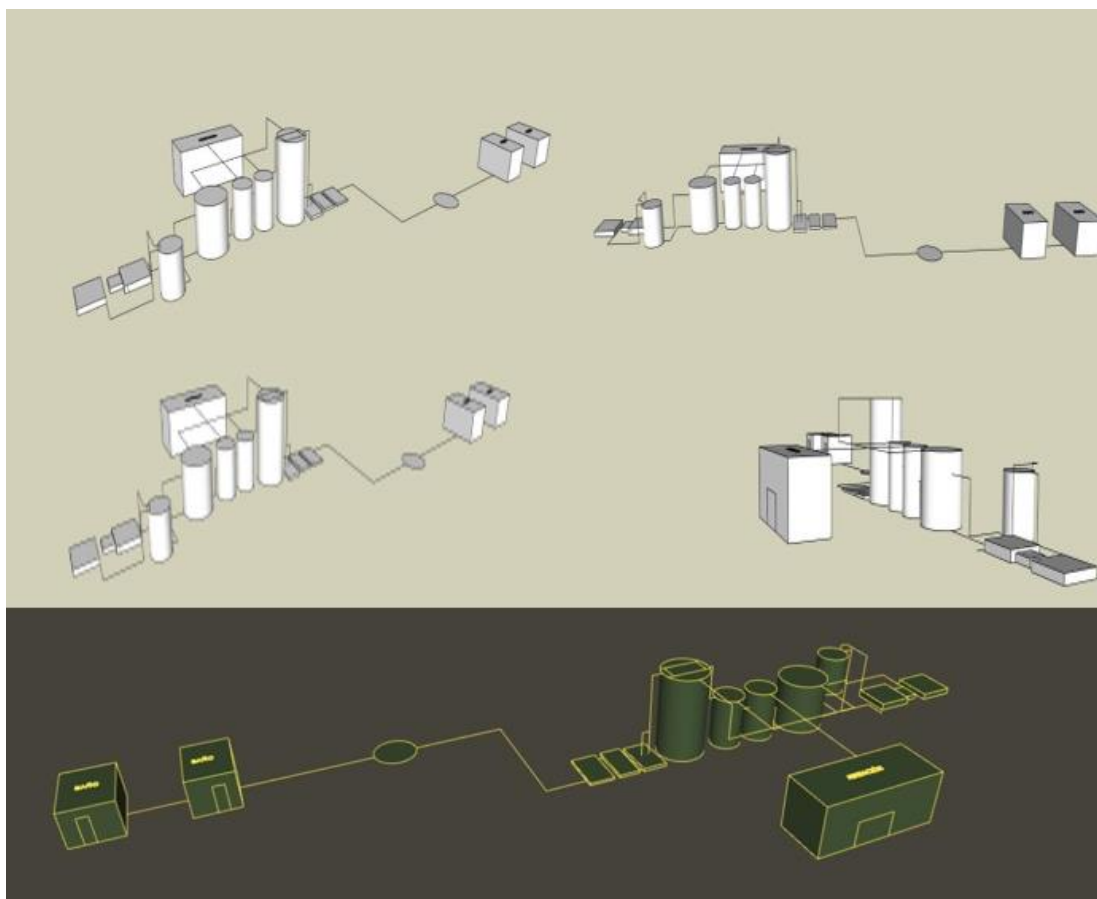
- El sistema de tratamiento biológico propuesto es el óptimo, teniendo en cuenta que la carga contaminante en este caso DQO a contrarrestar en comparación con la normatividad ambiental vigente es de un 40% para cumplimiento.
- Actualmente parámetros como pH y SST los cuales son importantes dentro del tratamiento de agua domestica se encuentran en incumplimiento con la normatividad.

- Se debe estandarizar primeramente la salida del tratamiento y crear un equilibrio el cual permita poder distribuir esta agua para actividades de riego.

#### **10.4 Diseño De La Planta**

La planta de tratamiento, tendrá un tratamiento biológico por medio de una tecnología avanzada que hoy día es utilizada donde portadores de biomasa son utilizados para degradar la materia orgánica existente en un agua residual y acelerar el proceso de tratamiento de agua optimo, esta tecnología por supuesto debe llevar consigo un proceso de aireación por medio de uno sopladores, la planta cuenta con un clarificador dentro del agua los lodos existentes debido a todo el proceso de tratamiento serán sedimentados dentro de este clarificador para ser llevados por medio de purgas a un espesador de lodos, mientras que el agua clarificada saldrá por medio de unas flautas hasta la salida del tratamiento, A continuación se relaciona el diseño de la planta de tratamiento de agua residual domestica de la Universidad Reformada el cual fue diseñado por medio del programa llamado Sketphup Pro inicialmente se toman como puntos clave de generación los dos baños principales:

**Imagen 11.** *Diseño de la PTARD.*



Fuente: (Autor, 2023)

## 10.5 Mantenimientos

La planta de tratamiento debe tener unos mantenimientos operativos que pueden tener una frecuencia diaria, semanal, mensual y anual entre ellos están los siguientes:

**Tabla 17.** *Mantenimiento de la PTARD.*

<b>Actividades</b>	<b>Frecuencias</b>
Verificación de bombas sumergibles, válvulas reguladoras y tablero de control	Diaria
Limpieza de rejillas de canal de Tk rebose	Diaria
Dosificación de hipoclorito de sodio	Diaria
Limpieza de filtros de reactores	Dos veces por semana
Purga de lodos	Dos veces por semana

---

Limpieza de lechos de secado	Dos veces por semana
Limpieza de filtros de sopladores	Semanal
Cambio de operación de sopladores	Semanal
Aseo general de los alrededores de PTARD	Semanal
Limpieza de protección de bombas sumergibles	Mensual
Cambio de filtro de sopladores	Cada 3 meses
Limpieza con sistema de vector de trampas de solidos	Anual
Limpieza de reactores biológicos	Anual
Limpieza de clarificador	Anual
Limpieza de espesador de lodos	Anual
Limpieza y pintura de PTARD	Anual
Lavado con agua de portadores de biomasa	Anual
Caracterización externa de agua residual domestica	Semestral
Mantenimiento de material filtrante de lecho de secado	Cada 3 años

---

Fuente: (Autor, 2023)

### 10.6 Responsabilidades Del Operador De La PTARD

Estas actividades deben ser ejecutadas por un operador de la planta de tratamiento, por tratarse de un proceso biológico no demanda de una constante supervisión de operadores por turno, por eso es recomendable que sea un operador el cual pueda estar en un turno fijo de día, el objetivo de este operador es administrar, verificar y vigilar un sistema de máquinas, a menudo mediante tableros de control, comprobar que las bombas y otros equipos estén funcionando correctamente, velar por el orden y aseo de la planta de tratamiento


Las funciones del cargo del operador de PTARD serán las siguientes:

- Realizar limpieza en los lechos de secado dos veces por semana.
- Realizar la purga de lodos dos veces por semana.
- Mantener el orden y aseo en las instalaciones en la planta de tratamiento.

- Verificar el estado de operación de los sopladores diariamente.
- Realizar dosificación del tanque de hipoclorito cada vez que se requiera.
- Monitorear parámetros fisicoquímicos Insitu (pH, Temperatura, OD, Caudal)
- Verificar semanalmente el estado de las tuberías de la planta.
- Realizar semanalmente limpieza en los filtros de los sopladores
- Realizar mensualmente el lavado de los tanques externos dejando completamente limpios

## **10.6 Formatos**

**Imagen 12. Registro de operación y mantenimiento de PTARD.**

	REGISTRO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PTARD											
MES:	REALIZADO POR:				REVISADO POR:							
_____	_____				_____							
RUTINA DIARIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>1. CHECK LIST FUNCIONAMIENTO UNIDADES DEL SISTEMA</b>	<b>FECHAS</b>											
Tablero de Control (verificación presencia de alarmas)												
Bomba alimentacion (sumergible)												
Bomba dosif. desinfect.												
Soplador No.1 (estado de operación)												
Soplador No.2 (estado de operación)												
Valvulas de control												
Tanque solución desinfectante (nivel de solución)												
<b>2. LIMPIEZA DEL SISTEMA</b>	<b>FECHAS</b>											
Limpieza del Tablero de control												
Limpieza del registro externo												
Limpieza de las tanquillas primarias (remoción de lodos)												
Limpieza del reactor biológicoBR-01 (remoción de lodos y espumas)												
Limpieza del reactor biológicoBR-02 (remoción de lodos y espumas)												
Limpieza de áreas comunes de la Planta												
<b>3. MONITOREO DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS IN-SITU</b>	<b>RESULTADO DE MEDICIONES</b>											
pH (6,5 - 8)												
Temperatura (°C) (Temp ambiente)												
OD (3 mg/l en reactores 1 y 2)												
Caudal de entrada (l/s)												
Caudal de salida (l/s)												
<b>RUTINA SEMANAL</b>	<b>SEMANA 1</b>			<b>SEMANA 2</b>			<b>SEMANA 3</b>			<b>SEMANA 4</b>		
Limpieza Soplador N° 1												
Limpieza Soplador N° 2												
Limpieza del lecho de secado de lodos												
Limpieza de tanques (purga de lodos)												
Limpieza del Clarificador CLF-01 (remoción de lodos y espumas)												
Estado de tuberías de la planta												
Estado de los filtros de aire del soplador												
<b>RUTINA MENSUAL</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Lavado externo de los tanques												
Limpieza de camaras de desinfeccion												
Revision del Patron de aireacion												
Revision de altura de lodos en el clarificador, realizando la purga cuando sea necesario.												

Fuente: (Autor, 2023)

## 11. Conclusiones Y Recomendaciones

Finalmente, luego de realizar todos los muestreos e investigaciones pertinentes se definió cuál sería el tratamiento óptimo para las aguas residuales domesticas generadas dentro de la Universidad Reformada que serán utilizadas para las actividades de riego dentro de la misma, tenemos como conclusión que, si es un proyecto renovable y que puede ser viable no solo por reducir un impacto ambiental y promover el desarrollo sostenible, sino también porque promovemos a la economía circular, el ahorro y aprovechamiento de nuestros recursos naturales es importante y nos ayuda a crecer como institución. El sistema de tratamiento propuesto es una tecnología la cual es recomendable para el tipo de agua a tratar y es un proceso además biológico no va a requerir la compra de muchas sustancias químicas las cuales generarían más lodos mineralizados y sería mucho más costosa el diseño de infraestructura de la planta pues tendríamos que tener mayor capacidad de lechos de secados, también requeriría mayor necesidad de contratar personal especializado para la operatividad de la planta de tratamiento. La planta de tratamiento de agua residual domestica ofrece un beneficio y es que puede trabajar más automática que manual y que las actividades manuales se pueden realizar en frecuencias de dos veces por semana entre las propuestas como conclusión se encuentra capacitar al personal de mantenimiento que actualmente la Universidad cuenta con capacitaciones de personas especializadas, y esto también es un punto positivo porque ayudaría en el crecimiento de nivel intelectual del personal que actualmente cumple con toda la capacidad de aprender. Por otro lado, se tienen unas recomendaciones para la Universidad en cuanto a primeras medidas que se deben tener antes de construir el sistema de tratamiento:

Se debe hacer la separación de las aguas dentro de la Universidad esto incluye: Aguas residuales domésticas, Aguas residuales industriales y Aguas de Lluvia.

- Se deben realizar los estudios de suelos pertinentes y definir cuál es el área óptima para la construcción de la planta de tratamiento actualmente este estudio no se ha realizado, se definió un área específica por disponibilidad de espacio
- Solicitar apoyo económico a ente gubernamentales expresando la necesidad de aprovechar las aguas residuales domesticas generadas dentro de la Universidad
- Capacitar a la coordinadora de Logística y mantenimiento y a todo su personal en general en temas relacionados a tratamientos de aguas residuales domesticas
- En caso de ser construida la planta de tratamiento solicitar el apoyo de estudiantes en curso de Ingeniera ambiental para hacer las mediciones y monitoreos de la planta, con eso reforzaríamos los conocimientos que estos profesionales en formación deben tener
- Aprovechar los lodos mineralizados que genera la planta de tratamiento de aguas residuales, ya sea en actividades internas como compostaje como también con empresas encargadas de los aprovechamientos de esos tipos de residuos
- Realizar una evaluación de impactos a futuro con el fin de medir la minimización de estos con respecto a la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas en caso de ser construida

## 12. Referencias

Congreso de la república de Colombia. (1991). Constitución Política de Colombia. Bogotá D.C.

Congreso de la república de Colombia. (22 de diciembre de 1993). Obtenido de <https://www.habitatbogota.gov.co/transparencia/normatividad/normatividad/ley-99-1993#:~:text=Descripci%C3%B3n%3A,y%20se%20dictan%20otras%20disposiciones.>

Ministerio de ambiente y desarrollo económico. (11 de junio de 1997). Obtenido de [https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley\\_0373\\_1997.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley_0373_1997.pdf)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Resolución número 0330 de 2017. Bogotá D.C.

Lozano-Rivas, W. (2012). Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Universidad Piloto de Colombia.

Silva, D. (2016). Diseño de sistema de producción más limpia en la Curtiembre "Louane cueros sas". Fundación Universitaria los libertadores. <https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/714/SilvaHern%C3%A1ndezDianaMaribel.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Ríos, L. M. (2017). Análisis de viabilidad de tecnologías más limpias en el proceso de curtición en las curtiembres La María - Calarcá Quindío. [https://www.academia.edu/40158661/An%C3%A1lisis\\_de\\_viabilidad\\_de\\_tecnolog%C3%ADas\\_m%C3%A1s\\_limpas\\_en\\_el\\_proceso\\_de\\_curtici%C3%B3n\\_en\\_las\\_curtiembres\\_La\\_Mar%C3%ADa\\_Calarc%C3%A1\\_Quind%C3%ADo](https://www.academia.edu/40158661/An%C3%A1lisis_de_viabilidad_de_tecnolog%C3%ADas_m%C3%A1s_limpas_en_el_proceso_de_curtici%C3%B3n_en_las_curtiembres_La_Mar%C3%ADa_Calarc%C3%A1_Quind%C3%ADo)

Nations, U. (2019). Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad: 70 años de pensamiento de la CEPAL. United Nations.

Castañares, L. (19 de 07 de 2023). SIGMA. Obtenido de Eliminación de sólidos en suspensión de las aguas residuales industriales: <https://sigmadafclarifiers.com/eliminacion-de-solidos-suspendidos-totales-del-agua-residual/>

Castro, Y. (2022). Propuesta del diseño de la planta de tratamiento de agua residual del corregimiento de Nariño Municipio de Tuluá. Universidad Autónoma del Occidente, Cali.

Colombia, C. (1979). Ley 9 de 1979. Bogotá: Diario Oficial.

Colombia, P. (1974). Decreto 2811 de 1974: Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al medio ambiente. Bogotá, Colombia: Diario Oficial.

CONPES. (2002). Acciones prioritarias y lineamiento para la formulación del plan nacional de manejo de aguas residuales. Conpes 3177, 27.

David, L. (2021). Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales en la cabecera de la vereda Santa Teresa de la Ciudad de Ibagué en el departamento de Tolima. Ingeniería Civil. Universidad Cooperativa de Colombia, Ibagué.

Domínguez, J. (2022). Cláusulas ambientales en la contratación pública. Revista de Trabajo y Seguridad Social. CEF, 121-154.

González Cardona, M. (2020). Unidad didáctica y lúdica para explicar el fenómeno de contaminación del agua. Zona Próxima, 41-50.

Lopera, F. (2015). Las zonas verdes como factor de calidad de vida en las ciudades. Ciudad y Territorio Estudios Territoriales, 417.

Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible. (2015). Norma de vertimientos resolución 0631 de 2015. Bogotá: Minambiente.

Ministerio de Desarrollo Económico. (2000). Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000. Bogotá.

Peña, A., & Solís, Y. (2022). Influencia del oxígeno disuelto y tiempo sobre la tasa de crecimiento de microorganismos en el tratamiento de agua residual. Universidad Nacional del Centro del Perú, Lima, Perú. Obtenido de [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/9057/T010\\_70038431%20\\_T%20%20Pe%c3%b1a%20Solis.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/9057/T010_70038431%20_T%20%20Pe%c3%b1a%20Solis.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ramalho, R. (2021). Tratamiento de aguas residuales. Reverté.

Ramos, V. (2019). Propuesta de rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas de la empresa Joscana SAC para su reúso en zonas verdes. Ingeniería Industrial. Universidad Nacional de PIURA, Piura, Perú.

Silva, D. (2020). Diseño de una planta de tratamiento de agua residual para el riego de áreas verdes en el distrito de los olivos. Ingeniería Civil. Universidad Católica de Perú, Lima.

Decreto 0631 del 2015

[https://www.andi.com.co/Uploads/resolucion\\_631\\_de\\_2015\\_mads\\_-\\_vertimientos.pdf](https://www.andi.com.co/Uploads/resolucion_631_de_2015_mads_-_vertimientos.pdf)

Diseño de un reactor biológico lecho móvil para tratamiento de aguas residuales domesticas

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/18000/GarciaNathalia,Guti%C3%A9rrezDaniela,2018.pdf?sequence=2>

### 13. Anexos

**Tabla 18.** *Divulgación del diseño de la planta de tratamiento al personal de mantenimiento.*

---

**Divulgación del diseño de la planta de tratamiento al personal de mantenimiento**

---



---

Fuente: (Autor, 2023)

**Tabla 19.** *Toma de medidas de área de estudio para la planta de tratamiento residual doméstica.*

---

**Toma de muestra de agua residual domestica**

---



---

Fuente: (Autor, 2023)

**Tabla 20.** *Toma de muestra de aguas residuales domésticas.*

---

**Toma de muestra de aguas residuales domesticas**

---



---

Fuente: (Autor, 2023)