



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO CIVIL**

**TEMA:**

---

**“OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DE LA PLANTA PILOTO DE LA LAVADORA DE  
VEHÍCULOS OCTUPUS DEL CANTÓN AMBATO.”**

---

**AUTORES:** Eric Gustavo Pérez Martínez

Ramiro Alfonso Trujillo Jaramillo

**TUTOR:** Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos

**AMBATO – ECUADOR**

**Marzo - 2021**

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, con el tema: **“OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA PILOTO DE LA LAVADORA DE VEHÍCULOS OCTUPUS DEL CANTÓN AMBATO”**, elaborado por los señores **Eric Gustavo Pérez Martínez**, portador de la cedula de ciudadanía: C.I. 180512730-3, y el Sr. **Ramiro Alfonso Trujillo Jaramillo**, portador de la cedula de ciudadanía: C.I. 020201443-7, estudiantes de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto experimental es original de sus autores.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Marzo 2021

---

**Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos**

**TUTOR**

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Nosotros, **Eric Gustavo Pérez Martínez**, con C.I. 180512730-3 y **Ramiro Alfonso Trujillo Jaramillo**, con C.I. 020201443-7, declaramos que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto experimental con el tema “**OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA PILOTO DE LA LAVADORA DE VEHÍCULOS OCTUPUS DEL CANTÓN AMBATO**”, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de nuestra exclusiva responsabilidad como autores del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Marzo 2021



---

**ERIC GUSTAVO PÉREZ MARTÍNEZ**

C.I: 180512730-3

**AUTOR**



---

**RAMIRO ALFONSO TRUJILLO JARAMILLO**

C.I: 020201443-7

**AUTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizamos a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedemos los derechos en línea patrimoniales de nuestro Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además aprobamos la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando nuestros derechos de autor.

Ambato, Marzo 2021

---

**ERIC GUSTAVO PÉREZ MARTÍNEZ**

C.I: 180512730-3

**AUTOR**

---

**RAMIRO ALFONSO TRUJILLO JARAMILLO**

C.I: 020201443-7

**AUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por los estudiantes: **Eric Gustavo Pérez Martínez** y **Ramiro Alfonso Trujillo Jaramillo**, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA PILOTO DE LA LAVADORA DE VEHÍCULOS OCTUPUS DEL CANTÓN AMBATO”**

Ambato, Marzo 2021

Para constancia firman:

---

Ing. Mg. Fidel Alberto Castro Solorzano

**Miembro Calificador**

---

Ing. Mg. Carlos Patricio Navarro Peñaherrera

**Miembro Calificador**

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar esta tesis a mi mejor amiga Daniela Galarza, la que me ayudó en todo momento por más difícil que se veía la situación. Ella es única y gracias a ella soy quién soy ahora.

*ERIC PÉREZ*

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo investigativo se lo dedico a cada una de las personas que intervinieron para lograr la culminación de mi carrera profesional.

A Dios quien me permitió seguir cada escalón hasta llegar a la meta, por inspirarme a superar cada adversidad y seguir luchando.

A mis viejos Víctor Manuel Freire y Ludy Jaramillo, por ser mi razón e impulso para culminar mi carrera universitaria, por su apoyo constante y ser quienes han sido mi bastón al caminar, pues han creído en mi capacidad y esfuerzo.

A mi hermano Rafael por ser mi fortaleza en el día a día, por estar en todo momento difícil y especial.

Gracias por ser mi inspiración para lograr mis objetivos, con todo mi cariño.

*RAMIRO TRUJILLO*

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a mi madre Nelly Martínez por enseñarme a nunca rendirme y por luchar por todo lo que me propongo.

También agradecer a mi padre Edwin Pérez por ser un gran apoyo en mi vida, alguien que me ha inculcado tantos valores y que ayudó a formarme en una mejor persona.

Igualmente, a mi hermano Alex Pérez que me acompañó en este duro camino que ha sido vivir en un país lejano a dónde nacimos, él fue uno de mis razones para seguir adelante, para ser un ejemplo para él.

Al Ing. Mg. Fabián Morales por su ayuda y asesoramiento en la elaboración del presente proyecto de titulación.

A la planta docente de la carrera por siempre despejar cualquier duda a lo largo de mi carrera.

A la Universidad Técnica de Ambato y a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por permitirnos utilizar las instalaciones en el transcurso de nuestra vida universitaria.

*ERIC PÉREZ*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco profundamente a la Universidad Técnica de Ambato por permitirme ser parte de su alma mater, en especial a la Carrera de Ingeniería Civil por forjar mi formación académica dentro de sus aulas y así permitirme retribuir con mi labor profesional a la sociedad.

Mi más sincero agradecimiento a los docentes quienes me han impartido sus conocimientos y sabiduría a lo largo de mi formación profesional, en especial al Ing. Mg. Fabián Morales por ser mi guía durante la elaboración del presente proyecto investigativo.

Mi profundo agradecimiento a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. y al Departamento de Hidráulica por permitirme realizar mi proyecto investigativo experimental, en especial al Ing. Mg. Lenin Maldonado y mi compañero de Tesis y amigo de vida Ing. Eric Pérez, por ser mi soporte al momento de realizar mi investigación y permitirme seguir adelante en la culminación de mi meta universitaria.

Llegar hasta aquí no ha sido sencillo por eso agradezco a mi madre Ludy Jaramillo por impulsarme a culminar mi carrera profesional y ser mi sustento a cada paso que he dado durante este proceso.

*RAMIRO TRUJILLO*

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
AGRADECIMIENTO .....	ix
ÍNDICE GENERAL .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1    Antecedentes investigativos .....	1
1.1.1    Antecedentes .....	1
1.1.2    Justificación.....	3
1.1.3    Fundamentación teórica .....	5
1.1.4    Hipótesis.....	17
1.2    Objetivos .....	17
1.2.1    Objetivo general .....	17
1.2.2    Objetivos específicos .....	17
CAPÍTULO II.....	18

METODOLOGÍA.....	18
2.1    Materiales y equipos .....	18
2.1.1    Materiales.....	18
2.1.2    Equipos .....	20
2.2    Metodología.....	21
2.2.1    Nivel o Tipo de Investigación .....	22
2.2.1    Plan de recolección de información.....	23
2.2.2    Plan de Optimización.....	24
2.2.3    Funcionamiento de la PTAR.....	25
2.2.4    Toma de Muestras .....	27
2.2.6    Plan de Operación y Mantenimiento.....	28
CAPÍTULO III .....	44
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	44
3.1    Análisis y Discusión de Resultados .....	44
3.1.1    Métodos de análisis.....	46
3.1.2    Tabla Resumen .....	57
3.1.3    Comparación de Resultados .....	58
3.2    Verificación hipótesis .....	62
CAPÍTULO IV .....	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	63
4.1    Conclusiones .....	63
4.2    Recomendaciones .....	66
BIBLIOGRAFÍA .....	67
ANEXOS.....	71
4.3    APUS .....	71
4.4    Informe de Análisis.....	80
4.4.1    Informe 1.....	80

4.4.2	Informe 2.....	81
4.4.3	Informe 3.....	82
4.4.4	Informe 4.....	83
4.4.5	Informe 5.....	84
4.4.6	Informe 6.....	85
4.4.7	Informe 7.....	86
4.4.8	Informe 8.....	87
4.5	Anexos Fotográficos.....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Resumen Operación Semana 1 .....	28
<b>Tabla 2</b> Resumen Operación Semana 2 .....	29
<b>Tabla 3</b> Resumen Operación Semana 3 .....	30
<b>Tabla 4</b> Resumen Operación Semana 4 .....	31
<b>Tabla 5</b> Resumen Operación Semana 5 .....	32
<b>Tabla 6</b> Resumen Operación Semana 6 .....	33
<b>Tabla 7</b> Resumen Operación Semana 7 .....	34
<b>Tabla 8</b> Resumen Operación Semana 8 .....	35
<b>Tabla 9</b> Resumen Mantenimiento Semana 1 .....	36
<b>Tabla 10</b> Resumen Mantenimiento Semana 2 .....	37
<b>Tabla 11</b> Resumen Mantenimiento Semana 3 .....	38
<b>Tabla 12</b> Resumen Mantenimiento Semana 4 .....	39
<b>Tabla 13</b> Resumen Mantenimiento Semana 5 .....	40
<b>Tabla 14</b> Resumen Mantenimiento Semana 6 .....	41
<b>Tabla 15</b> Resumen Mantenimiento Semana 7 .....	42
<b>Tabla 16</b> Resumen Mantenimiento Semana 8 .....	43
<b>Tabla 17</b> Cantidad colocada de Coagulante Natural .....	44
<b>Tabla 18</b> Valores DQO.....	46
<b>Tabla 19</b> Valores DBO <sub>5</sub> .....	47
<b>Tabla 20</b> Valores SST .....	48
<b>Tabla 21</b> Valores SS.....	49
<b>Tabla 22</b> Valores Aceites y Grasas .....	50
<b>Tabla 23</b> Valores pH .....	51
<b>Tabla 24</b> Valores Temperatura .....	52
<b>Tabla 25</b> Valores Tensoactivos.....	53
<b>Tabla 26</b> Valores Color .....	54
<b>Tabla 27</b> Valores Conductividad .....	55
<b>Tabla 28</b> Valores Turbiedad .....	56
<b>Tabla 29</b> Valores Tabla Resumen.....	57
<b>Tabla 30</b> Tabla efectividad PTAR preliminar .....	58

<b>Tabla 31</b> Valor descontaminado PTAR actual .....	58
<b>Tabla 32</b> Tabla déficit de remoción PTAR <i>Preliminar</i> .....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Comportamiento de sólidos en un clarificador con y sin sedimentadores de placas/tubos .....	8
<b>Figura 2</b> Límites de descarga.....	16
<b>Figura 3</b> Materiales para la fabricación de estructura metálica.....	18
<b>Figura 4</b> Imagen 3D estructura con planchas de policarbonato .....	19
<b>Figura 5</b> Materiales para Filtros .....	19
<b>Figura 6</b> Optimización para la coagulación y floculación .....	20
<b>Figura 7</b> Metodología PTAR optimizada.....	21
<b>Figura 8</b> Lavadora de Vehículos “OCTOPUS”.....	22
<b>Figura 9</b> Localización de estructura metálica en la PTAR.....	25
<b>Figura 10</b> Dimensiones de la PTAR .....	25
<b>Figura 11</b> Flujo de movimiento de la PTAR.....	27
<b>Figura 12</b> Valores DQO .....	46
<b>Figura 13</b> Valores DBO <sub>5</sub> .....	47
<b>Figura 14</b> Valores SST.....	48
<b>Figura 15</b> Valores SS .....	49
<b>Figura 16</b> Valores Aceites y Grasas.....	50
<b>Figura 17</b> Valores pH.....	51
<b>Figura 18</b> Valores Temperatura.....	52
<b>Figura 19</b> Valores Tensoactivos .....	53
<b>Figura 20</b> Valores Color.....	54
<b>Figura 21</b> Valores Conductividad.....	55
<b>Figura 22</b> Valores Turbiedad.....	56
<b>Figura 23</b> Tendencia de Valores de Descontaminación.....	59

## RESUMEN

En el presente trabajo experimental se ejecutó la optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales, construida en la lavadora de vehículos “Octopus”.

En primera instancia, se analizó posibles métodos de optimización para la planta de tratamiento de aguas residuales para cada etapa de su proceso. A partir de la información obtenida se seleccionó el método que consiste en una estructura de acero galvanizado con planchas de policarbonato la cual se la colocó en el sedimentador, que tiene como objetivo aumentar el tiempo de retención hidráulica. También se utilizó coagulante natural (Moringa Oleífera) en el sedimentador y trampa grasas.

Se ejecutó el mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, realizando su limpieza y cambiando los filtros (Cama Turba, Piroclasto Volcánico y Carbón Activado).

Una vez realizado la limpieza y optimización se procedió a la toma de muestras, que consistió en una muestra de dos litros de agua durante un período de ocho semanas, en las cuales se determinó mediante análisis físico-químicos el: DBO que es consumido durante 5 días, DQO, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Sedimentables, Aceites y Grasas, Temperatura, pH y Tensoactivos además de análisis de Color, Conductividad y Turbiedad.

Los resultados obtenidos en laboratorio fueron comparados con los límites establecidos por el TULSMA para efluentes que pueden ser descargados a la red de alcantarillado público en los cuales todas las determinaciones cumplieron con la normativa dando una efectividad de descontaminación del 93 por ciento.

**Palabras clave:** Aguas Residuales, PTAR, Optimización, Ensayos Físicos-Químicos.

## ABSTRACT

In the present experimental work, the optimization of the wastewater treatment plant, built in the “Octopus” vehicle washer, was carried out.

In the first instance, possible optimization methods for the wastewater treatment plant were analyzed for each stage of its process. Based on the information obtained, the method consisting of a galvanized steel structure with polycarbonate sheets was selected, which was placed in the settler, which aims to increase the hydraulic retention time. Natural coagulant (*Moringa Oleifera*) was also used in the settler and grease trap.

Maintenance of the wastewater treatment plant was carried out, cleaning it and changing the filters (Peat Bed, Volcanic Pyroclastic and Activated Carbon).

Once the cleaning and optimization had been carried out, the samples were taken, which consisted of a sample of two liters of water during a period of eight weeks, in which the: BOD that is consumed during 5 weeks was determined by physical-chemical analysis. days, COD, Total Suspended Solids, Settling Solids, Oils and Fats, Temperature, pH and Surfactants as well as Color, Conductivity and Turbidity analysis.

The results obtained in the laboratory were compared with the limits established by TULSMA for effluents that can be discharged to the public sewer network in which all the determinations complied with the regulations, giving a decontamination effectiveness of 93 percent.

**Keywords:** Wastewater, WWTP, Optimization, Physical-Chemical Testing

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes investigativos

#### 1.1.1 Antecedentes

En el mundo la demanda de agua dulce está en constante aumento y los escasos recursos hídricos se ven cada vez más requeridos, sería impensable no aprovechar las oportunidades que brinda una mejor gestión de las aguas residuales tales como la eliminación de contaminantes de los flujos, la reutilización de las aguas regeneradas y la recuperación de los subproductos [1]. En la actualidad el tratamiento de aguas residuales es una obligación, con la aplicación de tratamientos, ya sean físicos, químicos o biológicos permitirá cumplir con los parámetros mínimos permisibles establecidos por la ley ambiental [2].

Con la creciente conciencia sobre los problemas ambientales y la restricción de las regulaciones ambientales sobre efluentes descargados de las industrias, es innegable que la planta de tratamiento de aguas residuales se necesita con urgencia y debe instalarse antes del punto de descarga. Sin embargo, se presta poca atención a la industria del lavado de autos [3].

Pinto y Villacis en el 2019 construyeron una planta de tratamiento de aguas residuales, en una lavadora de vehículos, mediante la verificación del caudal. La PTAR está compuesta de etapas de: cribado, sedimentación, trampa grasas, depósito de grasas y una fase de 3 etapas que están constituidas por filtros como: cama turba, piroclasto volcánico y carbón activado. La efectividad de la planta del 83% fue determinada por ensayos químicos: DBO5, DQO, Sólidos Suspendidos, Aceites y Grasas [4].

McKean y sus col. en el 2010 investigaron la efectividad de láminas clarificadoras para el tratamiento primario de aguas residuales, la investigación fue dividida en tres fases operacionales: un tanque sedimentador convencional; un tanque sedimentador con

láminas clarificadoras; tanque sedimentador con láminas clarificadoras y un agregado químico coagulante. El desempeño de la lámina clarificadora fue evaluado mediante ensayos para determinar la  $DBO_5$ ,  $SS$ , el total de nitrógeno y la eficacia de remoción total de fósforo. El mejor sistema fue el desempeño de la fase 3 [5].

Gheethi y sus col. en el 2016 desarrollaron un sistema integrado de tratamiento de aguas residuales de lavados de autos en Malasia, sobre coagulación y floculación utilizando Moringa Oleífera, sulfato ferroso y filtración natural. El sistema de aguas residuales fue diseñado a escala de laboratorio que contó con cuatro etapas incluidas aireación, coagulación y floculación, sedimentación y filtración. Se realizaron ensayos de pH, oxígeno disuelto (OD), demanda química de oxígeno (DQO) y turbidez (NTU). El sistema de tratamiento integrado fue eficiente para el tratamiento de aguas residuales crudas de lavado de auto. El sistema de tratamiento integrado diseñado con coagulante natural (M. oleífera) y una unidad de filtración fueron efectivos para el tratamiento primario antes de la disposición final o para ser reutilizados para el proceso [6].

Morales y sus col. en el 2018 evaluaron la contaminación procedente de un muestreo simple en 61 lavadoras y lubricadoras en Ambato, con los datos obtenidos procedieron a crear en laboratorio una muestra representativa al 95% del total de los establecimientos; a la cual se le separó la fracción no emulsionada mediante un tratamiento primario y se trató la fase soluble con un reactor de lodos activados de lecho suspendido. Para mejorar la relación nutricional del aguas residuales de procedencia mineral se procedió a colocar un lecho suspendido de caña de azúcar en el tanque de aireación [7].

### 1.1.2 Justificación

La contaminación del agua por productos químicos ha generado una situación de preocupación y prioridad para la sociedad. Los efectos inmediatos por no tratar las AR son repercusiones negativas en la salud, la calidad de agua dulce y la afectación de ecosistemas, que tienen repercusiones a largo plazo en el bienestar de las comunidades y los medios de subsistencia de las mismas [8],[1].

Uno de los sectores que tienen un gran impacto en la contaminación de agua es la industria de lavado de vehículos, se sabe que el efluente contiene tasas de metales pesados, detergentes que contienen tensoactivos, aceites, grasas, cuya gestión inadecuada provocan daños al medio ambiente [9]. Sin embargo, el vertido de aguas residuales sin tratar continúa siendo una práctica habitual, especialmente en países en desarrollo, porque no cuentan con la infraestructura, capacidades técnicas, institucionales y financiamientos necesarios [1].

La mayor limitante para implementar mejores prácticas de gestión del lavado de autos puede ser la falta de conocimiento sobre los impactos de la escorrentía contaminada. En general, el público percibe que las aguas residuales del lavado de autos no están severamente contaminadas en comparación a otros efluentes industriales [3].

En países europeos las aguas residuales de lavado de autos terminan en plantas de tratamiento municipales y a su vez están introduciendo legislación para el reciclaje del agua en lavado de autos. Por ejemplo, Alemania y Austria impusieron un porcentaje de reciclaje superior al 80%, mientras que los Países Bajos y países Escandinavos impusieron un consumo máximo de agua dulce de 60 – 70 litros por automóvil [10].

En muchos países y regiones donde el agua no es suficiente para satisfacer la demanda, las aguas residuales a menudo se usan directamente para riego, causando problemas de salud. Para estos países mejorar la capacidad de tratamiento y la reutilización de las aguas residuales son relevantes para reducir la escasez de agua, disminuir riesgos ambientales y para la salud.

Se estima que en el Ecuador, se realiza el tratamiento de entre el 10 y 25% de las aguas residuales que se descargan a cuerpos de agua [2]. En Ecuador existen aproximadamente 1668 centros de lavado de vehículos, las cuales la mayoría no cuenta

con el tratamiento de agua contaminada, al no poseer licencias ambientales. Una gota de aceite usado proveniente del cambio de un vehículo contamina mil litros de agua volviéndola inservible para el consumo humano [9].

Uno de los aspectos más preocupantes del entorno institucional para las AR son la atención inadecuada que se presta a la regulación, monitoreo y hacer cumplir las disposiciones diseñadas para restringir la descarga industrial en los cuerpos de agua receptores. Es necesario hacer cumplir el pretratamiento industrial para eliminar metales pesados, compuestos orgánicos y otros contaminantes para evitar daños a infraestructura de tuberías, garantizar que los procesos de tratamiento biológico funcionen eficazmente y evitar que las concentraciones nocivas eviten la reutilización de lodos como fertilizante [12].

La presente investigación tiene como objetivo optimizar la planta de tratamiento de aguas residuales de la Lavadora de Vehículos “Octopus”, analizando muestras del efluente residual de la PTAR mediante ensayos físicos químicos y comparando sus resultados en base a la legislación ambiental vigente.

### **1.1.3 Fundamentación teórica**

#### **1.1.3.1 Aguas Residuales (AR)**

Las AR se originan por actividades humanas, domésticas, desechos industriales, desechos animales, escorrentía de lluvia e infiltración de aguas subterráneas. Las AR consisten en 99.9% de agua, donde 0.1% es material restante suspendido o disuelto. Este material sólido es una mezcla de excrementos, detergentes, restos de comida, grasas, aceites, sales, plásticos, arenas y metales pesados[13].

Para realizar un correcto tratamiento de AR es importante conocer y diferenciar cada tipo de estas:

##### **1.1.3.1.1 Aguas Residuales Domésticas**

Su origen son las aguas que se producen en viviendas y contienen metabolismo humano y por la actividad que se llevan a cabo en el ámbito doméstico. Las AR de fuentes domésticas en general están relativamente libres de sustancias peligrosas [1].

##### **1.1.3.1.2 Aguas Residuales Industriales**

La toxicidad, movilidad y carga de los contaminantes industriales pueden tener consecuencias más graves en los recursos hídricos, la salud humana y el medio ambiente. Los niveles y toxicidad de la contaminación se deben mantener lo más bajos posibles, primero en el punto de origen, luego desde su concepción al diseño y durante las operaciones y el mantenimiento [1].

## **Aguas Residuales Producto de Lavado de Vehículos**

Las AR de las lavadoras-lubricadoras de autos contienen grandes cantidades de hidrocarburos (petróleos y sus derivados) que son descargados en el alcantarillado público sin pasar por un tratamiento adecuado, incumpliendo la normativa [14].

### **1.1.3.1.3 Aguas Residuales Urbanas**

La composición de las AR urbanas puede variar, lo cual refleja la gran diversidad de contaminantes liberados por las distintas fuentes domésticas, industriales y escorrentía pluvial [1].

### **1.1.3.2 Vertido de AR no tratadas o con tratamiento inadecuados**

El vertido de AR no tratadas o parcialmente tratadas en el medio ambiente provoca la contaminación de las aguas superficiales, el suelo y las aguas subterráneas. Una vez vertidas en las masas de agua, las AR se diluyen y son transportadas aguas abajo, o se infiltran en los acuíferos donde pueden afectar la calidad de los suministros de agua dulce. El destino final de las AR vertidas son ríos, lagos y finalmente el océano. Las consecuencias son: efectos adversos para la salud humana por la reducción de calidad del agua; efectos ambientales negativos debido a la degradación de las masas de agua y de los ecosistemas; posibles efectos en las actividades económicas [1].

### **1.1.3.3 Tratamiento de Aguas Residuales**

Existen fundamentalmente dos tipos de sistemas de recolección y tratamiento de AR.

- Sistemas ex situ: donde los residuos son transportados a través de una red de alcantarillado a una planta de tratamiento o punto de eliminación.

- **Sistemas in situ:** donde los residuos se acumulan en una letrina o fosa séptica. Esta fosa puede vaciarse periódicamente o puede abrirse una nueva letrina/fosa séptica en otro lugar.

Las AR generadas en las industrias pueden ser tratadas in situ o vertidas a los sistemas municipales, pero deben otorgarse permiso de descarga y respetarse los límites de calidad.

El tratamiento de AR consiste en una combinación de procesos físicos, químicos y biológicos para eliminar los componentes de las AR [1].

### **1.1.3.4 Procesos de remoción de contaminantes de AR**

#### **1.1.3.4.1 Sedimentación**

Es un proceso efectivo en la eliminación de sólidos inorgánicos en lugar de orgánicos, debido a la clara diferencia en las densidades entre partículas y fluidos. La cantidad de la diferencia en las densidades se reflejan directamente en el tiempo de detención requerido para que los sólidos se depositen en el fondo.

La sedimentación se utiliza para eliminar partículas en tanques de sedimentación primaria. Durante la sedimentación, la principal preocupación es asegurar que la velocidad del agua hacia arriba permanezca más baja que la velocidad de sedimentación de partículas, que a su vez está relacionada con el tamaño y la densidad del flóculo [15].

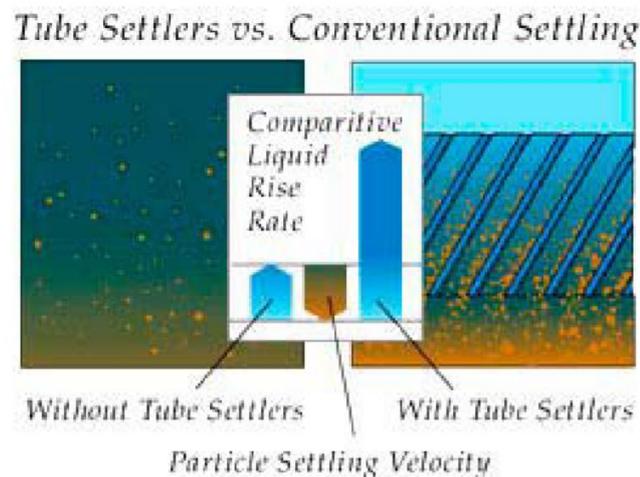
#### **Método de optimización para el proceso de sedimentación**

Los sistemas de sedimentadores con tubos son una tecnología relativamente económica utilizada predominantemente para mejorar el rendimiento del tanque de sedimentación convencional. El tubo sedimentador determina un aumento de la

capacidad de los tanques de sedimentación, reduce en gran medida el tiempo de retención, mejora la calidad del agua del efluente y reduce el costo de operación [16].

La modificación física de los clarificadores consiste en asentadores de placas y tubos, bajo diferentes posibles configuraciones. Esencialmente, estos están formados por filas paralelas inclinadas de placas o tubos. A medida que el líquido fluye hacia arriba entre sus paredes, los sólidos se asientan en las superficies inclinadas y se deslizan en una tolva de recogida de lodos en la parte inferior de la unidad (Figura 1). La presencia de las placas tiene el efecto de aumentar el área de superficie equivalente de la cuenca, lo que permite mayores tasas de desbordamiento, y, por lo tanto, aumentando la capacidad de clarificación hasta diez veces. Algunos problemas en la aplicación de estos dispositivos en plantas de AR han sido reportados con respecto al taponamiento por crecimiento biológico, flotables, aceites y grasas [17].

**Figura 1** Comportamiento de sólidos en un clarificador con y sin sedimentadores de placas/tubos



**Fuente:** Enhancing Urban Environment by Environmental Upgrading and Restoration [17].

El uso de sedimentadores tubulares tiene un rendimiento algo erróneo (que va desde 0-90% de eliminación de sólidos suspendidos, con un promedio de 54%) atribuido a la obstrucción y la instalación inadecuada. Estos sistemas generalmente funcionan en

condiciones óptimas cuando están acompañados por adición de floculantes químicos[17].

#### **1.1.3.4.2 Trampa de Grasas**

Es una fase del tratamiento de AR que permite la separación y posterior recolección de grasas y aceites evitando que se desfoguen en el sistema de alcantarillado público, ya que si llegan al sistema pueden obstruir los drenajes. El funcionamiento se basa en la diferencia de densidades entre el agua el aceite y las grasas, ya que por gravedad el agua se desplazará al fondo de la trampa [4].

#### **1.1.3.4.3 Filtros**

##### **Cama Turba**

Es un material orgánico compuesto de carbohidratos, minerales, ácidos húmicos y fúlvicos, además de los componentes de lignina y celulosa. Su material color café oscuro parcialmente fosilizado se forma con poca oxigenación y grandes cantidades de agua. Es un material con capacidad de absorción, adsorción y decoloración [18].

La turba tiene una capacidad de absorción alta debido a su conformación y estructura celular de fibras lo que le ayuda a la retención de humedad, por lo que un volumen de turba llega a estar constituido por un 98% de agua [19].

##### **Piroclasto Volcánico**

Son fragmentos sólidos de material volcánico de tamaño, morfología y color variado, tiene gran capacidad de absorción de suciedad; facilidad de limpieza, económico y es 100% natural. Se utiliza como medio de filtración y eliminación de impurezas en líquidos, sólidos y gaseosos.

Se considera que la alternativa técnica de tratamiento de AR por medio de filtros percoladores con medio filtrante de piedra volcánica es eficiente en la remoción de la materia orgánica.

### **Carbón Activado**

El carbón activado se usa en procesos de descontaminación de agua por su capacidad de adsorción (capacidad que tiene un sólido de adherir a sus paredes moléculas presentes en medios líquidos), para la descontaminación del agua el carbón activado más adecuado es el de alta porosidad. Las principales sustancias que el carbón activado elimina son: compuestos volátiles, partículas en suspensión, metales pesados, nitrados, bacterias o virus, flúor.

#### **1.1.3.4.4 Coagulación-Floculación**

Es la técnica más usada en el mundo en el tratamiento de efluentes industriales; los coagulantes se clasifican en: químicos (Sales de hierro y aluminio) y naturales. Los coagulantes más usados son los químicos, pero hay innumerables investigaciones que relacionan su uso a impactos negativos a enfermedades neurológicas, además los coagulantes químicos presentan dificultades en el tratamiento de lodos, incremento de la conductividad eléctrica del agua tratada e incompleta remoción de componentes orgánicos presentes en el agua [20].

## Métodos de Optimización

### Moringa Oleífera

Es un coagulante natural sostenible y eco-amigable, está clasificada como coagulante basados en plantas (CBP), muestra excelentes resultados por su alta eficiencia y versatilidad [20].

Las propiedades coagulantes de la semilla de Moringa son atribuidas a la presencia de proteínas solubles que actúan como polielectrolito catiónico, en tanto que el mecanismo de desestabilización es atribuido a la adsorción y neutralización de cargas. Diversos investigadores han demostrado su aplicación tanto para la clarificación de agua potable como para el tratamiento de AR [20].

#### 1.1.3.5 Características de Importancia en AR

##### 1.1.3.5.1 Color

Los sólidos en suspensión, material coloidal y sustancias en solución causan el color en AR, esta característica es usado para estimar la condición general del AR [21]. Mientras el agua tenga una apariencia más desagradable, se dice que está más contaminada [22].

Unidades	Método de Análisis
mg/L	2120-C

##### 1.1.3.5.2 Temperatura

La temperatura del AR es más elevada que la de suministro, ya que el agua industrial añade agua caliente. La vida acuática se ve influida por la temperatura, a su vez en las reacciones químicas producidas en el agua, la velocidad de reacción y en la solubilidad del oxígeno en el agua [22].

Unidades	Método de Análisis
mg/L	2550-B

### 1.1.3.5.3 pH

Indica la concentración de iones hidrogeno en una solución. Se utiliza esta notación como medida de la naturaleza ácida o alcalina de una solución acuosa. Muchas propiedades de las sustancias químicas dependen de la concentración de hidrogeno en solución [21].

Unidades	Método de Análisis
mg/L	4500-H-B

### 1.1.3.5.4 Conductividad

Es la medida de la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica. La conductividad está relacionada con la concentración de iones en el agua, sus concentraciones, movilidad, valencia y temperatura. Los iones también llamados electrólitos provienen de sales disueltas y materia orgánica (alcalinos, carbonatos, cloruros y sulfatos). Mientras mayor sea la concentración de electrólitos en el agua, mayor será su conductividad. Al determinar la concertación de iones disueltos en el agua se determina la cantidad de sólidos totales disueltos en el agua [23].

Unidades	Método de Análisis
mSiems/cm	2510-B

### 1.1.3.5.5 Turbidez

Es una medida de la pérdida de su transparencia, ocasionada por el material en suspensión que arrastra la corriente de agua [21].

Unidades	Método de Análisis
mg/L	2510-B

### 1.1.3.5.6 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. La DBO es el parámetro más usado para medir la calidad de AR y superficiales, para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, para diseñar unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptores[24].

<b>Unidades</b>	<b>Método de Análisis</b>
mg/L	5220-D

#### **1.1.3.5.7 Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO<sub>5</sub>**

Es la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias durante la estabilización de la materia orgánica susceptible de descomposición en condiciones aerobias, en la cual es un parámetro para medir la contaminación orgánica por medio de la DBO<sub>5</sub> [25].

Expresa la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación bioquímica de los compuestos orgánicos degradables existentes en el líquido residual, fijando ciertas condiciones de tiempo y temperatura además se usa para determinar el poder contaminante de los residuos domésticos e industriales [25].

<b>Unidades</b>	<b>Método de Análisis</b>
mg/L	5210-D

#### **1.1.3.5.8 Tensoactivos**

Los tensoactivos, son compuestos constituidos por moléculas orgánicas grandes, polares, solubles en agua y aceites, que tienen la propiedad de disminuir la tensión superficial de los líquidos en que se hallan disueltos. Su presencia disminuye la tensión superficial y favorece la formación de espumas, aún en bajas concentraciones. Además, inhiben la actividad biológica y disminuyen la solubilidad del oxígeno[24].

<b>Unidades</b>	<b>Método de Análisis</b>
mg/L	5540-C

#### **1.1.3.5.9 Grasas y Aceites**

Se consideran los compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno que flotan en el AR, recubren las superficies con las cuales entran en contacto, causan iridiscencia y problemas de mantenimiento, e interfieren con la actividad biológica pues son difíciles de biodegradar[24].

<b>Unidades</b>	<b>Método de Análisis</b>
mg/L	5520-B

#### **1.1.3.5.10 Sólidos Sedimentables**

Materiales que se detectan en el fondo de un recipiente debido a la sedimentación de estos [26].

<b>Unidades</b>	<b>Método de Análisis</b>
mg/L	2540-F

#### **1.1.3.5.11 Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

Sólidos constituidos por sólidos sedimentables, sólidos y materia orgánica en suspensión y/o coloidal, que son retenidas en el elemento filtrante [26].

<b>Unidades</b>	<b>Método de Análisis</b>
mg/L	2540-D

### **1.1.3.6 Normas de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público**

La normativa para Ecuador se basa en la norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: Recurso agua, cumpliendo la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental,

Según TULSMA Libro 6, se prohíbe la descarga de cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros [27].

- Fragmentos de piedra, cenizas, vidrios, arenas, basuras, fibras, fragmentos de cueros, textiles, etc.
- Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio.
- Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán y sus emulsiones de aceite, residuos líquidos que tienden a endurecerse.
- Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, hidrocarburos clorados, ácidos, y álcalis.
- Fosgeno, cianuro, ácido hidrazoico y sus sales, carburos que forman acetileno, sustancias comprobadamente tóxicas.

La normativa prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos terrestres [27].

De la misma manera se prohíbe la descarga hacia el sistema de alcantarillado de residuos líquidos no tratados, que contengan restos de aceite lubricante, grasas, etc. Provenientes de los talleres mecánicos, vulcanizadoras [27].

**Figura 2** Límites de descarga

<b>Límites de descarga al sistema de alcantarillado público [27]</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Expresado Como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite Máximo Permissible</b>
Demanda Biológica de Oxígeno	DBO <sub>5</sub>	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Temperatura Muestra	°C		<40
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2
<b>Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional [27]</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Expresado Como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite Máximo Permissible</b>
Color	Color Real	Unidades de Color	100
Turbiedad		UTN	100
<b>Límite máximo permisible para el parámetro de conductividad [28]</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Expresado Como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite Máximo Permissible</b>
Conductividad		µs/cm	750

#### **1.1.4 Hipótesis**

La optimización del sistema de tratamiento de aguas residuales de la planta de tratamiento de la lavadora de vehículos “Octopus” ayudará a la remoción de contaminantes cumpliendo con los límites permisibles recomendados por la legislación ambiental vigente.

### **1.2 Objetivos**

#### **1.2.1 Objetivo general**

Optimizar la planta de tratamiento de aguas residuales de la lavadora de vehículos Octopus.

#### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Implementar mejoras al sistema de tratamiento.
- Analizar los parámetros contaminantes de salida de la lavadora de vehículos Octopus.
- Proponer un plan de operación y mantenimiento.

# CAPÍTULO II

## METODOLOGÍA

### 2.1 Materiales y equipos

#### 2.1.1 Materiales

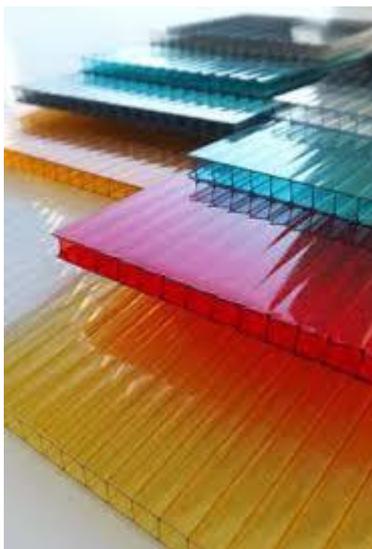
##### 2.1.1.1 Etapa de Sedimentación

Los materiales usados para la optimización de la etapa de sedimentación fueron: una estructura de acero galvanizado con planchas inclinadas de policarbonato.

#### **Policarbonato:**

Para el proceso de separación de sólidos suspendidos se utiliza filtros como el policarbonato, fibra de vidrio, estireno, etc. [29].

**Figura 3** Materiales para la fabricación de estructura metálica



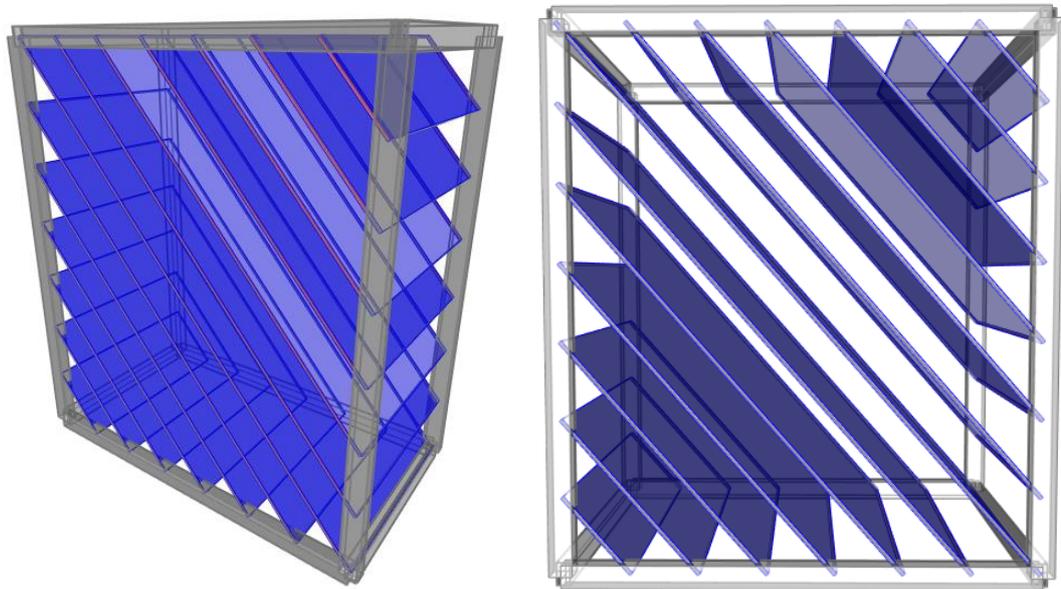
Planchas de Policarbonato



Acero Galvanizado

**Fuente:** Photocatalysis as an alternative to treat waste water [29].

**Figura 4** Imagen 3D estructura con planchas de policarbonato



**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

### 2.1.1.2 Etapa de Filtración

Los materiales seleccionados fueron seleccionados en bases a la investigación de [22], [30], [31].

**Figura 5** Materiales para Filtros



Cama Turba



Piroclasto Volcánico



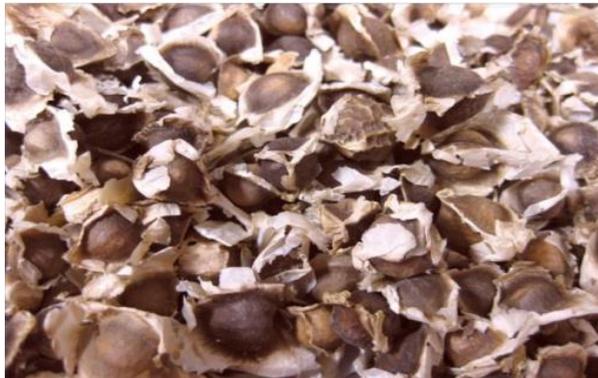
Carbón Activado

Fuente: E. Pérez y R. Trujillo

### 2.1.1.3 Coagulación y Floculación

El material seleccionado para esta etapa fue la Moringa Oleífera un coagulante natural ya que por sus características muestra excelentes resultados por su eficiencia y versatilidad.

Figura 6 Optimización para la coagulación y floculación



Moringa Oleífera

Fuente: E. Pérez y R. Trujillo

### 2.1.2 Equipos

- Equipo de laboratorio
- Termómetro digital
- Embudo
- Envases color ámbar
- Hielera

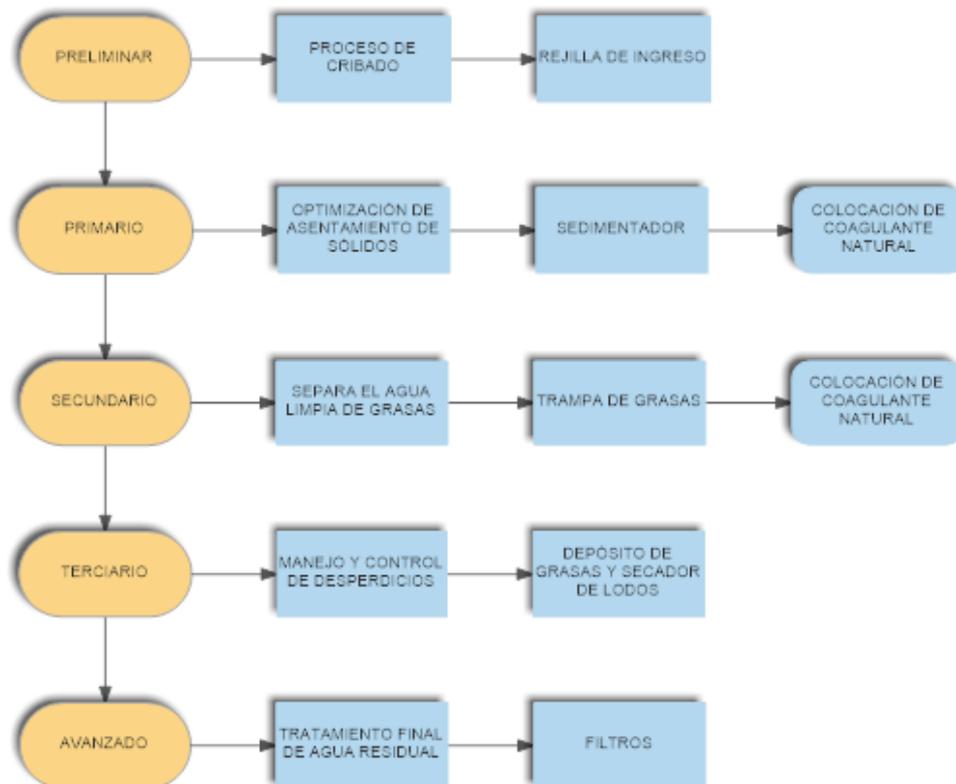
## 2.2 Metodología

La investigación parte de la ya construida PTAR realizada por Damián Pinto y Edwin Villacis bajo la supervisión del Ing. Mg. Fabián Morales [4], en la cual luego de realizar los ensayos físicos químicos de DBO<sub>5</sub>, DQO, Sólidos Suspendidos Totales y Aceites y Grasas, no alcanzó los cual tuvo un porcentaje de efectividad del 83% al no cumplir con la normativa ambiental vigente se recomendó la optimización de la misma.

La optimización consiste en la construcción y colocación en el sedimentador de una estructura metálica con planchas de policarbonato, se empleó coagulante natural conocido como Moringa Oleífera en la etapa de sedimentación y trampa grasas.

Partiendo de esta primicia se planteó el presente trabajo de investigación para la optimización de la PTAR de una lavadora de vehículos Octopus en la cual se aplicó tres tipos de investigación:

**Figura 7** Metodología PTAR optimizada



**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

## 2.2.1 Nivel o Tipo de Investigación

### 2.2.1.1 Investigación de Campo

La investigación fue realizada en la lavadora de vehículos “OCTOPUS” ubicada en las calles Avenida Manuelita Sáenz y Elio Antonio de Nebrija en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, en la cual después de realizar el mantenimiento apropiado se tomó muestras de dos litros de AR cada semana por un período de dos meses.

Antes de colocar los sistemas de optimización en la PTAR se realizó la limpieza mediante el método de succión, se procedió a cambiar partes defectuosas de la misma, también se cambió los filtros (Cama Turba, Piroclasto Volcánico, Carbón Activado)

**Figura 8** Lavadora de Vehículos “OCTOPUS”



**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

### **2.2.1.2 Investigación de Laboratorio**

Se colocó en la etapa de sedimentación planchas de policarbonato de acuerdo a la Figura 4.

Así mismo se colocó Moringa Oleífera (Coagulante natural) en cantidades gr/día (**Tabla 17**) durante todo el período de toma de muestras.

En la parte de los filtros se reemplazó la cama turba, piroclasto volcánico y carbón activado.

Las muestras se las analizó en el laboratorio SAQMIC ubicado en la ciudad de Riobamba. Los análisis realizados fueron: DBO5, DQO, Sólidos Suspendedos Totales, Sólidos Sedimentables, Aceites y Grasas además de Color, Temperatura, pH, Conductividad, Turbiedad y Tensoactivos.

Los resultados de análisis químicos se encuentran en el anexo **Informe de Análisis**.

### **2.2.1.3 Investigación Descriptiva**

La información acerca de métodos de optimización se obtuvo a partir de artículos científicos, libros y trabajos de titulación. El código empleado para la descripción de los resultados de laboratorios fue el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente - TULSMA.

#### **2.2.1 Plan de recolección de información**

- Obtener la información necesaria para seleccionar el método de optimización más adaptable a la PTAR en la lavadora Octopus.
- Elaborar una estructura metálica con planchas de policarbonato de acuerdo a medidas establecidas de la PTAR preliminar, para la optimización de la etapa de sedimentación.
- Obtener coagulantes naturales: Moringa Oleífera.

- Obtener filtros tales: cama turba, piroclasto volcánico y carbón activado.
- Realizar la limpieza de la planta de tratamiento de AR mediante succión de una bomba.
- Cambiar partes defectuosas de la PTAR.
- Instalar la estructura metálica con planchas de policarbonato dentro del sedimentador.
- Reemplazar los filtros (cama turba, piroclasto volcánico y carbón activado).
- Colocar semillas de Moringa Oleífera en la etapa de sedimentación y trampa grasas durante 2 meses todos los días.
- Tomar una muestra de 2 litros de AR a la salida de la PTAR.
- Tomar la temperatura in situ de las muestras de AR.
- Transportar las muestras de AR controlando condiciones de ambiente y temperatura.
- Analizar las muestras para determinar las condiciones del efluente de AR.

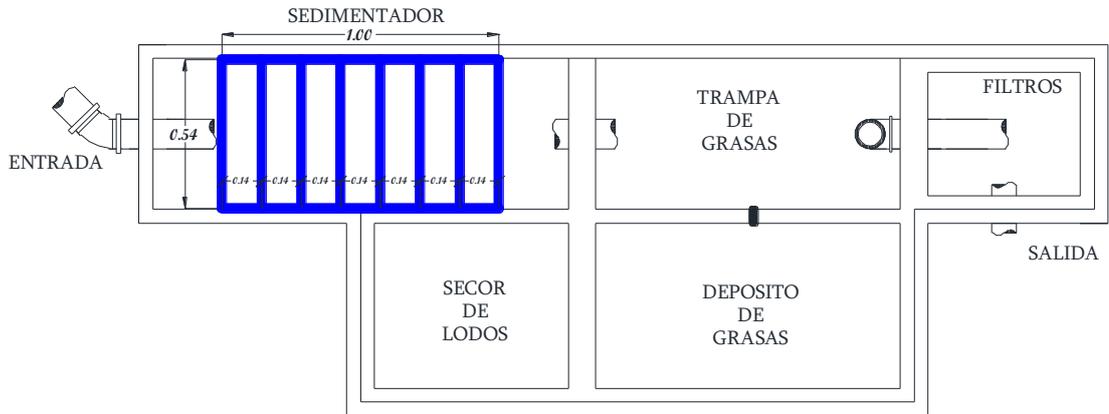
### **2.2.2 Plan de Optimización**

- Para aumentar el tiempo de retención hidráulica en el sedimentador se ha modificado la dirección en la que se mueve el AR para que la misma se mueva vertical u horizontalmente mediante el uso de una estructura metálica con planchas de policarbonato.
- Para mejorar la coagulación y floculación se colocará coagulante natural durante los dos meses de muestras para mejorar la calidad de efluente natural.

#### **2.2.2.1 Dimensiones de la estructura metálica:**

- Ancho: 0.54m
- Alto: 1.15m
- Profundidad: 1.00m

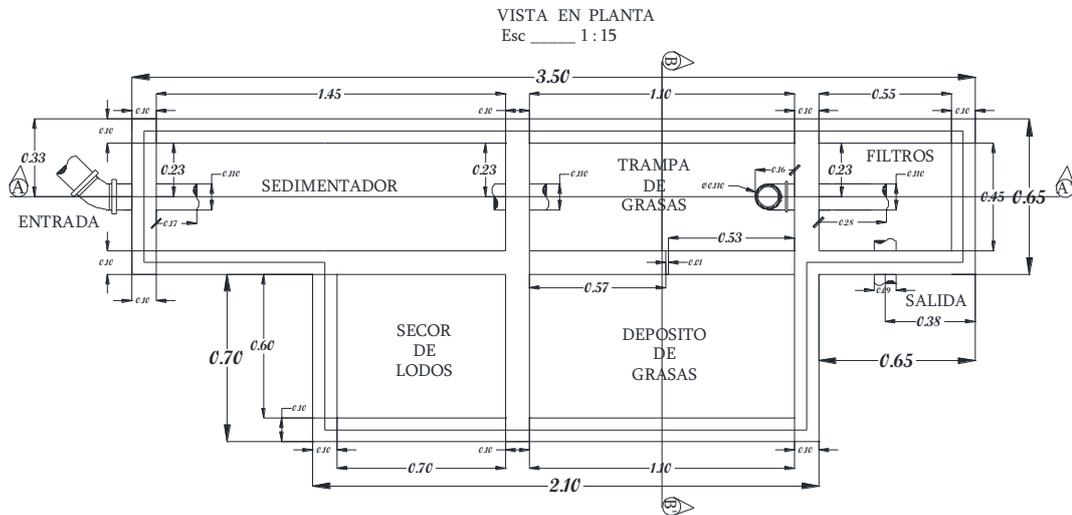
**Figura 9** Localización de estructura metálica en la PTAR



**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

### 2.2.3 Funcionamiento de la PTAR

**Figura 10** Dimensiones de la PTAR



**Fuente:** C. Pinto y E. Villacis

En la etapa preliminar de la PTAR, denominada *Cribado*, el perfil recolector recibe el AR y posteriormente la conduce a la rejilla ubicada en la tubería de ingreso la cual no permite el paso de materiales con dimensiones mayores a 2.50cm [4].

La segunda etapa de la PTAR, es el tratamiento primario o *Sedimentador*, en donde se contiene lodos, aceites, grasas entre otras sustancias contaminantes [4], en esta etapa se instaló una estructura metálica con planchas de policarbonato que tiene como función reducir el tiempo de retención hidráulica.

En la tercera etapa de la PTAR, denominada tratamiento secundario o zona de *Trampa de Grasas*, su función es separar líquidos (agua) de aceites y grasas por diferencias de densidades, por lo que se acumularan los aceites y grasas en la parte superior que posteriormente son transportados al depósitos de grasas donde se acumularan para posteriormente ser desechados [4].

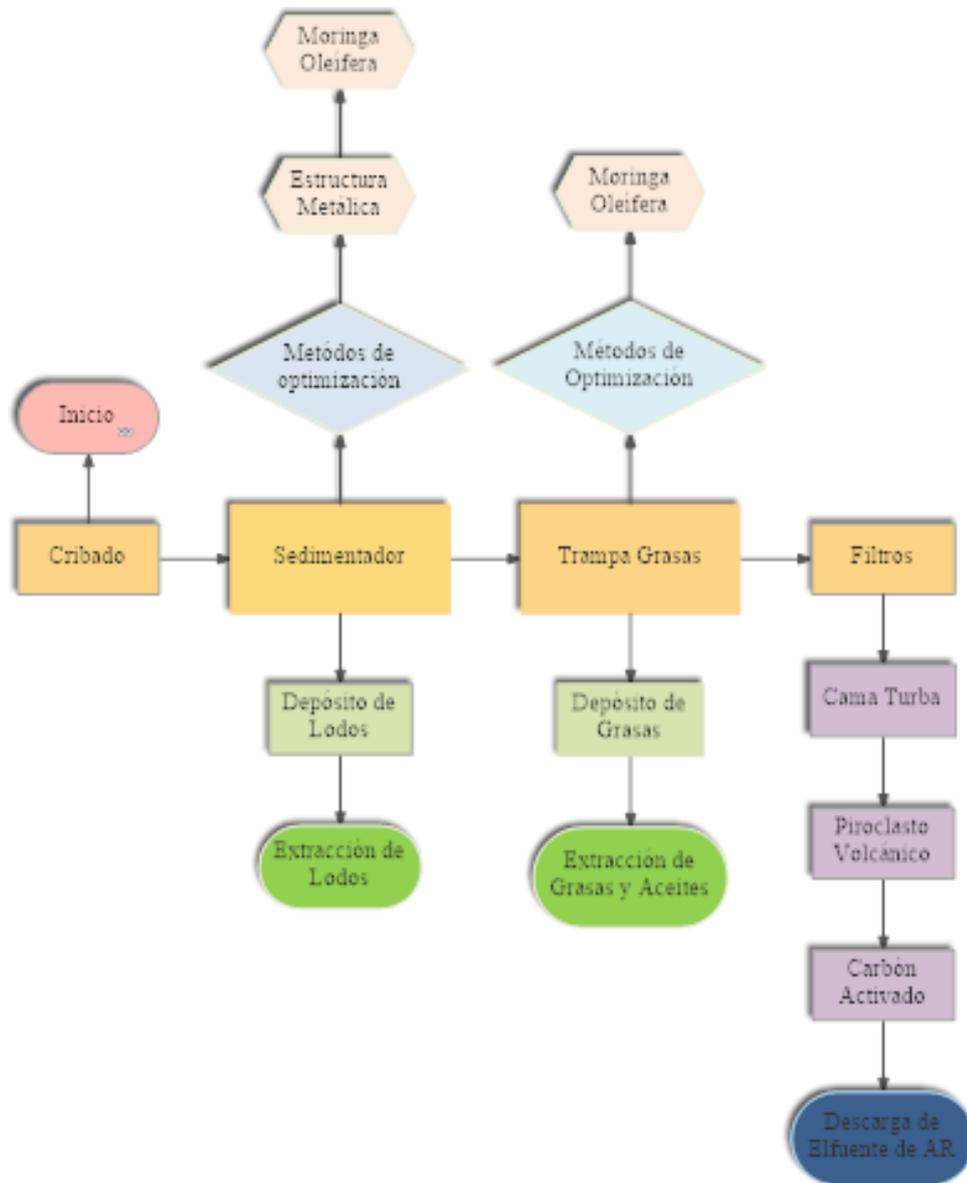
En la segunda y tercera etapa se produce el proceso de coagulación y floculación mediante el uso de coagulante natural (Moringa Oleífera).

En cuanto al manejo de los lodos, aceites y grasas se debe considerar el tiempo que alcanza su volumen máximo de almacenamiento para desecharlos apropiadamente, se dispone de un lecho de secado en donde se depositará el lodo extraído manualmente del sedimentador para deshidratarlo y reutilizarlo o desecharlo correctamente [4].

La fase final de la PTAR se distribuye uniformemente en tres canastillas de acero inoxidable que contiene material filtrante en el siguiente orden: Cama Turba, Piroclasto Volcánico, Carbón Activado.

Con un caudal de entrada de 1.81 lt/ min, el sedimentador se llena en un tiempo de 12 horas, la trampa de grasas en 9 horas, por lo cual el AR llega a los filtros en un tiempo aproximado de 21 horas, estos tiempos son aproximados debido a su caudal variable [4].

**Figura 11** Flujo de movimiento de la PTAR



**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

#### 2.2.4 Toma de Muestras

Se tomará dos litros de muestras del efluente de AR en botellas color ámbar y se transportarán bajo condiciones controladas de temperatura y ambiente para poder ser analizadas (4.5).

## 2.2.6 Plan de Operación y Mantenimiento

### 2.2.6.1 Operación

El proceso de operación de la planta de tratamiento de AR se dio por el lapso de 8 semanas con la intervención de maquinaria y colocación de estructuras diseñadas previamente para su óptimo desempeño del cual se obtuvo los siguientes cuadros de información.

**Tabla 1** Resumen Operación Semana 1

Semana 1	
Fecha	Operación
8/12/2020	Limpieza con camión cisterna
	Colocación estructura base
	Colocación estructura placas policarbonato
9/12/2020	Verificación circulación de efluente
10/12/2020	Verificación circulación de efluente
11/12/2020	Verificación circulación de efluente
12/12/2020	Verificación circulación de efluente
13/12/2020	Verificación circulación de efluente
14/12/2020	Toma de 2 muestras de AR en envases de 1lt
	Toma de temperatura
	Colocación de muestras en hielo
	Traslado de muestras a laboratorio

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

**Tabla 2** Resumen Operación Semana 2

<b>Semana 2</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Operación</b>
15/12/2020	Verificación circulación de efluente
16/12/2020	Verificación circulación de efluente
17/12/2020	Verificación circulación de efluente
18/12/2020	Verificación circulación de efluente
19/12/2020	Verificación circulación de efluente
20/12/2020	Verificación circulación de efluente
21/12/2020	Toma de 2 muestras de AR en envases de 1lt
	Toma de temperatura
	Colocación de muestras en hielo
	Traslado de muestras a laboratorio

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

**Tabla 3** Resumen Operación Semana 3

<b>Semana 3</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Operación</b>
22/12/2020	Verificación circulación de efluente
23/12/2020	Verificación circulación de efluente
24/12/2020	Verificación circulación de efluente
25/12/2020	Verificación circulación de efluente
26/12/2020	Verificación circulación de efluente
27/12/2020	Verificación circulación de efluente
28/12/2020	Toma de 2 muestras de AR en envases de 1lt
	Toma de temperatura
	Colocación de muestras en hielo
	Traslado de muestras a laboratorio

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

**Tabla 4** Resumen Operación Semana 4

<b>Semana 4</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Operación</b>
29/12/2020	Verificación circulación de efluente
30/12/2020	Verificación circulación de efluente
31/12/2020	Verificación circulación de efluente
1/1/2021	Verificación circulación de efluente
2/1/2021	Verificación circulación de efluente
3/1/2021	Verificación circulación de efluente
4/1/2021	Toma de 2 muestras de AR en envases de 1lt
	Toma de temperatura
	Colocación de muestras en hielo
	Traslado de muestras a laboratorio

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

**Tabla 5** Resumen Operación Semana 5

<b>Semana 5</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Operación</b>
5/1/2021	Limpieza con camión cisterna
6/1/2021	Verificación circulación de efluente
7/1/2021	Verificación circulación de efluente
8/1/2021	Verificación circulación de efluente
9/1/2021	Verificación circulación de efluente
10/1/2021	Verificación circulación de efluente
11/1/2021	Toma de 2 muestras de AR en envases de 1lt
	Toma de temperatura
	Colocación de muestras en hielo
	Traslado de muestras a laboratorio

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

**Tabla 6** Resumen Operación Semana 6

<b>Semana 6</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Operación</b>
12/1/2021	Verificación circulación de efluente
13/1/2021	Verificación circulación de efluente
14/1/2021	Verificación circulación de efluente
15/1/2021	Verificación circulación de efluente
16/1/2021	Verificación circulación de efluente
17/1/2021	Verificación circulación de efluente
18/1/2021	Toma de 2 muestras de AR en envases de 1lt
	Toma de temperatura
	Colocación de muestras en hielo
	Traslado de muestras a laboratorio

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

**Tabla 7** Resumen Operación Semana 7

<b>Semana 7</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Operación</b>
19/1/2021	Verificación circulación de efluente
20/1/2021	Verificación circulación de efluente
21/1/2021	Verificación circulación de efluente
22/1/2021	Verificación circulación de efluente
23/1/2021	Verificación circulación de efluente
24/1/2021	Verificación circulación de efluente
25/1/2021	Toma de 2 muestras de AR en envases de 1lt
	Toma de temperatura
	Colocación de muestras en hielo
	Traslado de muestras a laboratorio

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

**Tabla 8** Resumen Operación Semana 8

<b>Semana 8</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Operación</b>
26/1/2021	Verificación circulación de efluente
27/1/2021	Verificación circulación de efluente
28/1/2021	Verificación circulación de efluente
29/1/2021	Verificación circulación de efluente
30/1/2021	Verificación circulación de efluente
31/1/2021	Verificación circulación de efluente
1/2/2021	Toma de 2 muestras de AR en envases de 1lt
	Toma de temperatura
	Colocación de muestras en hielo
	Traslado de muestras a laboratorio

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

### 2.2.6.2 Mantenimiento

Al momento de la recepción de la planta de tratamiento de AR de lodos activados se procedió a el cambio de materiales desgastados, limpieza y colocación de la Moringa Oleífera por un período de 8 semanas. Por lo cual se muestra los valores promedios utilizados diariamente.

**Tabla 9** Resumen Mantenimiento Semana 1

Semana 1			
Fecha	Limpieza	Cambio	Aditivo
8/12/2020	Área externa planta AR	Cama turba	Moringa oleífera 300gr
	Tubería de entrada	Piroclasto volcánico	
	Sedimentador	Carbón activado	
	Secado de lodos	Filtros de tubería	
	Trampa de grasas		
	Depósito de grasas		
	Tubería interna		
	Tubería de salida		
	Cajón de filtros		
	Descarga fuente AR		
9/12/2020	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
10/12/2020	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
11/12/2020	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
12/12/2020	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
13/12/2020	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
14/12/2020	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

**Tabla 10** Resumen Mantenimiento Semana 2

<b>Semana 2</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Limpieza</b>	<b>Cambio</b>	<b>Aditivo</b>
15/12/2020	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
16/12/2020	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
17/12/2020	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
18/12/2020	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
19/12/2020	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
20/12/2020	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
21/12/2020	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

**Tabla 11** Resumen Mantenimiento Semana 3

<b>Semana 3</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Limpieza</b>	<b>Cambio</b>	<b>Aditivo</b>
22/12/2020	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
23/12/2020	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
24/12/2020	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
25/12/2020	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
26/12/2020	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
27/12/2020	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
28/12/2020	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

**Tabla 12** Resumen Mantenimiento Semana 4

<b>Semana 4</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Limpieza</b>	<b>Cambio</b>	<b>Aditivo</b>
29/12/2020	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
30/12/2020	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
31/12/2020	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
1/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
2/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
3/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
4/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

**Tabla 13** Resumen Mantenimiento Semana 5

<b>Semana 5</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Limpieza</b>	<b>Cambio</b>	<b>Aditivo</b>
5/1/2021	Área externa planta AR	Cama turba	Moringa oleífera 300gr
	Tubería de entrada	Piroclasto volcánico	
	Sedimentador	Carbón activado	
	Secor de lodos	Filtros de tubería	
	Trampa de grasas		
	Depósito de grasas		
	Tubería interna		
	Tubería de salida		
	Cajón de filtros		
	Descarga fuente AR		
6/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
7/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
8/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
9/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
10/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
11/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

**Tabla 14** Resumen Mantenimiento Semana 6

<b>Semana 6</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Limpieza</b>	<b>Cambio</b>	<b>Aditivo</b>
12/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
13/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
14/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
15/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
16/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
17/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
18/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

**Tabla 15** Resumen Mantenimiento Semana 7

<b>Semana 7</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Limpieza</b>	<b>Cambio</b>	<b>Aditivo</b>
19/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
20/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
21/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
22/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
23/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
24/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
25/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

**Tabla 16** Resumen Mantenimiento Semana 8

<b>Semana 8</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Limpieza</b>	<b>Cambio</b>	<b>Aditivo</b>
26/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
27/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
28/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
29/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
30/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
31/1/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr
1/2/2021	Área externa planta AR	S/c	Moringa oleífera 300gr

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

# CAPÍTULO III

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Análisis y Discusión de Resultados

La toma de muestras para analizar el efluente de agua residual se dividió en 8 muestras (Dos litros por muestra) tomadas cada semana durante dos meses, para la movilización de las muestras se garantizó condiciones de ambiente y temperatura.

La primera y segunda muestra presentaron niveles sobre el límite permitido por tal motivo se procedió a colocar más cantidad de coagulante natural Moringa Oleífera durante cada lapso entre muestras (Siete días).

**Tabla 17** Cantidad colocada de Coagulante Natural

Moringa Oleífera		
Muestra	Etapa	Cantidad (gr)
1	Sedimentador	700
2	Sedimentador	700
3	Sedimentador	2100
	Trampa Grasas	700
4	Sedimentador	2100
	Trampa Grasas	700
5	Sedimentador	2100
	Trampa Grasas	700
6	Sedimentador	2100
	Trampa Grasas	700
7	Sedimentador	1400
	Trampa Grasas	700
8	Sedimentador	1400
	Trampa Grasas	700

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

Para el análisis se tuvo en cuenta once parámetros de control de contaminación de agua residual:

- DBO<sub>5</sub>

- DQO
- SST - Sólidos Suspendidos Totales
- Aceites y Grasas
- Sólidos Sedimentables
- pH
- Temperatura
- Tensoactivos
- Color
- Conductividad
- Turbiedad

### 3.1.1 Métodos de análisis

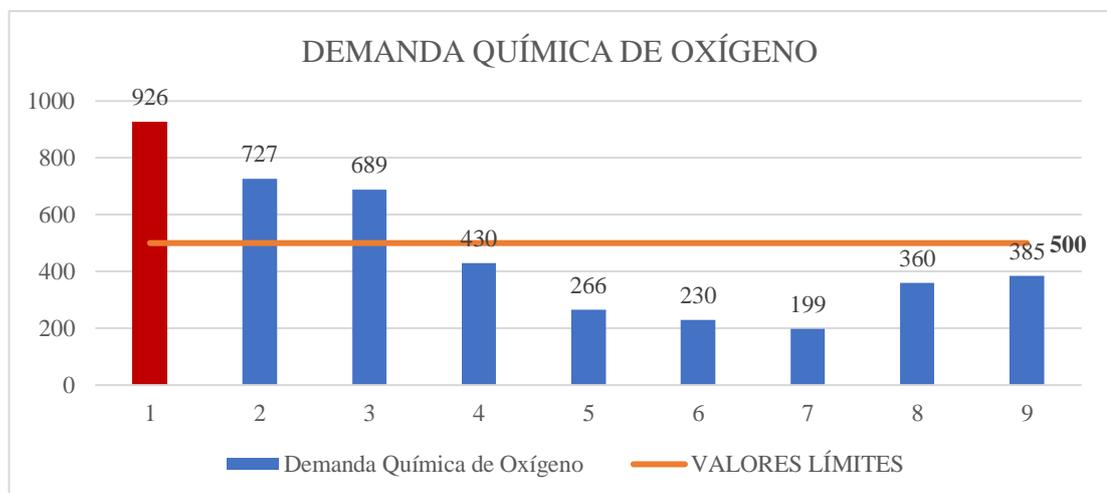
#### 3.1.1.1 Demanda Química de Oxígeno

Tabla 18 Valores DQO

DETERMINACIONES:	Demanda Química de Oxígeno (mg/l)	
FECHA	# MUESTRA	RESULTADOS
<i>Muestra Preliminar</i> [4]	1	926
08/12/2020	2	727
15/12/2020	3	689
22/12/2020	4	430
29/12/2020	5	266
05/01/2021	6	230
12/01/2021	7	199
19/01/2021	8	360
26/01/2021	9	385
<b>TULSMA: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público [27]</b>		
VALORES LÍMITES	500 mg/l	

Fuente: E. Pérez y R. Trujillo

Figura 12 Valores DQO



Fuente: E. Pérez y R. Trujillo

La muestra 1 es el valor final de la tesis preliminar [4], en lo cual podemos comprobar que los métodos de optimización fueron eficientes. Las muestras 2 y 3 están sobre el límite permisible por lo tanto se procedió a colocar mayores cantidades de Moringa Oleífera (Tabla 17), las Muestras 5,6 y 7 están por debajo del límite de 500 mg/l y debido a los costos representativos se reguló la cantidad necesaria de Moringa Oleífera.

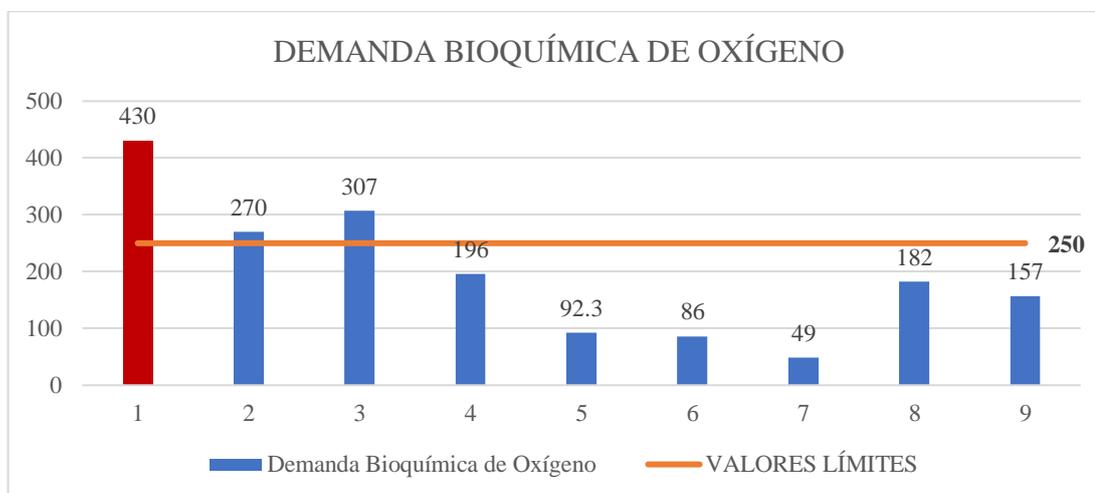
### 3.1.1.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO<sub>5</sub>

**Tabla 19** Valores DBO<sub>5</sub>

DETERMINACIONES:	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	
FECHA	# MUESTRA	RESULTADOS
<i>Muestra Preliminar</i> [4]	0	430
08/12/2020	1	270
15/12/2020	2	307
22/12/2020	3	196
29/12/2020	4	92.3
05/01/2021	5	86
12/01/2021	6	49
19/01/2021	7	182
26/01/2021	8	157
<b>TULSMA: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público [27]</b>		
VALORES LÍMITES	250 mg/l	

Fuente: E. Pérez y R. Trujillo

**Figura 13** Valores DBO<sub>5</sub>



Fuente: E. Pérez y R. Trujillo

La muestra 1 es el valor final de la tesis preliminar [4], en lo cual podemos comprobar que los métodos de optimización fueron eficientes. Las muestras 2 y 3 están sobre el límite permisible por lo tanto se procedió a colocar mayores cantidades de Moringa Oleífera (**Tabla 17**), las Muestras 5,6 y 7 están por debajo del límite de 250 mg/l y debido a los costos representativos se reguló la cantidad necesaria de Moringa Oleífera.

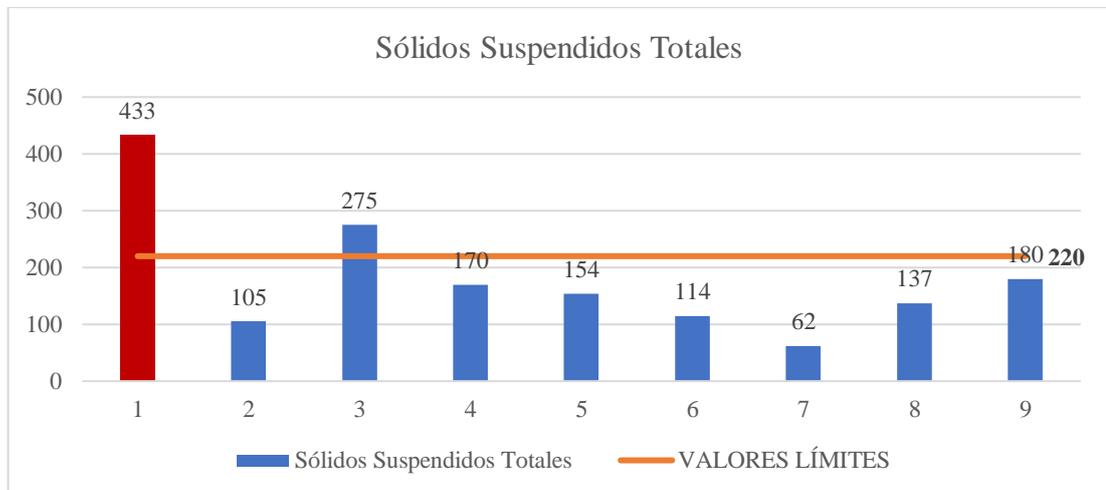
### 3.1.1.3 Sólidos Suspendidos Totales

**Tabla 20** Valores SST

DETERMINACIONES:	Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	
FECHA	# MUESTRA	RESULTADOS
<i>Muestra Preliminar</i> [4]	0	433
08/12/2020	1	105
15/12/2020	2	275
22/12/2020	3	170
29/12/2020	4	154
05/01/2021	5	114
12/01/2021	6	62
19/01/2021	7	137
26/01/2021	8	180
<b>TULSMA: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público</b> [27]		
VALORES LÍMITES	220 mg/l	

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

**Figura 14** Valores SST



**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

La muestra 1 es el valor final de la tesis preliminar [4] una de las deficiencias en el sedimentador fue que el tiempo de retención hidráulica no era el adecuado (Muestra 1), el método de optimización presentado es eficiente ya que se observa valores muy cercanos al límite permisible de 220 mg/l.

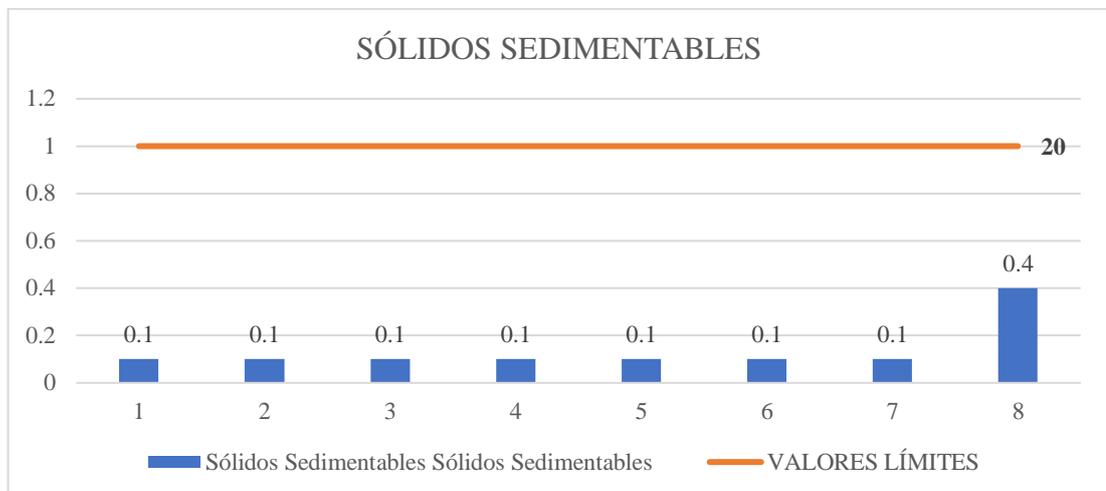
### 3.1.1.4 Sólidos Sedimentables

**Tabla 21** Valores SS

DETERMINACIONES:	Sólidos Sedimentables (ml/l)	
FECHA	# MUESTRA	RESULTADOS
08/12/2020	1	0.1
15/12/2020	2	0.1
22/12/2020	3	<0.1
29/12/2020	4	<0.1
05/01/2021	5	<0.1
12/01/2021	6	<0.1
19/01/2021	7	<0.1
26/01/2021	8	0.4
<b>TULSMA: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público [27]</b>		
VALORES LÍMITES	20 ml/l	

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

**Figura 15** Valores SS



**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

La tendencia de las muestras están todas por debajo del límite permisible de 20ml/l, demostrando una vez más la eficacia del método de optimización del sedimentador.

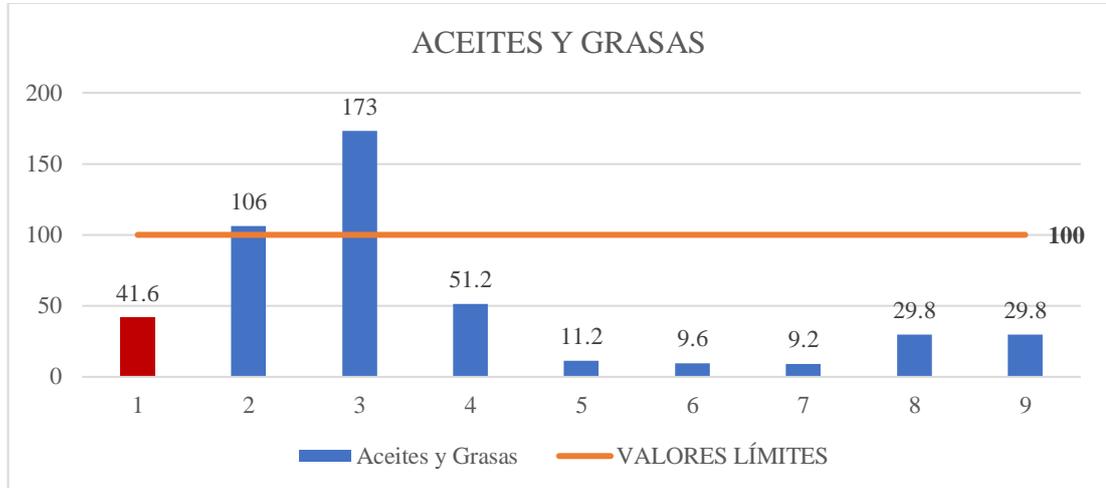
### 3.1.1.5 Aceites y Grasas

**Tabla 22** Valores Aceites y Grasas

DETERMINACIONES:	Aceites y Grasas (mg/l)	
FECHA	# MUESTRA	RESULTADOS
<i>Muestra Preliminar</i> [4]	0	41.6
08/12/2020	1	106
15/12/2020	2	173
22/12/2020	3	51.2
29/12/2020	4	11.2
05/01/2021	5	9.6
12/01/2021	6	9.2
19/01/2021	7	29.8
26/01/2021	8	29.8
<b>TULSMA: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público [27]</b>		
VALORES LÍMITES	100 mg/l	

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

**Figura 16** Valores Aceites y Grasas



**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

La muestra preliminar [4] presenta un valor por debajo del límite permisible de 100 mg/l, las muestras 1 y 2 presentan valores mayores, para controlar este déficit se colocó más coagulante natural tal como se expresa en la **Tabla 17**.

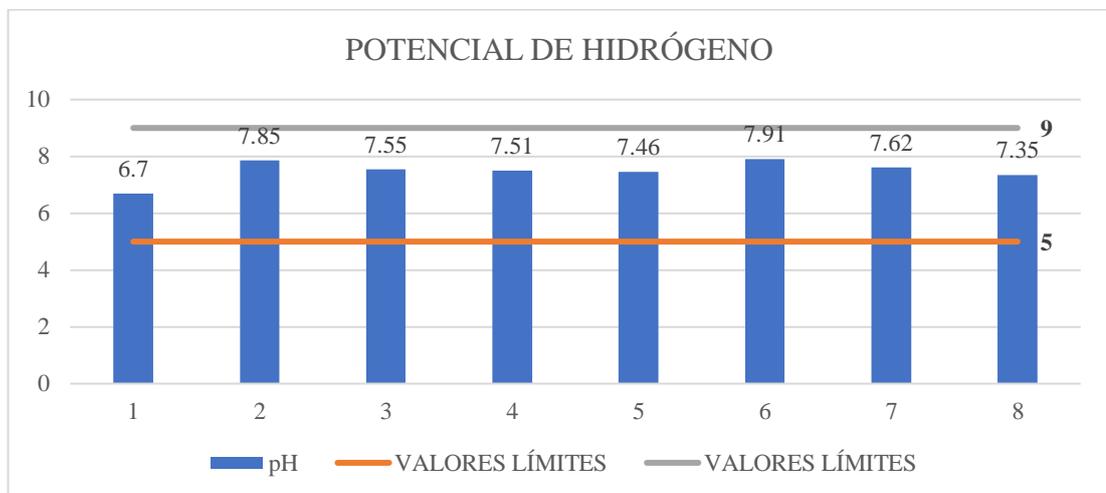
### 3.1.1.6 Potencial de Hidrógeno

**Tabla 23** Valores pH

DETERMINACIONES:	pH	
FECHA	# MUESTRA	RESULTADOS
08/12/2020	1	6.7
15/12/2020	2	7.85
22/12/2020	3	7.55
29/12/2020	4	7.51
05/01/2021	5	7.46
12/01/2021	6	7.91
19/01/2021	7	7.62
26/01/2021	8	7.35
<b>TULSMA: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público [27]</b>		
VALORES LÍMITES	5-9	

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

**Figura 17** Valores pH



**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

Los valores obtenidos en la muestra están dentro del rango permisible del TULSMA para el potencial de hidrógeno entre 5-9.

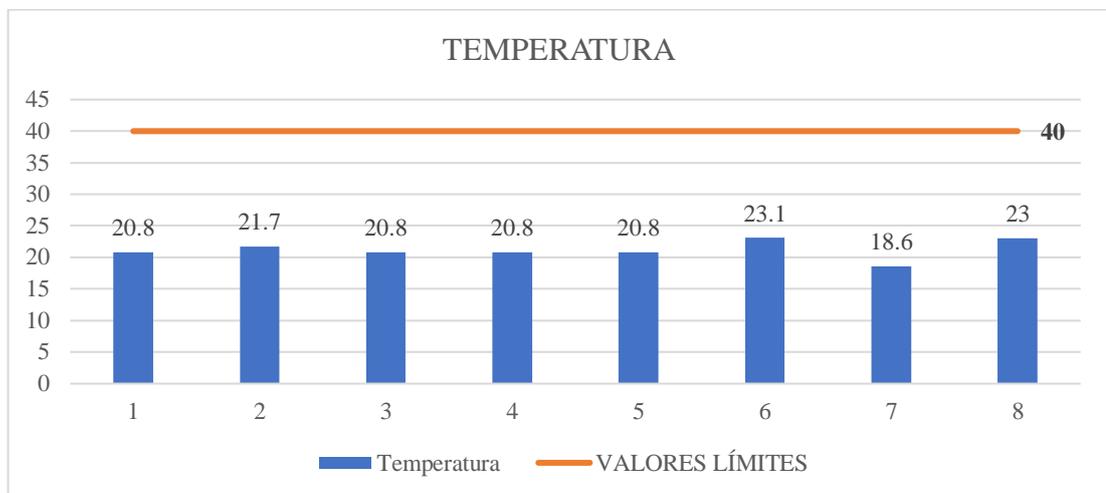
### 3.1.1.7 Temperatura

**Tabla 24** Valores Temperatura

DETERMINACIONES:		Temperatura (°C)	
FECHA	# MUESTRA	RESULTADOS	
08/12/2020	1	20.8	
15/12/2020	2	21.7	
22/12/2020	3	20.8	
29/12/2020	4	20.8	
05/01/2021	5	20.8	
12/01/2021	6	23.1	
19/01/2021	7	18.6	
26/01/2021	8	23	
<b>TULSMA: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público [27]</b>			
VALORES LÍMITES		40 °C	

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

**Figura 18** Valores Temperatura



**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

Los valores obtenidos para temperatura cumplen con el rango permisible de <40°C.

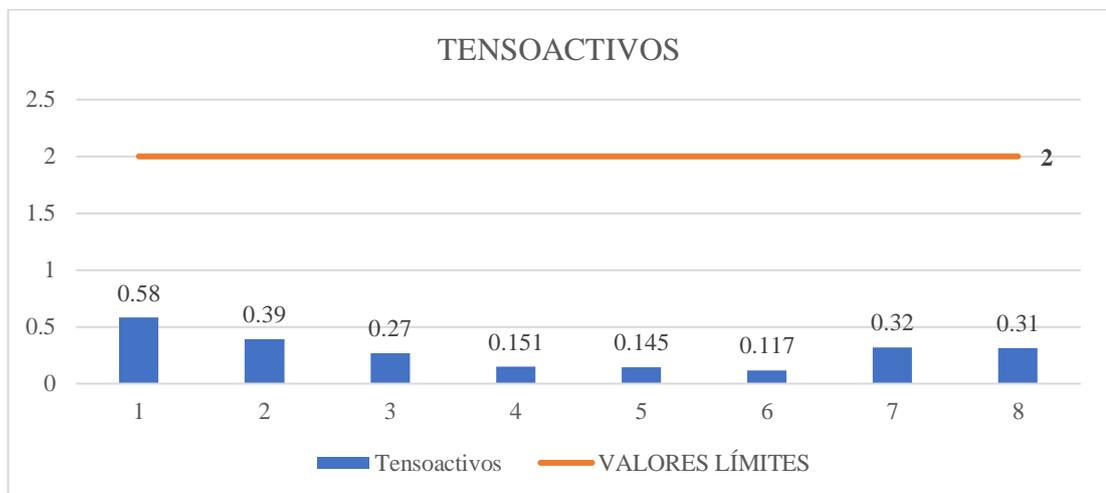
### 3.1.1.8 Tensoactivos

**Tabla 25** Valores Tensoactivos

DETERMINACIONES:	Tensoactivos (mg/l)	
FECHA	# MUESTRA	RESULTADOS
08/12/2020	1	0.58
15/12/2020	2	0.39
22/12/2020	3	0.27
29/12/2020	4	0.151
05/01/2021	5	0.145
12/01/2021	6	0.117
19/01/2021	7	0.32
26/01/2021	8	0.31
<b>TULSMA: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público [27]</b>		
VALORES LÍMITES	2 mg/l	

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

**Figura 19** Valores Tensoactivos



**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

El valor límite permisible para los tensoactivos es de 2 mg/l, todos los valores obtenidos están por debajo del límite permisible.

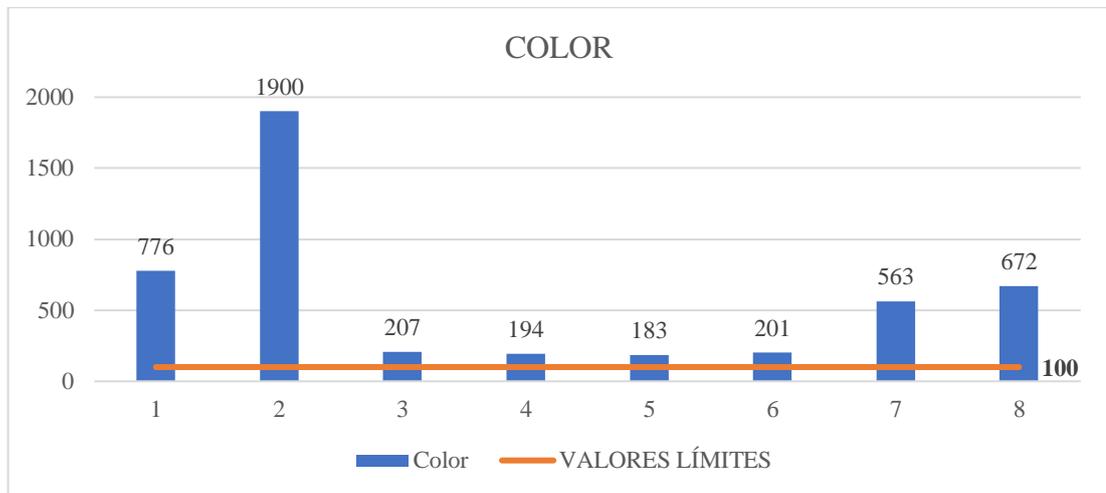
### 3.1.1.9 Color

**Tabla 26** Valores Color

DETERMINACIONES:	Color (Und. Pt/Co)	
FECHA	# MUESTRA	RESULTADOS
08/12/2020	1	776
15/12/2020	2	1900
22/12/2020	3	207
29/12/2020	4	194
05/01/2021	5	183
12/01/2021	6	201
19/01/2021	7	563
26/01/2021	8	672
<b>TUSLMA: Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional [27]</b>		
VALORES LÍMITES	100 Und. Pt/Co	

Fuente: E. Pérez y R. Trujillo

**Figura 20** Valores Color



Fuente: E. Pérez y R. Trujillo

Para la descarga de efluentes de agua residual para el sistema de alcantarillo no establece un valor límite permisible para el parámetro Color en el TUSLMA por lo tanto solo se toma un límite referencial de 100 unidades de color (Agua de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional).

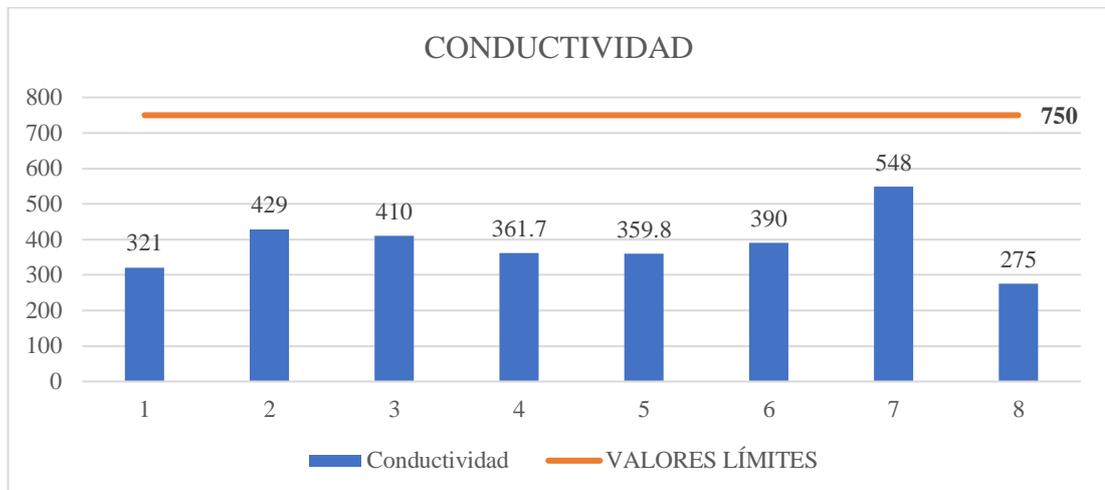
### 3.1.1.10 Conductividad

**Tabla 27** Valores Conductividad

DETERMINACIONES:	Conductividad (mSiems/cm)	
FECHA	# MUESTRA	RESULTADOS
08/12/2020	1	321
15/12/2020	2	429
22/12/2020	3	410
29/12/2020	4	361.7
05/01/2021	5	359.8
12/01/2021	6	390
19/01/2021	7	548
26/01/2021	8	275
<b>Límite máximo permisible para el parámetro de conductividad [28]</b>		
VALORES LÍMITES	750 mSiems/cm	

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

**Figura 21** Valores Conductividad



**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

Para la descarga de efluentes de agua residual para el sistema de alcantarillado no establece un valor límite permisible para el parámetro Conductividad en el TULSMA por lo tanto solo se toma un límite referencial referenciado en la tesis[28], donde valores menores de 250  $\mu\text{s/cm}$  se trata de una clase de agua excelente, mientras que valores entre 250 y 750  $\mu\text{s/cm}$  es agua buena.

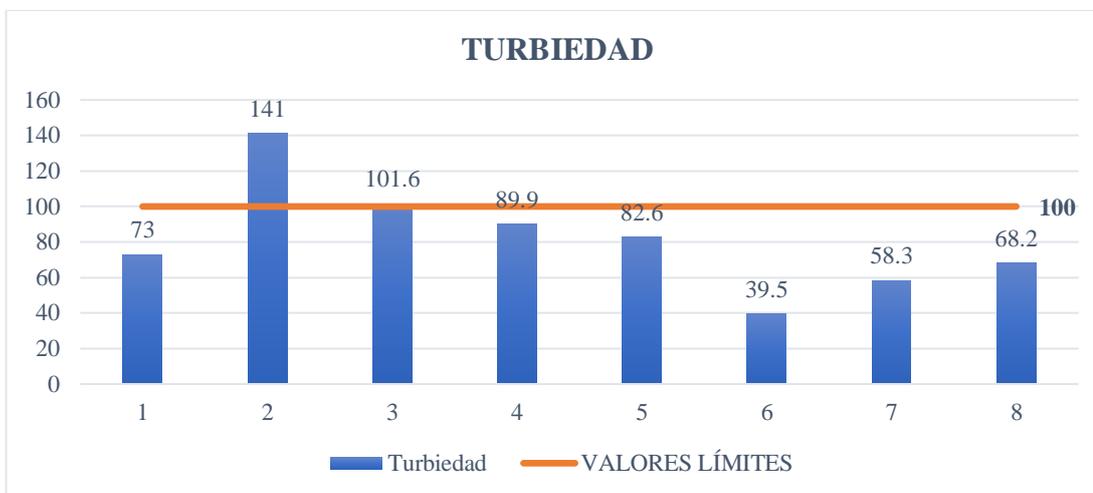
### 3.1.1.11 Turbiedad

**Tabla 28** Valores Turbiedad

DETERMINACIONES:	Turbiedad (NTU)	
FECHA	# MUESTRA	RESULTADOS
08/12/2020	1	73
15/12/2020	2	141
22/12/2020	3	101.6
29/12/2020	4	89.9
05/01/2021	5	82.6
12/01/2021	6	39.5
19/01/2021	7	58.3
26/01/2021	8	68.2
<b>TULSMA: Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional [27]</b>		
VALORES LÍMITES	100 NTU	

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

**Figura 22** Valores Turbiedad



**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

Para la descarga de efluentes de agua residual para el sistema de alcantarillado no establece un valor límite permisible para el parámetro Turbiedad en el TULSMA por lo tanto solo se toma un límite referencial de 100 UTN (Agua de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional).

La tendencia de las muestras presenta valores bajo el límite.

### 3.1.2 Tabla Resumen

**Tabla 29** Valores Tabla Resumen

ANÁLISIS	UNIDADES	MÉTODO	FECHAS DE MUESTRAS			
			08/12/20	15/12/20	22/12/20	29/12/20
Color	Und. Pt/Co	2120-C	776	1900	207	194
Temperatura	°C	2550-B	20.8	21.7	20.8	20.8
pH		4500-H-B	6.7	7.85	7.55	7.51
Conductividad	mSiems/cm	2510-B	321	429	410	361.7
Turbiedad	NTU	2130-B	73	141	101.6	89.9
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	5220-D	727	689	430	266
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	5210-B	270	307	196	92.3
Tensoactivos	mg/l	5540-C	0.58	0.39	0.27	0.151
Aceites y Grasas	mg/l	5520-B	106	173	51.2	11.2
Sólidos Sedimentables	ml/l	2540-F	0.1	0.1	< 0.1	< 0.1
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	2540-D	105	275	170	154
ANÁLISIS	UNIDADES	MÉTODO	FECHAS DE MUESTRAS			
			05/01/21	12/01/21	19/01/21	26/01/21
Color	Und. Pt/Co	2120-C	183	201	563	672
Temperatura	°C	2550-B	20.8	23.1	18.6	23
pH		4500-H-B	7.46	7.91	7.62	7.35
Conductividad	mSiems/cm	2510-B	359.8	390	548	275
Turbiedad	NTU	2130-B	82.6	39.5	58.3	68.2
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	5220-D	230	199	360	385
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	5210-B	86	49	182	157
Tensoactivos	mg/l	5540-C	0.145	0.117	0.32	0.31
Aceites y Grasas	mg/l	5520-B	9.6	9.2	29.8	29.8
Sólidos Sedimentables	ml/l	2540-F	< 0.1	< 0.1	<0.1	0.4
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	2540-D	114	62	137	180

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

En la tabla se presentan todos los valores obtenidos del análisis químico en un período de 2 meses entre los días 8/12/2020 al 26/01/2021.

### 3.1.3 Comparación de Resultados

#### 3.1.3.1 Efectividad de la PTAR

La base de comparación son los resultados de la investigación preliminar realizada por Damián Pinto y Edwin Villacis, los cuales realizaron la planta de tratamiento (**Figura 10**). Los resultados obtenidos en esta fase no cumplieron los límites establecidos **Tabla 30**), por lo que recomendaron realizar su optimización [4].

**Tabla 30** Tabla efectividad PTAR preliminar

		Valor Descontaminado		% Descontaminación	
Análisis	U	M-1	M-2	M-1	M-2
DQO	mg/l	2873	3004	73%	76%
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	1136	1182	70%	73%
Sólidos Suspendidos	mg/l	3160	3152	88%	88%
Aceites y Grasas	mg/l	1393.81	1412.68	96%	97%
<b>Eficiencia Total</b>					<b>83%</b>

**Fuente:** C. Pinto y E. Villacis

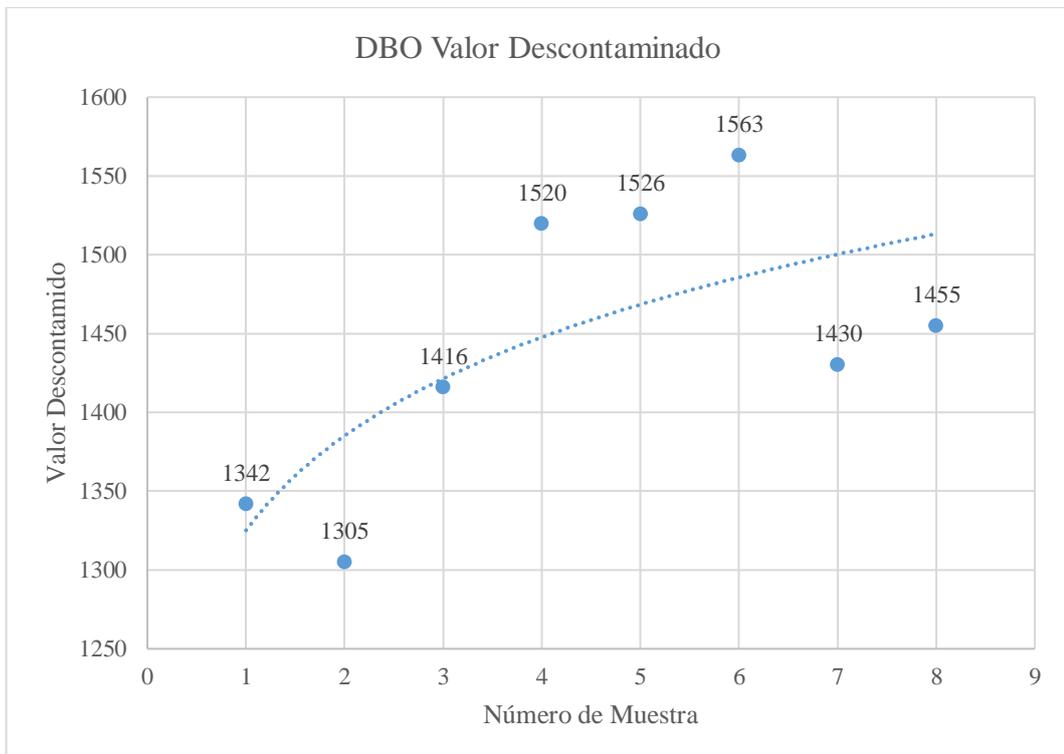
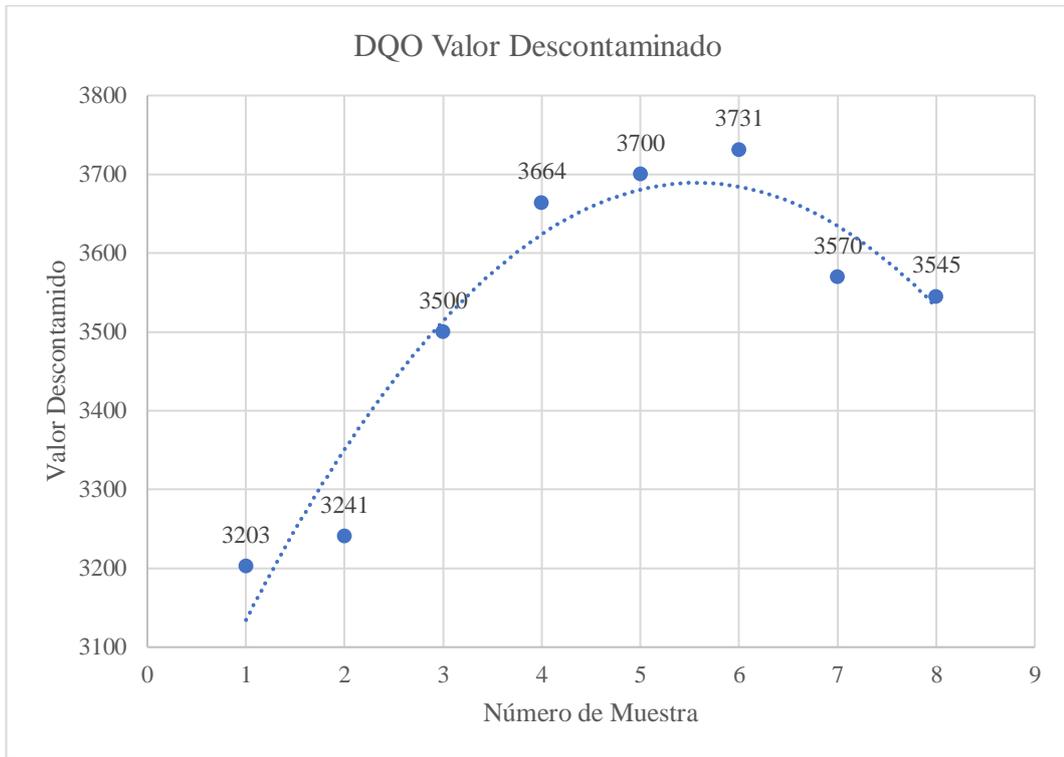
La investigación preliminar presento una efectividad del 83%, este valor es el resultado de la resta del valor obtenido de la muestra cruda y las muestras de agua residual tratada, en porcentaje. El valor promedio de 83% el cual no cumple con la normativa vigente.

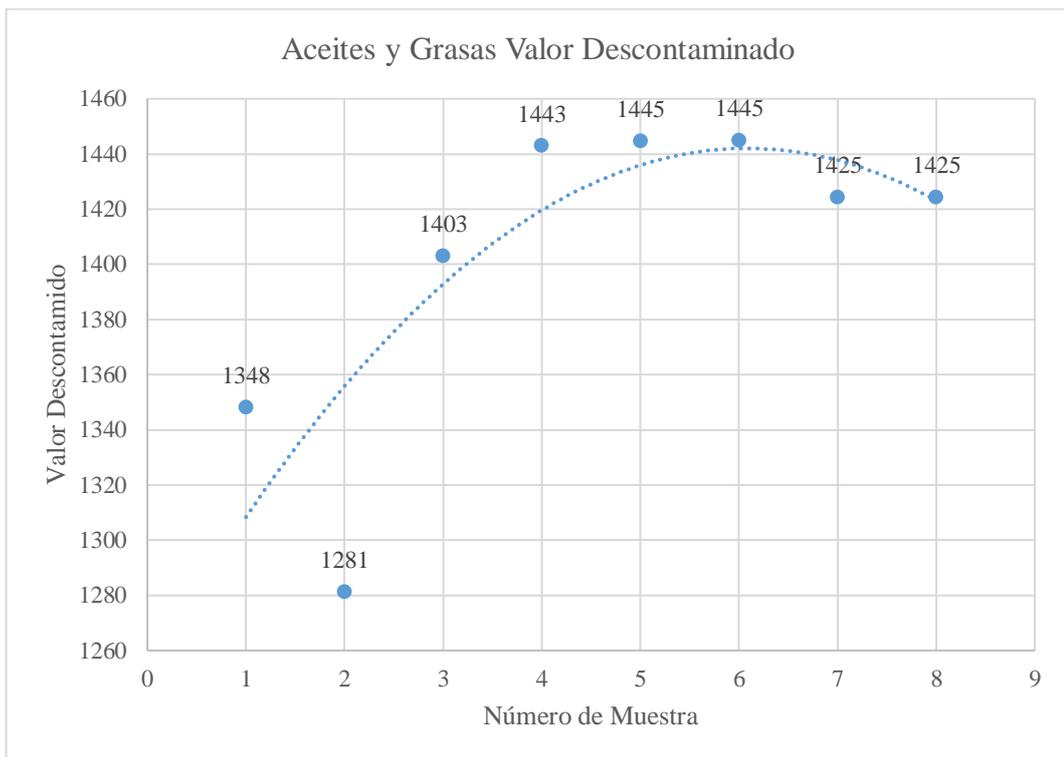
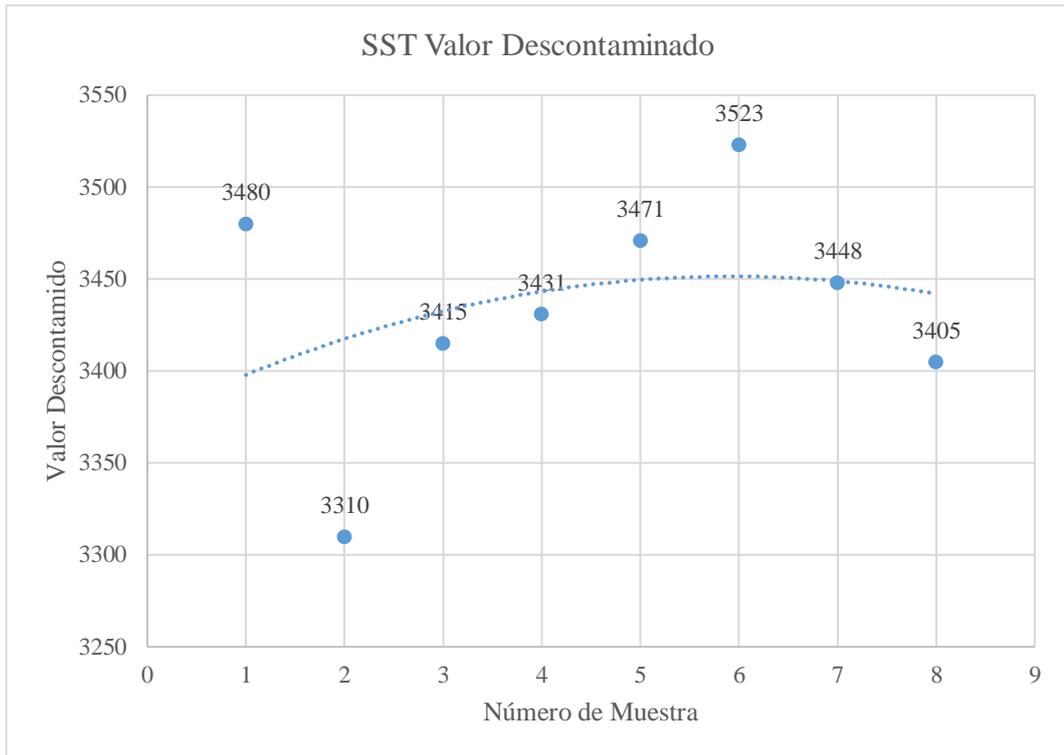
**Tabla 31** Valor descontaminado PTAR actual

ANÁLISIS	MUESTRA CRUDA	VALOR DESCONTAMIDADO								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
DQO	3930	3203	3241	3500	3664	3700	3731	3570	3545	
DBO	1612	1342	1305	1416	1520	1526	1563	1430	1455	
SST	3585	3480	3310	3415	3431	3471	3523	3448	3405	
Aceites y Grasas	1454	1348	1281	1403	1443	1445	1445	1425	1425	
ANÁLISIS	MUESTRA CRUDA	PORCENTAJE DE DESCONTAMINACIÓN								
		1	2	3	4	5	6	7	8	PROMEDIO
DQO	3930	82	82	89	93	94	95	91	90	90
DBO	1612	83	81	88	94	95	97	89	90	90
SST	3585	97	92	95	96	97	98	96	95	96
Aceites y Grasas	1454.38	93	88	96	99	99	99	98	98	96
<b>Efectividad PTAR</b>										<b>93</b>

**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

**Figura 23** Tendencia de Valores de Descontaminación





**Fuente:** E. Pérez y R. Trujillo

Mediante la optimización presentada podemos observar una tendencia de descontaminación óptima con un porcentaje del 93% descontaminado, cumpliendo con los límites del TULSMA.

### 3.1.3.2 Déficit de la PTAR

**Tabla 32** Tabla déficit de remoción PTAR *Preliminar*

Análisis	Unidades	TULSMA	Déficit de Remoción		Porcentaje Déficit de Remoción	
			1	1	1	Segunda
<b>DQO</b>	mg/l	500	557	426	14%	11%
<b>DBO5</b>	mg O2/l	250	226	180	14%	11%
<b>SST</b>	mg/l	220	205	213	6%	6%
<b>Aceites y Grasas</b>	mg/l	100	0	0	0%	0%
<b>Déficit Total</b>						<b>8%</b>

**Fuente:** C. Pinto y E. Villacis

La planta de tratamiento preliminar tiene un déficit de descontaminación del 8% lo cual no cumple con la normativa, este valor es obtenido de la resta del valor de las muestras analizadas del efluente y el valor límite establecidos por el TULSMA.

Una vez optimizada la PTAR con la estructura metálica en el sedimentador y colocando Moringa Oleífera (**Tabla 17**) como coagulante natural los valores obtenido de DQO (**Figura 12**), DBO<sub>5</sub> (**Figura 13**), SST (**Figura 14**) y Aceites y Grasas (**Figura 16**), demuestran que los métodos de optimización usados cumple con la normativa vigente.

### **3.2 Verificación hipótesis**

Los resultados de los ensayos químicos de las muestras de efluente de agua residual para la optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales de lavado de vehículos “Octopus” tiene una efectividad de descontaminación del 93%, cumpliendo con la normativa del TULSMA para todas las determinaciones de DBO<sub>5</sub>, DQO, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Sedimentables, Aceites y Grasas, pH, Temperatura, Tensoactivos, Color, Turbiedad, Conductividad.

# CAPÍTULO IV

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

Luego de la caracterización fisicoquímica del agua residual inicial se comprobó la alta contaminación que presentan los efluentes producto de la actividad de lavado y lubricado de autos.

El proceso de optimización consistió en una estructura metálica con planchas de policarbonato colocado en el sedimentador, colocación de Moringa Oleífera en el sedimentador y trampa grasas y finalmente la interacción de los materiales (Cama Turba, Piroclasto Volcánico, Carbón Activado) como materiales filtrantes.

Se realizó un monitoreo del efluente de agua residual durante 8 semanas de la planta de tratamiento de aguas residuales de la lavadora de vehículos Octopus en la ciudad de Ambato. Se realizó análisis químico de parámetros de DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, Aceites y Grasas, SS, pH, temperatura, tensoactivos, color, conductividad y turbiedad. En lo cual se obtuvo que los parámetros están por debajo de los límites establecidos por el TULSMA con una **eficacia de descontaminación del 93%**.

- El parámetro de demanda química de oxígeno (**DQO**) las muestras 1 y 2 presentaron valores sobre el límite permisible de 500 mg/l, por lo que se procedió a aumentar la cantidad de coagulante natural de tal manera las muestras 4,5,6 y 7 presentaron valores bajo el límite permisible, en las muestras 8 y 9 se colocó menor cantidad de coagulante natural por sus altos costos, pero aun cumpliendo con la normativa. **Presentando una efectividad de descontaminación del 90%**.
- El parámetro de demanda bioquímica de oxígeno (**DBO<sub>5</sub>**) las muestras 1 y 2 presentaron valores sobre el límite permisible de 250 mg/l, por lo que se procedió a aumentar la cantidad de coagulante natural de tal manera las muestras 4,5,6 y 7 presentaron valores bajo el límite permisible, en las muestras 8 y 9 se colocó menor

cantidad de coagulante natural por sus altos costos, pero aun cumpliendo con la normativa. **Presentando una efectividad de descontaminación del 90%.**

- El parámetro de sólidos suspendidos totales (**SST**) las muestras 1 y 2 presentaron valores sobre el límite permisible de 220 mg/l, por lo que se procedió a aumentar la cantidad de coagulante natural de tal manera las muestras 4,5,6 y 7 presentaron valores bajo el límite permisible, en las muestras 8 y 9 se colocó menor cantidad de coagulante natural por sus altos costos, pero aun cumpliendo con la normativa.

**Presentando una efectividad de descontaminación del 96%.**

- En este parámetro se puede acotar que el funcionamiento de estructura metálica con planchas de policarbonato es efectivo ya que la muestra preliminar fue de 433mg/l y luego de colocar la estructura presentó un valor de 105mg/l.
- El parámetro de Aceites y Grasas las muestras 1 y 2 presentaron valores sobre el límite permisible de 100 mg/l, por lo que se procedió a aumentar la cantidad de coagulante natural de tal manera las muestras 4,5,6 y 7 presentaron valores bajo el límite permisible, en las muestras 8 y 9 se colocó menor cantidad de coagulante natural por sus altos costos, pero aun cumpliendo con la normativa. **Presentando una efectividad de descontaminación del 96%.**

Para los demás parámetros de análisis químico se obtuvo las siguientes conclusiones.

- El parámetro de sólidos sedimentables (**SS**) tiene un límite permisible de 20 ml/l, todas las muestras dieron como resultados valores inferiores al límite.
- El parámetro de potencial de hidrógeno (**pH**) tiene un rango permitido de 5 a 9 todas las muestras estuvieron dentro del rango.
- El parámetro de temperatura tiene un límite permisible de 40°C, las muestras presentan valores inferiores.
- El parámetro de tensoactivos en la normativa presenta un límite permisible de 2mg/l las muestras dieron como resultados valores menores a 0.58 mg/l.
- Para el parámetro de color en el TUSLMA no presenta regulación para efluentes que descargan en el sistema de alcantarillado, por lo que se tomó como referencia el límite permisible de 100 unidades de color que es el límite para el agua de consumo humano y uso doméstico que requieren únicamente tratamiento convencional. Los resultados muestran que una vez regulado el uso de coagulante natural la máxima unidad de color fue 672.

- Para el parámetro de conductividad se utilizó como referencia el valor límite de 750  $\mu\text{s}/\text{cm}$  que representa a un agua buena, los resultados obtenidos dan valores bajo este límite.
- Para el parámetro de turbiedad se obtuvo valores bajo el límite permisible de 100NTU.

## 4.2 Recomendaciones

En Ecuador es fundamental atender el tratamiento de Aguas Residuales, creando conciencia de la importancia del tratamiento adecuado de las AR ya que es un problema real, al que se le ha venido atendiendo de manera ineficaz e insuficiente lo que produce la contaminación de fuente de aguas dulces.

- Ya que la colocación del coagulante natural se necesita colocar manualmente se recomienda buscar un mejor método para su uso.
- Se recomienda aumentar la sección transversal de los filtros para que al momento de limpieza poder facilitar el manejo de las canastillas.
- Analizar más tipos de configuraciones para las planchas de policarbonato para determinar cuál es más eficaz.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] N. U.- UN-Water, *Aguas residuales: El recurso desaprovechado.*, vol. 3. 2000.
- [2] E. Raffo Lecca and E. C. Ruiz Lizama, “Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno,” *Ind. Data*, vol. 17, no. 1, p. 71, 2014, doi: 10.15381/idata.v17i1.12035.
- [3] Z. Nadzirah, H. Nor Haslina, and H. Rafidah, “Removal of Important Parameter from Car Wash Wastewater - A Review,” *Appl. Mech. Mater.*, vol. 773–774, pp. 1153–1157, 2015, doi: 10.4028/www.scientific.net/amm.773-774.1153.
- [4] C. Pinto and V. Edwin, “EXPERIMENTACIÓN PRÁCTICA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA LAVADORA DE AUTOS OCTOPUS UBICADA EN LA AV MANUELITA SÁENZ DEL CANTÓN AMBATO,” Universidad Técnica de Ambato, 2019.
- [5] T. McKean, “Novel Application of a Lamella Clarifier for Improved Primary Treatment of Domestic Wastewater,” no. 118, pp. 119–124, 2010.
- [6] A. A. Al-Gheethi, R. M. S. R. Mohamed, M. A. A. Rahman, M. R. Johari, and A. H. M. Kassim, “Treatment of Wastewater from Car Washes Using Natural Coagulation and Filtration System,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 136, no. 1, 2016, doi: 10.1088/1757-899X/136/1/012046.
- [7] F. Morales Fiallos, R. Sánchez Proaño, and R. Acosta Lozada, “Tratamiento de efluentes de lubricadoras y lavadoras de autos mediante un sistema de lodos activados de lechos suspendido a escala de laboratorio.,” *Cienc. Digit.*, vol. 3, no. 1, pp. 236–256, 2019, doi: 10.33262/cienciadigital.v3i1.278.
- [8] I. M. Abdel-magid, “Study of Car Wash Wastewater Treatment by Adsorption Study of Car Wash Wastewater Treatment by Adsorption By Laboratory tests were,” no. February, 2015, doi: 10.13140/RG.2.1.1710.3843.
- [9] D. X. Guilcamaigua Anchatuña, N. Quintero Quiñonez, M. E. Jiménez Cercado, and D. Muñoz Naranjo, “Absorción de aceites y grasas en aguas residuales de lavadoras y lubricadoras de vehículos utilizando absorbentes naturales,” *3C*

- Tecnol. innovación Apl. a la pyme*, vol. 8, no. 3, pp. 12–23, Sep. 2019, doi: 10.17993/3ctecno/2019.v8n3e31.12-23.
- [10] K. Boussu, C. Kindts, C. Vandecasteele, and B. Van der Bruggen, “Applicability of nanofiltration in the carwash industry,” *Sep. Purif. Technol.*, vol. 54, no. 2, pp. 139–146, 2007, doi: 10.1016/j.seppur.2006.08.024.
- [11] T. Sato, M. Qadir, S. Yamamoto, T. Endo, and A. Zahoor, “Global, regional, and country level need for data on wastewater generation, treatment, and use,” *Agric. Water Manag.*, vol. 130, pp. 1–13, 2013, doi: 10.1016/j.agwat.2013.08.007.
- [12] M. Fay, L. Alberto Andres, C. Fox, U. Narloch, S. Straub, and M. Slawson, *Rethinking Infrastructure in Latin America and the Caribbean: Spending Better to Achieve More*. 2017.
- [13] N. F. Gray, *Water; Technology; An introduction for Environmental Scientists and Engineers*. 2010.
- [14] J. Garc, D. Pe, and R. Rodr, “Bioremediación de hidrocarburos en aguas residuales con cultivo mixto de microorganismos : caso Lubricadora Puyango,” pp. 185–196, 2019.
- [15] B. Jiménez and J. Ramos, “High-rate sedimentation for wastewater treatment processes,” *Environ. Technol. (United Kingdom)*, vol. 18, no. 11, pp. 1099–1110, 1997, doi: 10.1080/09593331808616629.
- [16] K. Balwan and D. Bhabuje, “Study of the Effect of Length and Inclination of Tube settler on the Effluent Quality,” *Int. J. Innov. Res. Adv. Eng.*, vol. 3, no. 01, pp. 36–40, 2016.
- [17] J. (National W. R. I. O. C. Marsalek, D. (Slovak T. U. Sztruhar, M. (water research institute R. Giulianelli, and B. (urban drainage and flood control district D. U. Urbonas, “Enhancing Urban Environment by Environmental Upgrading and Restoration,” *Springer*, no. January 2005, 2005, doi: 10.1007/1-4020-2694-3.
- [18] D. Paredes Paredes, “Biofiltración Sobre Cama De Turba , Para El Tratamiento

Sobre Agua Residual Proveniente,” p. 96, 2016.

- [19] L. G. Sánchez, “Decoloración fúngica de efluentes industriales con colorantes azo en sistemas de biofiltración con diferentes empaques orgánicos,” *Programa Maest. Y Dr. En Ing.*, p. 165, 2007.
- [20] P. Mejía, U. Collantes, C. Torres, and V. Gonzales, “Evaluación de la Moringa oleifera en el tratamiento de aguas con alta turbidez y Carga Orgánica,” *Ing. del Agua*, vol. 24, no. 2, pp. 119–127, 2020.
- [21] A. Navas, “Análisis de la fibra de coco como material filtrante en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora y lubricadora de autos ‘Izurieta’ ubicada en el cantón Cevallos provincia de Tungurahua,” 2017.
- [22] J. Sánchez, “Análisis de la cama de turba como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora y lubricadora de autos ‘Lavauto’ ubicada en la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi,” 2017.
- [23] I. P. Servicios, “Centro de aprendizaje ¿ Cómo se mide la conductividad en el agua? ¿ Por qué es importante la conductividad del agua?,” 2021. [https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/conductividad-en-el-agua/#La\\_conductividad\\_en\\_el\\_agua](https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/conductividad-en-el-agua/#La_conductividad_en_el_agua).
- [24] J. A. Romero Rojas, *Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y Principios de Diseño*, Segunda. Bogotá, 2002.
- [25] S. J. Guamanquispe, “Diseño de una planta de tratamiento de agua proveniente del lavado de autos en la lavadora ‘La Unión’ en el sector La Joya,” *Univ. Tec. Mabato*, pp. 1–171, 2017, [Online]. Available: [http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26496/1/Tesis\\_1162\\_-\\_Guamanquispe\\_Tigse\\_Santiago\\_Javier.pdf](http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26496/1/Tesis_1162_-_Guamanquispe_Tigse_Santiago_Javier.pdf).
- [26] SECOFI, “NMX-AA-004-SCFI-2000. Análisis de agua. Determinación de sólidos sedimentables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba.,” *Secr. Comer. y Fom. Ind.*, p. 16, 2000, [Online]. Available: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/NMX-AA-029-SCFI-2001.pdf>.

- [27] Asamblea Nacional del Ecuador, “Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes : Recurso Agua Libro VI Anexo 1.” pp. 8–9, 2011.
- [28] Tirado G. Andrea, “Caracterización Fisicoquímica Y Microbiológica De La Calidad De Agua Que Accede a La Planta De Tratamiento Casigana Ep Emapa- a Y Estrategias Para Evitar Su Contaminación,” 2013.
- [29] L. F. Garcés, E. A. Mejía, and J. J. Santamaría, “Photocatalysis as an alternative to treat waste water,” *Rev. Lasallista*, vol. 1, no. 1, pp. 83–92, 2004.
- [30] J. Torres, “Análisis del piroclasto volcánico como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora y lubricadora de autos ‘Ambato’ ubicada en la ciudad de ambato provincia de Tungurahua.,” 2017.
- [31] K. Avalos, “Análisis de carbón activado como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora y lubricadora de autos ‘Heredia’ de la ciudad de Riobamba,” 2017.

## ANEXOS

### 4.3 APUS

<b>CÓDIGO</b>	<b>RUBRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
<b>ETAPA PRELIMINAR</b>					
1	Limpieza PTAR	U	2.00	232.75	465.51
<b>ETAPA SEDIMENTADOR</b>					
2	Estructura Metálica	U	1.00	232.75	232.75
3	Moringa Oleífera	lb	28.00	11.58	324.24
<b>ETAPA TRAMPA GRASAS</b>					
4	Moringa Oleífera	lb	7.00	11.58	81.06
<b>FILTROS</b>					
5	Cama Turba	lb	100.00	0.22	21.62
6	Piroclasto Volcánico	m <sup>3</sup>	0.08	120.62	9.65
7	Carbón Activado	kg	80.00	4.82	386.00
<b>ANÁLISIS DE LABORATORIO</b>					
8	Análisis Químico	U	8.00	80.34	642.73
<b>TOTAL DEL PROYECTO</b>					<b>2,163.55</b>

Estos precios no incluyen IVA.

<b>Rubro:</b>	Limpieza PTAR			<b>Unidad:</b>	U
<b>Detalle:</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor(5%M.O)					1.4480
Seguridad industrial (5%M.O)					1.4480
Servicio Succionador	1.000	180.00	180.00	1.00	180.00
<b>Subtotal M</b>					<b>182.89</b>
					<b>60</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornal/hora</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peón	1.000	3.62	3.62	8.00	28.960
<b>Subtotal N</b>					<b>0</b>
					<b>28.960</b>
<b>MATERIALES</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Costo</b>	
Cauchos	m	10.000	3.00	30.000	
Clavos	Caja	1.000	3.50	3.5000	
<b>Subtotal O</b>					<b>3.5000</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Costo</b>	
		A	B	C=A*B	
<b>Subtotal P</b>					<b>0.0000</b>
<b>COSTO TOTAL DIRECTO (M+N+O+P)</b>					<b>215.36</b>
<b>INDIRECTOS %</b>					<b>7.67</b>
<b>UTILIDAD %</b>					<b>0.00</b>
<b>IMPREVISTOS %</b>					<b>4.31</b>
<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>					<b>236.17</b>

<b>Rubro:</b>	Estructura Metálica			<b>Unidad:</b>	U
<b>Detalle:</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor(5%M.O)					3.2480
Seguridad industrial (5%M.O)					3.2480
	1.000				
<b>Subtotal M</b>					<b>6.4960</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornal/hora</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro soldador especializado	2.000	4.06	8.12	8.00	64.9600
<b>Subtotal N</b>					<b>64.9600</b>
<b>MATERIALES</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Costo</b>	
		A	B	C=A*B	
Planchas de Policarbonato (1mX	U	2.000	58.04	116.0714	
Acero Galvanizado	m	1.200			
Acero Estructural					
<b>Subtotal O</b>					<b>116.0714</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Costo</b>	
		A	B	C=A*B	
<b>Subtotal P</b>					<b>0.0000</b>
<b>COSTO TOTAL DIRECTO (M+N+O+P)</b>					<b>187.5274</b>
<b>INDIRECTOS %</b>				<b>7.67</b>	<b>14.3746</b>
<b>UTILIDAD %</b>				<b>0.00</b>	<b>0.0000</b>
<b>IMPREVISTOS %</b>				<b>2</b>	<b>3.7505</b>
<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>					<b>205.6525</b>

<b>Rubro:</b>	Moringa Olífera			<b>Unidad:</b>	lb
<b>Detalle:</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor(5%M.O)					0.0000
Seguridad industrial (5%M.O)					0.0000
<b>Subtotal M</b>					<b>0.0000</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornal/hora</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
<b>Subtotal N</b>					<b>0.0000</b>
<b>MATERIALES</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Costo</b>	
		A	B	C=A*B	
Moringa Olífera	lb	1.000	10.71	10.7143	
<b>Subtotal O</b>				<b>10.7143</b>	
<b>TRANSPORTE</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Costo</b>	
		A	B	C=A*B	
<b>Subtotal P</b>				<b>0.0000</b>	
			<b>COSTO TOTAL DIRECTO (M+N+O+P)</b>		<b>10.71</b>
			<b>INDIRECTOS %</b>	<b>7.67</b>	<b>0.82</b>
			<b>UTILIDAD %</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
			<b>IMPREVISTOS %</b>	<b>2</b>	<b>0.21</b>
			<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>		<b>11.75</b>

<b>Rubro:</b>	Moringa Olífera			<b>Unidad:</b>	lb
<b>Detalle:</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor(5%M.O)					0.0000
Seguridad industrial (5%M.O)					0.0000
	1.000				
<b>Subtotal M</b>					<b>0.0000</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornal/hora</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
<b>Subtotal N</b>					<b>0.0000</b>
<b>MATERIALES</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Costo</b>	
		A	B	C=A*B	
Moringa Olífera	lb	1.000	10.71	10.7143	
<b>Subtotal O</b>				<b>10.7143</b>	
<b>TRANSPORTE</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Costo</b>	
		A	B	C=A*B	
<b>Subtotal P</b>				<b>0.0000</b>	
			<b>COSTO TOTAL DIRECTO (M+N+O+P)</b>		<b>10.71</b>
			<b>INDIRECTOS %</b>	<b>7.67</b>	<b>0.82</b>
			<b>UTILIDAD %</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
			<b>IMPREVISTOS %</b>	<b>2</b>	<b>0.21</b>
			<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>		<b>11.75</b>

<b>Rubro:</b>	Cama Turba			<b>Unidad:</b>	lb
<b>Detalle:</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
	A	B	$C=A*B$	R	$D=C*\frac{C}{R}$
Herramienta menor(5%M.O)					0.0000
Seguridad industrial (5%M.O)					0.0000
	1.000				
<b>Subtotal M</b>					<b>0.0000</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornal/hora</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
	A	B	$C=A*B$	R	$D=C*\frac{C}{R}$
	4.000				
	1.000				
	1.000				
<b>Subtotal N</b>					<b>0.0000</b>
<b>MATERIALES</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Costo</b>	
		A	B	$C=A*B$	
Cama Turba	lb	1.000	0.20	0.2000	
<b>Subtotal O</b>					<b>0.2000</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Costo</b>	
		A	B	$C=A*B$	
<b>Subtotal P</b>					<b>0.0000</b>
<b>COSTO TOTAL DIRECTO (M+N+O+P)</b>				<b>0.20</b>	
<b>INDIRECTOS %</b>			<b>7.67</b>	<b>0.02</b>	
<b>UTILIDAD %</b>			<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	
<b>IMPREVISTOS %</b>			<b>2</b>	<b>0.00</b>	
<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>				<b>0.22</b>	

<b>rubro:</b>	Piroclásto Volcánico			<b>Unidad:</b>	m <sup>3</sup>
<b>Detalle:</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor(5%M.O)					0.0000
Seguridad industrial (5%M.O)					0.0000
	1.000				
<b>Subtotal M</b>					<b>0.0000</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornal/hora</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
<b>Subtotal N</b>					<b>0.0000</b>
<b>MATERIALES</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Costo</b>	
		A	B	C=A*B	
Piroclasto Volcánico	m <sup>3</sup>	1.000	111.61	111.6071	
<b>Subtotal O</b>					<b>111.6071</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Costo</b>	
		A	B	C=A*B	
<b>Subtotal P</b>					<b>0.0000</b>
	<b>COSTO TOTAL DIRECTO (M+N+O+P)</b>				<b>111.6071</b>
	<b>INDIRECTOS %</b>			<b>7.67</b>	<b>8.5550</b>
	<b>UTILIDAD %</b>			<b>0.00</b>	<b>0.0000</b>
	<b>IMPREVISTOS %</b>			<b>2</b>	<b>2.2321</b>
	<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>				<b>122.3943</b>

<b>Rubro:</b>	Carbón Activado		<b>Unidad:</b>	kg	
<b>Detalle:</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
	A	B	C=A*B	R	D=C* R
Herramienta menor(5%M.O)					0.000 0
Seguridad industrial (5%M.O)					0.000 0
				<b>Subtotal M</b>	<b>0.000 0</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornal/hora</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
	A	B	C=A*B	R	D=C* R
				<b>Subtotal N</b>	<b>0.000 0</b>
<b>MATERIALES</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Costo</b>	
		A	B	C=A* B	
Carbón Activado	kg	1	4.4643	4.464 3	
				<b>Subtotal O</b>	<b>4.464 3</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Costo</b>	
		A	B	C=A* B	
				<b>Subtotal P</b>	<b>0.000 0</b>
		<b>COSTO TOTAL DIRECTO (M+N+O+P)</b>		<b>4.464 3</b>	
		<b>INDIRECTOS %</b>	<b>7.67</b>	<b>0.342 2</b>	
		<b>UTILIDAD %</b>	<b>0.00</b>	<b>0.000 0</b>	
		<b>IMPREVISTOS %</b>	<b>2</b>	<b>0.089 3</b>	
		<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>		<b>4.895 8</b>	

<b>Rubro:</b>	Análisis Químico			<b>Unidad:</b>	U
<b>Detalle:</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantida d</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
	A	B	C=A*B	R	D=C* R
Herramienta menor(5%M.O)					0.0000
Seguridad industrial (5%M.O)					0.0000
Termómetro	1.000				
<b>Subtotal M</b>					<b>0.0000</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantida d</b>	<b>Jornal/hora</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
	A	B	C=A*B	R	D=C* R
<b>Subtotal N</b>					<b>0.0000</b>
<b>MATERIALES</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Costo</b>	
		A	B	C=A* B	
Ensayos Químicos	U	1	52	52.0000	
Frascos Color Ámbar (1lt)	U	2.000	0.8929	1.7858	
Hielera	U	0.080	53.5714	4.2857	
Hielo	U	2.000	0.7143	1.4286	
Embudo pequeño	U	0.080	0.4464	0.0357	
Termómetro	U	0.080	60.0000	4.8000	
<b>Subtotal O</b>					<b>64.3358</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Costo</b>	
		A	B	C=A* B	
Transporte Riobamba	Viajes	1.000	10.00	10.0000	
<b>Subtotal P</b>					<b>10.0000</b>
<b>COSTO TOTAL DIRECTO (M+N+O+P)</b>					<b>74.3358</b>
<b>INDIRECTOS %</b>					<b>7.67</b>
<b>UTILIDAD %</b>					<b>0.00</b>
<b>IMPREVISTOS %</b>					<b>2</b>
<b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>					<b>81.5206</b>

## 4.4 Informe de Análisis

### 4.4.1 Informe 1



Contáctanos: 0998580374 - 032924417  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

#### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 08 de diciembre del 2020  
Análisis solicitado por: Sr. Eric Pérez  
Tipo de muestras: Aguas residuales (Lavadora automotriz) Muestra 1  
Localidad: Ambato

#### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Color	Und. Pt/Co	2120-C	776
Temperatura	°C	2550-B	20.8
pH	-	4500-H-B	6.70
Conductividad	mSiems/cm	2510-B	321
Turbiedad	NTU	2130-B	73
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D	727
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	270
Tensoactivos	mg/L	5540-C	0.58
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	106
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-F	0.1
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2540-D	105

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.  
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO  
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

## 4.4.2 Informe 2



Contáctanos: 0998580374 - 032924417  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 15 de diciembre del 2020  
Análisis solicitado por: Sr. Eric Pérez  
Tipo de muestras: Aguas residuales (Lavadora automotriz) Muestra 2  
Localidad: Ambato

#### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Color	Und. Pt/Co	2120-C	1900
Temperatura	°C	2550-B	21.7
pH	-	4500-H-B	7.85
Conductividad	mSiems/cm	2510-B	429
Turbiedad	NTU	2130-B	141
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D	689
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	307
Tensoactivos	mg/L	5540-C	0.39
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	173
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-F	0.1
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	2540-D	275

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.  
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO  
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

### 4.4.3 Informe 3



Contáctanos: 0998580374 - 032924417  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

#### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 22 de diciembre del 2020  
Análisis solicitado por: Sr. Eric Pérez  
Tipo de muestras: Aguas residuales (Lavadora automotriz) Muestra 3  
Localidad: Ambato

#### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Color	Und. Pt/Co	2120-C	207
Temperatura	°C	2550-B	21.3
pH	-	4500-H-B	7.55
Conductividad	mSiems/cm	2510-B	410
Turbiedad	NTU	2130-B	101.6
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D	430
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	196
Tensoactivos	mg/L	5540-C	0.27
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	51.2
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-F	< 0.1
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2540-D	170

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.  
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO  
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

#### 4.4.4 Informe 4



Contáctanos: 0998580374 - 032924417  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

#### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 29 DE DICIEMBRE DEL 2020  
Análisis solicitado por: Sr. Eric Pérez  
Tipo de muestras: Aguas residuales (Lavadora automotriz) Muestra 4  
Localidad: Ambato

#### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Color	Und. Pt/Co	2120-C	194
Temperatura	°C	2550-B	21.6
pH	-	4500-H-B	7.51
Conductividad	mSiems/cm	2510-B	361.7
Turbiedad	NTU	2130-B	89.9
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D	266.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	92.3
Tensoactivos	mg/L	5540-C	0.151
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	11.2
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-F	< 0.1
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2540-D	154

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.  
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO  
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

## 4.4.5 Informe 5



Contáctanos: 0998580374 - 032924417  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 05 de enero del 2021  
Análisis solicitado por: Sr. Eric Pérez  
Tipo de muestras: Aguas residuales (Lavadora automotriz) Muestra 5  
Localidad: Ambato

#### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Color	Und. Pt/Co	2120-C	183
Temperatura	°C	2550-B	21.5
pH	-	4500-H-B	7.46
Conductividad	mSiems/cm	2510-B	359.8
Turbiedad	NTU	2130-B	82.6
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D	230.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	86.0
Tensoactivos	mg/L	5540-C	0.145
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	9.6
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-F	< 0.1
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2540-D	114

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.  
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO  
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

#### 4.4.6 Informe 6



Contáctanos: 0998580374 - 032924417  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

#### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 12 de enero del 2021  
Análisis solicitado por: Sr. Eric Pérez  
Tipo de muestras: Aguas residuales (Lavadora automotriz) Muestra 6  
Localidad: Ambato

#### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Color	Und. Pt/Co	2120-C	201
Temperatura	°C	2550-B	23.1
pH	-	4500-H-B	7.91
Conductividad	mSiems/cm	2510-B	390
Turbiedad	NTU	2130-B	39.5
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D	199
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	49
Tensoactivos	mg/L	5540-C	0.117
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	9.2
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-F	<0.1
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	2540-D	62

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.  
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO  
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

## 4.4.7 Informe 7



Contáctanos: 0998580374 - 032924417  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 19 de enero del 2021  
Análisis solicitado por: Sr. Eric Pérez  
Tipo de muestras: Aguas residuales (Lavadora automotriz) Muestra 7  
Localidad: Ambato

#### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Color	Und. Pt/Co	2120-C	563
Temperatura	°C	2550-B	18.6
pH	-	4500-H-B	7.62
Conductividad	mSiems/cm	2510-B	548
Turbiedad	NTU	2130-B	58.3
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D	360
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	182
Tensoactivos	mg/L	5540-C	0.32
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	29.8
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-F	<0.1
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	2540-D	137

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.  
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO  
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

#### 4.4.8 Informe 8



Contáctanos: 0998580374 - 032924417  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

#### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 26 de enero del 2021  
Análisis solicitado por: Sr. Eric Pérez  
Tipo de muestras: Aguas residuales (Lavadora automotriz) Muestra 8  
Localidad: Ambato

#### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Color	Und. Pt/Co	2120-C	672
Temperatura	°C	2550-B	23
pH	-	4500-H-B	7.35
Conductividad	mSiems/cm	2510-B	275
Turbiedad	NTU	2130-B	68.2
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D	385
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	157
Tensoactivos	mg/L	5540-C	0.31
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	29.8
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-F	0.4
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2540-D	180

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.  
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO  
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

## 4.5 Anexos Fotográficos

### LIMPIENZA DE LA PTAR



Apertura de la PTAR



Limpieza del Sedimentador



Limpieza del Trampa Grasas



Limpieza de los Filtros



## COLOCACIÓN DE MÉTODOS DE OPTIMIZACIÓN

### SEDIMENTADOR



Colocación de Subestructura



Colocación de Estructura Metálica con Planchas de Policarbonato



Colocación de Estructura Metálica con Planchas de Policarbonato



Colocación de Coagulante Natural

**COLOCACIÓN DE MÉTODOS DE OPTIMIZACIÓN**

**FILTROS**



Limpieza de Filtros



Carbón Activado



Piroclasto Volcánico



Cama Turba

## ANÁLISIS QUÍMICO



Toma de Muestras



Toma de Muestras



Toma del Efluente de AR



Toma de Temperatura In Situ



Control de Ambiente y Temperatura