



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:

**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**

AUTOR: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

TUTOR: Ing. MSc. Eduardo Paredes

AMBATO – ECUADOR

2017

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. MSc. Eduardo Paredes en calidad de tutor del trabajo experimental previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, con el tema: “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”; elaborado por la señorita Katherine Daniela Avalos Rodríguez, egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

- Que la presente tesis es un proyecto personal que reúne los requisitos para ser evaluado por el jurado designado por el H. Consejo Directivo de la Universidad Técnica de Ambato.
- Han sido revisados cada uno de sus capítulos de acuerdo a los reglamentos, normas y tiempos establecidos.
- Está concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Atentamente.

ING. MSc. EDUARDO PAREDES

DOCENTE TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, Katherine Daniela Avalos Rodríguez con CI:060470562-4; por medio del presente, declaro que el siguiente proyecto experimental: **“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”**, es de mi autoría y que los comentarios y críticas son de mi completa responsabilidad.

Atentamente

Katherine Daniela Avalos Rodríguez

CI: 060470562-4

DERECHOS DE AUTOR

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

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación bajo la modalidad Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de éste Trabajo de Titulación dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Atentamente

Katherine Daniela Avalos Rodríguez

CI: 060470562-4

APROBACIÓN DE TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores Calificadores, ya revisado en su totalidad el proyecto técnico realizado por la señorita Katherine Daniela Avalos Rodríguez de la carrera de Ingeniería Civil, aprueban el tema “**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**”.

Ing. Mg. Fabián Morales
DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Mg. Jorge Guevara
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis padres Alicia y Roberto, por darme la vida y el apoyo en cada uno de mis proyectos para alcanzar mis metas y anhelos, por el amor que me han entregado a lo largo de mi existencia y ser mi ejemplo fundamental para cada día ser una mejor persona

A mis hermanos Gisella y Roberto por estar siempre a mi lado, compartir mis sueños y aconsejarme a lo largo de la vida siendo un apoyo incondicional.

A mis sobrinas Alisson, Gabriela e Isabella, y a mi pequeño sobrino Emilio; por enseñarme lo que es el amor verdadero, desinteresado y por llenar mi vida de momentos felices.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, ya que sin Él nada sería posible, me ha guiado por el buen camino, no me ha dejado rendir ante ningún obstáculo y me ha permitido alcanzar una meta más en mi vida.

Doy gracias a mi familia que me ha apoyado en mi formación tanto personal como académica; y son mi pilar fundamental.

A mis amigos, que han estado conmigo en las buenas y en las malas, apoyándome y alentándome para seguir adelante.

A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por acogerme como mi segunda casa a lo largo de estos años y a los docentes que me han impartido sus conocimientos para lograr formarme como profesional.

A mi tutor Ing. MSc. Eduardo Paredes por su apoyo a lo largo del desarrollo de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

HOJAS PRELIMINARES

| | |
|---------------------------------------|------|
| CERTIFICACIÓN DEL TUTOR | II |
| AUTORÍA DEL TRABAJO | III |
| DERECHOS DE AUTOR | IV |
| APROBACIÓN DE TRIBUNAL DE GRADO | V |
| DEDICATORIA | VI |
| AGRADECIMIENTO | VII |
| ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS | VIII |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | XI |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS..... | XIII |
| RESUMEN EJECUTIVO | XIV |
| ABSTRACT (SUMMARY)..... | XV |

CAPÍTULO I - ANTECEDENTES

| | |
|---|---|
| 1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL | 1 |
| 1.2 ANTECEDENTES..... | 1 |
| 1.3 JUSTIFICACIÓN | 2 |
| 1.4 OBJETIVOS | 4 |
| 1.4.1 OBJETIVO GENERAL: | 4 |
| 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 4 |

CAPÍTULO II - FUNDAMENTACIÓN

| | |
|--|----|
| 2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA..... | 5 |
| 2.2 HIPÓTESIS..... | 11 |
| 2.2.1 HIPÓTESIS NULA (H_0)..... | 11 |
| 2.2.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H_1)..... | 11 |

| | |
|---|----|
| 2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS | 12 |
| 2.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE | 12 |
| 2.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE | 12 |

CAPÍTULO III - METODOLOGÍA

| | |
|--|----|
| 3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN..... | 13 |
| 3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA..... | 13 |
| 3.2.1 POBLACIÓN..... | 13 |
| 3.2.2 MUESTRA..... | 14 |
| 3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | 15 |
| 3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN | 17 |
| 3.5 PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS..... | 18 |
| 3.5.1 INFRAESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE LA LUBRICADORA Y LAVADORA DE AUTOS “HEREDIA”..... | 18 |
| 3.5.2 DISEÑO DEL FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO | 29 |
| 3.5.3 ELABORACIÓN DEL FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO | 31 |
| 3.5.4 FUNCIONAMIENTO DEL FILTRO..... | 34 |
| 3.5.5 MONITOREO DEL FILTRO | 35 |
| 3.5.6 PLAN DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE MUESTRAS PARA LABORATORIO | 35 |

CAPÍTULO IV - ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

| | |
|--|----|
| 4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS | 38 |
| 4.1.1 CAUDAL DE ENTRADA Y DE SALIDA..... | 38 |
| 4.1.2 ANÁLISIS DE LABORATORIO..... | 38 |
| 4.1.3 DATOS RECOPIADOS POR PARÁMETRO | 42 |
| 4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS..... | 44 |
| 4.2.1 ACEITES Y GRASAS..... | 44 |
| 4.2.2 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)..... | 46 |
| 4.2.3 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)..... | 48 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| 4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS | 51 |
| 4.4 ANÁLISIS CRÍTICO..... | 50 |

CAPÍTULO V - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | |
|---------------------------|----|
| 5.1 CONCLUSIONES | 52 |
| 5.2 RECOMENDACIONES | 53 |

| | |
|--------------------------|-----------|
| BIBLIOGRAFÍA..... | 54 |
|--------------------------|-----------|

| | |
|---------------------|-----------|
| ANEXOS | 57 |
|---------------------|-----------|

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Características Químicas del Agua Residual | |
| Tabla 2: Características Físicas del Agua Residual | 8 |
| Tabla 3: Límites de descarga al Sistema de Alcantarillado público | 9 |
| Tabla 4: Operacionalización de la Variable Independiente | 15 |
| Tabla 5: Operacionalización de la Variable Dependiente..... | 16 |
| Tabla 6: Recolección de Información | 17 |
| Tabla 7: Tipos de aceites empleados en la Industria..... | 19 |
| Tabla 8: Caudal de Entrada a la Lavadora y Lubricadora “Heredia” | 21 |
| Tabla 9: Tabla resumen Datos Hidráulicos..... | 26 |
| Tabla 10: Número de vehículos diarios | 28 |
| Tabla 11: Criterios de diseño para filtros anaeróbicos aplicables para el post tratamiento de efluentes de reactores aneróbicos. | 30 |
| Tabla 12: Especificaciones Carbón Activado | 34 |
| Tabla 13: Características del Carbón Activado..... | 34 |
| Tabla 14: Parámetros para muestreo del agua residual y sus características en toma de muestras y preservación. | 36 |
| Tabla 15: Tabla resumen de Caudales | 38 |
| Tabla 16: Resultado de Análisis de Laboratorio Muestra Cruda..... | 38 |
| Tabla 17: Resultado de Análisis de Laboratorio 10 días de tratamiento | 39 |
| Tabla 18: Resultado de Análisis de Laboratorio 20 días de tratamiento | 39 |
| Tabla 19: Resultado de Análisis de Laboratorio 30 días de tratamiento | 39 |
| Tabla 20: Resultado de Análisis de Laboratorio 40 días de tratamiento | 40 |
| Tabla 21: Resultado de Análisis de Laboratorio 50 días de tratamiento | 40 |
| Tabla 22: Resultado de Análisis de Laboratorio 60 días de tratamiento | 40 |
| Tabla 23: Resultado de Análisis de Laboratorio 70 días de tratamiento | 41 |
| Tabla 24: Resultado de Análisis de Laboratorio 80 días de tratamiento | 41 |
| Tabla 25: Resultado de Análisis de Laboratorio 90 días de tratamiento | 41 |
| Tabla 26: Resultado de Análisis de Laboratorio: Aceites y grasas..... | 42 |

| | |
|---|----|
| Tabla 27: Resultado de Análisis de Laboratorio: Demanda Química de Oxígeno | 43 |
| Tabla 28: Resultado de Análisis de Laboratorio: Demanda Bioquímica de Oxígeno | 43 |
| Tabla 29: Comparación de Parámetros de Concentración con los Límites TULSMA ... | 51 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1: Ubicación de la Industria | 18 |
| Gráfico 2: Proceso de lavado de vehículos | 20 |
| Gráfico 3: Caudal de Entrada a la Lavadora y Lubricadora “Heredia” | 21 |
| Gráfico 4: Perfil del Proyecto | 22 |
| Gráfico 5: Tirante de Agua en tubería | 23 |
| Gráfico 6: Comportamiento Caudal de Salida | 27 |
| Gráfico 7: Medidas medio filtrante | 32 |
| Gráfico 8: Comportamiento de los Aceites y grasas en el proceso de filtración | 44 |
| Gráfico 9: Comportamiento de la eficiencia de Aceites y grasas en el proceso de filtración | 45 |
| Gráfico 10: Comportamiento de la Demanda Química de Oxígeno en el proceso de filtración | 46 |
| Gráfico 11: Comportamiento de la eficiencia de la Demanda Química de Oxígeno en el proceso de filtración | 47 |
| Gráfico 12: Comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el proceso de filtración | 48 |
| Gráfico 13: Comportamiento de la eficiencia de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el proceso de filtración | 49 |

TEMA: “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”

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación tuvo como finalidad analizar al Carbón Activado como filtro en el pre-tratamiento del agua residual proveniente de Lavadoras y Lubricadoras de vehículos. El proyecto tuvo un tiempo de desarrollo de 90 días en el que se conoció la industria y su infraestructura, se monitoreó diariamente el funcionamiento del filtro en el que se aplicó un caudal de 0.105 lt/min que atravesarían 35 lt de material filtrante; además se determinaron caudales de entrada y de salida teniendo así un gasto de 0.474 m³/vehículo.

Se realizaron pruebas iniciales en el agua residual cruda; es decir, sin ningún tipo de tratamiento, teniendo las siguientes concentraciones: Aceites y grasas = 232 mg/lt, DQO=808 mg/lt y DBO₅ = 348 mg/lt; una vez aplicado el filtro, la capacidad depuradora del material se evaluó cada 10 días con pruebas de laboratorio, mostrando disminuciones desde el inicio de su aplicación hasta llegar a las siguientes concentraciones en el último análisis: Aceites y grasas = 0.35 mg/lt, DQO = 3 mg/lt y DBO₅ = 1.2 mg/lt que mostraron disminuciones hasta los límites TULSMA permisibles.

Al evaluar la eficiencia del Carbón Activado se obtuvieron los siguientes resultados: Aceites y grasas = 99.85%, DQO = 99.63% y DBO₅ = 99.66%; sugiriendo que el material es apto para reducir niveles de contaminación en estos parámetros.

THEME: "ANALYSIS OF ACTIVATED CARBON AS A FILTER IN THE TREATMENT OF WASTEWATER FROM THE WASHER AND LUBRICATOR OF CARS "HEREDIA" OF THE RIOBAMBA CITY"

ABSTRACT (SUMMARY)

The purpose of this research project was to analyze activated carbon as a filter in the pre-treatment of wastewater from washer and lubricators of cars. The project had a development time of 90 days in which the industry and its infrastructure were known, the operation of the filter was monitored daily, in which a flow rate of 0.105 lt/min was applied, which would pass through 35 lt of filter material; besides, inlet and outlet flows were determined, thus having consume flow rate of 0.474 m³/vehicle.

Initial tests were performed on the raw wastewater; that is, without any type of treatment, having the following concentrations: Oils and fats = 232 mg/lt, COD = 808 mg/lt and BOD₅ = 348 mg/lt; Once the filter was applied, the purification capacity of the material was evaluated every 10 days with laboratory tests, showing decreases from the beginning of its application until reaching the following concentrations in the last analysis: Oils and fats = 0.35 mg/lt, COD = 3 mg/lt and BOD₅ = 1.2 mg/lt that showed decreases up to the permissible TULSMA limits.

When evaluating the activated carbon efficiency, the following results were obtained: Oils and fats = 99.85%, COD = 99.63% and BOD₅ = 99.66%; suggesting that the material is suitable to reduce levels of contamination in these parameters.

CAPÍTULO I - ANTECEDENTES

1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

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.

1.2 ANTECEDENTES

Con el crecimiento continuo de la población en las zonas urbanas, ha ido incrementándose también la industria y con ello la cantidad de aguas residuales que aumentan los niveles de contaminación ya que se descargan en el alcantarillado, y éste a su vez en diversos afluentes de agua. Estas aguas residuales no tienen una composición determinada sino que dependen del tipo de industria de la cual provengan; para el tratamiento de las mismas, se han ido implementando a través del tiempo métodos biológicos por presentar resultados positivos, sanitarios y no tóxicos; ya que consisten en la destrucción de la materia orgánica al convertirla en alimento para otros microorganismos [1].

La industria del lavado de autos ha tenido un mayor auge en los últimos años lo que ha provocado una seria preocupación sobre el manejo del agua y la disposición de las aguas residuales salientes ya que contienen una serie de contaminantes entre los que se encuentran: detergentes, tensoactivos, metales pesados, aceites y grasas, los cuales son perjudiciales para la salud del hombre y por lo que deben ser tratadas antes de su salida hacia el alcantarillado.

Países desarrollados han realizado investigaciones para el mejoramiento de estas aguas mediante un proceso de membrana de bentonita la cual tiene propiedades de adsorción, los resultados que se obtuvieron fueron favorables al mostrar una alta capacidad para retener las sustancias nocivas y ayudar al mejoramiento químico del agua [2].

Otras investigaciones previas para el tratamiento de aguas residuales que se ha desarrollado en los últimos tiempos es la de biofiltración, que se caracteriza por tener un medio orgánico el cual permite que microorganismos crezcan y hagan que el filtro se mantenga activo, son efectivos en el tratamiento de diferentes contaminantes y pueden ser diseñados con una serie de materiales orgánicos. Además, no solamente se utilizan materiales con características porosas sino además fibrosas, obteniendo como resultado eficacia en la eliminación de gérmenes, mejoramiento de las características químicas y que al implementarse no requirieron de altas inversiones [3] [4].

Uno de los materiales utilizados en estos procesos es el carbón activado; mismo que se obtiene mediante procesos físicos o químicos que aumentan la porosidad al material carbonáceo convirtiéndolo en un adsorbente universal con alto poder de regeneración[5]. Investigaciones con pruebas en este material indicaron la eficacia como adsorbente en procesos de depuración, dando como resultado más importante una disminución significativa de la Demanda Química de Oxígeno [6].

En otra de las investigaciones del carbón activado, éste se utilizó como filtro para aguas residuales provenientes de una tintorería; los resultados obtenidos en dicho experimento fueron favorables para la remoción de colorantes industriales, adsorción de químicos y se concluyó que es eficaz para el tratamiento de aguas residuales provenientes de industrias.[7]

1.3 JUSTIFICACIÓN

Actualmente, lubricadoras, lavadoras y mecánicas de autos, producen desechos líquidos y sólidos contaminantes como aceites quemados y grasas que causan gran perjuicio a las alcantarillas, al agua y al suelo en que se filtran [8].

A nivel mundial, la preocupación por preservar el medioambiente ha ido aumentando por crecimiento de automóviles, ya que una lavadora de autos, atiende una alta cantidad de clientes al año [9]. En Latinoamérica, como promedio, solamente el 10% de las aguas de alcantarillado, son sujetas a cualquier tipo de tratamiento [10]; y en Ecuador, el mal manejo de aguas residuales crea preocupación en el impacto ambiental [11]. Por lo que se

han realizado estudios y se han ido buscando soluciones que permita contrarrestar esta problemática.

En países en desarrollo, han utilizado procesos de oxidación y fotooxidación, que consisten en la destrucción de los contaminantes mediante la radiación solar ultravioleta y catalizadores, mostrando resultados eficientes [9]. Países latinoamericanos han implementado manuales para el manejo de residuos [12]; pero el desarrollo de filtros biológicos ha tenido un gran impacto, tanto por su eficacia como por ser económicos. En México por ejemplo, se han utilizado filtros caseros para retención de aceites con la combinación de los siguientes materiales: piedra volcánica, piedra de río, gravilla, arena y carbón activado; con los cuales se ha obtenido eficiencia en la reducción de contaminantes [13]; mostrando buenos resultados de estos materiales para el tratamiento de aguas residuales.

En el país, se ha buscado reducir la contaminación mediante la utilización de filtros y lavadoras ecológicas con el uso de lodos aceitosos que han tenido resultados satisfactorios. En Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato, se han ido realizando estudios sobre filtros con diversos materiales, en diferentes industrias, para obtener niveles de eficiencia en la reducción de contaminantes. [5] [8]

El carbón activado es un material que se ha ido utilizando para combatir la contaminación en aguas debido a sus propiedades y a pesar de que no existen estudios para el tratamiento de aguas provenientes de lavadoras y lubricadoras de autos, se ha demostrado que este material tiene propiedades que han eliminado contaminantes en aguas residuales de otras industrias como es la de tintorería. [14]

Este proyecto de investigación propone implementar un filtro para reducir la contaminación de la Lavadora y Lubricadora de Autos “Heredia” de la ciudad de Riobamba, utilizando carbón activo como medio filtrante, ya que este material es la sustancia adsorbente por excelencia [15]; para así poder realizar una descarga al alcantarillado público con un menor impacto para el medio ambiente.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL:

Analizar el carbón activado como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la Lavadora y Lubricadora de autos “Heredia” de la ciudad de Riobamba.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer la infraestructura y funcionamiento básico de la Lubricadora y Lavadora de autos “Heredia”
- Determinar el comportamiento de los caudales utilizados en la Lubricadora y Lavadora de autos “Heredia”
- Monitorear las características de biodegradabilidad (DBO₅ y DQO) y grasas y aceites de las aguas residuales provenientes de Lubricadoras y Lavadoras de autos en su origen y luego del proceso de filtración
- Determinar si el carbón activado puede ser utilizado como material filtrante en el pretratamiento de Lubricadoras y Lavadoras de autos.

CAPÍTULO II - FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

AGUA RESIDUAL [1]

Se conoce como agua residual a aquella que por el uso del ser humano en las distintas actividades diarias sufre algún tipo de contaminación. Existen varios tipos de aguas residuales de acuerdo a su proveniencia:

- **Aguas negras:** Aquellas que contienen desechos fecales y orina, provenientes de los inodoros de las casas y son altamente contaminantes.
- **Aguas grises:** Aquellas que contienen residuos de alimentos, jabones y detergentes; provienen de actividades de aseo personal, cocina y limpieza.
- **Aguas blancas:** Aquellas provenientes de la lluvia, hielo o nieve; también pueden contener contaminantes ya que arrastran desechos presentes en las calles o las alcantarillas.
- **Aguas residuales industriales:** Aquellas provenientes de diferentes industrias ya sean lácteas, automotrices, alimenticias, etc., por ello su composición es variable.

AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DEL LAVADO DE AUTOS

El agua residual proveniente de la industria del lavado de autos es sumamente contaminada en comparación con otras aguas residuales industriales ya que contiene componentes derivados del petróleo, materia orgánica, aceites, grasas, detergentes y tensoactivos, los mismo que son dañinos para la salud del ser humano y para el medio ambiente. [16]

Los contaminantes de estas aguas tienen los siguientes efectos negativos: [2]

- **Aceites y grasas:** Se muestra en la afectación a la transparencia del agua, mostrándose un medio aceitoso el cual reduce la Demanda Química de Oxígeno necesaria para eliminar la materia orgánica.

- **Detergentes:** Se forma espuma en el agua y existe la probabilidad que se creen componentes como el fósforo y el nitrógeno, llevando a la creación de algas y materia orgánica que se va acumulando mediante sigue recorriendo los cauces de agua e interrumpirán el transferir con normalidad el oxígeno.
- **Tensoactivos:** Son sustancias que influyen por medio de la tensión superficial el enlace entre dos fases; aumentan las bacterias y crean una cadena de alimentación entre estos microorganismos.
- **Metales pesados:** En esta industria pueden ser cromo o plomo, los cuales causan grandes prejuicios para el medio ambiente ya que tienen efectos negativos para la fauna y causan graves enfermedades como anemia en el ser humano.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

En aguas residuales algunas de las características químicas más importantes son las siguientes:

Tabla 1: Características Químicas del Agua Residual

| CARACTERÍSTICA | DESCRIPCIÓN | PROCEDENCIA EN AGUAS RESIDUALES |
|------------------|--|-----------------------------------|
| PH | Es la medida que alcalinidad o de acidez que tiene una muestra. Las aguas residuales suelen tener una concentración ácida la cual es adversa para que se pueda tratar por medios naturales y biológicos sino por lo contrario altera la concentración de las aguas en los efluentes naturales. | Domésticas Industriales |
| Oxígeno Disuelto | Los microorganismos y las formas de vida aerobias existentes en las aguas residuales necesitan de este parámetro para poder respirar. Se caracteriza por evitar los olores desagradables, aunque depende también de ciertas características físicas que deben ser propias del agua. | Industriales En descomposición |
| | | |

| CARACTERÍSTICA | DESCRIPCIÓN | PROCEDENCIA EN AGUAS RESIDUALES |
|-------------------------------------|---|---------------------------------------|
| Aceites y Grasas | Las grasas para los organismos son ser fuentes de energía o combustible y suelen ser sólidos, mientras que los aceites son la reacción entre ácidos grasos y alcoholes y son generalmente líquidos. No se descomponen de manera fácil, sino sólo cuando son atacados por ácidos minerales logrando que se establezca de manera satisfactoria la materia orgánica que se encuentre presente. | De suministro Domésticas Industriales |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | Es la cantidad de oxígeno necesaria para que la materia orgánica que se encuentra en las aguas se pueda degradar u oxidar. Cuando se mide este parámetro se debe tratar de eliminar en lo posible la materia inorgánica presente. Los compuestos que pueden oxidarse por el medio químico son mayores a los que lo harían por la vía de la degradación biológica. | De suministro Domésticas Industriales |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | Es un parámetro cualitativo el cual sirve para medir el oxígeno disuelto que requieren los microorganismos de las aguas residuales para oxidar de manera bioquímica a la materia orgánica para que se logre estabilizar. | Domésticas Industriales |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: Metcalf & Eddy, "Ingeniería en Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización", pp.54-55, 1995.[17] J. Romero "Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y Principios de Diseño", 2004. [18]

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las características más sobresalientes de las aguas residuales son:

Tabla 2: Características Físicas del Agua Residual

| CARACTERÍSTICA | DESCRIPCIÓN | PROCEDENCIA EN AGUAS RESIDUALES |
|----------------|---|---|
| Color | Cuando el agua residual es fresca suele tener un color gris y a medida que se va descomponiendo y el oxígeno disuelto reduciendo se oscurece hasta volverse negra. Dependiendo de la industria las aguas residuales pueden tener otros colores debido a componentes químicos. | Domésticas Industriales |
| Olor | La materia orgánica mientras se va descomponiendo genera gases que producen olores. El agua residual fresca tiene un olor desagradable aunque tolerable y a medida de que el agua está en proceso de descomposición se vuelve intolerable dependiendo de la industria de la cual provenga y los químicos que se usen. | Industriales En descomposición |
| Sólidos | Materia residual que se encuentra en suspensión debido a la separación de algunas sustancias en los procesos realizados en las industrias. | De suministro Domésticas Industriales |
| Temperatura | En el agua fría es más soluble, contrario a temperaturas altas que hacen que las reacciones químicas se realicen más rápido de lo normal y den cabida a la proliferación de hongos, bacterias y de plantas acuáticas. | Domésticas Industriales |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuentes: Metcalf & Eddy, "Ingeniería en Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización", pp.54-55, 1995. [17] y J. Romero "Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y Principios de Diseño", 2004. [18]

LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO

El Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) en la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua, rige los límites permisibles para las descargas de los diferentes tipos de aguas hacia cuerpos de agua o sistema de alcantarillado público.

Tabla 3: Límites de descarga al Sistema de Alcantarillado público

| PARÁMETRO | EXPRESIÓN | UNIDAD | LÍMITE MÁXIMO |
|--|--------------------|--------|---------------|
| Aceites y grasas | Solubles en Hexano | mg/l | 70 |
| Demanda Química de Oxígeno | DQO | mg/l | 500 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días) | DBO ₅ | mg/l | 250 |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, pp 22, 2010 [19]

FILTRACIÓN

Filtración se refiere a un proceso del tratamiento de aguas residuales el cual se emplea con el fin de conseguir la eliminación en su mayoría de los sólidos en suspensión; para esto existen diversas formas de filtración como por filtros rápidos los cuales tienen una alta carga superficial o los filtros lentos los cuales tienen esta carga de manera baja y que se dan por diferentes medios ya sean biológicos o inorgánicos y por presión o a gravedad.[20]

BIOFILTRACIÓN

Es un proceso biológico para el tratamiento de compuestos orgánicos e inorgánicos de las aguas que necesitan mejorar sus características tanto químicas como físicas para cumplir normativas ambientales por las cuales sean apropiadas para el medio ambiente o ya sea para la reutilización de estas aguas. En la biofiltración se va creando una película de microorganismos que van comiéndose y descomponiendo a los contaminantes,

transformándola en productos que no sean peligrosos para el medio ambiente o para el ser humano. [21]

FUNCIONAMIENTO TEÓRICO DE LOS BIOFILTROS

El funcionamiento de los biofiltros tiene su base en el potencial que tienen para absorber y adsorber ciertos contaminantes y ayudar a la formación de microorganismos, los cuales degradan a esta materia. El medio filtrante está formado por un lecho orgánico, el mismo que es elegido de acuerdo al tipo de agua que se va a tratar.

El biofiltro funciona en las siguientes etapas: Filtración del efluente de manera lenta, absorción y adsorción, degradación de la materia orgánica y desinfección del agua en tratamiento. [21]

CARBÓN ACTIVADO

El carbón activado es un material de gran eficacia en la eliminación de los contaminantes presentes en aguas residuales. Este material se forma ya sea física o químicamente en la modificación de las estructuras carbonáceas creando en ellas una porosidad que es capaz de atribuirle a este elemento la denominación y la potencia de un adsorbente universal. El líquido que se encuentre en contacto con el carbón activado tiene una cantidad de partículas que son retenidas al adherirse a la superficie del carbón, encargándose de purificar, reducir y eliminar olores y colores que estén presentes en el líquido. [6]

ADSORCIÓN

Esta propiedad tiene la característica de que los átomos superficiales de un material tienen la capacidad para atraer y retener ciertas moléculas de otros materiales; a esto se le denomina como Fuerzas de Van Der Waals que en este caso son las fuerzas de atracción que tienen las moléculas de un material (Adsorbente) con respecto a las moléculas de otro al que van a retener (Adsorbato), y tienen relación con la superficie o área disponible del material. Existen dos tipos de adsorción que son: [22]

- **Adsorción Química:** Tiene modificaciones irreversibles en las estructuras químicas tanto del material que actúa como adsorbente como en el que es adsorbato al haber intercambio de electrones; por lo que, es una técnica no muy frecuente.
- **Adsorción Física:** Se caracteriza porque entre el adsorbente y el adsorbato no existe intercambio de electrones, ni cambios en las propiedades de los materiales, por lo que se considera reversible y su uso es más frecuente.

2.2 HIPÓTESIS

2.2.1 HIPÓTESIS NULA (H_0)

Es la afirmación inicial que se debe tener. Consiste en negar la eficacia del experimento hasta que no existan evidencias que demuestren lo contrario.[23]

Un Biofiltro fabricado a base de Carbón Activado, no disminuirá el valor de DQO, DBO₅ y grasas y aceites del agua residual proveniente de la Lavadora y Lubricadora de autos “Heredia” de la ciudad de Riobamba hasta los límites permisibles para descarga al alcantarillado público.

2.2.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H_1)

Aquella opuesta a la hipótesis nula; es la que se acepta al rechazar la hipótesis nula o comprobar que no es la correcta, creándose una alternativa. [24]

Un Biofiltro fabricado a base de Carbón Activado, disminuirá el valor de DQO, DBO₅ y grasas y aceites del agua residual proveniente de la Lavadora y Lubricadora de autos “Heredia” de la ciudad de Riobamba hasta los límites permisibles para descarga al alcantarillado público.

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Un Biofiltro fabricado a base de Carbón Activado

2.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Disminución el valor de DQO, DBO₅ y grasas y aceites del agua residual proveniente de la Lavadora y Lubricadora de autos “Heredia” de la ciudad de Riobamba.

CAPÍTULO III - METODOLOGÍA

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

La Investigación es de carácter Experimental ya que se va a realizar la comprobación o refutación de la hipótesis por lo que se basará en los siguientes tipos de Investigación:

- **Exploratoria:** Conocer el funcionamiento de la Lavadora y Lubricadora de Autos “Heredia” así como la situación inicial mediante un primer análisis de aguas residuales.
- **Descriptiva:** Detallar el funcionamiento tanto de la Lavadora y Lubricadora “Heredia” como del filtro. Asimismo, describir los cambios en el aspecto del agua residual proveniente de la Lavadora y Lubricadora durante el transcurso del tiempo de aplicación de la biofiltración.
- **De Laboratorio:** Se realizará el análisis de las variables de DQO, DBO₅ y Aceites y grasas; las cuales nos darán indicadores de la eficacia del filtro de carbón activado en el tratamiento de aguas residuales de la Lavadora y Lubricadora de autos “Heredia” de la ciudad de Riobamba. Por lo que, estos parámetros se realizarán mediante ensayos de laboratorio.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

La población es todo aquello que se quiere investigar; en este caso es toda el agua residual proveniente de la Lavadora y Lubricadora de autos “Heredia” durante el tiempo de la investigación.

$$VAR = \frac{X}{T} \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

Donde:

VAR: Volumen de agua residual

X: Cantidad de agua residual = 9.00 m³/día

T: Tiempo = 3 meses = 77 días

$$\mathbf{VAR} = \frac{9.00 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 77 \text{ días}}{3 \text{ meses}}$$

$$\mathbf{VAR} = 231 \text{ m}^3/\text{mes}$$

3.2.2 MUESTRA

La muestra es un subconjunto representativo de la población, en este caso será el agua que se tomó para filtrar; es decir, 55 galones diarios.

En la Lavadora y Lubricadora de autos “Heredia”, se procedió a tomar una muestra diaria de agua para su filtración a base de carbón activado durante 90 días teniendo en cuenta los días laborables de la semana para la Lavadora, en este caso 6 días.

$$\mathbf{Muestra} = \frac{x}{t} \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

Donde:

x: Cantidad de agua residual = 55 gal/día

t: Tiempo = 1 semana = 6 días

$$\mathbf{Muestra} = \frac{55 \frac{\text{gal}}{\text{día}} * 6 \text{ días}}{1 \text{ semana}}$$

$$\mathbf{Muestra} = 330 \text{ gal/semana}$$

Basados en el calendario los 3 meses de estudio tuvieron un total de 13 semanas:

$$\mathbf{Muestra} = \frac{330 \text{ gal}}{\text{semana}} * \frac{13 \text{ semanas}}{3 \text{ meses}}$$

$$\mathbf{Muestra} = 1430 \frac{\text{gal}}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ m}^3}{264.17 \text{ gal}}$$

$$\mathbf{Muestra} = 5.42 \text{ m}^3/\text{mes}$$

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE: Biofiltro fabricado a base de Carbón Activado

Tabla 4: Operacionalización de la Variable Independiente

| CONTEXTUALIZACIÓN | DIMENSIONES | INDICADORES | ÍTEMS | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS |
|--|--|-----------------|---|---|
| El Carbón activado es un material orgánico el cual tiene una capacidad alta de adsorbencia por lo que al utilizarse como filtro busca limpiar el agua al retener materia contaminante. | Características del material filtrante | Carbón Activado | ¿Cuáles son las características del Carbón activado como medio filtrante? | Hoja Técnica del Material (Anexo 2) Revisión Bibliografica |
| | Biofiltración mediante carbón activado | Medio filtrante | ¿Cuál es el funcionamiento del Carbón activado como medio filtrante? | Revisión Bibliográfica |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: L. Herrera, A. Medina, and G. Naranjo, Tutoría de la Investigación Científica, 2004. [25]

VARIABLE DEPENDIENTE: Disminución el valor de DQO, DBO₅ y grasas y aceites del agua residual proveniente de la Lavadora y Lubricadora de autos “Heredia” de la ciudad de Riobamba.

Tabla 5: Operacionalización de la Variable Dependiente

| CONTEXTUALIZACIÓN | DIMENSIONES | INDICADORES | ÍTEMS | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS |
|---|------------------|----------------------------|--|--|
| La disminución de estos parámetros se logra mediante la adsorción propia del carbón activado ya que retiene en sus poros las partículas contaminantes | Aceites y grasas | Límite TULSMA: 70 mg/l | ¿En qué grado el filtro de carbón activado ayudó a la disminución de Aceites y grasas? | Ensayo de laboratorio: EPA 418.1 |
| | DQO | Límite TULSMA: 500 mg/l | ¿En qué grado el filtro de carbón activado ayudó a la disminución del DQO? | Ensayos de laboratorio: STANDARD METHODS 5220D mod |
| | DBO ₅ | Límite TULSMA: 250 mg/l | ¿En qué grado el filtro de carbón activado ayudó a la disminución del DBO? | Ensayos de laboratorio: STANDARD METHODS 5210-B |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: L. Herrera, A. Medina, and G. Naranjo, Tutoría de la Investigación Científica, 2004. [25]

3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Tabla 6: Recolección de Información

| PREGUNTAS | EXPLICACIÓN |
|--------------------------------------|--|
| ¿Qué hay que evaluar? | <ul style="list-style-type: none"> • Hay que evaluar la eficiencia del carbón activado como filtro de aguas residuales provenientes de la industria de lavadora y lubricadora de autos. • Se debe establecer parámetros de diseño del filtro de carbón activado. |
| ¿De qué hay que evaluar? | <ul style="list-style-type: none"> • Del agua residual proveniente de la lavadora y Lubricadora “Heredia” de la ciudad de Riobamba. |
| ¿Sobre qué aspectos hay que evaluar? | <ul style="list-style-type: none"> • Sobre aspectos importantes de contaminación del agua: DQO, DBO₅ y Aceites y grasas |
| ¿Quién? | <ul style="list-style-type: none"> • Katherine Daniela Avalos Rodríguez. • Ing. Mg. Eduardo Paredes |
| ¿Cómo? | <ul style="list-style-type: none"> • Recolección de datos de campo. • Recolección de muestras de agua. |
| ¿Con qué? | <ul style="list-style-type: none"> • Ensayos de laboratorio • Investigación de fuentes bibliográficas. |
| ¿Dónde? | <ul style="list-style-type: none"> • Lavadora y Lubricadora “Heredia” de la ciudad de Riobamba. • Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: L. Herrera, A. Medina, and G. Naranjo, Tutoría de la Investigación Científica, 2004. [25]

3.5 PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.

3.5.1 INFRAESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE LA LUBRICADORA Y LAVADORA DE AUTOS “HEREDIA”

3.5.1.1 UBICACIÓN DE LA INDUSTRIA

La Lavadora y Lubricadora de autos “Heredia” se encuentra ubicada en la ciudad de Riobamba, entre las calles Veloz y Jacinto González.

Gráfico 1: Ubicación de la Industria



Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: Google Maps

3.5.1.2 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE LA INDUSTRIA

La Lavadora y Lubricadora de autos “Heredia” es una industria medianamente grande, cuenta con las siguientes instalaciones:

- Área administrativa para atención a clientes y facturación.
- Bodegas para el almacenamiento de materiales.
- Rampas para el lavado de los vehículos y cambios de aceite.
- Patio para el secado de vehículos.
- Cisterna bajo el nivel cero.
- Cuarto de máquinas.

3.5.1.3 SERVICIOS PRESTADOS POR LA INDUSTRIA

La Lavadora y Lubricadora de autos “Heredia” cuenta con los siguientes servicios:

- Cambio de Aceite, para lo cual se utilizan distintos tipos de acuerdo a la clase vehículo y sus necesidades.

Tabla 7: Tipos de aceites empleados en la Industria

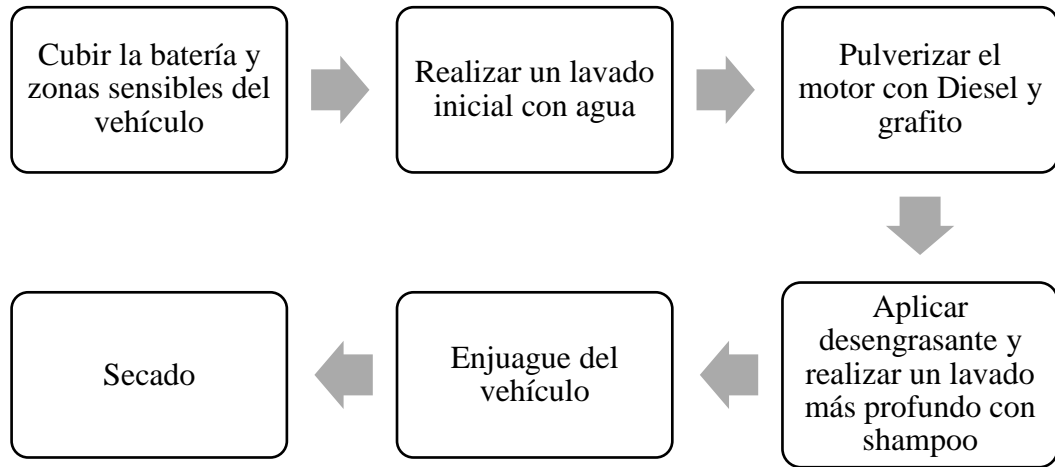
| TIPO DE ACEITE | TIPO DE VEHÍCULO |
|-----------------------|---|
| SAE 10W30 | Autos Nuevos |
| SAE 15W40 | Autos a Diesel |
| SAE 20W50 | Automóviles y camionetas pasado los 100000 km |
| SAE 40 | Autos con motores que necesitan reparación |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: Lavadora y Lubricadora de Autos "Heredia"

- Cambio de filtros para combustible y aire.
- Lavado de los vehículos, el mismo que se realiza con el siguiente procedimiento:

Gráfico 2: Proceso de lavado de vehículos



Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: Lavadora y Lubricadora de Autos "Heredia"

- Engrasado de rodamientos de acuerdo al tipo y modelo de vehículo puede ser en suspensión, crucetas o la corona delantera.

3.5.1.4 CAUDAL DE ENTRADA DE AGUA POTABLE

El caudal de entrada es un dato importante para el proyecto a realizarse, este es la cantidad de agua potable que ingresa a la industria para ser empleada en las distintas actividades que se realizan. El primer paso para la obtención de este caudal es realizar un levantamiento planimétrico con detalles de las instalaciones sanitarias (ANEXO 1), además de la recolección de datos del medidor con el cual se llevó un registro del agua potable durante 8 días a la misma hora como se aprecia en la **Tabla 8**.

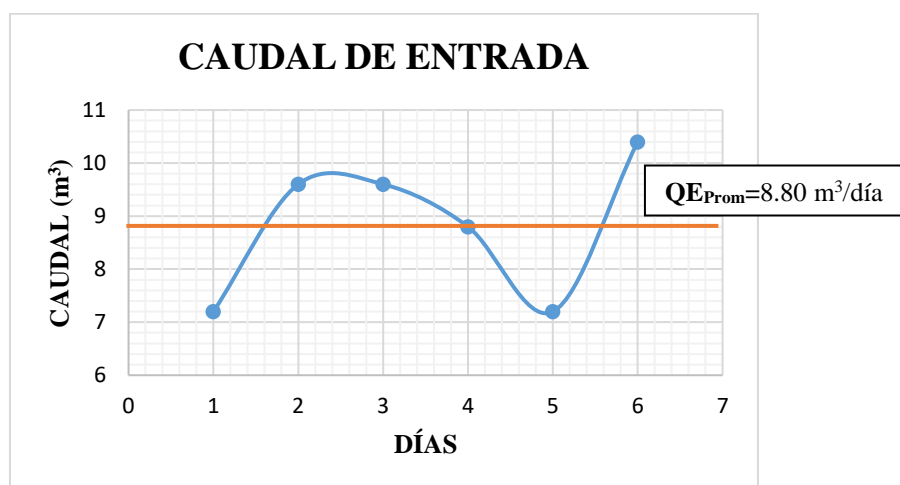
Al encontrarse el agua potable que ingresa a la industria compartida para la vivienda de los propietarios, se estima que el 20% del Caudal de Entrada Corresponde a esta vivienda y el 80% restante a la industria; tomando en cuenta que el día domingo no existe actividades laborales, se estima que ese día el caudal para la industria es de cero y no se toma en consideración para el caudal de entrada promedio de la Lavadora.

Tabla 8: Caudal de Entrada a la Lavadora y Lubricadora “Heredia”

| DÍA DE LA SEMANA | FECHA | LECTURA (m ³) | CAUDAL DE ENTRADA TOTAL (m ³ /día) | CAUDAL DE ENTRADA INDUSTRIA (80%) (m ³ /día) |
|--------------------------|------------|---------------------------|---|---|
| Martes | 20/06/2017 | 5841 | | |
| | | | 9 | 7.20 |
| Miércoles | 21/06/2017 | 5850 | | |
| | | | 12 | 9.60 |
| Jueves | 22/06/2017 | 5862 | | |
| | | | 12 | 9.60 |
| Viernes | 23/06/2017 | 5874 | | |
| | | | 11 | 8.80 |
| Sábado | 24/06/2017 | 5885 | | |
| | | | 3 | 0 |
| Domingo | 25/06/2017 | 5888 | | |
| | | | 9 | 7.20 |
| Lunes | 26/06/2017 | 5897 | | |
| | | | 13 | 10.40 |
| Martes | 27/06/2017 | 5910 | | |
| CAUDAL PROMEDIO = | | | | 8.80 |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Gráfico 3: Caudal de Entrada a la Lavadora y Lubricadora “Heredia”



Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

3.5.1.5 CAUDAL DE SALIDA DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA

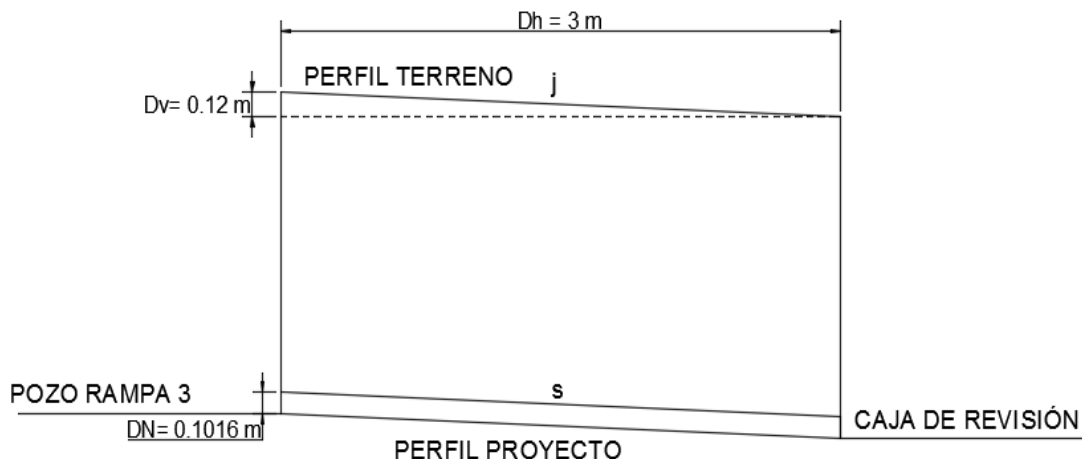
El agua potable después de su uso en la industria del lavado de vehículos se transforma en agua residual al estar mezclada con productos propios de esta industria, este tipo de agua se conduce inicialmente por canales ubicados en el piso, después pasan a 3 rampas, las mismas que se conectan entre sí por tuberías PVC de 4'' de diámetro hasta llegar a la tercera que desfoga una caja de revisión de 85 cm x 75 cm x 65 cm al alcantarillado público.

Para realizar la medida del caudal de salida, tuvieron que tomarse varios datos in situ como es la medición del terreno para obtener las cotas de las cuales calcularemos la pendiente existente entre la caja de la rampa 3 con la caja de revisión para desfogar al alcantarillado público; el registro del tirante hidráulico se realizó mediante el control de la caja de revisión en horarios definidos 3 veces por día para obtener un tirante hidráulico promedio.

Fórmulas a utilizar:

- Pendiente ($j=S$)

Gráfico 4: Perfil del Proyecto



Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: Lavadora y Lubricadora de Autos "Heredia"

$$S = \frac{D_v}{D_h} * 100 \quad (\text{Ecuación 3.3})$$

Donde:

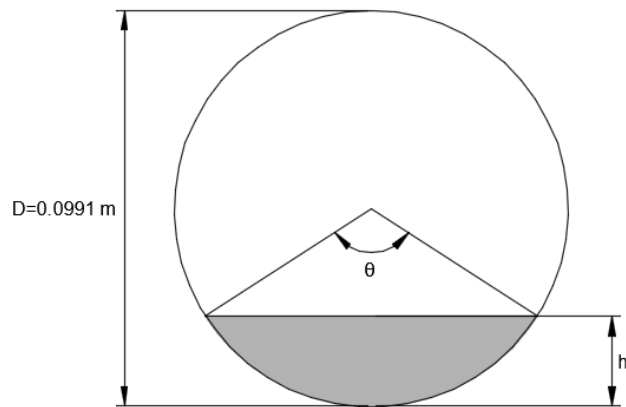
S = Pendiente

D_v = Distancia vertical

D_h = Distancia horizontal

- **Radio Hidráulico (Θ)**

Gráfico 5: Tirante de Agua en tubería



Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: Schaum and McGraw, “Mecánica de los Fluidos e Hidráulica,” 1994. [26]

$$\theta = 2 \arcsin\left(1 - \frac{2h}{D}\right) \quad (\text{Ecuación 3.4})$$

Donde:

Θ = Radio Hidráulico

h = Tirante Hidráulico

D = Diámetro interno de la tubería

- **Caudal (Q)**

Para el cálculo del caudal se utiliza la fórmula de Manning y su coeficiente se tomará como el promedio entre los recomendados para tubería PVC. [26]

$$Q = \frac{D^{8/3}}{7257.15 * n * (2 * \pi * \Theta)^{2/3}} * (2 * \pi * \Theta - 360^\circ * \sin\Theta)^{5/3} * S^{1/2}$$

(Ecuación 3.5)

Donde:

Q = Caudal

D = Diámetro interior de la tubería

n = Coeficiente de Manning para tubería PVC = 0.010

Θ = Radio Hidráulico

S = Pendiente

EJEMPLO CÁLCULO

Diámetro nominal de la tubería = 4'' = 101.6 mm

Diámetro interno de la tubería = 99.1 mm

- **Cálculo de la Pendiente j=S**

Datos:

D_v = 0.12 m

D_h = 3.00 m

$$S = \frac{D_v}{D_h} * 100$$

$$S = \frac{0.12 \text{ m}}{3 \text{ m}} * 100$$

$$S = 4 \%$$

- **Cálculo del ángulo Θ**

$$h = 0.009 \text{ m}$$

$$D = 0.0991 \text{ m}$$

$$\theta = 2 \arccos\left(1 - \frac{2h}{D}\right)$$

$$\theta = 2 \arccos\left(1 - \frac{2 * 0.009 \text{ m}}{0.0991 \text{ m}}\right)$$

$$\theta = 70.16^\circ$$

- **Cálculo del Caudal Q**

$$D = 0.0991 \text{ m}$$

$$n = 0.010$$

$$\Theta = 70.16$$

$$S = 0.04$$

$$Q = \frac{D^{8/3}}{7257.15 * n * (2 * \pi * \Theta)^{2/3}} * (2 * \pi * \Theta - 360 * \sin\Theta)^{5/3} * S^{1/2}$$

$$Q = \frac{(0.0991)^{8/3}}{7257.15 * 0.01 * (2 * \pi * 70.16)^{2/3}} * [2 * \pi * 70.16 - 360 * \sin(70.16)]^{5/3} * (0.04)^{1/2}$$

$$Q = 0.000223533155 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q = 0.000223533155 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} * \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ h}} * \frac{8 \text{ h}}{\text{día}}$$

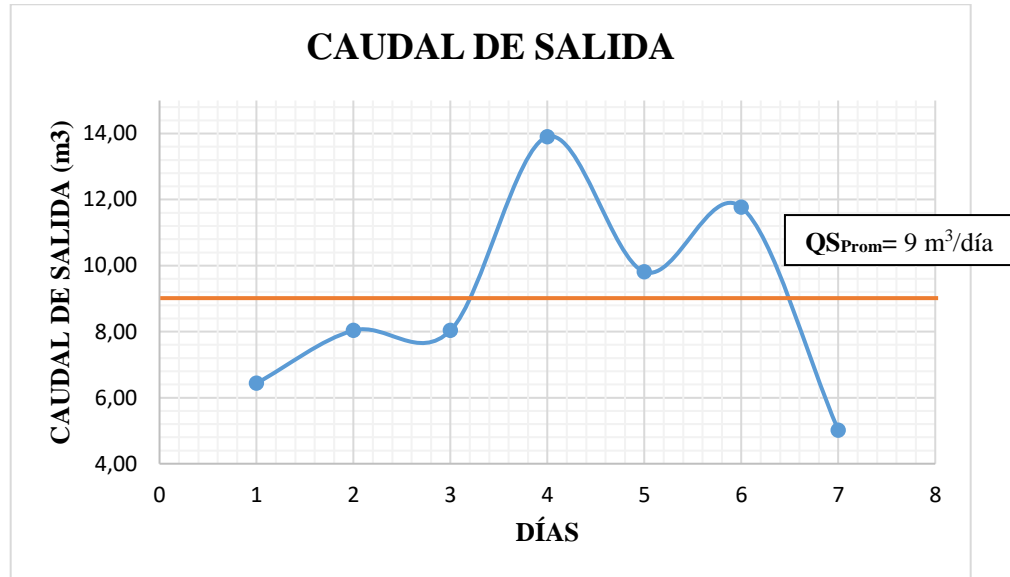
$$Q = 6.44 \text{ m}^3/\text{día}$$

Tabla 9: Tabla resumen Datos Hidráulicos

| DÍA DE LA SEMANA | HORA DE MEDICIÓN | TIRANTE HIDRÁULICO (m) | TIRANTE HIDRÁULICO PROM h (m) | RADIO HIDR. Θ (°) | CAUDAL DE SALIDA (m3/día) |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|--|----------------------------------|
| LUNES | 09:00 | 0.010 | 0.009 | 70.16 | 6.44 |
| | 14:00 | 0.009 | | | |
| | 16:30 | 0.009 | | | |
| MARTES | 09:00 | 0.010 | 0.010 | 74.09 | 8.04 |
| | 14:00 | 0.008 | | | |
| | 16:30 | 0.012 | | | |
| MIÉRCOLES | 09:00 | 0.008 | 0.010 | 74.09 | 8.04 |
| | 14:00 | 0.012 | | | |
| | 16:30 | 0.009 | | | |
| JUEVES | 09:00 | 0.012 | 0.013 | 84.94 | 13.90 |
| | 14:00 | 0.013 | | | |
| | 16:30 | 0.013 | | | |
| VIERNES | 09:00 | 0.012 | 0.011 | 77.84 | 9.81 |
| | 14:00 | 0.009 | | | |
| | 16:30 | 0.013 | | | |
| SÁBADO | 09:00 | 0.011 | 0.012 | 81.46 | 11.77 |
| | 14:00 | 0.013 | | | |
| | 16:30 | 0.012 | | | |
| LUNES | 09:00 | 0.006 | 0.008 | 66.03 | 5.02 |
| | 14:00 | 0.010 | | | |
| | 16:30 | 0.009 | | | |
| CAUDAL DE SALIDA PROMEDIO = | | | | | 9.00 |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Gráfico 6: Comportamiento Caudal de Salida



Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: Lavadora y Lubricadora de Autos "Heredia"

El Caudal de salida nos indica el Consumo de agua de la Industria tomado como promedio de $9 \text{ m}^3/\text{día}$, teniendo en cuenta que tendrá días donde el consumo sea mayor y otros en el que sea menor.

3.5.1.6 FUNCIONAMIENTO DE LA INDUSTRIA

La Lavadora y Lubricadora de autos "Heredia" se encarga del lavado de vehículos livianos y pesados pequeños como camiones; el trabajo que se realiza diariamente depende de las condiciones climáticas ya que es un factor de suma importancia para el número de vehículos que se lavan diariamente. Al realizar una observación diaria y control durante una semana de los vehículos a los cuales brindan sus servicios se determinó que el promedio es de 19 vehículos/día.

Tabla 10: Número de vehículos diarios

| DÍA DE LA SEMANA | FECHA | VEHÍCULOS LIVIANOS (veh/día) | CAMIONES (veh/día) |
|-------------------------|--------------|-------------------------------------|---------------------------|
| MARTES | 20/06/2017 | 17 | |
| MIÉRCOLES | 21/06/2017 | 19 | |
| JUEVES | 22/06/2017 | 23 | |
| VIERNES | 23/06/2017 | 16 | 1 |
| SÁBADO | 24/06/2017 | 21 | 2 |
| LUNES | 25/06/2017 | 16 | |
| MARTES | 26/06/2017 | 18 | |
| PROMEDIO = | | 19 | |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Esta industria funciona mediante la utilización de agua potable, la misma que se almacena en una cisterna con una capacidad de 43.65 m³, pero que se emplea alrededor de 9 m³/día y se encarga de repartir el agua mediante una bomba de 10 hp hacia las diferentes tuberías. Se estima que el agua utilizada para cada vehículo es el caudal de salida diario dividido para el número de vehículos lavados en el día; de la siguiente manera:

$$APV = \frac{QS}{VD} \quad (\text{Ecuación 3.6})$$

Donde:

APV = Agua por vehículo

QS = Caudal de Salida

VD = Vehículos diarios

$$APV = \frac{9.00 \text{ m}^3/\text{día}}{19 \text{ veh/día}}$$

$$APV = 0.474 \text{ m}^3/\text{veh}$$

Una vez utilizada el agua para el lavado, esta se dirige en canales hacia diferentes trampas de lodo que se encuentran ubicados en cada rampa, siendo la última la que desfoga hacia

el alcantarillado público. La limpieza de estas trampas se realiza cada mes ya que este es el tiempo estimado en el que rebasan su capacidad.

3.5.2 DISEÑO DEL FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO

El Biofiltro de Carbón activado debe tener un diseño de acuerdo a los objetivos que queremos alcanzar, es decir, la remoción de distintos compuestos y contaminantes presentes en el agua residual de la industria del lavado de vehículos.

3.5.2.1 VOLUMEN DE AGUA (V_{Agua})

La primera selección que realizamos es de la cantidad de agua necesaria que se necesita para realizar el proceso de filtración en 24 horas; en este caso se comienza proponiendo un tanque de 55 galones de capacidad; de los cuales se ocuparán los 2/3 del volumen dejando el sobrante como un factor de seguridad para garantizar que el filtro se encuentre siempre en funcionamiento y no pierda altura de carga.

$$V_{\text{Agua}} = \frac{2}{3} * V_{\text{Total}} \quad (\text{Ecuación 3.7})$$

$$V_{\text{Agua}} = \frac{2}{3} * 55 \text{ galones}$$

$$V_{\text{Agua}} = 36.67 \text{ galones} \approx 40 \text{ galones}$$

3.5.2.2 CAUDAL DE DISEÑO (Q)

Para el cálculo del caudal debemos tomar en cuenta el Volumen de agua ya seleccionado y el tiempo en el que este va a filtrarse que en este caso son 24 horas; este caudal debe ser regulado en el momento de la implementación del filtro.

$$Q = \frac{V_{\text{Agua}}}{T} \quad (\text{Ecuación 3.8})$$

$$Q = \frac{40 \text{ gal}}{24 \text{ h}} * \frac{3.78 \text{ lt}}{1 \text{ gal}} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$Q = 0.105 \text{ lt/min}$$

3.5.2.3 TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA (TRH)

De acuerdo al TULSMA el Tiempo de Retención Hidráulica es utilizado en el diseño de Filtros anaeróbicos de flujo ascendente y anaeróbicos convencionales. En este caso, al omitirse las características del material se utiliza un tiempo de 5.25 horas; además según los criterios para filtros anaeróbicos aplicables para el post tratamiento tenemos:

Tabla 11: Criterios de diseño para filtros anaeróbicos aplicables para el post tratamiento de efluentes de reactores aneróbicos.

| PARÁMETROS DE DISEÑO | RANGO DE VALORES COMO UNA FUNCIÓN DEL GASTO | | |
|--|---|---------------|----------------|
| | Q PROMEDIO | Q MÁX. DIARIO | Q MÁX. HORARIO |
| Medio de Empaque | Piedra | Piedra | Piedra |
| Altura del medio filtrante | 0.8 - 3.0 | 0.8 - 3.0 | 0.8 - 3.0 |
| Tiempo de resistencia hidráulica (horas) | 5 a 10 | 4 a 8 | 3 a 6 |
| Carga hidráulica superficial (m ³ /m ² d) | 6 a 10 | 8 a 12 | 10 a 15 |
| Carga orgánica volumétrica (Kg/BDO/m ³ d) | 0.15 a 0.50 | 0.15 a 0.50 | 0.15 a 0.50 |
| Carga orgánica en el medio filtrante volumétrica (Kg/BDO/m ³ d) | 0.25 a 0.75 | 0.25 a 0.75 | 0.25 a 0.75 |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: Chernicharos de Lemos, "Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento", 2007.[27]

3.5.2.4 VOLUMEN DE MATERIAL (V_{Mat})

Para el prototipo el material filtrante se calcula en base al Tiempo de Retención Hidráulica cuando se omite las características del material; y por lo que deberá tener una cantidad mínima de vacíos.

$$V_{Mat} = Q * TRH \quad \text{(Ecuación 3.9)}$$

$$V_{\text{Mat}} = 0.105 \frac{\text{lt}}{\text{min}} * \left(5.25 \text{ horas} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} \right)$$

$$V_{\text{Mat}} = 33.075 \text{ lt} \approx 35 \text{ lt}$$

Realizamos una corrección de Tiempo de retención hidráulica por la facilidad de uso en la aproximación del Volumen de material

$$\text{TRH} = \frac{V_{\text{Mat}}}{Q} \quad (\text{Ecuación 3.10})$$

$$\text{TRH} = \frac{35 \text{ lt}}{0.105 \text{ lt/min}}$$

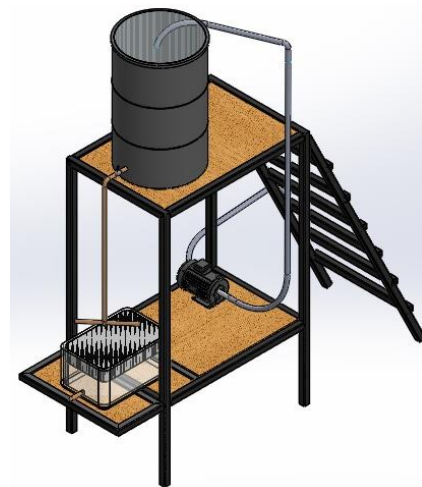
$$\text{TRH} = 333.333 \text{ min} \approx 5.55 \text{ horas}$$

Este nuevo TRH está comprendido en el rango para el Caudal promedio y al encontrarse en un rango inferior de las condiciones críticas crea un factor de seguridad.

3.5.3 ELABORACIÓN DEL FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO

Para la elaboración del prototipo de carbón activado se necesita de los siguientes materiales:

- Estructura de soporte
- Tanque plástico de 55 galones
- Tubos plásticos de ½ ”
- Codos
- Tee
- Válvula de compuerta
- Bandeja de acero
- Bandeja plástica
- Manguera
- Bomba de presión 0.5 hp



3.5.3.1 ESTRUCTURA DE SOPORTE

Para la implementación del filtro en la Lavado y Lubricadora de autos “Heredia” se realizó una estructura de soporte de estructura metálica con la altura y resistencia adecuada para

soportar el peso del recipiente plástico de 55 galones y mediante una escalera facilitar el acceso al mismo para el control del Volumen de Agua requerido para la filtración.

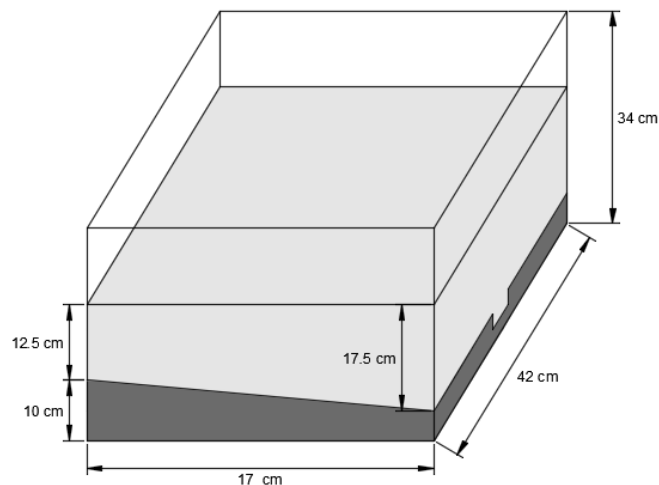
3.5.3.2 TANQUE PLÁSTICO, VÁLVULA, TUBOS, CODOS Y TEE

Para que el filtro entre en funcionamiento se requirió de un tanque plástico de 55 galones en el que al tercio se realizó una perforación donde se colocó codos y tubos que se lo enlazaron con la válvula que nos permite regular el caudal de 0.105 lt/min para que pueda cumplirse el volumen requerido de filtración diario. Además se colocó un tubo en forma de flauta que permite la repartición del agua de forma homogénea sobre la bandeja.

3.5.3.3 DIMENSIONES DEL MEDIO FILTRANTE

Para la realización del medio filtrante se usó un recipiente plástico grande con dimensiones (57x42x34) cm por facilidad constructiva, en el mismo realizaremos con el material una figura de trapecio para que el agua pueda filtrarse y salir con mayor facilidad.

Gráfico 7: Medidas medio filtrante



Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Base (B) = 57 cm

Lado Menor (Lm) = 12.5 cm

Lado Mayor (LM) = 17.5 cm

Profundidad (e) = 42 cm

- **Cálculo de Área del trapecio**

$$AT = B * \frac{(Lm + LM)}{2} \quad (\text{Ecuación 3.11})$$

$$AT = 57\text{cm} * \frac{(12.5 \text{ cm} + 17.5 \text{ cm})}{2}$$

$$AT = 855 \text{ cm}^2$$

- **Cálculo del Volumen del Trapecio**

$$VT = AT * e \quad (\text{Ecuación 3.12})$$

$$AT = 885 \text{ cm}^2 * 42 \text{ cm}$$

$$AT = 35910 \text{ cm}^3 \approx 35 \text{ lt}$$

Sobre este recipiente plástico se colocará una bandeja de acero inoxidable con orificios que ayuden a la distribución homogénea del agua.

3.5.3.4 MATERIAL FILTRANTE

El material filtrante a utilizarse es el Carbón activado, mismo que al ser un producto modificado de manera industrial viene con características propias de laboratorio. Para el empleo en el prototipo del filtro se utilizó el Carbón Activado Norit GCN 612 G específica “Es un carbón activado por vapor, y producido a partir de cáscara de coco. Especialmente seleccionado para la refinación en la industria alimentaria y sistemas de purificación de agua, donde se requiera un adsorbente de alta pureza. Una característica especial de este grado de carbón es el bajo contenido de finos o platelets, por lo que no requiere de reacondicionamiento y ofrece pocas pérdidas de producto.”

Tabla 12: Especificaciones Carbón Activado

| ESPECIFICACIONES | | |
|--------------------------|----------|--------|
| Número de Lodo | mín. 950 | - |
| Dureza (método ball-pan) | mín. 98 | - |
| Humedad (al empacar) | máx. 5 | mass-% |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: Hoja Técnica ADISOL (Anexo 2)

Tabla 13: Características del Carbón Activado

| CARACTERÍSTICAS GENERALES | | |
|------------------------------------|---------|-------------------|
| Actividad, tetracloruro de carbono | 60 | g/100 g |
| Densidad aparente | 500 | kg/m ³ |
| Contenido de platelets | 2 | mass-% |
| Tamaño de partícula > 3.35 mm | 2 | mass-% |
| Tamaño de partícula 2.36 - 3.35 mm | 50 - 70 | mass-% |
| Tamaño de partícula 1.7 - 2.36 mm | 20 -40 | mass-% |
| Tamaño de partícula < 1.70 mm | 3 | mass-% |
| Cenizas | 3 | mass-% |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: Hoja Técnica ADISOL (Anexo 2)

3.5.4 FUNCIONAMIENTO DEL FILTRO

- Una vez instalado el filtro, el agua es captada en la tercera rampa antes del desfogue hacia el alcantarillado público; con la ayuda de una bomba de presión de 0.5 hp se procede a subir el agua a través de una manguera para llenar el taque de 55 galones.
- El agua pasa del tanque hacia la válvula previamente regulada a 0.105 lt/min, donde a través de la flauta y bandeja con agujeros se reparte homogéneamente por el carbón activado para ser filtrada

- Una vez que atraviesa el carbón, el tiempo de retención es mínimo y se puede observar la salida del agua filtrada y los cambios que se han presentado; esta agua se desfoga al alcantarillado público y cada 10 días es recolectada para el análisis en laboratorio.

3.5.5 MONITOREO DEL FILTRO

El filtro es llenado todos los días laborables de la industria para garantizar el funcionamiento constante y la eficacia de la filtración. Durante los días de investigación se debe llevar a cabo el monitoreo y control tanto del filtro como del material filtrante, mediante una ficha de registro que nos servirá para identificar si existen inconvenientes y poder realizar una intervención y solución oportuna; los aspectos que se deben tomar en cuenta son:

- **Verificación del caudal:** Debe encontrarse regulado en 0.105 lt/min, si existe alguna variación debe darse solución oportuna regulando o reemplazando la válvula.
- **Funcionamiento del Filtro:** Se controla que el filtro tenga un funcionamiento normal, es decir, que no existan taponamientos en la tubería, recipientes en estado normal de funcionamiento y control de fugas.
- **Estado del Material:** Se debe tratar de proteger al material filtrante de la intemperie ya que estos factores externos pueden modificar sus propiedades, se debe tener cuidado y realizar una observación acerca de irregularidades en el mismo para poder ofrecer una solución oportuna.

3.5.6 PLAN DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE MUESTRAS PARA LABORATORIO

Las muestras que se toman para los análisis de laboratorio, deben ser simples y puntuales para realizar los análisis de laboratorio en cuanto a Grasas y aceites, DQO y DBO₅ para determinar contaminantes en el agua residual que analizamos. Para realizar un correcto muestreo debemos tomar en cuenta el tipo de muestra que llevaremos a laboratorio, el recipiente y la forma de llevar la muestra, etiquetado, tipo de análisis y factores externos.

Tabla 14: *Parámetros para muestreo del agua residual y sus características en toma de muestras y preservación.*

| PARÁ-METRO | RECIPIENTE | ENJUAGUE ANTES DE TOMAR LA MUESTRA | VOLUMEN MÍN. REQUERIDO | PRESER-VACIÓN | TIEMPO MÁX. PARA ANÁLISIS |
|-------------------|---------------------|---|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Aceites y grasas | Vidrio (boca ancha) | no | 1 L | HCl o HSO ₄ , pH<2, 4°C | 28 días |
| DQO | Plástico o Vidrio | 2 a 3 veces | 1 L | 4°C | 28 días |
| DBO ₅ | Plástico o Vidrio | 2 a 3 veces | 1 L | 4°C | 48 horas |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: A. Arce, C. Calderón, y A. Tomasini, Fundamentos Técnicos para el Muestreo y Análisis de Aguas Residuales. 2002. [28]

Las muestras fueron tomadas cada 10 días, recolectadas en recipientes de vidrio color ámbar, preservadas y transportadas en un contenedor rectangular con hielo para conservar en una temperatura adecuada hasta la recepción en laboratorio. Los análisis de Grasas y aceites, DQO y DBO₅ se llevaron a cabo en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo, mismo que cuenta con la acreditación al cumplimiento de la NTE INEN ISO/IEC 17025:2006: “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración” otorgada por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano.

Los métodos utilizados en el laboratorio son los siguientes:

- Aceites y grasas: EPA 418.1
- DQO: STANDARD METHODS 5220D mod
- DBO₅: STANDARD METHODS 5210-B

Para el análisis de los resultados obtenidos se procederá a realizar tablas y gráficos comparativos de los análisis de carga contaminante en las aguas residuales, con los límites

proporcionados por el TULSMA para la descarga de efluentes en el Alcantarillado Público.

Una vez comparados los datos se comprobará la hipótesis de acuerdo a los resultados comparativos dentro de los límites y la eficacia del material al utilizarse como filtro para aguas residuales de la industria del lavado de vehículos.

CAPÍTULO IV - ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

4.1.1 CAUDAL DE ENTRADA Y DE SALIDA

Una vez recopilados los datos in situ y procesados a través de cálculos se tiene la siguiente información mostrada en las **Tablas 15 a la 25**:

Tabla 15: Tabla resumen de Caudales

| | CAUDAL DE ENTRADA (m ³ /día) | CAUDAL DE SALIDA (m ³ /día) |
|---|---|--|
| Datos recolectados en una semana (20/06/2017 – 28/06/2017) | 7.20 | 6.44 |
| | 9.60 | 8.04 |
| | 9.60 | 8.04 |
| | 8.80 | 13.9 |
| | - | 9.81 |
| | 7.20 | 11.77 |
| | 10.40 | 5.02 |
| CAUDAL PROMEDIO = | 8.80 | 9.00 |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

4.1.2 ANÁLISIS DE LABORATORIO

Una vez terminado el tiempo experimental y realizados los análisis de laboratorio, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 16: Resultado de Análisis de Laboratorio Muestra Cruda

| MUESTRA 1: AGUA RESIDUAL SIN FILTRAR | | | |
|--------------------------------------|--------|-----------|-------------------|
| PARÁMETRO | UNIDAD | RESULTADO | FECHA DE ANÁLISIS |
| Aceites y grasas | mg/l | 232 | 23/06/2017 |
| DQO | mg/l | 808 | |
| DBO ₅ | mg/l | 348 | |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: Hoja N°SE:087-17 Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH

Tabla 17: Resultado de Análisis de Laboratorio 10 días de tratamiento

| MUESTRA 2: AGUA RESIDUAL FILTRADA POR 10 DÍAS | | | |
|--|---------------|------------------|--------------------------|
| PARÁMETRO | UNIDAD | RESULTADO | FECHA DE ANÁLISIS |
| Aceites y grasas | mg/l | 30 | 23/06/2017 |
| DQO | mg/l | 127 | |
| DBO ₅ | mg/l | 59 | |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: Hoja N°SE:087-17 Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH

Tabla 18: Resultado de Análisis de Laboratorio 20 días de tratamiento

| MUESTRA 3: AGUA RESIDUAL FILTRADA POR 20 DÍAS | | | |
|--|---------------|------------------|--------------------------|
| PARÁMETRO | UNIDAD | RESULTADO | FECHA DE ANÁLISIS |
| Aceites y grasas | mg/l | 26 | 03/07/2017 |
| DQO | mg/l | 92 | |
| DBO ₅ | mg/l | 43 | |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: Hoja N°SE:120-17 Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH

Tabla 19: Resultado de Análisis de Laboratorio 30 días de tratamiento

| MUESTRA 4: AGUA RESIDUAL FILTRADA POR 30 DÍAS | | | |
|--|---------------|------------------|--------------------------|
| PARÁMETRO | UNIDAD | RESULTADO | FECHA DE ANÁLISIS |
| Aceites y grasas | mg/l | 34 | 13/07/2017 |
| DQO | mg/l | 121 | |
| DBO ₅ | mg/l | 57 | |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH

Tabla 20: Resultado de Análisis de Laboratorio 40 días de tratamiento

| MUESTRA 5: AGUA RESIDUAL FILTRADA POR 40 DÍAS | | | |
|--|---------------|------------------|--------------------------|
| PARÁMETRO | UNIDAD | RESULTADO | FECHA DE ANÁLISIS |
| Aceites y grasas | mg/l | 28 | 24/07/2017 |
| DQO | mg/l | 87 | |
| DBO ₅ | mg/l | 39 | |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: Hoja N°SE:150-17 Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH

Tabla 21: Resultado de Análisis de Laboratorio 50 días de tratamiento

| MUESTRA 6: AGUA RESIDUAL FILTRADA POR 50 DÍAS | | | |
|--|---------------|------------------|--------------------------|
| PARÁMETRO | UNIDAD | RESULTADO | FECHA DE ANÁLISIS |
| Aceites y grasas | mg/l | 22 | 02/08/2017 |
| DQO | mg/l | 100 | |
| DBO ₅ | mg/l | 43 | |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: Hoja N°SE:156-17 Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH

Tabla 22: Resultado de Análisis de Laboratorio 60 días de tratamiento

| MUESTRA 7: AGUA RESIDUAL FILTRADA POR 60 DÍAS | | | |
|--|---------------|------------------|--------------------------|
| PARÁMETRO | UNIDAD | RESULTADO | FECHA DE ANÁLISIS |
| Aceites y grasas | mg/l | 2.1 | 14/08/2017 |
| DQO | mg/l | 78 | |
| DBO ₅ | mg/l | 31 | |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: Hoja N°SE:176-17 Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH

Tabla 23: Resultado de Análisis de Laboratorio 70 días de tratamiento

| MUESTRA 8: AGUA RESIDUAL FILTRADA POR 70 DÍAS | | | |
|--|---------------|------------------|--------------------------|
| PARÁMETRO | UNIDAD | RESULTADO | FECHA DE ANÁLISIS |
| Aceites y grasas | mg/l | 0.65 | 22/08/2017 |
| DQO | mg/l | 65 | |
| DBO ₅ | mg/l | 23 | |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: Hoja N°SE:197-17 Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH

Tabla 24: Resultado de Análisis de Laboratorio 80 días de tratamiento

| MUESTRA 9: AGUA RESIDUAL FILTRADA POR 80 DÍAS | | | |
|--|---------------|------------------|--------------------------|
| PARÁMETRO | UNIDAD | RESULTADO | FECHA DE ANÁLISIS |
| Aceites y grasas | mg/l | 0.74 | 01/09/2017 |
| DQO | mg/l | 18 | |
| DBO ₅ | mg/l | 7 | |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: Hoja N°SE:213-17 Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH

Tabla 25: Resultado de Análisis de Laboratorio 90 días de tratamiento

| MUESTRA 10: AGUA RESIDUAL FILTRADA POR 90 DÍAS | | | |
|---|---------------|------------------|--------------------------|
| PARÁMETRO | UNIDAD | RESULTADO | FECHA DE ANÁLISIS |
| Aceites y grasas | mg/l | 0.35 | 11/09/2017 |
| DQO | mg/l | 3 | |
| DBO ₅ | mg/l | 1.2 | |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: Hoja N°SE:224-17 Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH

4.1.3 DATOS RECOPIADOS POR PARÁMETRO

Los datos de laboratorio fueron ordenados por fecha de análisis, tal como se muestra en las **Tablas 26 a la 28** para una mayor comprensión y para analizar el comportamiento en cada parámetro en el transcurso de estos 90 días.

- **Aceites y grasas**

Tabla 26: Resultado de Análisis de Laboratorio: Aceites y grasas

| NÚMERO DE ANÁLISIS | DÍAS DE TRATAMIENTO | UNIDAD | RESULTADO | FECHA DE ANÁLISIS |
|---------------------------|----------------------------|---------------|------------------|--------------------------|
| 1 | Muestra cruda | mg/l | 232 | 23/06/2017 |
| 2 | 10 | mg/l | 30 | 23/06/2017 |
| 3 | 20 | mg/l | 26 | 03/07/2017 |
| 4 | 30 | mg/l | 34 | 13/07/2017 |
| 5 | 40 | mg/l | 28 | 24/07/2017 |
| 6 | 50 | mg/l | 22 | 02/02/2017 |
| 7 | 60 | mg/l | 2.1 | 14/02/2017 |
| 8 | 70 | mg/l | 0.65 | 22/08/2017 |
| 9 | 80 | mg/l | 0.74 | 01/09/2017 |
| 10 | 90 | mg/l | 0.35 | 11/09/2017 |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH

- **Demanda Química de Oxígeno**

Tabla 27: Resultado de Análisis de Laboratorio: Demanda Química de Oxígeno

| NÚMERO DE ANÁLISIS | DÍAS DE TRATAMIENTO | UNIDAD | RESULTADO | FECHA DE ANÁLISIS |
|---------------------------|----------------------------|---------------|------------------|--------------------------|
| 1 | Muestra cruda | mg/l | 808 | 23/06/2017 |
| 2 | 10 | mg/l | 127 | 23/06/2017 |
| 3 | 20 | mg/l | 92 | 03/07/2017 |
| 4 | 30 | mg/l | 121 | 13/07/2017 |
| 5 | 40 | mg/l | 87 | 24/07/2017 |
| 6 | 50 | mg/l | 100 | 02/02/2017 |
| 7 | 60 | mg/l | 78 | 14/02/2017 |
| 8 | 70 | mg/l | 65 | 22/08/2017 |
| 9 | 80 | mg/l | 18 | 01/09/2017 |
| 10 | 90 | mg/l | 3 | 11/09/2017 |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno**

Tabla 28: Resultado de Análisis de Laboratorio: Demanda Bioquímica de Oxígeno

| NÚMERO DE ANÁLISIS | DÍAS DE TRATAMIENTO | UNIDAD | RESULTADO | FECHA DE ANÁLISIS |
|---------------------------|----------------------------|---------------|------------------|--------------------------|
| 1 | Muestra cruda | mg/l | 348 | 23/06/2017 |
| 2 | 10 | mg/l | 59 | 23/06/2017 |
| 3 | 20 | mg/l | 43 | 03/07/2017 |
| 4 | 30 | mg/l | 57 | 13/07/2017 |
| 5 | 40 | mg/l | 39 | 24/07/2017 |
| 6 | 50 | mg/l | 43 | 02/02/2017 |
| 7 | 60 | mg/l | 31 | 14/02/2017 |
| 8 | 70 | mg/l | 23 | 22/08/2017 |
| 9 | 80 | mg/l | 7 | 01/09/2017 |
| 10 | 90 | mg/l | 1.2 | 11/09/2017 |

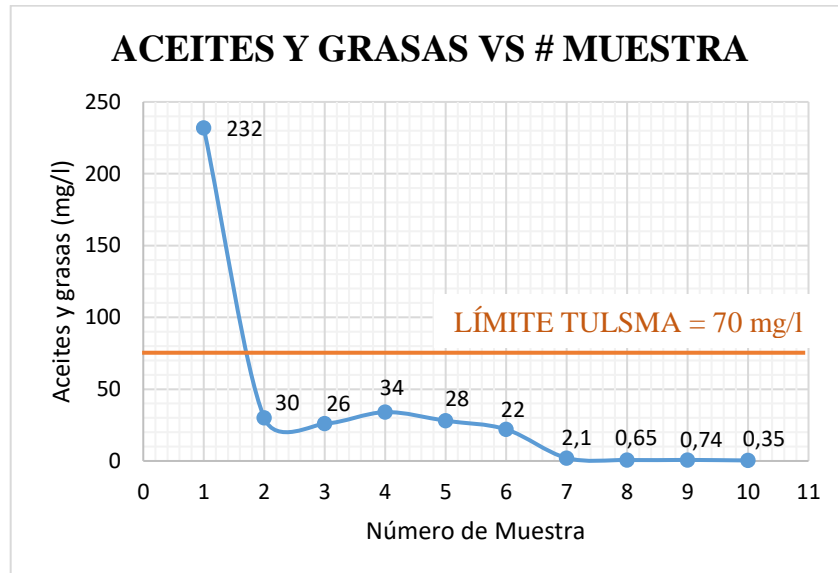
Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH

4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.2.1 ACEITES Y GRASAS

Gráfico 8: Comportamiento de los Aceites y grasas en el proceso de filtración



Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Como se observa en el **Gráfico 8**, el resultado inicial del agua sin tratar es de 232 mg/l teniendo una cantidad mayor al Límite permisible TULSMA para alcantarillado público, que es de 70 mg/l; lo que indica que la descarga que se realiza contamina el medio ambiente; los resultados cambian drásticamente al aplicar un biofiltro de Carbón Activado, ya que a partir de los primeros 10 días de tratamiento se reducen de manera significativa; a los 30 días aumenta su valor dado que en situ se verificó que ese día se trabajó con vehículo con mayor carga contaminante, los resultados se mantienen en un rango de disminución hasta llegar a los 90 días con un valor de 0.35 mg/l, lo que sugiere que el biofiltro reduce la contaminación y es eficaz en la disminución del parámetro aceites y grasas en este tipo de aguas residuales.

Cálculo de la Eficiencia del material para Aceites y grasas

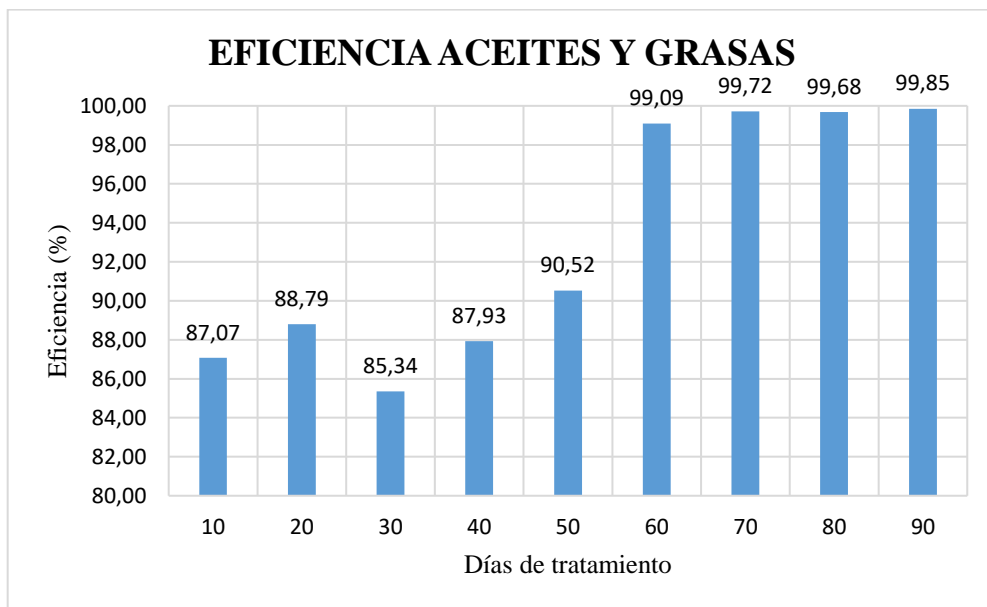
$$Eficiencia = \frac{M_i - M_f}{M_i} * 100 \quad (\text{Ecuación 4.1})$$

Donde:

M_i = Concentración inicial

M_f = Concentración final

Gráfico 9: Comportamiento de la eficiencia de Aceites y grasas en el proceso de filtración



Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

$$Eficiencia = \frac{M_i - M_f}{M_i} * 100$$

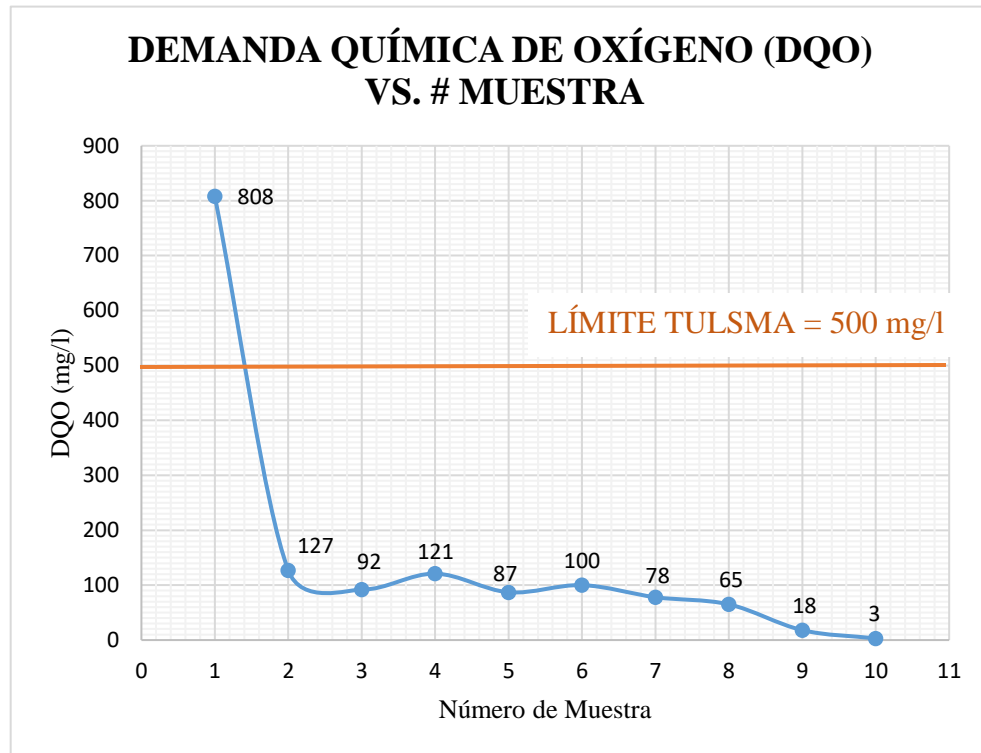
$$Eficiencia = \frac{232 - 0.35}{232} * 100$$

$$Eficiencia = 99.85\%$$

Como se muestra en el **Gráfico 9**, la eficiencia en el parámetro de Aceites y grasas del Carbón Activado ha mantenido en su mayoría una tendencia a incrementarse; llegando en su mayor punto al 99.85 %, lo que sugiere que este material es apto para utilizarse como biofiltro para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria del Lavado de vehículos.

4.2.2 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

Gráfico 10: Comportamiento de la Demanda Química de Oxígeno en el proceso de filtración

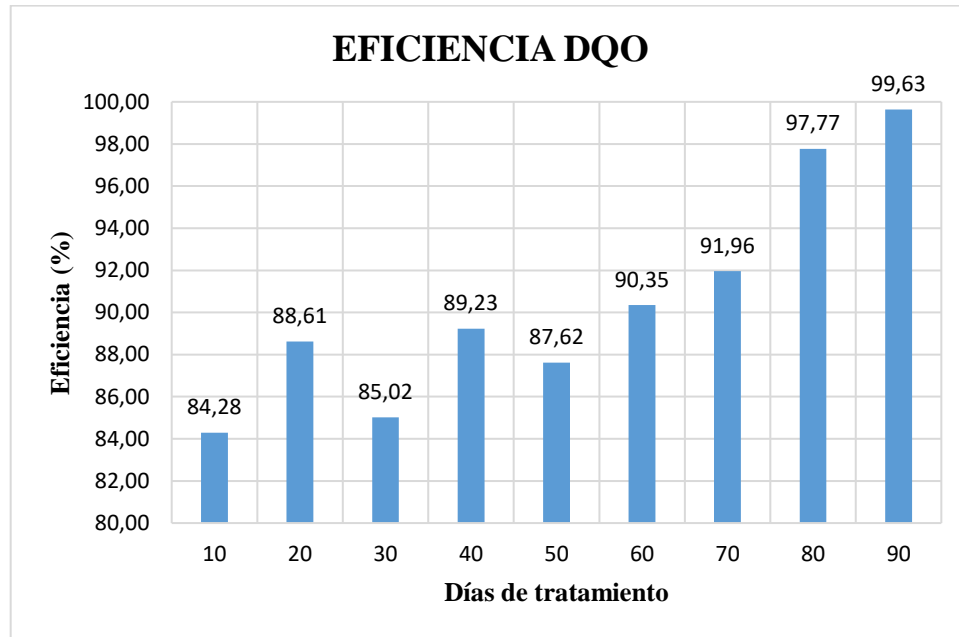


Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Como se observa en el **Gráfico 10**, el resultado inicial del agua sin tratar es de 808 mg/l teniendo una cantidad mayor al Límite permisible TULSMA para alcantarillado público, que es de 500 mg/l; lo que indica que la descarga que se realiza contamina el medio ambiente al no degradar la materia orgánica dentro de un rango aceptable. Los resultados cambian drásticamente al aplicar un biofiltro de Carbón Activado, ya que a partir de los primeros 10 días de tratamiento se reducen de manera significativa; a los 30 días aumenta su valor dado que en situ se verificó que ese día se trabajó con un vehículo con mayor carga contaminante, los resultados se mantienen en un rango de disminución hasta llegar a los 90 días con un valor de 3 mg/l, lo que sugiere que el biofiltro reduce la contaminación, la materia orgánica se degrada antes que el agua residual sea descargada al alcantarillado y es eficaz en la disminución de la Demanda Química de Oxígeno

Cálculo de la Eficiencia del material para la Demanda Química de Oxígeno

Gráfico 11: Comportamiento de la eficiencia de la Demanda Química de Oxígeno en el proceso de filtración



Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

$$Eficiencia = \frac{M_i - M_f}{M_i} * 100$$

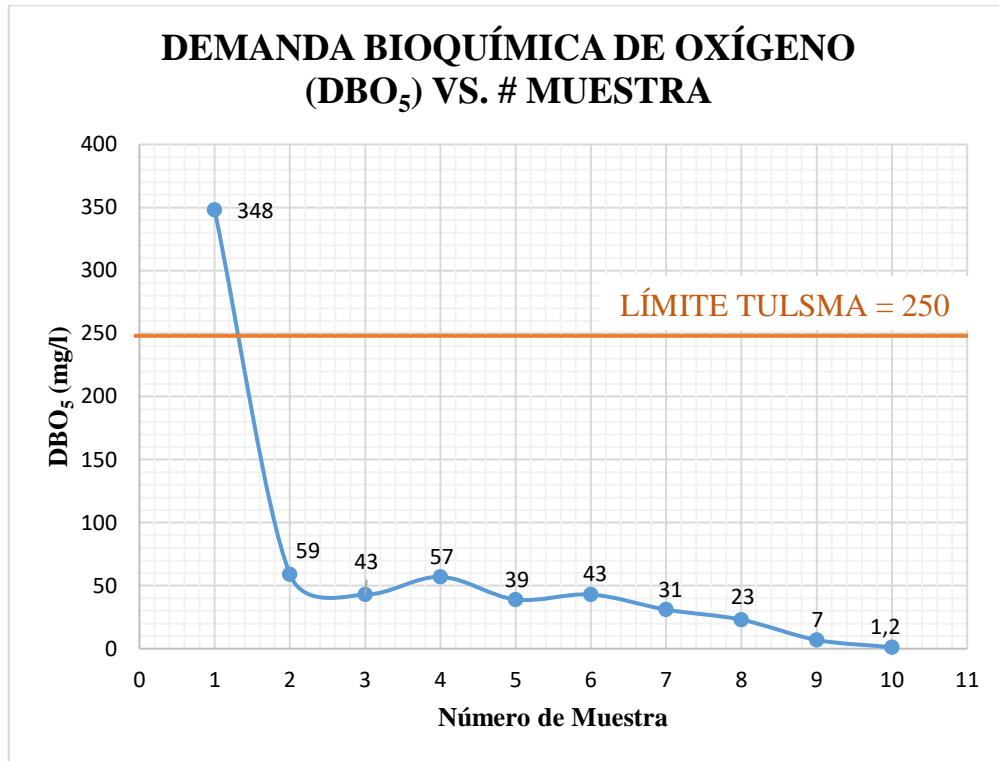
$$Eficiencia = \frac{808 - 3}{808} * 100$$

$$Eficiencia = 99.63\%$$

Como se muestra en el **Gráfico 11**, la eficacia en el parámetro de Demanda Química de Oxígeno del Carbón Activado ha mantenido en su mayoría una tendencia a incrementarse; llegando en su mayor punto al 99.63 %, lo que sugiere que este material es apto para utilizarse como biofiltro para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria del Lavado de vehículos.

4.2.3 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO₅)

Gráfico 12: Comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el proceso de filtración

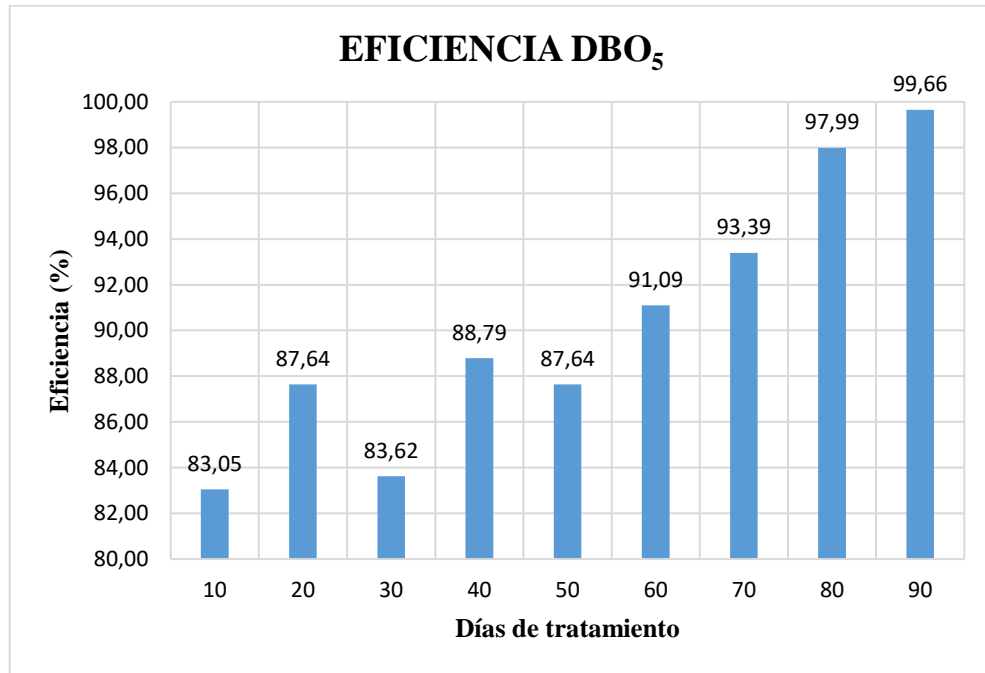


Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

Como se observa en el **Gráfico 12**, el resultado inicial del agua sin tratar es de 348 mg/l teniendo una cantidad mayor al Límite permisible TULSMA para alcantarillado público, que es de 250 mg/l; lo que indica que la descarga que se realiza contamina el medio ambiente al ser este un parámetro cualitativo. Los resultados cambian drásticamente al aplicar un biofiltro de Carbón Activado, ya que a partir de los primeros 10 días de tratamiento se reducen de manera significativa; a los 30 días aumenta su valor dado que en situ se verificó que ese día se trabajó con un vehículo con mayor carga contaminante, los resultados se mantienen en un rango de disminución hasta llegar a los 90 días con un valor de 1.2 mg/l, lo que sugiere que el biofiltro reduce la contaminación, la materia orgánica se degrada antes que el agua residual sea descargada al alcantarillado y es eficaz en la disminución de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.

Cálculo de la Eficiencia del material para la Demanda Química de Oxígeno

Gráfico 13: Comportamiento de la eficiencia de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el proceso de filtración



Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

$$Eficiencia = \frac{M_i - M_f}{M_i} * 100$$

$$Eficiencia = \frac{348 - 1.2}{348} * 100$$

$$Eficiencia = 99.66\%$$

Como se muestra en el **Gráfico 13**, la eficacia en el parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno del Carbón Activado ha mantenido en su mayoría una tendencia a incrementarse; llegando en su mayor punto al 99.66 %, lo que sugiere que este material es apto para utilizarse como biofiltro para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria del Lavado de vehículos.

4.3 ANÁLISIS CRÍTICO

El Carbón Activado al ser un material considerado como adsorbente universal mostró características adecuadas para ser utilizado como biofiltro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de lavadoras y lubricadoras de autos. Pese a no existir estudios previos de este material en este tipo de aguas, los resultados obtenidos fueron favorables; en cuanto al ámbito visual y al monitoreo diario, se destaca la mejora al mostrar un cambio significativo de apariencia turbia a un agua clara.

En la aplicación como filtro en la Lavadora y Lubricadora “Heredia” el biofiltro mostró resultados positivos ya que disminuyó los niveles de contaminación hasta obtener valores de 3 mg/l en el DQO, 1.2 mg/l en DBO₅ y 0.35 mg/l en Aceites y grasas; mismos que son valores permisibles por el TULSMA; además con el paso del tiempo en la filtración del agua la eficacia de este material fue en aumento hasta llegar a porcentajes mayores al 99% sugiriendo que es apto para la aplicación en este tipo de aguas antes de la descarga al alcantarillado público.

En el Manual del Carbón Activado de la Universidad de Sevilla se ha realizado un análisis detallado de este material y sus características; en cuanto al tratamiento de aguas residuales se resalta la eficacia para atrapar contaminantes en sus paredes; según E. Ocampo, I. Rodríguez, A. Rebollar y H. Sánchez el carbón activado muestra resultados positivos en la reducción de contaminantes al ser parte de un filtro para aguas residuales del lavado doméstico; mientras que J. Rincón, S. Rincón, P. Guevara, D. Ballén, J. C. Morales, y N. Monroy destacan los resultados favorables de este material en la reducción de contaminantes, remoción de colorantes de hasta un 70% y adsorción de químicos. Basado en los resultados de estos estudios, además de los de la investigación en la Lavadora y Lubricadora, nos sugieren que este material es apto no sólo para la aplicación en el agua residual de esta industria sino para distintos tipos de aguas residuales que contaminan el medio ambiente.

4.4 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Se verifica la Hipótesis Alternativa (H_1) debido a que como se muestra en la **Tabla 29** se produce la disminución de los parámetros de Aceites y grasas, Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno hasta los rangos permisibles por el TULSMA para los Límites de Descargas de Efluentes hacia el Alcantarillado Público; de la siguiente manera:

Tabla 29: Comparación de Parámetros de Concentración con los Límites TULSMA

| PARÁMETRO | VALOR INICIAL | VALOR FINAL | LÍMITE TULSMA |
|------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| Aceites y grasas | 232 mg/l | 0.35 mg/l | 70 mg/l |
| DQO | 808 mg/l | 3 mg/l | 500 mg/l |
| DBO5 | 348 mg/l | 1.2 mg/l | 250 mg/l |

Elaborado por: Katherine Daniela Avalos Rodríguez

CAPÍTULO V - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La infraestructura de la Lavadora y Lubricadora de autos “Heredia”, muestra 3 rampas conectadas por tuberías para el lavado de vehículos, cuarto de máquinas e instalaciones como se muestra en el Anexo 1, lo que permite constatar que la industria no cuenta con sistemas de tratamiento antes de la descarga al alcantarillado público
- Los caudales de entrada y de salida son en promedio de 8.80 m³/día y 9.00 m³/día respectivamente; la industria lava 19 vehículos/día, por lo que se ocupan 0.474 m³/vehículo.
- El comportamiento del parámetro Aceites y Grasas durante el proceso de filtración fue satisfactorio, mostrando valores comprendidos entre 232mg/l desde el primer análisis hasta 0.35 mg/l al finalizar el proceso de filtración, cumpliendo con el límite de 70 mg/l propuesto por el TULSMA; además se obtuvo una eficiencia de 99.85%. En cuanto a la Demanda Química de Oxígeno (DQO), el comportamiento de esta característica de biodegradabilidad durante el proceso de filtración también fue satisfactorio, mostrando valores comprendidos entre 808 mg/l desde el primer análisis hasta 3 mg/l al finalizar el proceso, estando dentro del límite de 500 mg/l propuesto por el TULSMA; con una eficiencia de 99.63%. Y el comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), durante el proceso de filtración indicó valores entre 348 mg/l en el primer análisis reduciéndose a 1.2 mg/l al finalizar la filtración, cumpliendo con el límite de 250 mg/l propuesto por el TULSMA; además de indicar una eficiencia de 99.66%.
- Durante el proceso de filtración y hasta su culminación, se determinó que el carbón activado es un material que permite retener microorganismos existentes en las aguas residuales provenientes en Lavadoras y Lubricadoras de autos, sugiriendo que es apto

para reducir niveles de contaminación en parámetros de Aceites y grasas, DQO y DBO₅ en este tipo de aguas, puesto que llega a límites aceptables.

5.2 RECOMENDACIONES

- Es fundamental realizar el lavado del tanque de almacenamiento del agua residual, esto ayudara a que no exista taponamientos en el paso del agua hacia el filtro.
- Tener un medidor propio para la industria para evaluar con mayor eficacia si existen pérdidas o fugas.
- Para obtener información que contribuya al tema es recomendable basarse en investigaciones técnicas confiables.
- Utilizar el carbón activado para el pre-tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria de lavado de vehículos.

BIBLIOGRAFÍA

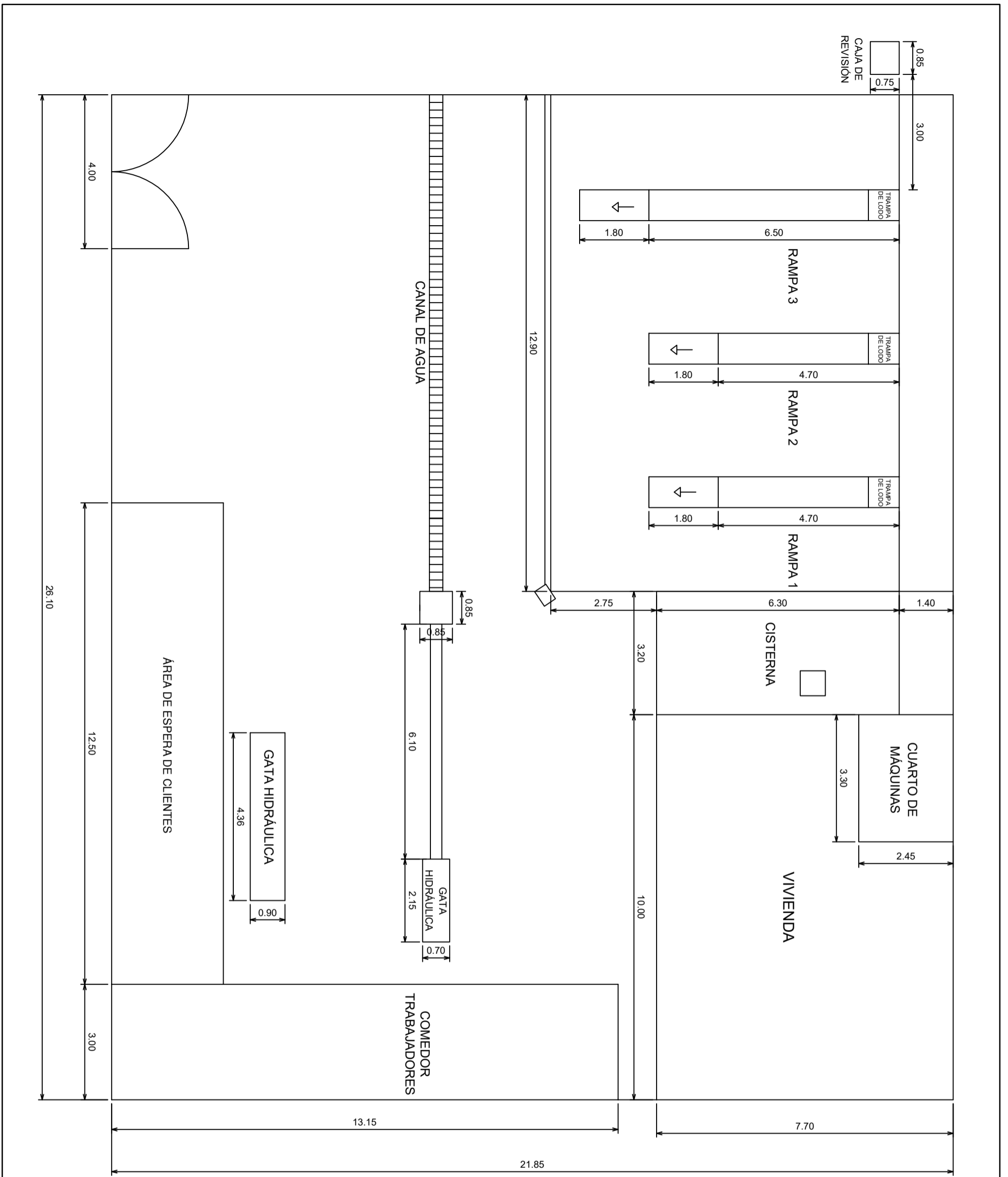
- [1] B. Sizirici, “Water and wastewater treatment: biological processes,” pp. 406–428, 2012.
- [2] S. A. Kiran, G. Arthanareeswaran, Y. L. Thuyavan, and A. F. Ismail, “Ecotoxicology and Environmental Safety Influence of bentonite in polymer membranes for effective treatment of car wash effluent to protect the ecosystem,” pp. 1–7, 2015.
- [3] F. Thalasso, “Biofiltración : tratamiento biológico de aire contaminado,” no. September 2002, 2015.
- [4] L. Arango, “La biofiltración , una alternativa para la potabilización del agua,” *Lasallista*, 2004.
- [5] B. Xie, S. B. Liang, Y. Tang, W. X. Mi, and Y. Xu, “Bioresource Technology Petrochemical wastewater odor treatment by biofiltration,” *Bioresour. Technol.*, vol. 100, no. 7, pp. 2204–2209, 2009.
- [6] A. S. Ruhl, F. Zietzschmann, I. Hilbrandt, F. Meinel, J. Altmann, A. Sperlich, and M. Jekel, “Targeted testing of activated carbons for advanced wastewater treatment,” *Chem. Eng. J.*, vol. 257, pp. 184–190, 2014.
- [7] J. Rincón, S. Rincón, P. Guevara, D. Ballén, J. C. Morales, and N. Monroy, “Producción de carbón activado mediante métodos físicos a partir de carbón de El Cerrejón y su aplicación en el tratamiento de aguas residuales provenientes de tintorerías,” vol. 39, no. 151, pp. 171–175, 2015.
- [8] R. Durán, “Manual de Educación Ambiental para el manejo adecuado de los aceites usados en la ciudad de Riobamba,” 2013.
- [9] L. Garcés, E. Mejía, and J. Santamaría, “La fotocatalisis como alternativa para el tratamiento de aguas residuales,” *Rev. Lasallista Investig.*, vol. 1, no. 1, pp. 83–

92, 2003.

- [10] K. Reynolds, “Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica Identificación del Problema,” *La Llave*, p. 4, 2002.
- [11] F. Márquez and F. Pocuna, “Análisis de los desechos sólidos y líquidos que generan las lavadoras de automóviles y su incidencia en el medio ambiente en el cantón Milagro,” 2015.
- [12] V. y D. T. Ministerio de Ambiente, *Producción más limpia y Buenas Prácticas Ambientales: Lavado de Automotores*. .
- [13] E. Ocampo, I. Rodríguez, A. Rebollar, and H. Sánchez, “Diseño de un filtro para el tratamiento y reutilización del agua proveniente del lavado doméstico,” 2013.
- [14] J. Guasumba, “Estudio para la implementación de una Lavadora Ecológica de autos con tratamiento de lodos aceitosos residuales en la Escuela Politécnica del Ejército,” 2012.
- [15] Universidad de Sevilla, *Manual del Carbón Activo*. 2009.
- [16] W. J. Lau, A. F. Ismail, and S. Firdaus, “Car wash industry in Malaysia : Treatment of car wash effluent using ultrafiltration and nanofiltration membranes,” *Sep. Purif. Technol.*, vol. 104, pp. 26–31, 2013.
- [17] I. Metcalf & Eddy, “Ingeniería en Aguas Residuales . Tratamiento, Vertido y Reutilización.” pp. 54–55, 1995.
- [18] J. Romero, *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño*. 2004.
- [19] Ministerio del Ambiente, *Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente*. 2010.
- [20] Y. Yurekli, M. Yildirim, L. Aydin, and M. Savran, “Filtration and Removal Performances of Membrane Adsorbers,” *J. Hazard. Mater.*, 2017.

- [21] M. A. Garzón-Zúñiga, G. Buelna, and G. E. Moeller-Chávez, “La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias,” *Tecnol. y Ciencias del Agua*, vol. 3, no. 3, pp. 155–156, 2012.
- [22] C. Ramirez, “El Carbón Activado para el tratamiento del agua,” Universidad de Sonora, México, 2009.
- [23] J. P. Huerta, “Inferencia estadística y aproximación al valor p . Parte I,” *Rev. Española Podol.*, vol. 27, no. 1, pp. 42–44, 2016.
- [24] J. P. Huerta, “Inferencia estadística y aproximación al valor p . Parte II,” *Rev. Española Podol.*, vol. 27, no. 2, pp. 86–87, 2016.
- [25] L. Herrera, A. Medina, and G. Naranjo, *Tutoría de la Investigación Científica*. 2004.
- [26] Schaum and McGraw, “Mecánica de los Fluidos e Hidráulica,” 1994.
- [27] Chernicharo de Lemos, *Manual de Agua Potable , Alcantarillado y Saneamiento Manual de Agua Potable , Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Plantas de Tratamiento*. 2007.
- [28] A. Arce, C. Calderón, and A. Tomasini, *Fundamentos Técnicos para el Muestreo y Análisis de Aguas Residuales*. 2002.

ANEXO 1



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

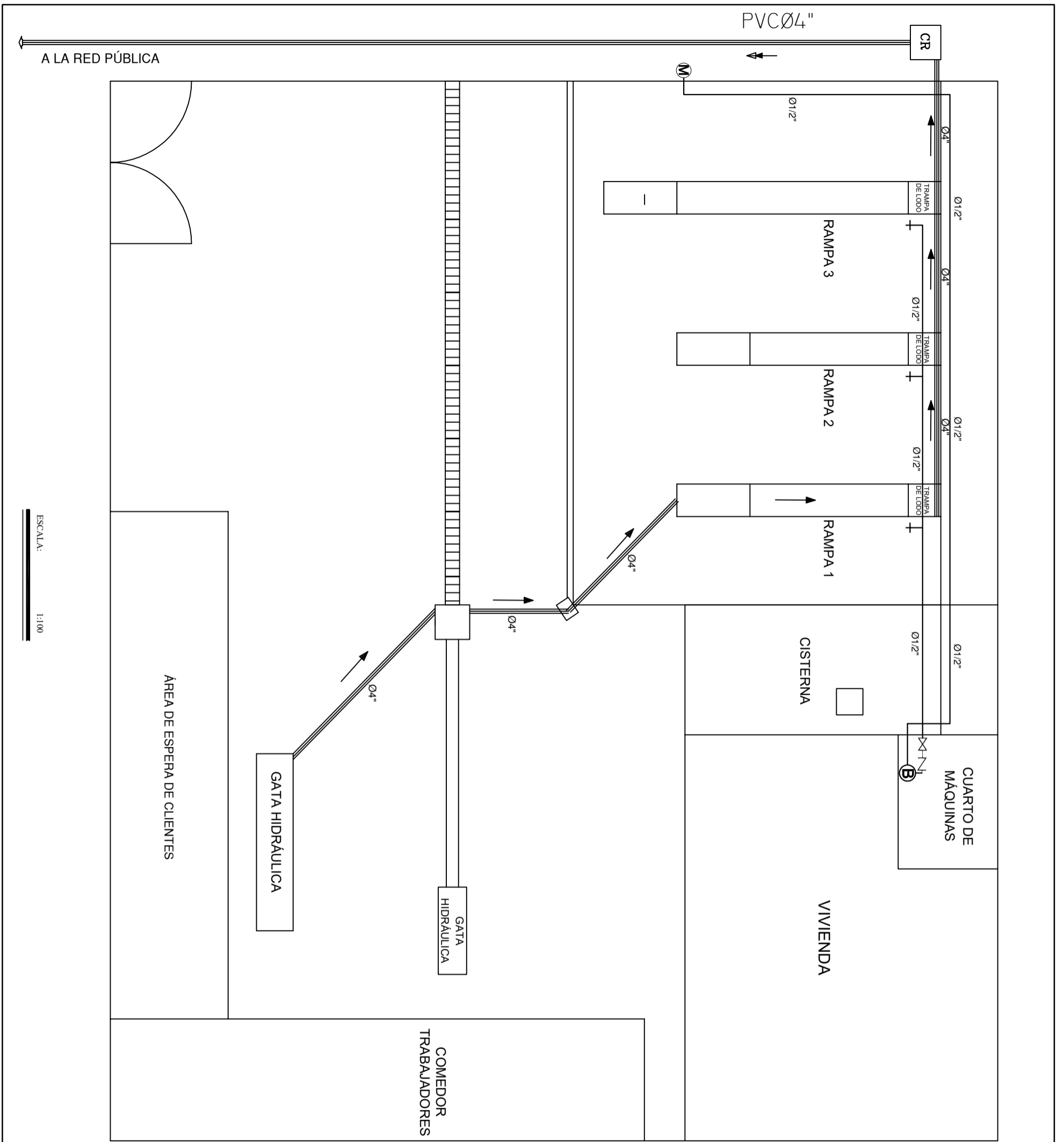
Tema:
 ANÁLISIS DE CARBÓN ACTIVADO COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA LAVADORA Y LUBRICADORA DE AUTOS "HEREDIA" DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA

Contenido:
 PLANIMETRÍA LAVADORA Y LUBRICADORA "HEREDIA"

Dibujo:
 KATHERINE AVALOS
Fecha:
 SEPTIEMBRE - 2017

PLANO:
 1 de 2

ESCALA:
 1:100



A LA RED PÚBLICA

PVC Ø4"

CR

Ø1/2"

Ø1/2"

Ø4"

TRAMPA DE LODO

RAMPA 3

Ø1/2"

TRAMPA DE LODO

RAMPA 2

Ø1/2"

TRAMPA DE LODO

RAMPA 1

Ø1/2"

Ø1/2"

CISTERNA

CUARTO DE MÁQUINAS

B

VIVIENDA

COMEDOR TRABAJADORES

ÁREA DE ESPERA DE CLIENTES

GATA HIDRÁULICA

GATA HIDRÁULICA

ESCALA: 1:100

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

Tema:
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

Contenido: INSTALACIONES HIDROSANITARIAS LAVADORA Y LUBRICADORA "HEREDIA"

Dibujo: KATHERINE AVALOS
Fecha: SEPTIEMBRE - 2017

PLANO: 2 de 2

INSTALACIONES HIDROSANITARIAS

SÍMBOLO DESCRIPCIÓN

Agua Potable

| | |
|-----|-----------------------------------|
| (M) | Medidor o contador de agua Ø 1/2" |
| (B) | Bomba centrífuga de 10 HP |
| ~ | Válvula check |
| ∩ | Válvula de compuerta |
| — | Tubería de agua potable PVC/R |
| — | Punto de agua fría |

Aguas Servidas

| | |
|-----|------------------------------------|
| CR1 | Caja de revisión de 0.60x0.60x0.60 |
| — | Tubería PVC |

ANEXO 2

Norit Electronic Version

Hoja técnica

Norit GCN 612 G

Norit GCN 612 G es un carbón activado por vapor, y producido a partir de cascara de coco. Especialmente seleccionado para la refinación en la industria alimentaria y sistemas de purificación de agua, donde se requiera un adsorbente de alta pureza. Una característica especial de este grado de carbón es el bajo contenido de finos o platelets, por lo que no requiere de preacondicionamiento y ofrece pocas pérdidas de producto.

ESPECIFICACIONES

| | | |
|--------------------------|----------|--------|
| Número de lodo | min. 950 | - |
| Dureza (método ball-pan) | min. 98 | - |
| Humedad (al empacar) | máx. 5 | mass-% |

CARACTERISTICAS GENERALES

| | | |
|-------------------------------------|---------|-------------------|
| Actividad, tetracloruro de carbono | 60 | g/100 g |
| Densidad aparente | 500 | kg/m ³ |
| Contenido de platelets | 2 | mass-% |
| Tamaño de partícula > 3.35 mm. | 2 | mass-% |
| Tamaño de partícula 2.36 - 3.35 mm. | 50 - 70 | mass-% |
| Tamaño de partícula 1.7 - 2.36 mm. | 20 - 40 | mass-% |
| Tamaño de partícula < 1.70 mm. | 3 | mass-% |
| Cenizas | 3 | mass-% |



Document No

GCN6G

Product / Application

Carbón activado granular

Version

19 Mayo 2011

Norit Nederland BV

Nijverheidsweg-Noord 72
3812 PM, Amerstort
P.O. Box 105
3800 AC, Amerstort
The Netherlands

T +31 33 46 48 911
F +31 33 46 17 429
E sales@norit.com
I www.norit-ac.com

Norit

leading in purification

Activated Carbon

NOTAS

1. Todos los análisis se efectúan de acuerdo a los Norit Standard Test Methods (NSTM).
2. Las especificaciones son valores garantizados basados en un control de calidad lote a lote, cuyo procedimiento se encuentra detallado y cubierto en la certificación ISO 9001:2000 de Norit.
3. Las características generales reflejan los valores promedio de la calidad del producto.

EMPAQUE

El carbón activado granular Norit GCN 612 G está disponible en las siguientes presentaciones:

- Sacos de yute con 25 kg. de contenido neto, 40 sacos por pallet.
- Bultos con 500 kg. de contenido neto, un bulto por pallet.

La disponibilidad del producto depende del tipo de empaque solicitado.

ANEXO 3



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Katherine Avalos **INFORME N°** 087- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 087-17
DIRECCIÓN: Av. Leopoldo Freire y Washington
FECHA DE RECEPCIÓN: 23 - 06 -17
TELÉFONO: 0984235525 **FECHA DE INFORME:** 03 - 07- 17
NÚMERO DE MUESTRAS: 2, Agua residual lavadora de autos, Lavadora Heredia, Riobamba **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN:
 MA - 216-17 Muestra 1 Agua sin tratar Agua
 MA - 217-17 Muestra 2 Agua tratada a los 10 días Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 216-17

| PARÁMETROS | UNIDADES | MÉTODO/PROCEDIMIENTO | RESULTADO | U(K=2) | FECHA DE ANÁLISIS |
|--------------------|----------|----------------------------------|-----------|--------|-------------------|
| * Aceites y grasas | mg/l | EPA 418.1 | 232 | N/A | 23 - 06 -17 |
| DQO | mg/l | STANDARD METHODS 5220 - D mod | 808 | N/A | 23 - 06 -17 |
| * DBO5 | mg O2/l | STANDARD METHODS 5210 - B | 348 | N/A | 23 - 06 -17 |

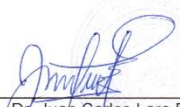
MA - 217-17

| PARÁMETROS | UNIDADES | MÉTODO/PROCEDIMIENTO | RESULTADO | U(K=2) | FECHA DE ANÁLISIS |
|--------------------|----------|----------------------------------|-----------|--------|-------------------|
| * Aceites y grasas | mg/l | EPA 418.1 | 30 | N/A | 23 - 06 -17 |
| DQO | mg/l | STANDARD METHODS 5220 - D mod | 127 | N/A | 23 - 06 -17 |
| * DBO5 | mg O2/l | STANDARD METHODS 5210 - B | 59 | N/A | 23 - 06 -17 |

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara
 Benito Mendoza T., Ph.D.


 Dr. Juan Carlos Lara R.
 TÉCNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Katherine Avalos **INFORME Nº** 120-17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **Nº SE:** 120-17
DIRECCIÓN: Av. Leopoldo Freire y Washington
FECHA DE RECEPCIÓN: 03 - 07 -17
TELÉFONO: 0984235525 **FECHA DE INFORME:** 10 - 07- 17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual lavadora de autos, Lavadora Heredia, Riobamba **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA - 264-17 Agua residual tratada 20 días Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 264-17

| PARÁMETROS | UNIDADES | MÉTODO/PROCEDIMIENTO | RESULTADO | U(K=2) | FECHA DE ANÁLISIS |
|--------------------|----------|-------------------------------|-----------|--------|-------------------|
| * Aceites y grasas | mg/l | EPA 418.1 | 26 | N/A | 03 - 07 -17 |
| DQO | mg/l | STANDARD METHODS 5220 - D mod | 92 | N/A | 03 - 07 -17 |
| * DBO5 | mg O2/l | STANDARD METHODS 5210 - B | 43 | N/A | 03 - 07 -17 |

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara
Benito Mendoza T., Ph.D.

Dr. Juan Carlos Lara R. V.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Katherine Avalos **INFORME N°** 130- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 130-17
DIRECCIÓN: Av. Leopoldo Freire y Washington
FECHA DE RECEPCIÓN: 13 - 07 -17
TELÉFONO: 0984235525 **FECHA DE INFORME:** 20 - 07 - 17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual lavadora de autos, Lavadora Heredia, Riobamba **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA - 275-17 Muestra 4. Agua residual tratada 30 días Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 275-17

| PARÁMETROS | UNIDADES | MÉTODO/PROCEDIMIENTO | RESULTADO | U(K=2) | FECHA DE ANÁLISIS |
|--------------------|----------|-------------------------------|-----------|--------|-------------------|
| * Aceites y grasas | mg/l | EPA 418.1 | 34 | N/A | 13- 07 -17 |
| DQO | mg/l | STANDARD METHODS 5220 - D mod | 121 | N/A | 13- 07 -17 |
| * DBO5 | mg O2/l | STANDARD METHODS 5210 - B | 57 | N/A | 13- 07 -17 |

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara
 Benito Mendoza T., Ph.D.


 Dr. Juan Carlos Lara R.
 TÉCNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Katherine Avalos **INFORME Nº** 150- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **Nº SE:** 150-17
DIRECCIÓN: Av. Leopoldo Freire y Washington

TELÉFONO: 0984235525 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 24 - 07 -17
FECHA DE INFORME: 31 -07- 17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual lavadora de autos, Lavadora Heredia, Riobamba **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA - 308-17 Muestra No.5 Agua residual tratada 40 días Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 308-17

| PARÁMETROS | UNIDADES | MÉTODO/PROCEDIMIENTO | RESULTADO | U(K=2) | FECHA DE ANÁLISIS |
|--------------------|----------|----------------------------------|-----------|--------|-------------------|
| * Aceites y grasas | mg/l | EPA 418.1 | 28 | N/A | 24 - 07 -17 |
| DQO | mg/l | STANDARD METHODS 5220 - D mod | 87 | N/A | 24 - 07 -17 |
| * DBO5 | mg O2/l | STANDARD METHODS 5210 - B | 39 | N/A | 24 - 07 -17 |

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara
 Benito Mendoza T., Ph.D.


 Dr. Juan Carlos Lara R.
 TÉCNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Nº SE:156-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Katherine Avalos

INFORME Nº 156- 17

EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato

Nº SE: 156-17

DIRECCIÓN: Av. Leopoldo Freire y Washington

FECHA DE RECEPCIÓN: 02 - 08 -17

TELÉFONO: 0984235525

FECHA DE INFORME: 09 - 08 - 17

NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual lavadora de autos, Lavadora Heredia, Riobamba

TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN:

MA - 303-17

Muestra No.6 Agua residual tratada 50 días

Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 303-17

| PARÁMETROS | UNIDADES | MÉTODO/PROCEDIMIENTO | RESULTADO | U(K=2) | FECHA DE ANÁLISIS |
|--------------------|----------|----------------------------------|-----------|--------|-------------------|
| * Aceites y grasas | mg/l | EPA 418.1 | 22 | N/A | 02 - 08 -17 |
| DQO | mg/l | STANDARD METHODS 5220 - D mod | 100 | N/A | 02 - 08 -17 |
| * DBO5 | mg O2/l | STANDARD METHODS 5210 - B | 43 | N/A | 02 - 08 -17 |

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara
Benito Mendoza T., Ph.D.



Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 1

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.



N° SE:176-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Katherine Avalos **INFORME N°** 176- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 176-17
DIRECCIÓN: Av. Leopoldo Freire y Washington
FECHA DE RECEPCIÓN: 14 - 08 -17
TELÉFONO: 0984235525 **FECHA DE INFORME:** 23 - 08- 17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1
TIPO DE MUESTRA: Agua residual lavadora de autos, Lavadora Heredia, Riobamba
IDENTIFICACIÓN: MA - 316-17 Muestra No.7 Agua residual tratada 60 días Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 316-17

| PARÁMETROS | UNIDADES | MÉTODO/PROCEDIMIENTO | RESULTADO | U(K=2) | FECHA DE ANÁLISIS |
|--------------------|----------|-------------------------------|-----------|--------|-------------------|
| * Aceites y grasas | mg/l | EPA 418.1 | 2,1 | N/A | 14 - 08 -17 |
| DQO | mg/l | STANDARD METHODS 5220 - D mod | 78 | N/A | 14 - 08 -17 |
| * DBO5 | mg O2/l | STANDARD METHODS 5210 - B | 31 | N/A | 14 - 08 -17 |

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara
 Benito Mendoza T., Ph.D.


 Dr. Juan Carlos Lara R.
 TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Katherine Avalos **INFORME N°** 197- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 197-17
DIRECCIÓN: Av. Leopoldo Freire y Washington

TELÉFONO: 0984235525 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 22 - 08 -17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1 **FECHA DE INFORME:** 29 - 08- 17
TIPO DE MUESTRA: Agua residual lavadora de autos, Lavadora Heredia, Riobamba
IDENTIFICACIÓN: MA - 335-17 Muestra No.8 Agua residual tratada 70 días

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 335-17

| PARÁMETROS | UNIDADES | MÉTODO/PROCEDIMIENTO | RESULTADO | U(K=2) | FECHA DE ANÁLISIS |
|--------------------|----------|-------------------------------|-----------|--------|-------------------|
| * Aceites y grasas | mg/l | EPA 418.1 | 0.65 | N/A | 22 - 08 -17 |
| DQO | mg/l | STANDARD METHODS 5220 - D mod | 65 | N/A | 22 - 08 -17 |
| * DBO5 | mg O2/l | STANDARD METHODS 5210 - B | 23 | N/A | 22 - 08 -17 |

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara
 Benito Mendoza T., Ph.D.


 Dr. Juan Carlos Lara R.
 TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE 213-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Katherine Avalos **INFORME N°** 213- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato **N° SE:** 213-17
DIRECCIÓN: Av. Leopoldo Freire y Washington

TELÉFONO: 0984235525 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 01 - 09 -17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1 **FECHA DE INFORME:** 08 - 09- 17

TIPO DE MUESTRA: Agua residual lavadora de autos, Lavadora Heredia, Riobamba

IDENTIFICACIÓN: MA - 354-17 Muestra No.9 Agua residual tratada 80 días

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 354-17

| PARÁMETROS | UNIDADES | MÉTODO/PROCEDIMIENTO | RESULTADO | U(K=2) | FECHA DE ANÁLISIS |
|--------------------|----------|-------------------------------|-----------|--------|-------------------|
| * Aceites y grasas | mg/l | EPA 418.1 | 0,74 | N/A | 01 - 09 -17 |
| DQO | mg/l | STANDARD METHODS 5220 - D mod | 18 | N/A | 01 - 09 -17 |
| * DBO5 | mg O2/l | STANDARD METHODS 5210 - B | 7 | N/A | 01 - 09 -17 |

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara
Benito Mendoza T., Ph.D.


 Dr. Juan Carlos Lara R.
 TÉCNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Katherine Avalos INFORME N° 224- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato N° SE: 224-17
DIRECCIÓN: Av. Leopoldo Freire y Washington

TELÉFONO: 0984235525 FECHA DE RECEPCIÓN: 11 - 09 -17
FECHA DE INFORME: 18 - 09- 17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1
TIPO DE MUESTRA: Agua residual lavadora de autos, Lavadora Heredia, Riobamba
IDENTIFICACIÓN: MA - 354-17 Muestra No.10 Agua residual tratada 90 días

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 354-17

Table with 6 columns: PARÁMETROS, UNIDADES, MÉTODO/PROCEDIMIENTO, RESULTADO, U(K=2), FECHA DE ANÁLISIS. Rows include Aceites y grasas, DQO, and DBO5.

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21° EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21° EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara
Benito Mendoza T., Ph.D.

Signature and official stamp of Dr. Juan Carlos Lara R., TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizad(a)s.
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

ANEXO 4

ANEXO FOTOGRÁFICO



Tanque de 55 galones utilizado para tomar la muestra de agua diaria



Guardamovil utilizado para la realización del filtro



Carbón activado utilizado como material filtrante



Bandeja metálica para la repartición del agua en el filtro

ANEXO FOTOGRÁFICO



**Lavadora y Lubricadora de Autos
“Heredia”**

**Filtro implementado en la Lavadora
de autos**



**Recolección de la muestra diaria de
agua residual de la industria**



**Filtración del agua residual de la
lavadora**

ANEXO FOTOGRÁFICO



Ejemplo de agua recolectada una vez filtrada.



Ejemplo muestreo para laboratorio