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:

DETERMINACIÓN DE PROCESOS DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE LAVADORAS DE CARROS EN EL CANTÓN AMBATO.

AUTOR: Christian Santiago Castro Mejía
TUTOR: Ing. Mg. Fabián Morales Fiallos

AMBATO – ECUADOR

2018

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Mg. Fabián Morales Fiallos certifico que el presente Informe del Trabajo Experimental "**DETERMINACIÓN DE PROCESOS DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE LAVADORAS DE CARROS EN EL CANTÓN AMBATO**", UBICADA EN LA CUIDAD AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA" realizado por el Sr. Christian Santiago Castro Mejía, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédita.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ambato, Octubre del 2018

Ing. Mg. Fabián Morales Fiallos

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, Christian Santiago Castro Mejía, con C.I. 180391493-4 egresado de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil, por medio del presente, certifico que el siguiente proyecto de investigación: "**DETERMINACIÓN DE PROCESOS DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE LAVADORAS DE CARROS EN EL CANTÓN AMBATO**", es de mi completa autoría.

Ambato, Octubre del 2018

Christian Santiago Castro Mejía

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi trabajo experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este trabajo dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Octubre del 2018

Christian Santiago Castro Mejía

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de calificación de grado aprueban el Trabajo Experimental: "**DETERMINACIÓN DE PROCESOS DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE LAVADORAS DE CARROS EN EL CANTÓN AMBATO**", realizado por el Sr. Christian Santiago Castro Mejía, egresado de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil.

Para constancia firman:

……

Ing. MSc. Eduardo Paredes Beltrán

PROFESOR CALIFICADOR

……

Ing.Mg. Lenin Maldonado

PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

El presente trabajo quiero dedicarle a Dios quien me ha dado la fortaleza necesaria para cumplir uno de mis objetivos planificados en mi vida, quien nunca me ha desamparado en los malos momentos que he pasado, y quien me va a guiar toda la vida por el camino del bien y del éxito.

A mis padres Ramiro y Gladys por darme todo el apoyo necesario y sobre todo enseñarme a ser un hombre honesto, puntual, responsable y humilde.

A mis hermanos Alex y Evelyn por ser mi ejemplo fundamental de lucha y perseverancia para lograr todo lo que me propongo en la vida.

A Daniela por ser una persona muy importante en mi vida, por comprenderme, soportarme, corregirme en las cosas que hago mal y sobre todo por darme mucho amor.

A mi mejor amigo Jonathan por darme muchos consejos que me han servido a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, mi familia y amigos por ser el pilar fundamental en mi vida.

Agradezco a mis profesores por brindarme todo su conocimiento y experiencia que me va a servir a lo largo de mi carrera profesional.

Agradezco a mi tutor el Ing. Fabián Morales por brindarme su conocimiento y su tiempo para poder cumplir este proyecto.

Agradezco a la PhD. Diana Coello por su paciencia, su conocimiento y todo el tiempo necesario para cumplir mi objetivo.

Agradezco a Verónica Merino ayudante de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato por brindarme todas las facilidades para la culminación de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA I
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR II
AUTORÍA DEL TRABAJO III
DERECHOS DE AUTOR IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO V
DEDICATORIA VI
AGRADECIMIENTO VII
ÍNDICE GENERAL VIII
RESUMEN EJECUTIVO XIV
SUMMARY XV
CAPITULO I 1
1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. JUSTIFICACIÓN 1
1.2. ANTECEDENTES 2
1.3. OBJETIVOS 6
CAPITULO II 8
2. MARCO TEÓRICO 8
2.1. CONTAMINACIÓN DEL AGUA RESIDUAL 8
2.1.1. AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA 9
2.1.2. AGUAS LLUVIAS 9
2.1.3. AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL 9
2.2. MÉTODOS PARA LA OBTENCIÓN DEL CAUDAL EN CAMPO 12
2.3. PARÁMETROS DE CONTROL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES 14
2.3.1. ACEITES Y GRASAS 14
2.3.2. SÓLIDOS SEDIMENTABLES 14
2.3.3. SÓLIDOS SUSPENDIDOS 15
2.3.4. SÓLIDOS TOTALES 15
2.3.5. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO A LOS 5 DÍAS (DBO_5) 15
2.3.6. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) 16
2.4. RELACIÓN DE LA BIODEGRADABILIDAD 16

2.5. TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES 17
2.5.1. CRIBAS 17
2.5.2. DESARENADORES 17
2.5.3. FLOTACIÓN 18
2.5.4. LODOS ACTIVADOS 19
2.5.5. AIREACIÓN 22
2.5.6. SEDIMENTACIÓN 22
2.5.7. FILTRACIÓN 24
2.5.8. BIODISCOS 26
2.5.9. COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN 26
2.5.10. TRATAMIENTOS ACUÁTICOS 27
2.6. ETAPAS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES 31
2.7. HIPÓTESIS 32
2.8. SENALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS 32
CAPITULO III 33
3. METODOLOGÍA 33
3.1. NIVELES O TIPOS DE INVESTIGACIÓN 33
3.2. POBLACION Y MUESTRA 33
3.3. OPERAZIONALIZACIÓN DE VARIABLES 33
3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE 33
3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE 34
3.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN 35
3.5. CARACTERIZACIÓN DE LAS LAVADORAS EN ESTUDIO 36
3.6. DETERMINACIÓN DE CAUDALES MEDIANTE INVESTIGACION DE CAMPO 37
3.7. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE AGUAS RESIDUALES DE 10 LAVADORAS EN ESTUDIO 39
3.7.1. MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES 39
3.7.2. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) 40
3.7.3. SÓLIDOS SEDIMENTABLES. 41
3.7.4. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES. 42
3.7.5. ACEITES Y GRASAS 43
CAPITULO IV 45
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS 45
4.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS LAVADORAS 45
4.1.1. DISTRIBUCIÓN DE LOS AMBIENTES DE LAS LAVADORAS DE CARROS 47
4.2. CAUDALES DE ENTRADA Y SALIDA 49

4.2.1. ANÁLISIS DE CONSUMO DE AGUA 50
4.2.2. DETERMINACIÓN ESTADÍSTICA DEL VOLUMEN DE LAVADO POR VEHÍCULO. 52
4.2.3. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO 54
4.3. PARAMETROS FÍSICO-QUÍMICOS 56
4.3.1. ACEITES Y GRASAS 59
4.3.2. SÓLIDOS PRESENTES EN LAS AGUAS RESIDUALES 59
4.3.3 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) Y DEMANDA BIOQUÍMCA DE OXÍGENO (DBO_5)..... 60
4.3.4. RELACIÓN DE LA BIODEGRADABILIDAD 61
4.4. PROCESOS DE TRATAMIENTO DE LAVADORAS DE CARROS 62
4.5. ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES 67
4.6. DIAGRAMAS DE PROCESOS DE CADA ESTABLECIMIENTO. 68
4.7. VERIFICACIÓN DE LA HIPOTESIS 70
CAPITULO V 71
5.1. CONCLUSIONES 71
5.2. RECOMENDACIONES 72
BIBLIOGRAFÍA 73
ANEXOS 77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Productos utilizados en el proceso de lavado 10
Tabla 2. Métodos para la obtención del caudal en campo 13
Tabla 3. Tipos de sedimentación y su propósito 23
Tabla 4. Coagulantes y Floculantes más utilizados 27
Tabla 5. Etapas de un proceso de tratamiento de aguas residuales 31
Tabla 6. Operacionalización de la variable independiente 34
Tabla 7. Operacionalización de la variable dependiente 34
Tabla 8. Recolección de información 35
Tabla 9. Ubicación geográfica de las lavadoras en estudio 37
Tabla 10. Día de recolección de las muestras en las lavadoras 39
Tabla 11. Descripción de las lavadoras en estudio 45
Tabla 12. Descripción de los procesos realizados en las lavadoras de carros. 46
Tabla 13. Determinación de caudales mediante cálculos matemáticos simples..... 50
Tabla 14. Parámetros del comportamiento del volumen vs tiempo de los gráficos del ANEXO C. 51
Tabla 15. Volumen de agua de uso y de descarga de cada lavadora según lo 3 tipos de autos en estudio. 53
Tabla 16. Volúmenes máximos de salida por lavadora y tipo de vehículo 54
Tabla 17. Conteo de carros lavadora con mayor demanda 54
Tabla 18. Volumen máximo de la lavadora de mayor demanda 55
Tabla 19. Concentración de Aceites y Grasas 56
Tabla 20. Concentración Sólidos Suspendidos 57
Tabla 21. Concentración Sólidos Totales 57
Tabla 22. Concentración Sólidos Sedimentables 58
Tabla 23. Concentración DQO Y DBO_5 58
Tabla 24. Relación de la biodegradabilidad 61
Tabla 25. Procesos de tratamiento de aguas residuales de origen doméstico e industrial 63
Tabla 26. Análisis de los materiales filtrantes 65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clases de detergentes 11
Figura 2. Proceso de tratamiento de aguas residuales mediante el uso de una criba..... 17
Figura 3. Proceso de tratamiento de aguas residuales mediante el uso de un desarenador 18
Figura 4. Proceso de tratamiento de aguas residuales mediante el uso de flotación 19
Figura 5. Proceso convencional de lodos activados 20
Figura 6. Proceso convencional de Zanjón de oxidación 21
Figura 7. Proceso de tratamiento de aguas residuales mediante el uso de zanjones de oxidación 21
Figura 8. Proceso de tratamiento de aguas residuales mediante el uso de aireación..... 22
Figura 9. Tanque Imhoff..... 23
Figura 10. Tanque Séptico..... 24
Figura 11. Proceso de tratamiento de aguas residuales mediante el uso de un filtro 25
Figura 12. Proceso de tratamiento de aguas residuales mediante el uso de biodiscos ... 26
Figura 13. Planta acuática Jacinto de agua 28
Figura 14. Planta acuática Lenteja de agua 29
Figura 15. Planta acuática vellorita o primavera de agua..... 29
Figura 16. Planta acuática espadaña 30
Figura 17. Planta acuática hierba mala 30
Figura 18. Mapa de la ubicación de las lavadoras realizado en Google Earth. 36
Figura 19. Determinación de caudales de entrada y salida (a) Instalación del medidor en la tubería (b) método del balde 38
Figura 20. Medidor de volúmenes de agua marca Century. 38
Figura 21. Recolección y conservación de la muestra. a. Recolección de la muestra con su respectivo etiquetado. b. Conservación de la muestra a una temperatura de 3 ℃. 40
Figura 22. Equipos y reactivo para la obtención de la DQO de la marca HANNA INSTRUMENT. (a) Fotómetro (b) Reactivo (c) Digestor 41
Figura 23. Modelo 3D de la lavadora Bandy´s..... 47
Figura 24. Distribución de área de lavado, secado, entrega y bodega..... 48
Figura 25. Distribución de sala espera, baño, oficina..... 48
Figura 26. Lavado y cambio de aceite en elevador 48
Figura 27. Figura Lavado y cambio de aceite en rampa..... 49

Figura 28. Tratamientos existentes en la mayoría de lavadoras 49
Figura 29. Grafico del caudal de entrada de cada lavadora. 51
Figura 30. Gráfico de barras del volumen consumido y descargado en un día para cada lavadora 52
Figura 31. Gráfico de la concentración de aceites y gracias de aguas residuales provenientes del lavado de autos 59
Figura 32. Concentración Sólidos Suspendidos, Sólidos Totales. 60
Figura 33. Concentración Sólidos Sedimentables 60
Figura 34. Concentración DQO Y DBO_5 61
Figura 35. Relación de la biodegradabilidad 62
Figura 36. Eficiencia de los tratamientos 64
Figura 37. Eficiencia de los materiales usados en filtros 66
Figura 38. Alternativa para el tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de carros 67
Figura 39. Diagrama de procesos L1 68
Figura 40. Diagrama de procesos L2, L4, L6 y L8 69
Figura 41. Diagrama de procesos L3, L7 y L10 69
Figura 42. Diagrama de procesos L5 70
Figura 43. Diagrama de procesos L9 70

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: DETERMINACIÓN DE PROCESOS DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE LAVADORAS DE CARROS EN EL CANTÓN AMBATO.

AUTOR: Christian Santiago Castro Mejía

TUTOR: Ing. Mg. Fabián Morales Fiallos.

El presente trabajo tiene como finalidad la determinación de los procesos que permitan la mejora en las aguas residuales provenientes de las lavadoras de carros del cantón Ambato provincia de Tungurahua, para lo cual se realiza una investigación de campo y experimental que permitió conocer el estado actual que presentan las lavadoras que funcionan en el cantón. Se determinaron los caudales que presentan 10 lavadoras en estudio y el volumen que ocupan en el lavado de tres tipos de carros (automóviles, camionetas, 4*4).

Del estudio de campo de las diez lavadoras se obtuvo los volúmenes que utilizan en el lavado de los tres tipos de estudio para la determinación de caudales. El caudal promedio de salida fue de 6.98 L/min, el volumen promedio de agua utilizado en el lavado de automóvil, camioneta y 4x4 es 88.52 L, 122.49 L y 113.90 L respectivamente.

Se analizó en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato los parámetro físico – químicos del agua residual provenientes del lavado de carros, dando resultados que sobrepasan los límites máximos permisibles del TULSMA con excepción de los sólidos sedimentables.

Mediante un análisis de estudios reportados en literatura se determinó que los procesos de tratamiento eficaces del agua residual provenientes de las lavadoras de carros son la implementación de cribado, sedimentador, aireación, semillas de moringa, sedimentación secundaria, lenteja de agua y filtración. Para la elección del material filtrante adecuado se toma los datos de tesis realizadas por estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, dando como materiales óptimos el ripio y el carbón activado.

SUMMARY

THEME: DETERMINATION OF TREATMENT PROCESSES OF EFFLUENTS OF CAR WASHING MACHINES OF AMBATO**.**

The following research study is aimed at determining the processes that allow the improvement in the residual waters coming from the car washing machines of Ambato, province of Tungurahua. Thus, a field and experimental investigation is carried out that allowed to know the current state that present the washing machines that work in the city. The flow rates of 10 washing machines under study were determined as well as and the volume they occupy in the washing of three types of cars (cars, trucks, 4x4)

From the field study of the ten washing machines, the volumes used in the washing of the three types of study for the determination of flow rates were obtained. The average output flow was 6.98 L / min, the average volume of water used in the car wash, truck and 4x4 is 88.52 L, 122.49 L and 113.90 L respectively.

The physico - chemical parameters of the waste water coming from the washing of cars were analyzed in the laboratory of the Faculty of Civil and Mechanical Engineering of the Technical University of Ambato, obtaining results that exceed the maximum permissible limits of the TULSMA except for the sedimentable solids.

Through an analysis of studies reported in the literature, it was determined that the efficient wastewater treatment processes from car washers are the implementation of screening, sedimentation, aeration, moringa seeds, secondary sedimentation, duckweed and filtration. For the selection of the appropriate filtering material, the thesis data made by students of the Faculty of Civil and Mechanical Engineering of the Technical University of Ambato is taken, being the gravel and activated carbon the optimal materials.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. JUSTIFICACIÓN

El Ingeniero Civil está preparado para resolver diferentes problemas y cumplir correctamente sus funciones, una de las funciones principales es preservar el medio ambiente. La contaminación del agua ha sido fuertemente afectada, proviene de diferentes partes tanto de origen urbano, doméstico e industrial, cada vez más agresivas y difíciles de tratar debido a su composición química, este problema es a nivel mundial y no es un tema moderno, no se presenta en un lugar específico y los responsables somos todos los que vivimos en el planeta Tierra [1], [2]. Es por eso que debe intervenir el Ingeniero Civil con su relación con el medio ambiente y colaborar en el desarrollo de nuevas tecnologías que sean innovadoras, económicas, biológicas con el fin de tratar las aguas residuales, para mejorar la calidad del agua y disminuir su contaminación.

El agua es el líquido vital más valioso del planeta Tierra. La Tierra está conformada por un 70% de agua la cual se dispone de un 0.003% para el suministro de agua potable. Ecuador se cataloga por ser uno de los países más ricos en recursos hídricos de Sudamérica, dispone de 43500 m3 de agua por persona [3]. Todos los ciudadanos somos responsables de utilizar de manera adecuada el líquido vital y no generar desperdicios, la falta de planeación y desconocimiento de las posibles consecuencias de un mal aprovechamiento llevaron consigo la contaminación del medio ambiente. La conciencia del ser humano debe comprender que el agua no es inagotable [4], [2].

En Latinoamérica se producen 225000 toneladas de residuos sólidos por día generados por 300 millones de habitantes, menos del 5% de las aguas residuales que recolecta el sistema de alcantarillado es tratado, lo que genera riesgos para la salud humana, animales y contaminación del medio ambiente [5], solo en Ecuador el 8% de las aguas negras tienen

algún nivel de tratamiento, esto debido al acelerado y desordenado crecimiento industrial que es la primera causa de la contaminación del agua, y a la falta de una política de conservación de los cuerpos receptores [3].

El crecimiento continuo de la población en las zonas urbanas exige que la ciudad aumente sus servicios como transporte de carros privados y públicos y estos medios de transporte requieran de limpieza y mantenimiento en las estaciones de lavado lo cual permite le remoción de la suciedad de los carros. Las empresas de lavado se han incrementado debido a la demanda de las ciudades en crecimiento [6]. El lavado de carros ocasiona impactos ambientales severos en el medio ambiente tales como el uso excesivo de agua potable y la descarga de las aguas residuales producidas sin un previo tratamiento ni control [6]. En el proceso de lavado se utilizan agentes desengrasantes, ácidos y alcalinos que se utiliza para limpiar la suciedad y el polvo, el uso de brillo para proteger al vehículo de la abrasión, además del uso de aceites, grasas, detergentes, compuestos orgánicos, compuestos de fósforo, compuestos de nitrógeno y el polvo de los frenos [7]. Los químicos mencionados son letales para el ser humano y se presentan en el agua residual proveniente del lavado, por lo que un tratamiento adecuado de esos efluentes en las lavadoras es necesario para proteger al ecosistema [8].

1.2. ANTECEDENTES

Las aguas residuales provenientes del lavado de carros contienen altas cargas contaminantes de aceites y grasas, DQO, DBO5, sólidos suspendidos y un nivel de acidez (pH) muy elevado [9], [10], [11]. La presencia de estos parámetros en niveles por fuera de lo permitido por la ley nos indica que el agua debe ser tratada. La meta de un tratamiento aplicado a este tipo de aguas nunca ha sido obtener un producto estéril, sin especies microbianas, sino reducir el nivel de microorganismos dañinos a niveles más seguros, para que el agua pueda ser reutilizada o descargada al sistema de alcantarillado con el fin de minimizar los riesgos tanto para el medio ambiente como para las poblaciones [12], [13], [14].

Las estaciones de lavado de carros convencionales son uno de los sectores de servicios que más consume agua y que más la desperdician en su proceso, incumpliendo con las

normas ambientales y generando un alto pago del servicio público. Erróneamente las personas creen que un óptimo lavado es cuando más cantidad de agua se utilice en el proceso, es por eso que en la actualidad los países subdesarrollados utilizan medidas más estrictas, como ejemplo en Holanda y en la región de Escandinavia el uso máximo permitido para el lavado de carros es 60-70 L/vehículo [11], en Australia se ha establecido que el consumo máximo es de 100 L/ vehículo, [7]. Fall [15] aduce que el volumen de agua que se gasta en el lavado de carros compactos y subcompactos (camionetas y vans) es de 170 litros. Para un servicio completo de lavado y engrasado (carrocería, motor y chasis), los volúmenes de agua requeridos son de 170 litro para automóviles y 300 litros para camionetas.

Es por eso, la realización de esta investigación para saber cuántos litros de agua se consumen por carro en las lavadoras de carros del cantón Ambato con el fin de comparar los resultados obtenidos con investigaciones similares y también elegir los tratamiento adecuados para mejorar el efluente proveniente de las mismas y contribuir con el medio ambiente cumpliendo con la normativa ambiental vigente.

Los procesos utilizados comúnmente para el tratamiento de aguas residuales empieza con un pretratamiento que se encarga de la remoción física de sólidos grandes [12],[5], seguido del tratamiento primario que se encarga de la sedimentación de partículas sólidas y reducción de la contaminación biodegradable [13], posteriormente de un tratamiento secundario que convierte la materia orgánica en sólidos sedimentables y los procesos utilizados son lodos activados o filtros de goteo [1], [5]. Finalmente un tratamiento terciario que se encarga de completar la eliminación de la materia orgánica no removida en los tratamientos anteriores y de la desinfección por medios químicos [5], [16].

En la actualidad existe diferentes alternativas para el tratamiento de aguas residuales provenientes de las lavadoras de carros, la mayor problemática que presenta este tipo de efluente son los surfactantes, aceites y grasa y lodos, estos parámetros se pueden disminuir mediante tratamientos biológicos (Tratamiento Aeróbico, Biorremediación), químicos (Oxidación) y Físicos (Adsorción, Coagulación) [17],[15].

La tecnología de la membrana ha sido utilizada para el tratamiento de efluentes en diferentes campos como el papel [7], textiles [14], eliminación de metales pesados [18], ciertas zeolitas en forma de membrana son elaboradas con el fin de proporcionar

beneficios para eliminar eficazmente aceite, grasas, detergentes y sustancias tóxicas de los efluentes producto del lavado de carros [7]. Jönsson and Jönsson comparó los tipo de membrana UF [19], y NF [20], para mejorar la turbidez y remover el DQO para las diversas soluciones químicas en el lavado de los autos, la ventaja de usar membranas es el bajo costo, facilidad de uso y poco consumo de energía [7].

Se piensa que el proceso de filtrar es el más importante y que la función de los filtros es como un tamiz que retienen los materiales suspendidos, pero al contrario las partículas suspendidas pueden pasar con facilidad. La filtración depende de una combinación de mecanismos físicos y químicos como el cribado, sedimentación, adsorción química y física y crecimiento biológico [21]. El método de la filtración usado para el tratamiento de aguas residuales es muy antiguo desde el siglo XIX, con el único material utilizado que era la arena cuya función fue separar los depósitos superficiales y mejorar la calidad del agua. Los sistemas de filtración se los puede categorizar por: Gravedad o presión que se lo hace por efectos de la gravedad, la velocidad de filtración se le puede clasificar en lenta (velocidades que se encuentran en el rango de 0.1 – 0.2 m/h) o rápida (velocidades que se encuentran en el rango de 5 – 20 m/h) [22]. La tecnología del biofiltro es una alternativa viable y se adapta fácilmente a distintos sectores sociales y que se puede utilizar diferentes materiales con el fin de reutilizar el agua y descargar en los cuerpos receptores sin afectarlos y cumpliendo con la normativa ambiental [23].

La Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato ha venido realizando investigaciones con el uso de diferentes materiales en filtros artesanales, mejorando el agua residual proveniente de las lavadoras de carros, como resultados obtenidos, una eficiencia máxima de la turbidez del 92.12%, Sólidos Suspendidos Totales (SST) 96.05%, Sólidos Totales 88.07%, Demanda Bioquímica de Oxígeno 89.29%, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 89.42%, Aceites y Grasas 86.67%, Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) 92.74%, con el uso de la piedra volcánica, piedra pómez, carbonato de calcio y algas [24]. Mientras que con el uso de frejol rojo, frejol blanco, cáscara de coco, grava se obtuvo una eficiencia máxima de la turbidez del 89.81%, Sólidos Suspendidos Totales (SST) 85.63%, Sólidos Totales 27.84%, Demanda Bioquímica de Oxígeno 57.70%, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 58.13%, Aceites y Grasas 42.35%, Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) 99.34% [25]. Con el uso de bagazo de caña de maíz, aserrín, ceniza de carbono vegetal y

grava se obtuvo una eficiencia máxima de la turbidez del 98.77%, Sólidos Suspendidos Totales (SST) 99.88%, Demanda Bioquímica de Oxígeno 90.38%, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 21.29%, Aceites y Grasas 50%, Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) 99.82%%, Sólidos Totales se obtuvo un incremento del 95.13% [26]. Con el uso de Grava se obtuvo una eficiencia máxima de la Demanda Bioquímica de Oxígeno 98.8%, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 95.86%, Aceites y Grasas 100% [27]. Con el uso de la Cama de turba se obtuvo una eficiencia máxima de la Demanda Bioquímica de Oxígeno 99.76%, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 99.67%, Aceites y Grasas 100% [28]. Con el uso del Carbón Activado se obtuvo una eficiencia máxima de la Demanda Bioquímica de Oxígeno 99.66%, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 99.63%, Aceites y Grasas 99.85% [29]. El carbón activado es el mejor adsorbente de uso general para remoción/reducción de muchos compuestos orgánicos y aún algunos inorgánicos del agua y de aguas residuales, además ayuda a la reducción de los tensoactivos, Casallas en su estudio de un filtro con el uso de arena y carbón activado obtuvo resultados similares con una eficiencia máxima de la turbidez del 92.20%, Sólidos Totales 83.02%, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 86%, Aceites y Grasas 68.62% [17].

El uso de la sedimentación y la coagulación es muy común para el tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de carros. El uso de coagulantes como el Sulfato de Aluminio, Cloruro Férrico, Cloruro de Calcio, Hidroxicloruro de aluminio, policloruro de dialildimetilamonio como polímeros han logrado un remoción hasta el 92% de la turbidez [15]. La sedimentación es un proceso muy antiguo que hoy en día se le aplica de manera micro. Antes se utilizaba mucho las lagunas de estabilización que tienen la ventaja que requieren operación y mantenimientos mínimos ya que sus procesos son naturales y no necesitan de ningún tipo de combustible ni consumo de energía eléctrica, pero requieren un extenso terreno [30], [12].

El uso de plantas acuáticas como tratamiento biológico ha venido ganando espacio como una buena alternativa para tratar los efluentes provenientes de actividades industriales, mineras, agropecuarias y domésticas. El procedimiento para disminuir los contaminantes con el uso de plantas acuáticas se basa en la propiedad que tienen las plantas de inyectar grandes cantidades de oxígeno hacia sus raíces, este aire es absorbido por microorganismos como bacterias y hongos que se asocian a la raíz y se encargan de metabolizar los contaminantes que entran al sistema. Comúnmente este tratamiento es

usado en tanques que oscilan entre 0,4 a 1,5 m de profundidad. Las principales plantas acuáticas flotantes utilizadas para remover los contaminantes de aguas residuales son el Jacinto de agua y la lenteja de agua las cuales han tenido un buen resultado para remover los parámetros físico-químicos como DBO, DQO, pH y solidos suspendidos [31], [32]. El estudio realizado por Rodríguez en el 2010 comparó el uso del buchón de agua con la lenteja de agua y seleccionó la profundidad de los tanques de acuerdo a la especie, tomando en cuenta el crecimiento de la raíz, como es de 0.60 m y 0.40 m para el buchón de agua y la lenteja de agua respectivamente. Las ventajas principales de este tipo de plantas acuáticas es la absorción de nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) y la eliminación de contaminantes. La lenteja de agua tiene la tasa de crecimiento más alta en el mundo puede llegar a duplicar su biomasas en dos días. Los resultados satisfactorios obtenidos de este estudio fue la reducción del DBO_5 con el buchón de agua en un 70%, 86% y 58% con la lenteja de agua [33].

Los procesos fisicoquímicos del tipo coagulación-flotación se utiliza para la remoción de partículas suspendidas y la turbidez que mide la concentración de partículas. (Mendoza 2000), (Mass y Rubí 2011), (González 2017), usan como Coagulante a la semilla de Moringa teniendo resultados exitosos en sus estudios, usando aguas residuales provenientes de uso doméstico y lavadoras de carros. Las semillas de Moringa se recolectan secas y enteras de diversos árboles, las mismas se protegieron y almacenaron en sacos de finque para las posterior extracción de la vainas y escarificar las mismas. Las semillas secas y sin cáscara se pulverizaron finamente en un molino eléctrico hasta obtener una harina de color blanca amarillenta con aspecto grasoso, seguido de un proceso de desengrasado para luego almacenar en frascos para su preservación y posterior uso [34], [35],[36], [37]. La dosis ideal de la semilla de Moringa es 900 mg/l y una sobredosis de la misma puede provocar el incremento de los valores de turbidez y color residual [34].

1.3. OBJETIVOS

En este estudio se indaga sobre los procesos para el tratamiento de efluentes de 10 lavadoras de carros del cantón Ambato mediante la evaluación del funcionamiento actual

de las lavadoras y determinación de caudales de uso y salida. Además conocer a los parámetros físico-químicos que presentan los efluentes generados en estas lavadoras.

De esta manera se define el objetivo general y objetivos específicos que se pretende alcanzar con esta investigación, y son:

OBJETIVO GENERAL

Determinar los procesos de tratamiento de efluentes de lavadoras de carros en el cantón Ambato.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar la problemática del efluente de las lavadoras de carros.
- Determinar los caudales de entrada y salida de 10 lavadoras de carros.
- Determinar los parámetros físico – químico de los efluentes (DBO, DQO, Detergentes, Aceites y Grasas.) de lavadoras de carros.
- Realizar diagramas de procesos de cada establecimiento.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. CONTAMINACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

Las aguas residuales son aquellas aguas las cuales contienen una gran cantidad de sustancias contaminantes, que son nocivas o dañinas para el ser humano Los principales contaminantes del agua son todas aquellas sustancias que con frecuencia se vierten en los distintos cuerpos hídricos y los terminan contaminando, haciendo imposible su consumo o procesamiento y afectando a la fauna y flora habitante en esos espacios acuáticos. Los contaminantes acuáticos se clasifican en tres categorías:

- Químicos

Incluyen compuestos orgánicos e inorgánicos disueltos o dispersos en el agua. Los contaminantes inorgánicos son diversos productos disueltos o dispersos en el agua que provienen de descargas domésticas, agrícolas e industriales o de la erosión del suelo. Los principales son cloruros, sulfatos, nitratos y carbonatos

- Físicos

Afectan el aspecto del agua y cuando flotan o se sedimentan interfieren con la flora y fauna acuáticas. Son líquidos insolubles o sólidos de origen natural y diversos productos sintéticos que son arrojados al agua como resultado de las actividades del hombre, así como, espumas, residuos oleaginosos y el calor (contaminación térmica).

- Biológicos

Incluyen hongos, bacterias y virus que provocan enfermedades, algas y otras plantas acuáticas. Algunas bacterias son inofensivas y otras participan en la degradación de la materia orgánica contenida en el agua.

Las aguas residuales pueden ser de origen doméstico, pluvial e industriales.

2.1.1. AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

Estas aguas se caracterizan por ser residuos líquidos de viviendas, zonas residenciales, establecimientos comerciales o institucionales.

Este tipo de aguas residuales se pueden subdividir en:

- Aguas Negras: Se caracterizan por ser Aguas que son transportadas de la orina y lo proveniente del inodoro.

- Aguas Grises: Se caracterizan por ser Aguas jabonosas las cuales pueden contener grasas, provenientes de la ducha, tina, lavamanos, lavaplatos, lavadero y lavadora.

2.1.2. AGUAS LLUVIAS

Estas aguas se caracterizan por ser originadas por el escurrimiento superficial de las lluvias las cuales fluyen por los techos, calles, jardines y demás superficies del terreno. Dentro de las aguas lluvias se pueden determinar que los primeros flujos que se obtienen son generalmente muy contaminados debido al arrastre de basura y demás materiales acumulados en la superficie.

2.1.3. AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Son aguas que resultan de las actividades que se realizan en las industrias, que dependerá del tipo, tamaño de la industria, el proceso de fabricación, nivel de reciclado, etc. Estas aguas contienen aceites, grasas, detergentes, ácidos y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal y abarca diferentes campos tales como: textil, agroindustrial, químico, farmacéutico, vehicular, papelero, etc.

2.1.3.1. INDUSTRIA DE LAVADO DE CARROS

El lavado de carros es una actividad que afecta al medioambiente sobre todo, por el consumo de agua y productos de limpieza, y a través de la generación y emisión de agua

residual. Por un lado, las instalaciones de lavado de carros consumen cantidades importantes de agua de red, especialmente aquellas que no tienen en consideración el reciclaje. Por el otro, el agua residual generada en los lavados de carros puede contener contaminantes que tienen un impacto negativo en las aguas receptoras y/o pueden afectar a los procesos y a la calidad de los lodos en las estaciones depuradoras de aguas residuales.

En la actualidad para el proceso de lavado se utilizan varios productos que facilitan la remoción de sustancias contaminantes las cuales se describen a continuación.

Tabla 1. Productos utilizados en el proceso de lavado

Proceso	**Descripción**	**Productos utilizados**
Prelavado	Durante el prelavado, el vehículo se rocía con productos desincrustantes. Estos están especialmente destinados a deshacer la suciedad más incrustada, como pueden ser mosquitos, defecaciones de aves, etc., que en fases posteriores serán eliminados con la ayuda mecánica de los cepillos o del lavado de alta presión.	-Hidróxido de Sodio -Detergentes -Desengrasantes
Lavado	El vehículo se rocía con una solución de agua y champú a través de los pulverizadores o rociadores. Su función, además de limpiadora, es suavizar la superficie de la pintura, maximizando la posterior acción mecánica de los cepillos y previniendo las raspaduras. A menudo, también se aplica otro producto detergente (conocido como espuma activa) que tiene por finalidad crear una espuma densa que cubra completamente la pintura.	-Detergentes
Acabado	El acabado incluye un aclarado con agua limpia después del lavado y el encerado. La aplicación de ceras es opcional, pero es una fase ampliamente extendida en todos los lavados, y se aplica, habitualmente, a través de la maquinaria del lavado y en frío. Se pueden utilizar varias ceras, según la finalidad.	-Ceras -Abrasivos -Emulsionantes -Siliconas -Solventes -Grafito líquido

El producto más frecuente e importante en el proceso de lavado es el uso de detergentes y los derivados de la misma.

2.1.3.1.1. DETERGENTES

Los detergentes son sustancias químicas que tienen la capacidad de deshacer o separar la suciedad que está en la superficie de un objeto sin corroerlo ni dañarlo y se les conoce como agentes limpiadores. Para que se les considere detergentes, deben eliminar tanto la grasa como la suciedad sin afectarlos. La mayoría de los detergentes son compuestos de sodio del sulfonato de benceno sustituido, denominados sulfonatos de alquilbenceno lineales, los detergentes suelen incluir agentes espumantes, aditivos o fosfatos que potencializan su capacidad limpiadora.

Figura 1. Clases de detergentes

FUENTE: https://www.peru-retail.com/detergentes-unidad-que-mas-vende-procter-gamble/

2.1.3.1.1.1.SURFACTANTES

Los surfactantes son componentes de los detergentes, son también llamados tenso-activos, es un componente que realiza un papel similar al del jabón, facilita la tarea del agua al conseguir que esta moje mejor la superficie. Separa la suciedad de la superficie e impide que esta se deposite de nuevo. Los tenso-activos constan de dos partes: una parte orgánica, soluble en los aceites e hidrófoba, y otra polar e hidrófila, es decir, con carga eléctrica, que es soluble en agua. En una mezcla de agua y grasa forman pequeñas burbujas, llamadas micelas, con la parte hidrófoba en el interior, que se rellena de grasa, y la parte hidrófila en el exterior. Estas micelas permiten la disolución de las grasas en el agua.

2.1.3.1.1.2. TIPOS DE SURFACTANTES

Los surfactantes se pueden clasificar en tres tipos:

1. **Aniónicos:** Son detergentes simples en los que la parte polar está formada por un anión. En los jabones se trata de un anión carboxílico mientras que en los detergentes se trata de un anión sulfónico, que tiene mejores propiedades frente a las aguas ricas en iones calcio y magnesio.

2. **No Iónicos**: Suelen tener como parte hidrófila un grupo amida o una cadena corta de éteres. Su capacidad para la disolución de grasas es menor que la de los surfactantes aniónicos y forman menor cantidad de espumas, pero por el contrario tienen mayor viscosidad y necesitan menor cantidad de espesantes.

3. **Catiónicos:** que no pueden mezclarse con los aniónicos porque precipitan, suelen ser sales de amonio. A su poder detergente añaden la poca formación de espumas y un alto poder bactericida.

2.2. MÉTODOS PARA LA OBTENCIÓN DEL CAUDAL EN CAMPO

El caudal es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal,...) por unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

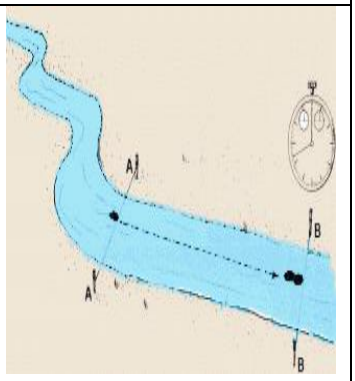
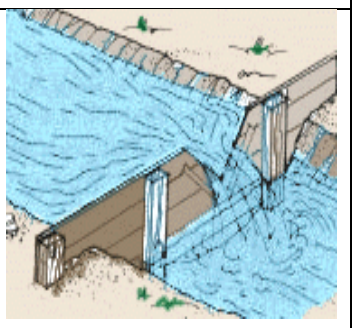
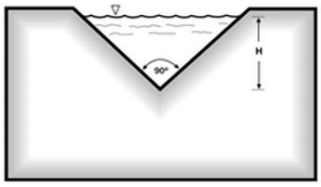
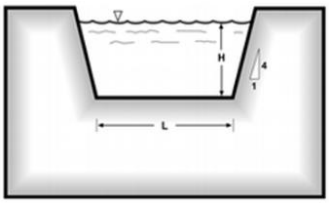
El cálculo del caudal de agua viene expresado por la ecuación de continuidad:

$Q= V * A$

Donde:

- Q es el caudal (m^3/s)
- V es la velocidad (m/s)
- A es el área de la sección transversal de la tubería (m^2).

Tabla 2. Métodos para la obtención del caudal en campo

Método	Descripción	Gráfico
Método del balde	Mide caudales muy pequeños de menos de 5 l/s con gran precisión. Se basa en llenar baldes en un determinado tiempo. Si se lo va a medir en un canal o un riachuelo se debe construir una presa de tierra para retener el fluido, con un tubo de 5 a 7cm colocado a medio construir la presa.	
Método del colorante y sección transversal	Este método se basa en tomar el tiempo que recorre una determinada distancia, un colorante que puede ser permanganato potásico con el fin de calcular la velocidad de flujo y posteriormente con el dato de la sección transversal calcular el caudal, con la ecuación de la continuidad.	
Vertederos	Es un dique o pared que presenta una escotadura de forma regular, a través de la cual fluye una corriente líquida. El vertedero intercepta la corriente, causando una elevación del nivel aguas arriba, y se emplea para controlar niveles y/o para medir caudales. Puede tener diferentes formas los más concoidos son: rectangulares, triangulares, trapezoidales, circulares, parabólicos.	  

Medidores de caudal	Un caudalímetro es un instrumento de medida para la medición de caudal o gasto volumétrico de un fluido o para la medición del gasto másico. Estos aparatos suelen colocarse en línea con la tubería que transporta el fluido. También suelen llamarse medidores de caudal, medidores de flujo o flujómetros.	

2.3.PARÁMETROS DE CONTROL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

2.3.1. ACEITES Y GRASAS

Son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo. Algunas de sus características más representativas son baja densidad, poca solubilidad en agua, baja o nula biodegradabilidad.

La determinación analítica de grasas y aceites no mide una sustancia específica sino un grupo de sustancias susceptibles de disolverse en hexano, incluyendo ácidos grasos, jabones, grasas, ceras, hidrocarburos, aceites y cualquier otra sustancia extractable con hexano.

2.3.2. SÓLIDOS SEDIMENTABLES

Es la cantidad de material que se sedimenta de una muestra en un período de tiempo, los más pequeños (menos de 0.01 mm) no sedimentan rápidamente y se consideran sólidos no sedimentables, y los más grandes (mayores de 0.01 mm) son generalmente sedimentables. Los sólidos coloidales consisten en limo fino, bacterias, partículas causantes de color, virus, etc., los cuales no sedimentan sino después de periodos razonables, y su efecto global se traduce en el color y la turbiedad de aguas sedimentadas sin coagulación. Pueden ser determinados y expresados en función de un volumen (mL/l) o de una masa (mg/l), mediante volumetría y gravimetría respectivamente.

2.3.3. SÓLIDOS SUSPENDIDOS

Los sólidos suspendidos son transportados gracias a la acción de arrastre y soporte del movimiento del agua y es la cantidad de sustancias que ni se disuelven ni se asientan en el agua. Constituyen uno de los límites que se fijan a los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. Los SS se determinan como la cantidad de material retenido después de filtrar un determinado volumen de muestra, a través de crisoles "GOOCH" o filtros de fibra de vidrio que utilizan como medio filtrante. En la actualidad se prefiere utilizar filtros de membrana con un tamaño de poro de aproximadamente 1.2 micrómetros.

2.3.4. SÓLIDOS TOTALES

Son la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua. Esto incluye cualquier elemento presente en el agua que no sea estrictamente H_20. En las aguas residuales se encuentran todo tipo de sólidos, distinguiéndose entre ellos orgánicos e inorgánicos. Los sólidos orgánicos son substancias que contienen carbón, hidrógeno y oxígeno, pudiendo alguno de estos elementos combinarse con nitrógeno, azufre o fósforo. Los principales grupos lo conforman las proteínas, los carbohidratos y las grasas, susceptibles todos de ser degradados por medio de bacterias y de organismos vivos que son combustibles, es decir, pueden ser quemados. Los sólidos inorgánicos son substancias inertes y no susceptibles de ser degradados, designándoseles comúnmente como minerales. Dentro de estos se incluyen arenas, aceites y sales minerales disueltas en el agua potable y sin propiedades combustibles

2.3.5. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO A LOS 5 DÍAS (DBO_5)

Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aerobias o anaerobias facultativas: Pseudomonas, Escherichia, Aerobacter, Bacillus), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos por litro (mg/l). Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis

se realiza en forma estándar durante cinco días a 20 ºC; por eso se lo denomina como D.B.O_5.

2.3.6. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

Determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica por medios químicos en una muestra de agua residual, bajo condiciones específicas de agentes oxidantes, temperatura, tiempo y convertirla en dióxido de carbono y agua. Es útil como parámetro de concentración orgánica en aguas residuales industriales o municipales tóxicas a la vida biológica. Para realizar el ensayo se puede realizar utilizando un fotómetro HI 83099, reactivos de Demanda Química de Oxígeno y un termo reactor para llevar a cabo la reacción, este proceso se puede demorar unas tres horas.

2.4. RELACIÓN DE LA BIODEGRADABILIDAD

El valor de la DQO siempre será superior al de la DBO debido a que muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente pero no biológicamente. La relación entre la DBO5 y la DQO nos da una idea del nivel de contaminación de las aguas. (DBO5/DQO)

- Si la relación (DBO5/DQO) <0,2 entonces hablamos de unos vertidos de naturaleza industrial, poco biodegradables y son convenientes los tratamientos físico-químicos.

- Si la relación (DBO5/DQO)>0,5 entonces hablamos de unos vertidos de naturaleza urbana, o clasificables como urbanos y tanto más biodegradables, conforme esa relación sea mayor. Estas aguas residuales, puede ser tratadas mediante tratamientos biológicos.

2.5.TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES

2.5.1. CRIBAS

El cribado es la operación utilizada para separar material grueso del agua, mediante el paso de esta por una criba o rejilla. La criba puede ser de cualquier material agujereado ordenadamente. Por ejemplo se utiliza una plancha o lámina que puede ser elaborado en metal, madera o concreto, con agujeros redondos, cuadrados o de cualquier forma geométrica. También puede construirse una criba con una celosía fija o emparrillado de barras o varillas de hierro o de acero. Se usan rejillas gruesas (aberturas >0.64cm), principalmente de barras o varillas de acero, para proteger bombas, válvulas, tuberías y equipos, etc., del taponamiento o interferencia causado por trapos, tarros y objetos grandes.

Figura 2. Proceso de tratamiento de aguas residuales mediante el uso de una criba.

FUENTE: http://www.temmisa.com.mx/167285331

2.5.2. DESARENADORES

Se usan para remover arena, grava, partículas u otro material sólido pesado que tenga velocidad de asentamiento o peso específico bastante mayor que el de los sólidos orgánicos degradables de las aguas residuales. Los desarenadores protegen el equipo mecánico del desgaste anormal y reducen la formación de depósitos pesados en

tuberías, canales y conductos. Además minimizan la frecuencia requerida de limpieza de los digestores, en aquellos casos en que se presenta una acumulación excesiva de arena en dichas unidades. Los desarenadores pueden localizarse antes de todas las demás unidades de tratamiento, si con ello se facilita la operación de las demás etapas del proceso. Sin embargo la instalación de rejillas, antes del desarenador, también facilita la remoción de arena y la limpieza de los canales de desarenado.

Figura 3. Proceso de tratamiento de aguas residuales mediante el uso de un desarenador

FUENTE: http://agriculturers.com/diseno-de-un-desarendor-para-el-pre-filtrado-de-agua-de-riego/

2.5.3. FLOTACIÓN

Se utiliza para separar las emulsiones y las partículas sólidas presentes en una fase líquida, mediante burbujas diminutas de un gas, generalmente aire. La separación no depende tanto del tamaño y densidad relativa de las partículas como de aquellas propiedades superficiales que permiten la adherencia de las burbujas a la estructura de las partículas. Gracias a este mecanismo es posible separar partículas más densas que el líquido en el cual se encuentran, ya que la burbuja de menor densidad que la partícula original, asciende y puede separarse, La fuerza de empuje de las burbujas gaseosas facilita, también, la separación de emulsiones y suspensiones.

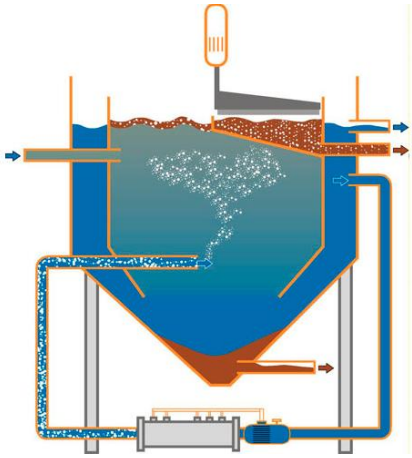


Figura 4. Proceso de tratamiento de aguas residuales mediante el uso de flotación

FUENTE: http://www.totagua.com/productos/equipos-depuracion/38--equipos-de-flotacion.htmL

2.5.4. LODOS ACTIVADOS

Consiste en una masa floculenta de microorganismos, materia orgánica muerta y materiales inorgánicos; tiene la propiedad de poseer una superficie altamente activa para la adsorción de materiales coloides y suspendidos, a la cual debe su nombre de activado. El resultado final es una porción de materia orgánica, susceptible de descomposición biológica, convertida en compuestos inorgánicos y el resto, transformada en lodo activado adicional. El medio ambiente de un sistema de lodos activados puede considerarse un medio acuático, es colonizado por microorganismo muy variados, como bacterias, hongos protozoos y metazoos pequeños; la agitación constante y la recirculación de los lodos hacen, un medio desagradable para la macrofauna acuática. Las bacterias constituyen el grupo más importante de microorganismos en el proceso de lodos activados, su función es la estabilización del material orgánico y en la formación del floc de lodo activado. Se ha encontrado una gran variedad de especies de bacterias en lodos activados, siendo muy comunes la de los géneros Alcaligenes flavobacterium, Bacillus y Pseudomonas.

El esquema específico de flujo del proceso biológico convencional de lodos activados consiste en un tanque de aireación, sedimentador y recirculación de lodos activados.

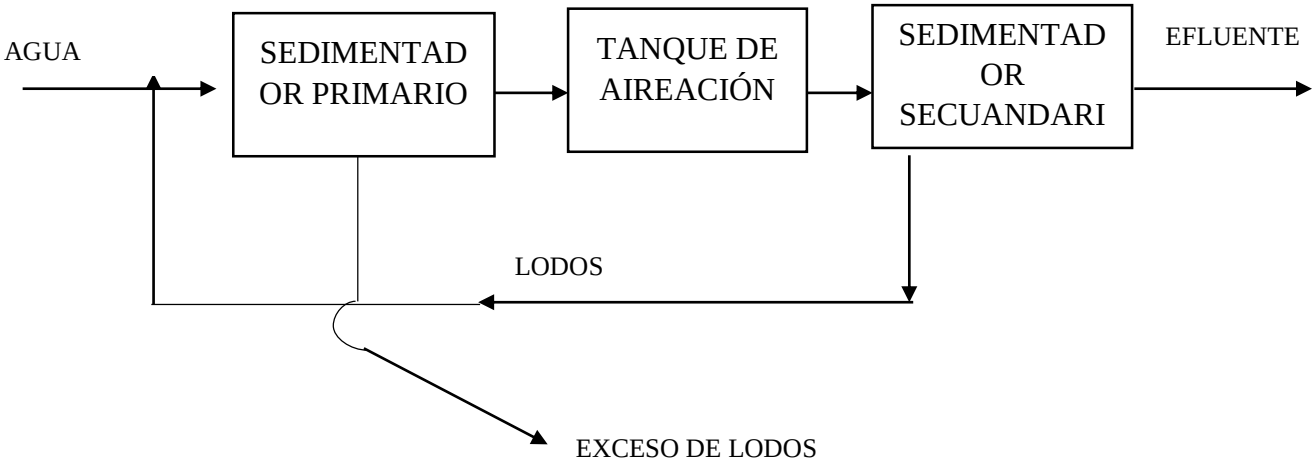


Figura 5. Proceso convencional de lodos activados

2.5.4.1. ZANJONES DE OXIDACIÓN

Es un proceso de lodos activados, que se usa un canal cerrado, con una o dos curvas, para la aireación y la mezcla. Como equipo de aireación y circulación del licor mezclado usa aireadores mecánicos del tipo cepillos horizontales, de jaula o de disco. La planta típica de un zanjón de oxidación no incluye sedimentación primaria, utiliza un solo canal concéntrico, un sedimentador secundario y lechos de secado de lodos. Los canales de aireación tienen profundidades entre 1,2 y 1,8m con paredes laterales a 45º; sin embargo, se construyen también canales más profundos de 3 a 3,6m. En general el zanjón se reviste de concreto o de otro material apropiado para prevenir la erosión y la infiltración. Los aireadores pueden instalarse fijos o flotantes, sobre, sobre uno o más sitios a lo largo del canal para suministrar suficiente velocidad dentro del zanjón, generalmente mayor de 0.30 m/s, así como para mantener el nivel de oxígeno disuelto requerido y los sólidos del licor mezclado en suspensión. La unidad de salida hacia el sedimentador puede ser una caja con una compuerta de madera que

permita variar el nivel del agua en el zanjón y ajustar el nivel de profundidad de las paletas del cepillo de aireación.

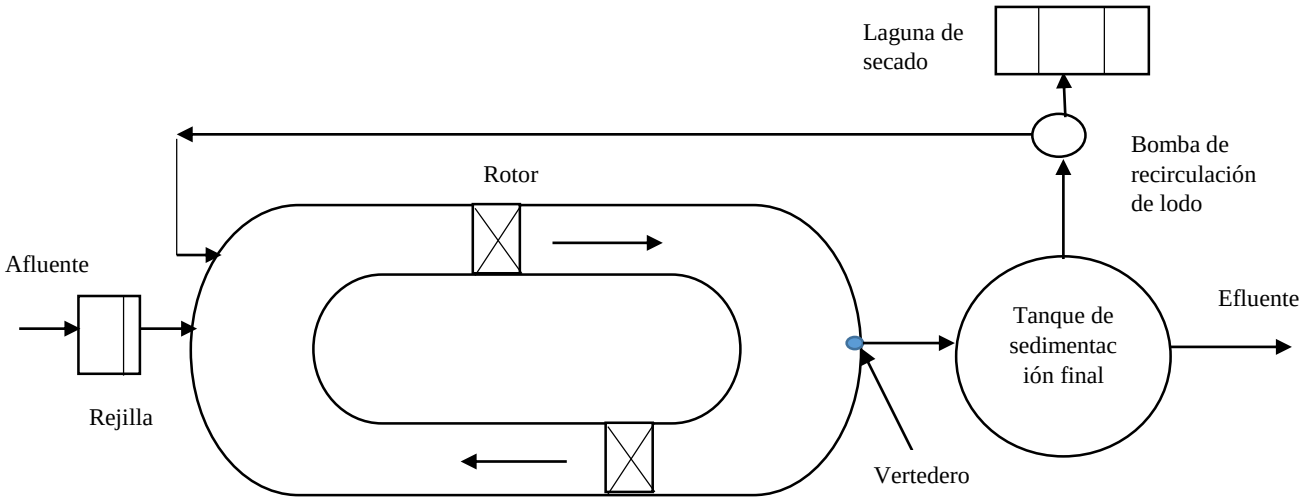


Figura 6. Proceso convencional de Zanjón de oxidación

Figura 7. Proceso de tratamiento de aguas residuales mediante el uso de zanjones de oxidación

FUENTE:http://www.engineeringfundamentals.net/AireacionExtendida/fundamentos.htm

2.5.5. AIREACIÓN

La aireación es el proceso mediante el cual el agua se pone en contacto íntimo con el aire para modificar las concentraciones de sustancias volátiles contenidas en ella. Su función principal, en el tratamiento de aguas residuales, consiste en proporcionar oxígeno y mezclas en los procesos de tratamiento biológico aerobio estos requieren concentraciones de oxígeno disuelto, generalmente, de 0.2 a 2.0 mg/L con el fin de asegurar un suministro apropiado de oxígeno para el consumo de microorganismos responsables del tratamiento.

Figura 8. Proceso de tratamiento de aguas residuales mediante el uso de aireación

FUENTE: http://www.bioaguachile.cl/2012/04/28/lodos-activados/

2.5.6. SEDIMENTACIÓN

La sedimentación es la remoción de sólidos en suspensión en un fluido por la fuerza de gravedad. Los sólidos pueden estar presentes en el agua en la forma como ocurren naturalmente, como es el caso del limo o la arena, o en forma modificada de su estado natural, como resultado de la coagulación y la floculación. Sea cual fuere el origen de las partículas, si son más densas que el agua es mayor su probabilidad de sedimentación, dando como resultado un fluido clarificado, y en el fondo de los tanques, una suspensión más concretada que se considera ha sido separa del mismo.

En el tratamiento de aguas residuales pueden ocurrir diferentes tipos de sedimentación para un propósito específico.

Tabla 3. Tipos de sedimentación y su propósito

Tipo de sedimentación	Descripción
Sedimentación primaria	Remueve sólidos sedimentables y material flotante de aguas residuales cruda, reduciendo así el contenido de sólidos suspendidos.
Sedimentación intermedia	Remueve los sólidos y crecimientos biológicos preformados en reactores biológicos intermedios, como los filtros percoladores de primera etapa.
Sedimentación secundaria	Remueve la biomasa y sólidos suspendidos de reactores biológicos secundarios, como los procesos de lodos activados y los filtros percoladores.
Sedimentación terciaria	Remueve sólidos suspendidos y floculados, o precipitados químicamente, en plantas de tratamiento de aguas residuales.

2.5.6.1. TIPOS DE SEDIMENTADORES

Los sedimentadores puedes tener varias formas pero las más comunes y utilizados son 2 tipos de tanques que sedimentan adecuadamente solidos de aguas residuales y se detallan a continuación:

1. **Tanque Imhoff:** Es un sistema de tratamiento anaerobio que consta de un compartimiento inferior para digestión de los sólidos sedimentados y de una cámara superior de sedimentación. Remoción de sólidos suspendidos puede ser de 45 a 70% y la reducción DBO de 25 a 50%.

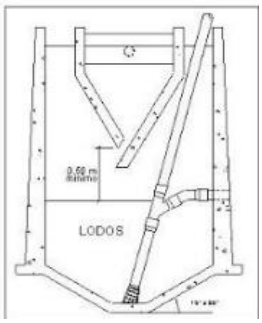


Figura 9. Tanque Imhoff

FUENTE: https://es.slideshare.net/ciimsa/ptarpequeas

2. **Tanque Séptico:** Consiste esencialmente en uno o varios tanques o compartimientos en serie y se evita los problemas de complejidad de construcción y excavación profunda. Remoción DBO del 30 al 50%, aceites y grasas 70 al 80%, fósforo un 15% y SS de 50 a 70%.

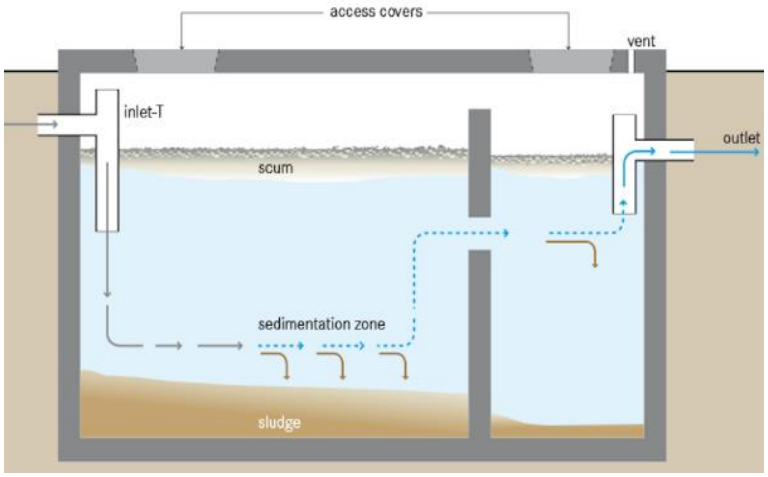


Figura 10. Tanque Séptico

FUENTE: https://www.slideshare.net/ignacio93/calculo-de-tanque-septico-57204371

2.5.7. FILTRACIÓN

Es un proceso muy usado para el tratamiento de aguas residuales, El filtro biológico o también llamado percolador no es un proceso diseñado para ejercer una verdadera acción de tamizado o filtración del agua residual sino para poner en contacto aguas residuales con biomasa adherida a un medio de soporte fijo. Tiene como objetivo remover sólidos, material no sedimentable, turbiedad, fósforo, DBO, DQO, metales pesados, virus; es decir, para asegurar una calidad superior del efluente que proviene de aguas residuales domésticas o industriales. La filtración se puede usar para depurar efluentes secundarios, sin agregar coagulantes, con agregación de coagulantes, antes de la filtración o antes del sedimentador secundario, y para depurar aguas residuales crudas previamente coaguladas, floculadas y sedimentadas, en una planta de tratamiento físico-químico. La filtración se la puede clasificar en lenta o rápida.

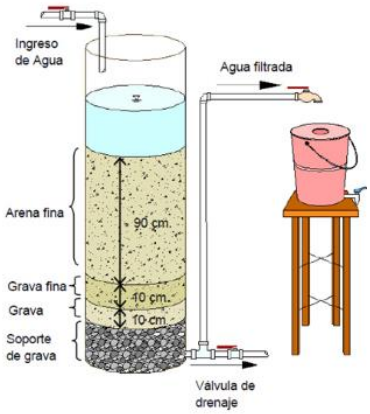


Figura 11. Proceso de tratamiento de aguas residuales mediante el uso de un filtro

FUENTE: http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3622

2.5.7.1. FILTRACIÓN LENTA

Tiene por objeto tratar aguas con concentraciones muy bajas de sólidos en suspensión. Si las concentraciones fueran elevadas el flujo de agua de los filtros lentos serían muy cortas. La filtración lenta es un proceso de tecnología sencilla que ofrece buenos resultados.

Un filtro lento es aquel que tiene:

- Material filtrante fino con un d10 (tamaño efectivo) entre 0.15 y 0.35 mm.
- Coeficiente de uniformidad, Cu < 3 (preferiblemente < 2).
- velocidad específica de filtración 0.1-0.4 m/h.
- el agua a filtrar debe tener baja turbidez (< 5 UNT); Sólidos Suspendidos SS < 15.

2.5.7.2. FILTRACIÓN RÁPIDA

Debe utilizarse agua previamente tratada (coagulación y/o floculación con o sin sedimentación o flotación) para lograr la remoción de partículas que no hayan sido retenidas por el sedimentador.

Un filtro rápido es aquel que tiene:

- Material filtrante fino con un d10 (tamaño efectivo) entre 0.6 y 1.2 mm.
- Coeficiente de uniformidad, Cu < 3 (preferiblemente < 2).
- Velocidad específica de filtración 4-50 m/h.
- El agua a filtrar debe tener baja turbidez (>5 UNT y < 8 UNT); Color no mayor a 20 UC.

2.5.8. BIODISCOS

Son un sistema de tratamiento de tratamiento biológico secundario, para aguas residuales domésticas e industriales biodegradables, del tipo de crecimiento adherido o reactor de película fina. Las lamas o películas biológicas crecen sobre discos, en rotación a través del agua residual montados sobre su eje horizontal. El proceso es muy similar al de filtros percoladores, con la película biológica en rotación dentro de agua residual sedimentada y dentro de la atmósfera para proveer oxígeno al organismo. El agua residual fluye en sentido paralelo o perpendicular al eje horizontal de rotación, al pasar de una etapa a otra o de un tanque a otro.

Figura 12. Proceso de tratamiento de aguas residuales mediante el uso de biodiscos

FUENTE: http://werabereaguasresiduales.blogspot.com/2010/06/eliminados-previamente-los-solidos.htmL

2.5.9. COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN

Se basa en la adición de polielectrolitos o floculantes inorgánicos (sales de hierro o aluminio), que forman flóculos con las moléculas de colorante facilitando su

eliminación por decantación. Las eficacias de eliminación son altas, pero en el proceso se generan lodos que deben ser tratados. Los mejores rendimientos se logran al aplicar un exceso de coagulante, aunque esto puede aumentar la concentración de contaminante en el efluente.

Tabla 4. Coagulantes y Floculantes más utilizados

Coagulantes	Floculantes
-Sales de Aluminio -Sales de Hierro -Sulfato Cúprico -Ozono	-Sílice Activada -Algunas Arcillas -Carbonato Cálcico -Carbón Activado -Alginatos (extracto de algas) -Almidones (extracto de granos vegetales

2.5.10. TRATAMIENTOS ACUÁTICOS

Es aquel en el cual se aplican aguas residuales sobre terrenos húmedos naturales o artificiales con el propósito de remover sus contaminantes. La mayor parte de los sistemas de tratamiento acuático están constituidos por marjales, pantanos, ciénagas, turberas y una o más lagunas de poca profundidad, en las cuales una o más especies de plantas acuáticas (plantas tolerantes al agua como la espadaña, la enea, los juncos, la vellorita o primavera y el Jacinto de agua) crecen y se desarrollan. Las plantas acuáticas tienen una función muy importante en los ecosistemas de agua dulce porque proveen alimento, estructura, cobertura y albergue para diferentes especies animales terrestres y acuáticas.
Conceptualmente, un sistema de tratamiento acuático se puede visualizar como un filtro percolador de tasa baja, de flujo horizontal con sedimentación propia, en el cual las plantas reemplazan la piedra o el medio sintético como estructura de soporte del crecimiento bacterial.

2.5.10.1. PRINCIPALES PLANTAS ACUÁTICAS

El uso de plantas acuáticas para tratamiento de aguas residuales tiene por objetivo reducir de forma económica la concentración de contaminantes que, de otra manera, requieren

tratamiento secundario o terciario. A continuación se describen las plantas acuáticas más conocidas en el tratamiento de aguas residuales.

2.5.10.1.1. JACINTO DE AGUA

También conocido como taruya, lirio de agua, batata, oreja de mula, etc., es una planta acuática, perenne, vascular, flotante, de clima cálido y frio. Su habilidad de crecimiento y adaptación le permite sobrevivir y extenderse en mucho sitios. Puede duplicar su tamaño en diez días, y durante la estación normal de ocho meses de crecimiento una sola planta es capaz de producir 70000 plantas hijas. Gracias a su extenso sistema de raíces tiene excelente poder de filtración y capacidad de absorber impurezas contaminantes como el níquel, cadmio, plomo, mercurio, cromo, plata, cobre, fenoles y otros.

Figura 13. Planta acuática Jacinto de agua

Fuente: https://www.elnougarden.com/tienda/plantas/plantas-acuaticas/jacinto-de-agua---eichhornia-crassipes

2.5.10.1.2. LENTEJA DE AGUA

También conocida como lemna, son plantas flotantes, discos planos pequeños, generalmente de menos de 10mm de longitud, que crecen formando una capa sobre el agua. Existe varios tipos, las lemnas tienen raíz en su cara inferior y las wolfia están desprovistas de raíz. Pueden remover metales del agua residual y cosecharse mediante desnatadores continuos de correa como los usados para remoción de aceite. Sin embargo, debido al tamaño se dejan desplazar fácilmente por acción del viento y requieren una barrera flotante para mantenerlas dentro de un estanque.

Figura 14. Planta acuática Lenteja de agua

Fuente: http://fichas.infojardin.com/acuaticas/lemma-minor-lenteja-de-agua-lentejas-agua.htm

2.5.10.1.3. VELLORITA O PRIMAVERA DE AGUA

Esta planta acuática extiende sus raíces hasta unos 60 cm por debajo de la superficie del agua y tiene un poder de filtración y de soporte de crecimiento bacterial menor que el del Jacinto de agua.

Figura 15. Planta acuática vellorita o primavera de agua

Fuente: http://www.waterscapesnursery.com/ludwigia-dark-red.htmL.htmL

2.5.10.1.4. ESPADAÑA

Son planta palustres, perennes, de tallos cilíndricos; hojas alternas, lineares, reunidas en la base de cada tallo; tienen flores en espiga y, por frutos, drupas con semillas de albumen

carnoso. La porción sumergida de los tallos de estas plantas tiene menos capacidad de filtración y de soporte de crecimiento bacterial que las raíces de las plantas flotantes, pero con la ventaja de extenderse a lo largo de la capa de agua.

Figura 16. Planta acuática espadaña

Fuente: http://www.florflores.com/la-espadana/

2.5.10.1.5. HIERBA MALA (ELODEA NUTTALLII)

Planta macrófita, conocida como hierba mala de agua, capaz de soportar una biopelícula activa, de remover grandes cantidades de nutrientes del agua residual y de proveer efluentes de buena calidad con tiempos de retención cortos. Su rendimiento en remoción de DBO, N (nitrógeno) y P (fósforo) es comparable con el del Jacinto de agua.

Figura 17. Planta acuática hierba mala

Fuente: https://gobotany.newenglandwild.org/species/elodea/nuttallii/

2.6. ETAPAS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El proceso de tratamiento de aguas residuales debe cumplir con una o varias etapas de las que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 5. Etapas de un proceso de tratamiento de aguas residuales

Etapa	Descripción	Procesos de Tratamiento
Tratamiento Primario	El tratamiento primario es para reducir aceites, grasas, arenas y sólidos gruesos. Este paso está enteramente hecho con maquinaria, se conoce también como tratamiento mecánico.	-Cribado -Filtros con arena y grava -Sedimentación
Tratamiento Secundario	El tratamiento secundario está diseñado para degradar sustancialmente el contenido biológico del agua residual, el cual deriva los desechos orgánicos provenientes de residuos humanos, residuos de alimentos, jabones y detergentes. La mayoría de las plantas municipales utilizan procesos biológicos aeróbicos para este fin.	-Lodos activados -Zanjas de oxidación -Filtros Biológicos -Sedimentación secundaria
Tratamiento Terciario	Proporciona una etapa final para aumentar la calidad del efluente al estándar requerido antes de que éste sea descargado al ambiente receptor (mar, río, lago, campo, etc.) Más de un proceso terciario del tratamiento puede ser usado en una planta de tratamiento. Si la desinfección se practica siempre en el proceso final, es siempre llamada pulir el efluente.	-Filtración -Lagunaje -Humedades Artificiales -Remoción de nutrientes -Desinfección

2.7. HIPÓTESIS

HIPÓTESIS NULA

La determinación de los procesos de tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de carros que no sean adecuados, funcionales, biológicos, económicos y que no nos ayuden a disminuir los parámetros físico-químicos con el fin de descargar el efluente al sistema de alcantarillado público.

HIPÓTESIS ALTERNATIVA

La determinación de los procesos de tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de carros que sean adecuados, funcionales, biológicos, económicos y que nos ayuden a disminuir los parámetros físico-químicos con el fin de descargar el efluente al sistema de alcantarillado público.

2.8. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

VARIABLE INDEPENDIENTE

La utilización de procesos de tratamiento de aguas residuales que sean adecuados, funcionales, biológicos y económicos.

VARIABLE DEPENDIENTE

Disminuir los parámetros físico-químicos de las aguas residuales provenientes del lavado de carros.

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. NIVELES O TIPOS DE INVESTIGACIÓN

En este trabajo de tesis se realizó bajo los tres tipos de investigación de campo, experimental y documental, ya que fueron necesarias para alcanzar los objetivos específicos planteados que dan como consecuencia el alcance del objetivo general propuesto.

Con esta tesis se pretende llegar a un nivel descriptivo de investigación que nos permita conocer el funcionamiento de la industria de lavado de carros al llegar a conocer la cantidad de agua que ocupan, el nivel de contaminación mediantes 4 parámetros físico-químicos de estudio y los procesos actuales de las lavadoras en estudio.

3.2. POBLACION Y MUESTRA

El presente estudio se realizó en la Provincia de Tungurahua cantón Ambato, seleccionando una muestra de diez lavadoras de carros tomadas del catastro realizado por el Ing. Mg. Fabián Morales Fiallos, docente de la Universidad Técnica de Ambato en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Las diez lavadoras están ubicadas en el sector urbano de la ciudad, en la Tabla 9 se enlista los nombres y las coordenadas de la ubicación geográfica de cada una. De acuerdo al código asignado a la lavadora, se realizó la distribución que tiene en el sector urbano de Ambato (figura 18) para una ubicación visual más rápida.

3.3. OPERAZIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

La utilización de procesos de tratamiento de aguas residuales que sean adecuados, funcionales, biológicos y económicos.

Tabla 6. Operacionalización de la variable independiente

Contextualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin, eliminar los contaminantes presentes en el agua	Procesos adecuados para el tratamiento	• Cribado • Sedimentador primario • Aireación • Sedimentador secundario • Filtro biológico	¿Qué eficiencia tienen los tratamientos mediante estudios realizados?	Investigación científica
	Mejorar la calidad del agua	Descarga hacia el sistema de alcantarillado	¿El efluente cumple con los parámetros de calidad permisibles?	• Análisis de laboratorio • Normativa TULSMA

3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Disminuir los parámetros físico-químicos de las aguas residuales provenientes del lavado de carros.

Tabla 7. Operacionalización de la variable dependiente

Contextualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
La disminución de los parámetros físico-químicos de las aguas residuales se logra con la elección de los procesos de tratamiento adecuados.	Aceites y grasas	Límite TULSMA: 70 mg/L	¿Los procesos de tratamiento ayudaron a disminuir la concentración de aceites y grasa, DBO, DQO, sólidos suspendidos, sólidos totales, sólidos sedimentables?	Standard methods 5520
	DQO	Límite TULSMA: 500 mg/L		Standard methods 5220-D
	Sólidos suspendidos	Límite TULSMA: 220 mg/L		Standard methods 2540-D
	Sólidos totales	Límite TULSMA: 1600 mg/L		Standard methods 2540-D
	Sólidos sedimentables	Límite TULSMA: 20 mg/L		Standard methods 2540-F

3.4.PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Tabla 8. Recolección de información

Preguntas	Explicación
¿Qué hay que evaluar?	La eficiencia de los procesos de tratamiento elegidos
¿De qué hay que evaluar?	Del agua residual provenientes de las lavadoras de carros
¿Sobre qué aspectos hay que evaluar?	Los parámetros establecidos en el TULSMA antes de ser evacuados al sistema de alcantarillado
¿Quién?	• Christian Santiago Castro Mejía • Ing. Fabián Morales Fiallos, Mg. • PhD. Diana Carolina Coello Fiallos
¿Cómo?	• Recolección de datos en campo • Recolección de muestras de agua
¿Con qué?	• Ensayos de laboratorio • Investigación de fuentes bibliográficas
¿Dónde?	• Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica – UTA • En las lavadoras indicadas en la tabla 9.

3.5. CARACTERIZACIÓN DE LAS LAVADORAS EN ESTUDIO

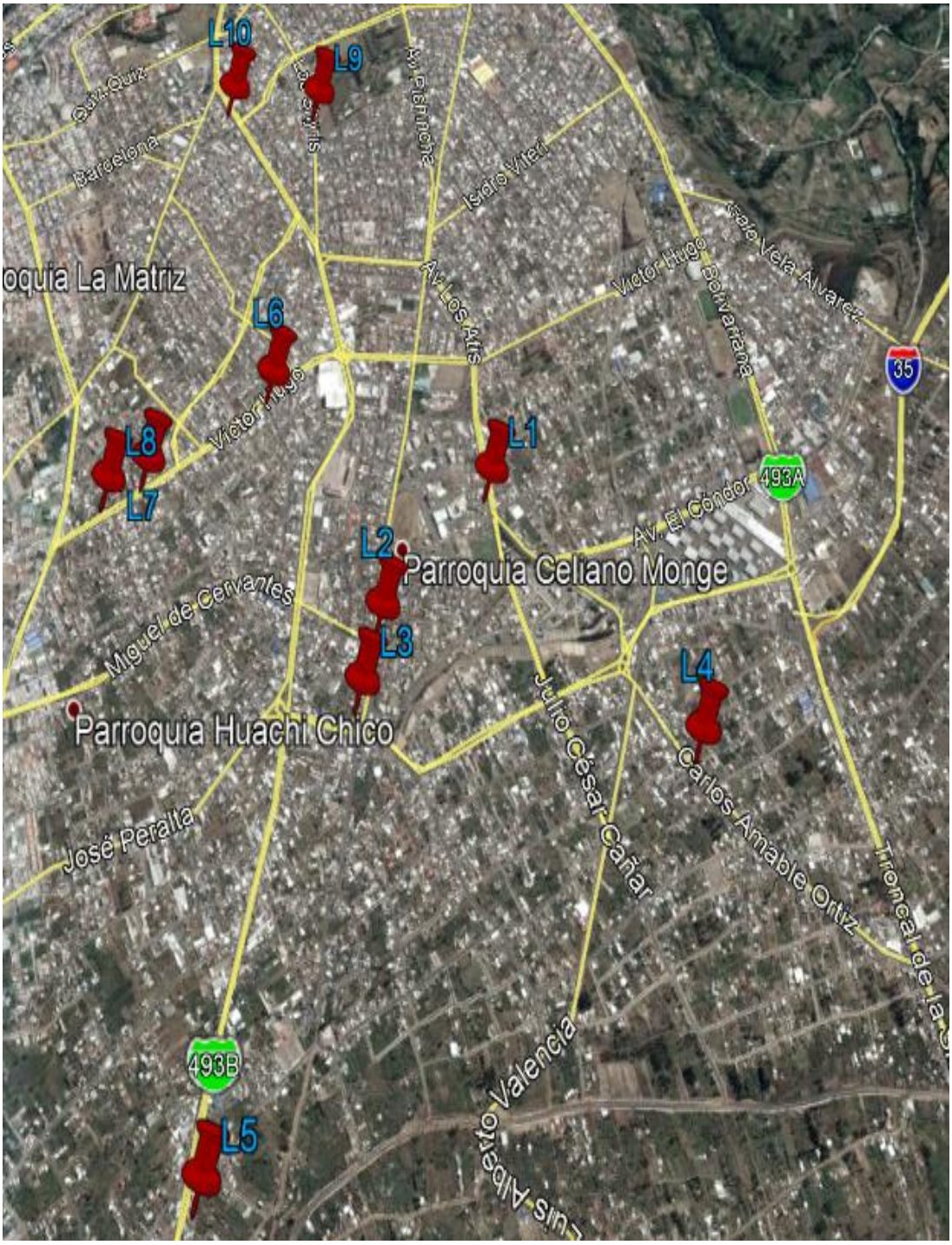


Figura 18. Mapa de la ubicación de las lavadoras realizado en Google Earth.

Tabla 9. Ubicación geográfica de las lavadoras en estudio

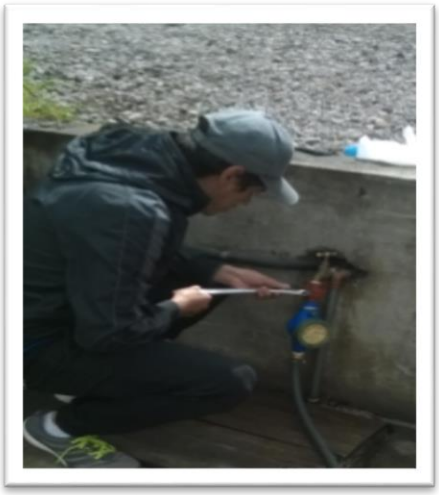
Lavadora	Sigla	Nombre	Coordenada x	Coordenada y	Sector
Lavadora 1	L1	CARWASH	764550	9859600	AV. ATIS Y GREGORIO ESCOBEDO. SECTOR TANQUES DE CEPE
Lavadora 2	L2	NITRO	764099	9859142	AV.CERVANTES Y AV CHASQUIS
Lavadora 3	L3	BANDYS	764015	9858905	AV. JULIO JARAMILLO Y AV. LOS CHASQUIS
Lavadora 4	L4	ByB	765314	9858772	LA JOYA, FRENTE A JUANCHOS´S GRILL
Lavadora 5	L5	HENKAT	763441	9857527	AV ATAHUALPA Y ANTONIO SALAS
Lavadora 6	L6	ZURITA	763666	9859940	VICTOR HUGO Y MANUEL ISAIAS SANCHEZ
Lavadora 7	L7	SPEEDWASH	763164	9859620	AV. VÍCTOR HUGO Y ERNESTO ALVARADO
Lavadora 8	L8	VISCARRA	763009	9859548	AV. VICTOR HUGO Y HORACIO HIDROVO
Lavadora 9	L9	L. FREIRE	763850	9861036	AV. LOS SHIRIS Y DUCHICELA
Lavadora 10	L10	España	763480	9861090	AV. ATAHUALPA Y JOSE ANTEPARA

3.6. DETERMINACIÓN DE CAUDALES MEDIANTE INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Mediante un investigación de campo en cada lavadora se determina el caudal diario, para esto se toman los datos de carros lavados durante un día laborable, todos los

establecimientos abren a partir de las 7h00 am y cierran alrededor de las 6h00 pm. Los carros se les dividió en tres categorías: camionetas, automóviles y 4*4.

Para determinar el caudal de entrada y el volumen de agua consumidos por vehículo se utilizó un medidor de volumen de agua marca Century (Figura 20), la cual se conectó directamente a la manguera del agua que se usa en el lavado de carros (Figura 19a), y con ayuda de un cronómetro se tomó el tiempo de lavado por vehículo, datos que permiten calcular el caudal usado. Para determinar el caudal de descarga se realiza mediante el método del balde (Figura 19b), que consiste en medir el volumen de agua de llenado del balde en un determinado tiempo o viceversa, este método se lo realizó en la tubería de desagüe hacia el pozo de revisión y se lo realizó por vehículo.



(a)

(b)

Figura 19. Determinación de caudales de entrada y salida (a) Instalación del medidor en la tubería (b) método del balde

Figura 20. Medidor de volúmenes de agua marca Century.

También se realiza un conteo de carros lavados diariamente divididos en las 3 categorías mencionadas durante un mes, en periodo de 4 semanas para tener estadísticas de consumo de agua de las lavadoras.

3.7. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE AGUAS RESIDUALES DE 10 LAVADORAS EN ESTUDIO

3.7.1. MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES

El proceso de recolección y conservación de la muestra del agua residual proveniente del lavado de carros se basó en las especificaciones de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169 [38]. La recolección de las muestras se lo realizo en botellas de plástico de tres litros, adecuadamente etiquetadas (Figura 21a) Las botellas deben estar llenas con su respectiva tapa para que no entre aire, esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte.

El diseño experimental para las pruebas de laboratorio se hace recogiendo muestras de dos lavadoras por día según las fechas expuestas en la Tabla 10. Para la conservación de las muestras se utilizó un refrigerador de campo con un baño de hielo a una temperatura aproximadamente de 3 ℃ (Figura 21b), es por eso que se utilizó botellas de plástico porque las botellas de vidrio no son adecuados para el congelamiento, el trasporte se lo hizo en un lugar oscuro y fresco hasta su traslado al laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Tabla 10. Día de recolección de las muestras en las lavadoras.

Lavadora	Día de recolección
Lavadora 1	15 de Mayo del 2018
Lavadora 2	16 de Mayo del 2018
Lavadora 3	16 de Mayo del 2018
Lavadora 4	18 de Mayo del 2018
Lavadora 5	18 de Mayo del 2018
Lavadora 6	17 de Mayo del 2018

Lavadora 7	17 de Mayo del 2018
Lavadora 8	15 de Mayo del 2018
Lavadora 9	21 de Mayo del 2018
Lavadora 10	21 de Mayo del 2018

(a) (b)

Figura 21. Recolección y conservación de la muestra. a. Recolección de la muestra con su respectivo etiquetado. b. Conservación de la muestra a una temperatura de 3 °C.

3.7.2. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

La determinación de la DQO se basa en la guía 5220D *Standard methods for the examination of water and wastewater de la American Public Health Association* [39], para la realización de estas pruebas experimentales se utilizaron los equipos de la marca HANNA INSTRUMENT e instrumentos y materiales del Laboratorio de Química de la FICM.

Los equipos usados fueron un fotómetro HI83099 COD Multiparameter Fotometer (Figura 21a) y un digestor HI839800 COD Reactor (Figura 22c), también se usó el reactivo HI93754C-0 (Figura 22b), agua destilada, una gradilla, pipetas y equipo de protección.

Para realizar las pruebas primero fue necesario calentar el digestor a una temperatura de 150℃, para preparar la muestra de rango medio se colocó con la pipeta 2 mL de la muestra de agua residual en el vial que contiene el reactivo y para preparar el blanco (muestra para encerar) se colocó con la pipeta 2 mL de agua destilada en el vial con reactivo, para las dos muestras se colocó con un ángulo de 45 grados debido a que la reacción es exotérmica, agitándolo cinco veces invirtiéndolo totalmente, seguidamente se ingresó la muestra en el digestor por un lapso de 2 horas, una vez finalizado el tiempo se retiró los reactivos y se agitó con el fin de homogenizar la muestra y se dejó enfriar en la gradilla hasta que estén a temperatura ambiente, para la lectura de los datos, con ayuda del fotómetro se configuró para rango medio y se colocó primero el vial con la muestra blanco para encerar y luego al vial con agua residual para conocer la concentración de DQO presente en las muestras de aguas residuales .

(a) (b) (c)

Figura 22. Equipos y reactivo para la obtención de la DQO de la marca HANNA INSTRUMENT. (a) Fotómetro (b) Reactivo (c) Digestor

3.7.3. SÓLIDOS SEDIMENTABLES.

Para determinar los Sólidos Sedimentables se realiza mediante el método 2540-F de la guía *Standard methods for the examination of water and wastewater de la American Public Health Association* [39].

Los instrumentos necesarios son: cono Imhoff, probeta graduada de 1000mL, un sedimentador y pipetas.

Para el desarrollo del ensayo se mezcló bien la muestra por agitación, se llenó el cono Imhoff, evitando verter la muestra por las paredes del cono, hasta la marca de 1000 mL, se dejó sedimentar por 45 minutos, se removió suavemente las paredes del cono con una varilla agitadora, se dejó sedimentar 15 minutos más, con este método se obtuvo el volumen de sólidos sedimentables por litro de agua residual (mL/L)

3.7.4. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES.

Los sólidos totales presentes en las aguas residuales de las lavadoras de carros se obtuvieron mediante el método 2540-D de la guía *Standard methods for the examination of water and wastewater de la American Public Health Association* [39].

Para esta prueba se utilizó la incubadora marca Pol-eko, bomba de vacío marca Welch y el desecador marca Iciencewre, los materiales de laboratorio necesarios fueron papel filtro, crisol de porcelana, probeta graduada de 100 mL, balanza, equipo de filtración, pinzas, equipo de protección.

El proceso realizado para determinar los sólidos totales se detalla a continuación:

- El papel filtro (con la cara rugosa hacia arriba) y el crisol de porcelana fueron puestas en la incubadora a 180±2°C durante una hora, después de la hora se retiró la capsula con el filtro y se colocó en el desecador para evitar la penetración de humedad ambiente.
- Se pesa el papel filtro y el crisol de porcelana.
- Se ensambló el equipo de filtración y se colocó el papel filtro con una pinza,
- Se agitó la muestra de agua residual y se midió 100 mL en la probeta graduada, y se colocó en el cono sobre el papel filtro.
- Se encendió la bomba de vació para la succión y se esperó hasta que termine de succionar los 100 mL de la muestra,
- El agua filtrada se coloca en el crisol de porcelana y el papel filtro usado en la filtración se colocan en la incubadora durante una hora a temperatura 180±2°C, luego se dejó enfriar en el desecador y se pesa.

- Posteriormente se realizan los cálculos matemáticos para determinar la cantidad de solidos presentes en el volumen de agua residual utilizada.

La fórmula matemática utilizada para calcular la concentración de sólidos suspendidos totales es:

$$Cag = \frac{(WiF - WfF) + (Wic - Wfc)}{Var}$$

Donde,

WiF es el peso del filtro después de permanecer en el desecador por primera vez.

WfF es el peso del filtro después de los procesos de filtración y permanecer en el desecador por segunda vez.

Wic es el peso del crisol después de permanecer en el desecador por primera vez.

Wfc es el peso del crisol con el agua filtrada seca.

Var es el volumen de agua residual utilizada en la prueba.

3.7.5. ACEITES Y GRASAS

Para determinar aceites y grasas se sigue el proceso detallado en el método 5520 de la guía *Standard methods for the examination of water and wastewater de la American Public Health Association* [39].

Los químicos utilizados fueron: hexano que para la realización del proyecto utilicé la marca Emsure, ácido clorhídrico al 0.1N. Los instrumentos necesarios fueron: balanza, embudo de decantación, balón de 150mL, pipeta, vaso de precipitación, jeringa de 10mL, probeta graduada, condensador y manta electrothermal.

La prueba realizada consiste básicamente en colocar 150 mL de agua residual en el embudo de decantación, se añadió 25 mL de hexano y 2 mL de ácido clorhídrico con un ángulo de 45 grados y girando el embudo lentamente en su propio eje durante 10 minutos con el fin de homogeneizar la mezcla. Se dejó sedimentar 10 minutos la mezcla, para retirar el precipitado (agua) y dejar solo el supernatante (hexano con aceites y grasas). El

supernatante se coloca en un balón unido al condensador para calentar la mezcla a una temperatura de 80℃ en la manta electrothermal hasta que condense el hexano. Este proceso separa el hexano de los aceites y grasas, para finalmente obtener la cantidad de aceites y grasas presente en los 150 mL de agua residual.

La fórmula matemática utilizada para calcular la concentración de aceites y grasas es:

$$Cag = \frac{Wf - Wi}{Var}$$

Donde,

Wi es el peso del balón a temperatura ambiente.

Wf es el peso del balón después del proceso de condensación.

Var es el volumen de agua residual utilizada en la prueba.

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1.CARACTERÍSTICAS DE LAS LAVADORAS

En la investigación de campo realizada a las lavadoras se observaron los procesos de lavado, características del lugar, personal, nivel de seguridad, productos utilizados. Algunas características importantes que influyen en el consumo de agua y generación de aguas residuales se resumen en la Tabla 11 para cada lavadora.

Tabla 11. Descripción de las lavadoras en estudio

LAVADORAS	TIPO DE ASFALTO	TIPO DE PISO	CANALES DE CONDUCCIÓN	LUGAR DE LAVADO	TRATAMIENTOS EXISTENTES	LIMPIEZA DE POZOS
L1	Hormigón	Impermeable	Si	Rampa	Cribado-lodos	Mes
L2	Hormigón	Permeable	No	Rampa	Lodos-grasas	Mes
L3	Hormigón	Impermeable	Si	Piso-elevador	Lodos	Semana
L4	Hormigón – ripio	Permeable	Si	Piso-elevador	Lodos-grasas	Tres meses
L5	Hormigón – ripio	Permeable	No	Rampa	Cribado	Mes
L6	Hormigón	Permeable	Si	Rampa	Lodos-grasas	Dos meses
L7	Hormigón – ripio	Permeable	No	Rampa-elevador	Lodos	Mes
L8	Hormigón	Permeable	Si	Rampa	Lodos-grasas	Tres meses
L9	Hormigón	Permeable	Si	Piso-elevador	No posee	Tres meses
L10	Hormigón	Impermeable	Si	Piso-elevador	Lodos	Tres meses

Se pudo observar que la mayoría de las lavadoras no cuentan con instalaciones adecuadas según la Guía de prácticas ambientales mecánicas, lubricadoras y lavadoras [40]. Se observó que muy pocas lavadoras tiene un piso impermeable con su respectiva pendiente para evitar la absorción del fluido, y que se deslice con facilidad hacia los canales de conducción. La mayoría de las lavadoras tiene como tratamiento, trampas de lodos y de grasa, y la limpieza de los pozos lo hacen cada semana, mes, dos meses o tres meses.

Todas las lavadoras son talleres de pequeña magnitud en las cuales se realizan las siguientes operaciones: cambio de aceite, lavado, engrasado, pulverizado y aspirado (Tabla 12). La mayoría de las lavadoras utiliza detergentes industriales y otras utilizan deja, para pulverizar las partes metálicas de los carros utilizan grafito mezclado con una cantidad de agua. Utilizan diferentes marcas de aceites, y la más utilizada es Kendall, lo cual se utiliza en promedio aproximado de 1 galón y 1 litro por vehículo.

Tabla 12. Descripción de los procesos realizados en las lavadoras de carros.

OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN
Cambio de aceite	Este proceso consiste en remover el aceite junto con el filtro y reemplazarlo por un aceite nuevo esto generalmente se lo realiza a los 5000Km de recorrido del carro.
Lavado	Consiste en mojar el vehículo y mediante el uso de detergentes eliminar la suciedad presente en el mismo.
Engrasado	Consiste en lubricar las partes metálicas del vehículo con el fin de protegerlas
Pulverizado	Protege del óxido y se lo realiza con grafito mezclado con agua
Aspirado	Consiste en retirar la suciedad del interior del carro mediante una aspiradora

4.1.1. DISTRIBUCIÓN DE LOS AMBIENTES DE LAS LAVADORAS DE CARROS

La distribución de las diez lavadoras tiene la similitud que para realizar su trabajo cuentan con espacios ordenados para realizar diferentes actividades, la mayoría cuentan con área de lavado, área de secado, área de cambio de aceite (Figura 24), sala de espera (Figura 25), área de entrega de los carros, área de tratamientos del agua residual (Figura 28). Para realizar el proceso de lavado o cambio de aceite las lavadoras cuentan con elevadores (Figura 26) o rampas (Figura 27) lo cual facilita a sus operadores realizar su trabajo. Las lavadoras cuentan con una oficina, baños, bodegas y cuarto de máquinas donde se ubican bombas, compresores, etc.

Figura 23. Modelo 3D de la lavadora Bandy´s

Figura 24. Distribución de área de lavado, secado, entrega y bodega.

Figura 25. Distribución de sala espera, baño, oficina.

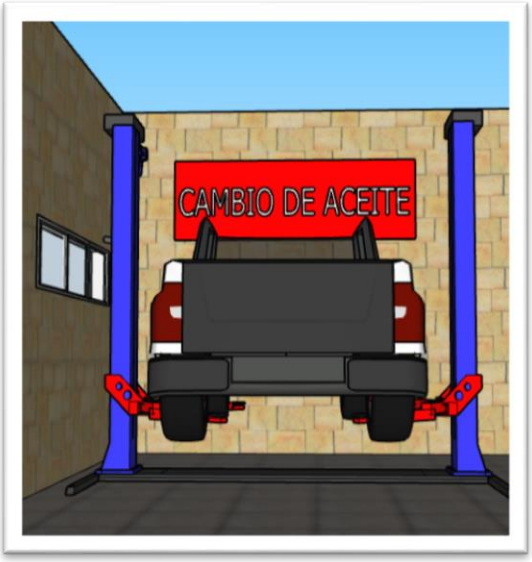


Figura 26. Lavado y cambio de aceite en elevador

Figura 27. Figura Lavado y cambio de aceite en rampa

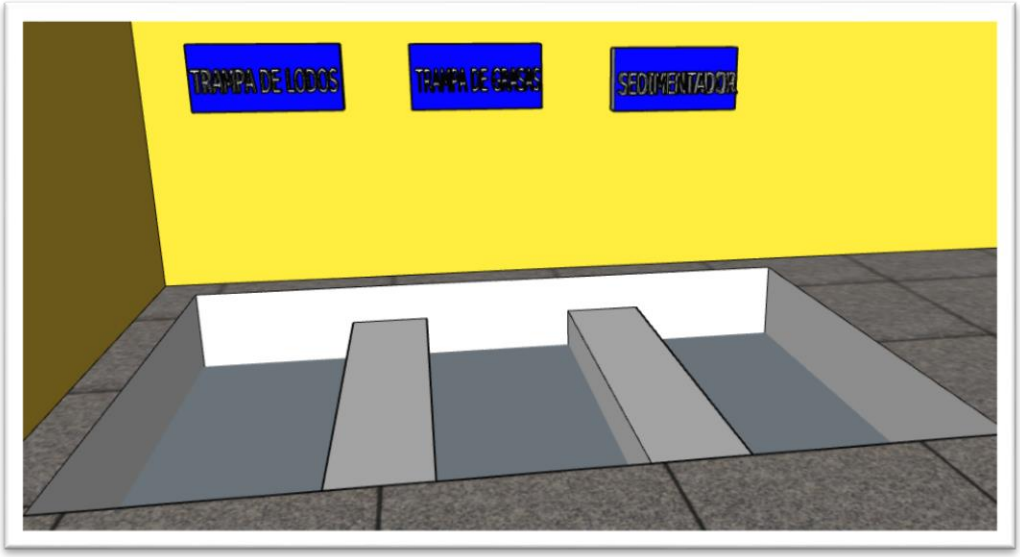


Figura 28. Tratamientos existentes en la mayoría de lavadoras

4.2. CAUDALES DE ENTRADA Y SALIDA

De la investigación de campo realizada en cada lavadora se obtiene los datos del ANEXO A, mediante el cual se elabora la Tabla 13 y Tabla 14 que muestra los volúmenes y caudales que se determina con este estudio y sirven para realizar diferentes cálculos para

el análisis de los datos se utilizan graficas de comportamientos y gráficos estadísticos según sea necesario.

4.2.1. ANÁLISIS DE CONSUMO DE AGUA

Mediante un extracto de los datos del ANEXO A se obtiene el volumen total por lavadora y caudal usado (entrada) y volumen de (salida) que se presenta en la Tabla 13.

El caudal de entrada que se encuentra entre 4 a 18 L/min dependiendo de la lavadora pero en la mayoría se encuentra por debajo de los 10.5 L/min. También podemos ver como varía los datos entre el volumen de entrada y de salida, esto se debe a las características de piso de las lavadoras que son en la mayoría permeables y así el agua contaminada filtra fácilmente contaminando el suelo.

Tabla 13. Determinación de caudales mediante cálculos matemáticos simples.

Lavadoras	**∑V entrada**	**∑V salida**	**∑t lavado**	**Q̄ (entrada)**	**Qexp (entrada)**
unidades	**L**	**L**	**(min)**	**L/min**	**L/min**
L1	2561.82	750.30	147.51	17.47	17.37
L2	1639.75	546.58	148.22	11.06	11.06
L3	1216.2	429.17	117.47	10.42	10.35
L4	648.6	325.07	92.89	7.04	6.98
L5	188.25	62.75	35.6	5.27	5.29
L6	548.35	182.78	57.75	9.43	9.50
L7	418.2	181.35	63.75	6.52	6.56
L8	823.8	407.64	48.96	16.81	16.83
L9	473.42	201.76	103.11	4.63	4.59
L10	320.95	79.19	38.13	8.35	8.42

Tabla 14. Parámetros del comportamiento del volumen vs tiempo de los gráficos del ANEXO C.

Lavadoras	**Q exp. (Pendiente) L/min**	**Intercepto**	**R2 (Coef. de correlación)**
L1	17.37	11.57103	0.99789
L2	11.06	-0.17131	0.99823
L3	10.35	14.38597	0.96433
L4	6.98	2.57055	0.99664
L5	5.29	-12.27287	0.98526
L6	9.50	-10.79162	0.96452
L7	6.56	-7.39654	0.92684
L8	16.83	-7.87784	0.98785
L9	4.59	1.68284	0.99950
L10	8.42	-8.83169	0.97786

En la Figura 29 se puede evidenciar un comportamiento de los caudales de entrada determinados mediante los parámetros de las líneas de tendencia realizadas para cada lavadora que están en la Tabla 14. Como se puede notar el Qexp. y Qcalc. son muy similares y en ocasiones idénticos los que corrobora los procesos de obtención de los caudales.

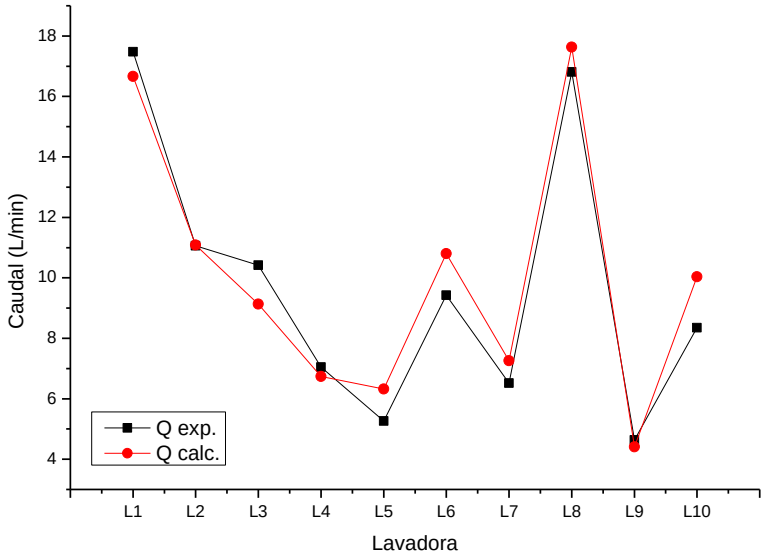


Figura 29. Gráfico del caudal de entrada de cada lavadora.

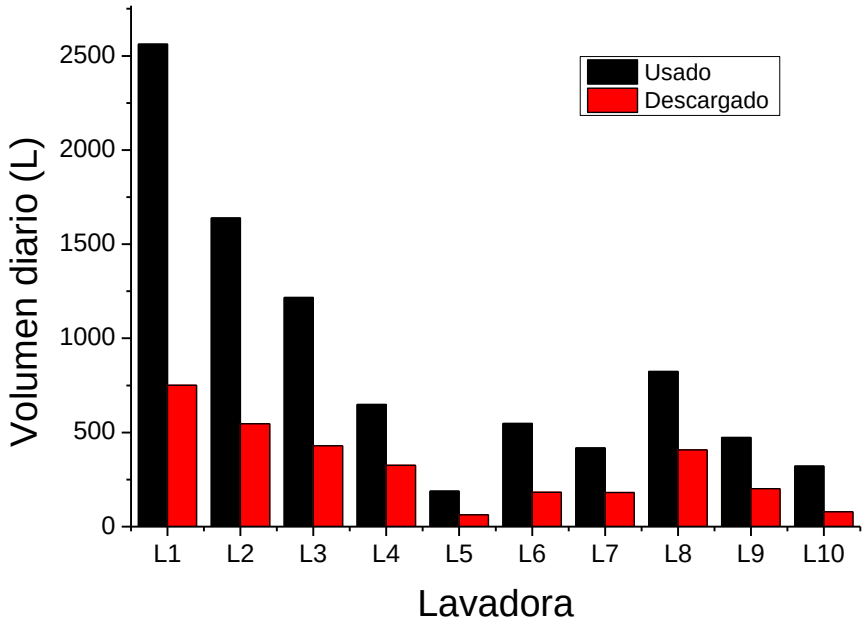


Figura 30. Gráfico de barras del volumen consumido y descargado en un día para cada lavadora.

La Figura 30 muestra como el volumen de descarga de las 10 lavadoras es mucho menos que el de uso llegando a ser hasta más de 50% del inicial. Además se puede observar que la L1 presenta el volumen de uso mayor con más de 2500 L a pesar de no ser la que más autos lava en el día, mientras que la con mayor cantidad de autos tiene casi la mitad de consumo, siendo estas las L2 (18 autos) y L3 (10 autos).

4.2.2. DETERMINACIÓN ESTADÍSTICA DEL VOLUMEN DE LAVADO POR VEHÍCULO.

Estos volúmenes oscilan dependiendo del tipo de lavado que se realiza, ya sea completo o el expréss pero mediante un promedio de los autos lavados el día de estudio determinamos el volumen de agua que ocupa cada lavadora en los 3 tipos de auto (Tabla 15), así podemos ver que la L1 es la que consume el mayor volumen de agua para los 3 tipos y la que consumen menor volumen son la L9 en camionetas y 4*4 y la L10 en automóviles.

Tabla 15. Volumen de agua de uso y de descarga de cada lavadora según lo 3 tipos de autos en estudio.

Lavadora	**Automóvil**			**Camioneta**			**4*4**		
	#	**Vuso (L)**	**Vdescarga (L)**	**#**	**Vuso (L)**	**Vdescarga (L)**	**#**	**Vuso (L)**	**Vdescarga (L)**
L1	3	256.33	76.41	3	348.24	101.28	3	249.37	72.41
L2	12	79.07	26.36	3	148.15	49.38	2	123.23	41.08
L3	4	90.33	30.29	3	143.55	50.85	3	141.42	51.83
L4	7	67.62	37.88	1	70.75	26.10	1	104.50	33.84
L5	1	48.50	16.17	1	71.20	23.73	1	68.55	22.85
L6	2	58.00	19.33	3	94.87	31.62	2	73.88	24.63
L7	4	61.60	22.79	1	89.45	58.42	1	82.35	31.76
L8	2	135.50	64.16	1	155.30	75.24	2	198.75	102.04
L9	5	48.91	16.78	3	36.89	22.76	3	39.40	16.52
L10	5	39.38	8.81	1	66.50	18.19	1	57.55	14.05
Promedio		**88.52**	**31.90**		**122.49**	**45.76**		**113.90**	**41.10**
Suma	***45***	***885.24***	***318.98***	***20***	***1224.90***	***457.56***	***19***	***1138.98***	***411.00***

Tomando en cuenta que cada lavadora presenta diferentes características (literal 4.1) del volumen de uso (entrada) solo se descarga (salida) 1/3 del volumen de entrada hacia los tanques de tratamiento o en ocasiones directamente al alcantarillado de esta manera en promedio se consume 88.52, 122.49 y 113.90 L en automóvil, camioneta y 4*4 respectivamente, y de esos volúmenes vienen a ser descargado 31.90, 45.80 y 41.10 L según se lave automóvil, camioneta y 4*4 respectivamente. Lo cual tiene relación con investigaciones realizadas que determinaron que par aun automóvil se necesita de 60-70L/veh en Holanda y Región Escandinava [11], en Australia 100 L/veh [7], para vehículos compactos y subcompactos 170 L/veh y para camionetas 300 L/veh [15]. El volumen que se ocupa en las camionetas y 4*4 es muy similar pero mucho mayor que el que se ocupa en los automóviles.

4.2.3. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO

Para la determinación de un caudal de diseño aproximado me base en el Anexo A, se tomaron los datos máximos del volumen de salida por vehículo de las lavadoras (Tabla 16).

Tabla 16. Volúmenes máximos de salida por lavadora y tipo de vehículo

Lavadoras	**Volumen (lt)**		
	Automóviles	**Camionetas**	**4*4**
L1	**110.93**	**168.00**	96.47
L2	66.50	59.82	48.65
L3	35.48	75.52	54.42
L4	106.55	26.10	33.84
L5	16.17	23.73	22.85
L6	21.95	45.08	25.18
L7	30.82	58.42	31.76
L8	64.73	75.24	**112.76**
L9	37.25	27.43	20.41
L10	16.25	18.19	14.05

Con el conteo de carros del Anexo B se escogió la lavadora con mayor demanda, la cual es la lavadora 2 (Nitro), y se determinó la semana con mayor número de carros lavados (Semana 2) (Tabla 17).

Tabla 17. Conteo de carros lavadora con mayor demanda

SEMANA 1						
TIPO DE VEHICULO	**LUNES**	**MARTES**	**MIÉRCOLES**	**JUEVES**	**VIERNES**	**SÁBADO**
AUTOMÓVILES	7	6	10	7	10	15
CAMOINETAS	4	2	6	5	6	3
4*4	4	3	5	7	5	5
TOTAL	15	11	21	19	21	23

SEMANA 2						
TIPO DE VEHICULO	**LUNES**	**MARTES**	**MIÉRCOLES**	**JUEVES**	**VIERNES**	**SÁBADO**
AUTOMÓVILES	12	10	12	14	15	20
CAMOINETAS	3	1	2	3	4	5
4*4	7	4	6	7	8	10
TOTAL	22	15	20	24	27	35
SEMANA 3						
TIPO DE VEHICULO	**LUNES**	**MARTES**	**MIÉRCOLES**	**JUEVES**	**VIERNES**	**SÁBADO**
AUTOMÓVILES	13	11	10	8	10	24
CAMOINETAS	6	2	2	5	5	3
4*4	5	2	4	4	10	5
TOTAL	24	15	16	17	25	32
SEMANA 4						
TIPO DE VEHICULO	**LUNES**	**MARTES**	**MIÉRCOLES**	**JUEVES**	**VIERNES**	**SÁBADO**
AUTOMÓVILES	10	9	10	11	11	21
CAMOINETAS	5	3	1	3	8	3
4*4	4	7	5	7	7	8
TOTAL	19	19	16	21	26	32

Se determinó el volumen diario máximo durante la semana con mayor número de lavado de carros (Tabla 18).

Tabla 18. Volumen máximo de la lavadora de mayor demanda

Día Semana	Volumen (lt) semana 2
Lunes	2624.48
Martes	1728.34
Miércoles	2343.72
Jueves	2846.34
Viernes	3238.03
Sábado	4186.20
Volumen máximo	4186.20

Se determinó el caudal máximo en un jornal laboral de 10 horas.

$$Q = \frac{volumen\ (L)}{tiempo\ (h)}$$

.

$$Q = \frac{4186.20\ (L)}{10\ (h)}$$

.

$$Q = 418.62\ L/h$$

.

$$Q = \frac{418.62\ (L)}{60\ (min)}$$

$$Q = 6.98\ lt/min$$

4.3.PARAMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

En las tablas 19, 20, 21, 22, 23. Se detallan los datos de las pruebas experimentales realizada para la determinación de la concentración de los parámetros físico-químicos de las aguas residuales de cada lavadora que se obtienen mediante cálculos matemáticos simples de la experimentación.

Tabla 19. Concentración de Aceites y Grasas

Lavadoras	**V_{AR}**	**V (C_6H_{14})**	**V (HCl)**	**Wi (balón)**	**Wf (balón)**	**ΔW**	**Concen-tración**	**LMP**
	mL	**mL**	**Ml**	**Mg**	**Mg**	**mg/150 mL**	**mg/L**	**mg/L**
L1	150	25.00	2.00	106170	107140	970.00	6466.67	70
L2	150	25.00	2.00	126370	127070	700.00	4666.67	70
L3	150	25.00	2.00	106170	106190	20.00	133.33	70
L4	150	25.00	2.00	126370	126500	130.00	866.67	70

L5	150	25.00	2.00	126370	126530	160.00	1066.67	70
L6	150	25.00	2.00	126370	127100	730.00	4866.67	70
L7	150	25.00	2.00	106170	106200	30.00	200.00	70
L8	150	25.00	2.00	106170	106270	100.00	666.67	70
L9	150	25.00	2.00	106130	106260	130.00	866.67	70
L10	150	25.00	2.00	106120	106190	70.00	466.67	70

V_{AR}: volumen agua residual; VC_6H_{14} : volumen hexano; V HCL : volumen ácido clorhídrico; Wi: peso inicial; Wf: peso final; ΔW: diferencia de pesos; C A.G: concentración de aceites y grasas.

Tabla 20. Concentración Sólidos Suspendidos

Lavadoras	**V_{AR}**	**Wi (F)**	**Wf (F)**	**ΔW (F)**	**C sólidos ($\Sigma\Delta W/V_{AR}$)**	**LIMITE MAX PER**
	L	**mg**	**mg**	**mg**	**mg/L**	**mg/L**
L1	0.10	100	440	340	3400	220
L2	0.10	80	110	30	300	220
L3	0.10	70	260	190	1900	220
L4	0.10	130	160	30	300	220
L5	0.10	80	100	20	200	220
L6	0.10	90	330	240	2400	220
L7	0.10	60	450	390	3900	220
L8	0.10	110	700	590	5900	220
L9	0.10	90	120	30	300	220
L10	0.10	100	150	50	500	220

V_{AR}: volumen agua residual; Wi (F): peso inicial del filtro; Wf (F): peso final del filtro; ΔW: diferencia de pesos; C sólidos: concentración de sólidos suspendidos.

Tabla 21. Concentración Sólidos Totales

Lavadoras	**V_{AR}**	**Wi (F)**	**Wf (F)**	**ΔW (F)**	**Wi (c)**	**Wf (c)**	**ΔW (c)**	**Σ ΔW**	**C (ST)**	**LMP**
	L	**Mg**	**mg**	**mg**	**Mg**	**mg**	**mg**	**mg**	**mg/L**	**mg/L**
L1	0.10	100	440	340	85520	85610	90	430	4300	1600
L2	0.10	80	110	30	89480	89650	170	200	2000	1600
L3	0.10	70	260	190	86480	86530	50	240	2400	1600
L4	0.10	130	160	30	86890	87000	110	140	1400	1600
L5	0.10	80	100	20	76500	76570	70	90	900	1600
L6	0.10	90	330	240	83080	83190	110	350	3500	1600
L7	0.10	60	450	390	88690	88740	50	440	4400	1600
L8	0.10	110	700	590	86490	86540	50	640	6400	1600
L9	0.10	90	120	30	82250	82310	60	90	900	1600

L10	0.10	100	150	50	82980	83070	90	140	1400	1600

V_{AR}: volumen agua residual; Wi (c): peso inicial del crisol; Wf (F): peso final del crisol; ΔW: diferencia de pesos; C (ST): concentración de sólidos totales; LMP: límite máximo permitido.

Tabla 22. Concentración Sólidos Sedimentables

Lavadoras	V_{AR}	t sedim	C SD	LIMITE MAX PER
	L	h	ml/L	ml/L
L1	1.00	1.00	7.00	20
L2	1.00	1.00	2.00	20
L3	1.00	1.00	3.50	20
L4	1.00	1.00	2.50	20
L5	1.00	1.00	2.50	20
L6	1.00	1.00	4.00	20
L7	1.00	1.00	8.50	20
L8	1.00	1.00	9.50	20
L9	1.00	1.00	1.50	20
L10	1.00	1.00	2.00	20

V_{AR}: volumen agua residual; t sedim: tiempo de sedimentación; C SD: concentración de sólidos sedimentables.

Tabla 23. Concentración DQO Y DBO_5

Lavadoras	V_{AR}	Vreactivo	t incub	tincub	C DQO	C DBO
	Ml	Ml	° C	h	mg/l	mg/l
L1	2.00	4.75	200.00	2.00	917	458.50
L2	2.00	4.75	200.00	2.00	>15000	7500.00
L3	2.00	4.75	200.00	2.00	517	258.50
L4	2.00	4.75	200.00	2.00	1080.0	540.00
L5	2.00	4.75	200.00	2.00	540	270.00
L6	2.00	4.75	200.00	2.00	>15000	7500.00
L7	2.00	4.75	200.00	2.00	1097	548.50
L8	2.00	4.75	200.00	2.00	1293.0	646.50
L9	2.00	4.75	200.00	2.00	332	166.00
L10	2.00	4.75	200.00	2.00	1136.0	568.00

V_{AR}: volumen agua residual; Vreactivo: volumen del reactivo; tincub: tiempo de incubación; C DQO: concentración de DQO; C DBO: concentración de DBO.

4.3.1. ACEITES Y GRASAS

Las concentraciones de aceites y grasas (AG) de cada lavadora sobrepasan el LMP para aceites y grasas que es 70 mg/L. La figura 31 evidencia que la L1, L2 y L6 son las lavadoras con mayor concentración de AG en el agua residual que producen sobrepasando los 4500 mg/L. Mientras tanto el 70 % de las lavadoras se mantiene por debajo de los 1000 mg/L que es un valor muy elevado para hacer una descarga al alcantarillado público.

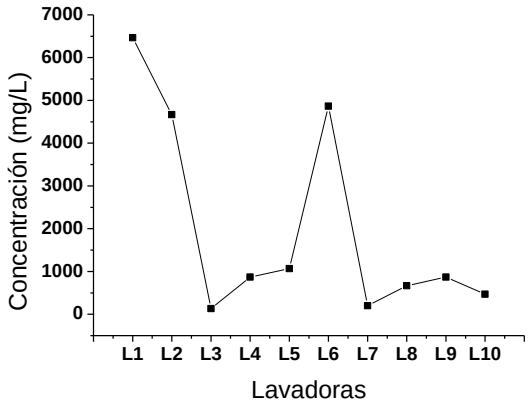


Figura 31. Gráfico de la concentración de aceites y gracias de aguas residuales de las lavadoras

4.3.2. SÓLIDOS PRESENTES EN LAS AGUAS RESIDUALES

- SÓLIDOS SUSPENDIDOS Y SÓLIDOS TOTALES

Las aguas residuales de las 10 lavadoras tienen presencia de sólidos tanto suspendidos como totales. Solamente la L5 está por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por el TULSMA con 200 mg/L para sólidos suspendidos y 900 mg/L para sólidos totales. La L4 también cumple con la concentración adecuada para sólidos totales alcanzando 1400 mg/L. El comportamiento de las concentraciones (Figura 32) de los sólidos suspendidos y sólidos totales es muy similar pero muestran concentraciones muy elevadas la L1, L7 y L8.

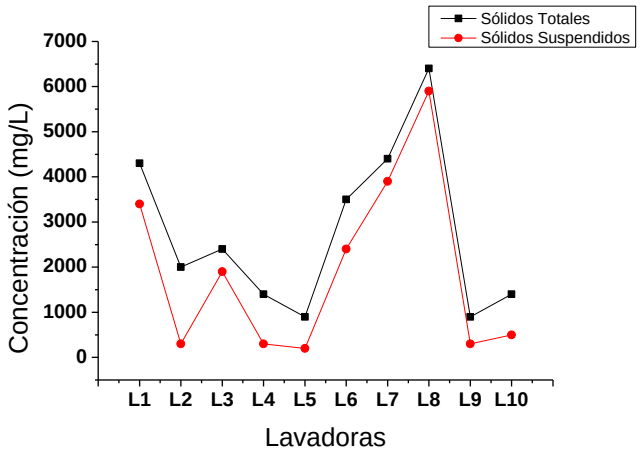


Figura 32. Concentración de Sólidos Suspendidos, Sólidos Totales.

- SÓLIDOS SEDIMENTABLES

Los sólidos sedimentables presentes en las aguas residuales de las lavadoras están por debajo de los 10 ml/L cumpliendo todas las lavadoras con el límite máximo permisible que es de 20 ml/L. El comportamiento que muestran las lavadoras con respecto a los sólidos sedimentables está relacionada con los sólidos totales como se observa en la Figura 33.

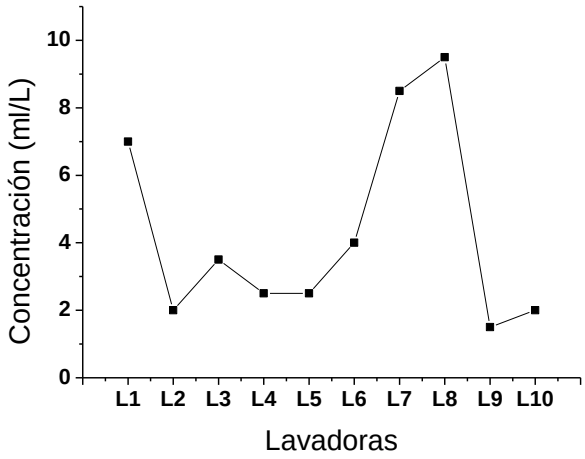


Figura 33. Concentración Sólidos Sedimentables

4.3.3 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) Y DEMANDA BIOQUÍMCA DE OXÍGENO (DBO_5)

En la Figura 34 se puede ver los resultados de la concentración de DQO y DBO_5 que presenta cada lavadora, donde la L2 y la L6 presentan las concentraciones más altas de alrededor de 1500 mg/L y sobre los 700 mg/L para la DQO y DBO_5

respectivamente, para las otras lavadoras se mantiene entre 500 y 1500 mg/L para los dos parámetros.

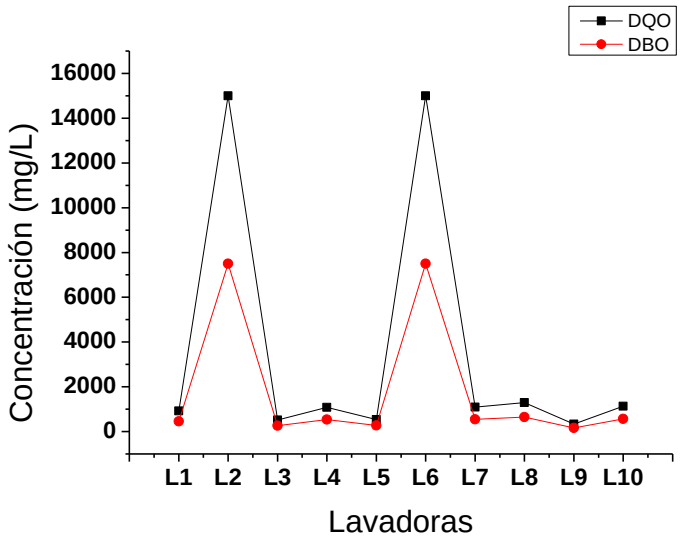


Figura 34. Concentración DQO Y DBO_5

4.3.4. RELACIÓN DE LA BIODEGRADABILIDAD

Tabla 24. Relación de la biodegradabilidad

LAVADORAS	DQO	DBO	RELACIÓN
L1	917	458.50	0.50
L2	>15000	7500.00	0.50
L3	517	258.50	0.50
L4	1080	540.00	0.50
L5	540	270.00	0.50
L6	>15000	7500.00	0.50
L7	1097	548.50	0.50
L8	1293	646.50	0.50
L9	332	166.00	0.50
L10	1136	568.00	0.50

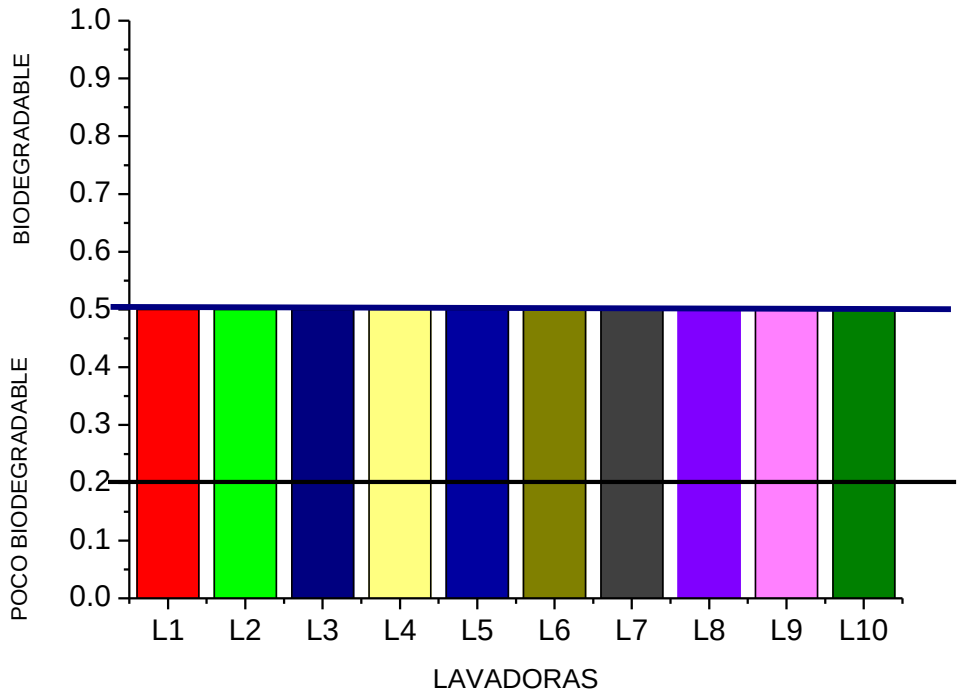


Figura 35. Relación de la biodegradabilidad

Como se muestra en la tabla 24 y la figura 35 la relación de la biodegradabilidad en nuestras lavadoras es constante debido a que los estudios muestran que el DBO_5 es aproximadamente el 50% del DQO, Por lo que tenemos un resultado de 0.5 lo cual nos muestra que tenemos vertidos de naturaleza urbana, son biodegradables y el agua residual puede ser tratada mediante tratamientos biológicos.

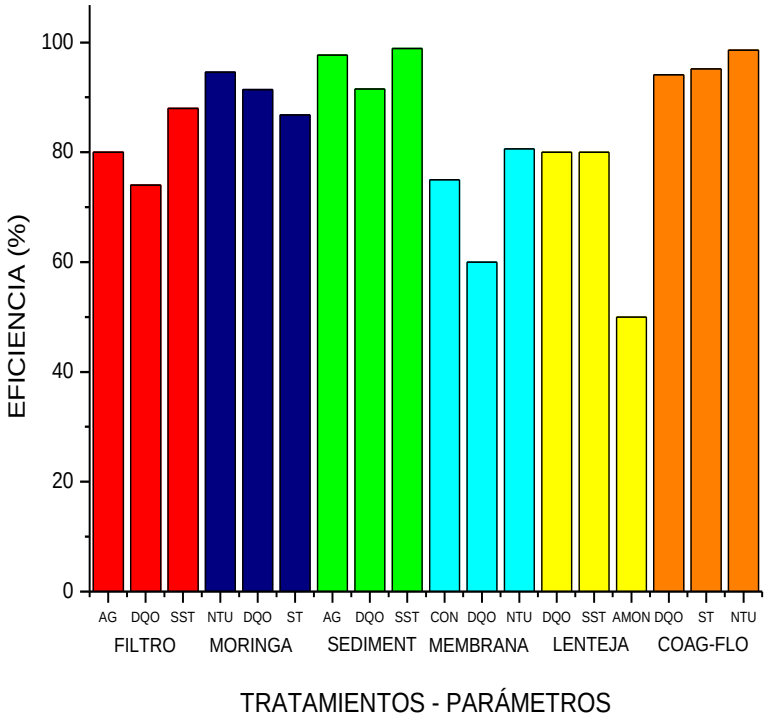
4.4. PROCESOS DE TRATAMIENTO DE LAVADORAS DE CARROS

La elección de los procesos de tratamientos efectivos para disminuir los parámetros físico-químicos del agua proveniente del lavado de carros se realizó mediante investigación documental de procesos reportados en literatura (Tabla 25 y Figura 36) y los tratamientos detallados en el Capítulo II numeral 2.5, con el fin de elegir los procesos más adecuados, funcionales, biológicos y económicos para mejorar la calidad del agua del efluente proveniente del lavado de carros.

Tabla 25. Procesos de tratamiento de aguas residuales de origen doméstico e industrial

País	Proceso	Origen de A.R.	Eficiencia	Referencia
Colombia	Humedales artificiales utilizando lenteja y buchón de agua.	Doméstico	DBO_5 86%	(Rodriguez, Gómez, Garavito, López, 2010, pp. 1-10) [33]
México	Separación de aceites por gravedad.	Lavado de carros	Aceites y grasas 80%, DQO 74%, SST 88%, SDT 40%, SSV 87%, SDV 46%	(Fall, López, Jiménez, Díaz, García, Lucero, 2007, PP. 175-184) [41]
Colombia	Filtro de arena y carbón activado bituminoso	Lavandería	NTU 92.20%, Grasas y aceites 68.62%, DQO 86%, SAAM 74%, pH 27%, Dureza 17.6%, ST 83.2%.	(Casallas, Ibañez, 2008, pp. 1-208) [17]
Venezuela	Uso de la moringa como coagulante	Doméstica e Industrial	NTU 90%	(Mendoza, Fernandez, Ettiene, 2000, pp. 1-8) [36]
México	Sedimentación – Coagulación (hidroxicloruro de aluminio, servican 50, sulfato de aluminio, cloruro férrico)	Lavado de carros	Aceites y Grasas 97.7%, DQO 91.5%, SST 98.9%, NTU 94.5%	(Rubí, Fall, Ortega, 2009, pp. 2359-2369) [15].
Bélgica	Nanofiltración con membranas hidrófila e hidrófoba	Lavado de carros	Conductividad 75%	(Boussu, Kindts, Vandecasteele, Van der Bruggen, 2007, pp.139-146) [4]
México	Uso de tres tanques de sedimentación, tanque de estabilización, y humedales con lenteja de agua.	Doméstico	DQO >80%, SST >80%, Amonio 50%	(Belmont, Cantellano, Thompson, Williamson, Sánchez, Metcalfe, 2004, pp. 299-311) [10].
Italia	Electrocoagulación y oxidación electroquímica	Lavado de carros	DQO 97%	(Panizza, Cerisola, 2010, pp. 236-240) [42]
Venezuela	Semillas de Moringa oleífera	Lavado de carros	Color 92.5%, NTU 94.6%, DQO 91.41%, ST 86.77%.	(González, De Mejias, Gonzalez, Carrasquero, Montiel, 2017, pp. 31-42) [34].

Venezuela	Tratamiento fisicoquímico de coagulación, floculación, sedimentación y filtración en aguas residuales utilizando cloruro férrico (CF), sulfato de aluminio (SA) y cloruro de calcio (CC)	Lavado de carros	DQO 94.1%, ST 95.2%, NTU 98.6%, Color 97.5%,	(Carrasquero, Terán, Mas y Rubi, Colina, Díaz, 2015, pp. 122-139) [6].
Malasia	Bentonita en membranas de polímero	Lavado de carros	DQO 60% NTU 80.6%	(Kiran, Arthanareeswaran, Thuyavan, Ismail, 2015, pp. 1-7) [7].
Colombia	Lodos Activados	Domestica	Disminución del DBO Y pH.	(Méndez, Miyashiro, Rojas, Cotrado, Carraco, 2004, pp 74+83) [43].



AG: aceites y grasas; DQO: demanda química de oxigeno; SST: sólidos suspendidos totales; ST: sólidos totales; NTU: turbidez; CON: conductividad; AMON: amonio.

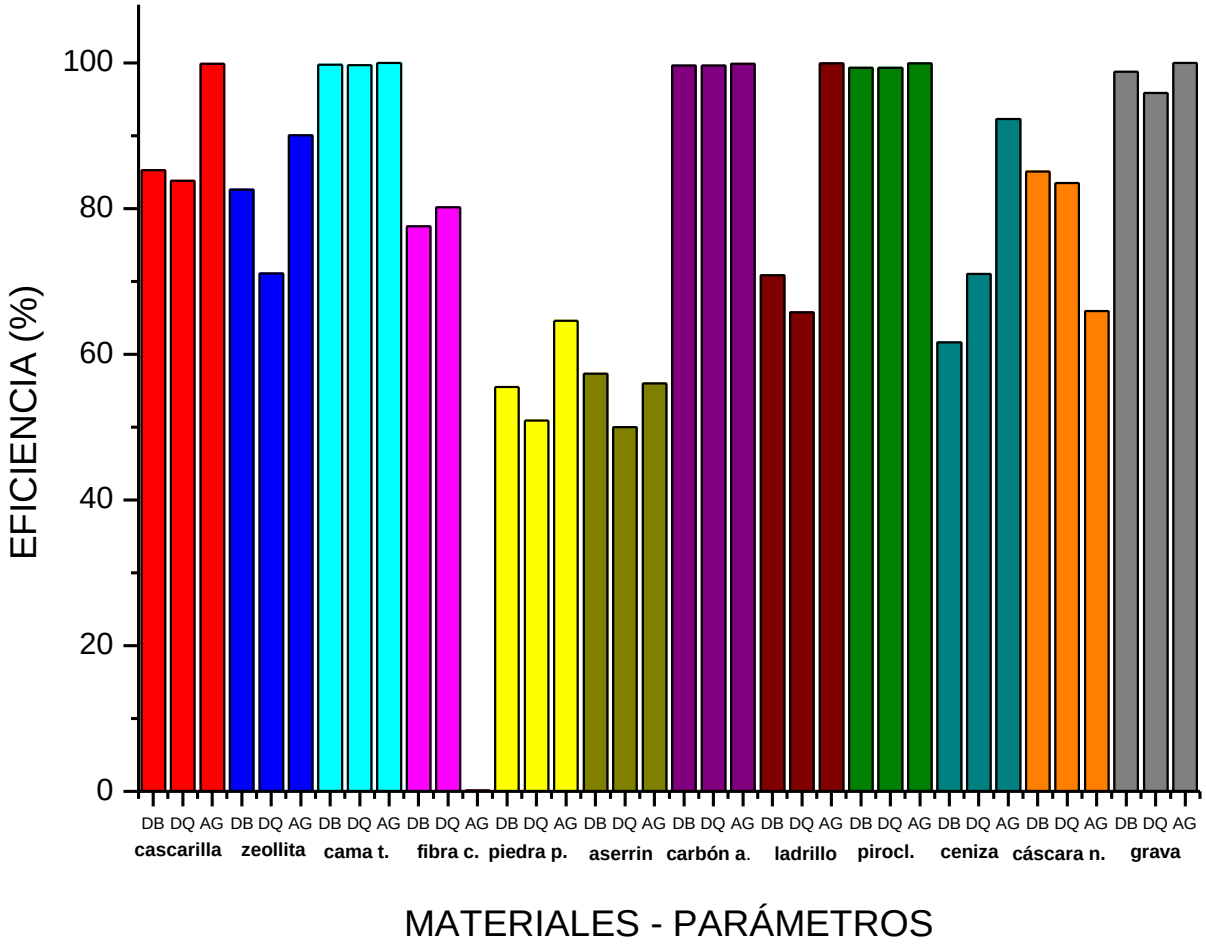
Figura 36. Eficiencia de los tratamientos

Para determinar los materiales que sirven para filtrar aguas residuales producidas por el lavado de autos se analiza los estudios de filtros biológicos realizados por estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato utilizando diferentes materiales detallados en la Tabla 26 y Figura 37, donde se puede observar una buena eficiencia del carbón activado y la grava.

Tabla 26. Análisis de los materiales filtrantes

	Eficiencia %			
Material	**DBO**	**DQO**	**Aceites y Grasas**	**Referencia**
Cascarilla de arroz	85.29	83.82	99.89	(Sánchez. 2017. pp. 1-79). [44]
Zeolita	82.6	71.11	90.08	(Pérez. 2017. pp. 1-117). [45]
Cama de turba	99.76	99.67	100.00	(Sánchez. 2017. pp. 1-73). [28]
Fibra de coco	77.6	80.20	0.10	(Navas. 2017. pp. 1-120). [46]
Piedra Pómez	55.5	50.91	64.58	(Llamuca. 2018. pp. 1-109). [47]
Aserrín	57.35	50.00	56.00	(Guaman. 2017. pp. 1-93). [48]
Carbón activado	99.66	99.63	99.85	(Ávalos. 2017. pp.1-91). [29]
Ladrillo triturado	70.86	65.75	99.96	(Sánchez. 2017. 1-106). [49]
Piroclasto volcánico	99.35	99.32	99.96	(Torres. 2017. pp. 1-83). [50]
Cenizas vegetales	61.65	71.05	92.33	(Quinaluiza. 2017. pp. 1-106). [51]

Cáscara de naranja	85.09	83.52	65.92	(Padilla. 2018. pp. 1-93). [52]
Grava	98.80	95.86	100.00	(Rodríguez. 2017. pp. 1-78). [27]



AG: aceites y grasas; DQ: demanda química de oxigeno; DB: demanda bioquímica de oxígeno; cascarilla: cascarilla de arroz; cama t.: cama de turba; fibra c.: fibra de coco; piedra p.: piedra pómez; carbón a.: carbón activado; pirocl.: piroclasto volcánico; cáscara n.: cáscara de naranja.

Figura 37. Eficiencia de los materiales usados en filtros

Conociendo las características actuales de las lavadoras de carros y los parámetros las aguas residuales producidas en las mismas se puede determinar los procesos, que se deben

implementar en las lavadoras del cantón Ambato para mejorar el funcionamiento y disminuir la contaminación.

4.5. ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Una alternativa elegida para el tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de carros (Figura 38), es el uso de un cribado como pretratamiento, una trampa de lodos con una pendiente del 6% [53], para la acumulación de las mimas como tratamiento primario, un proceso de aireación que nos va ayudar a tratar los tensoactivos [17], con un coagulante natural que es la semilla de moringa. Seguido de un sedimentador secundario con la planta acuática lenteja de agua que nos va ayudar para la eliminación de surfactantes y a evitar la formación de espuma debido a los detergentes [33], como tratamientos secundarios, y un filtro biológico con grava y carbón activado que nos sirve como un coagulante y reducción de compuestos orgánicos e inorgánicos como tratamiento terciario [17].

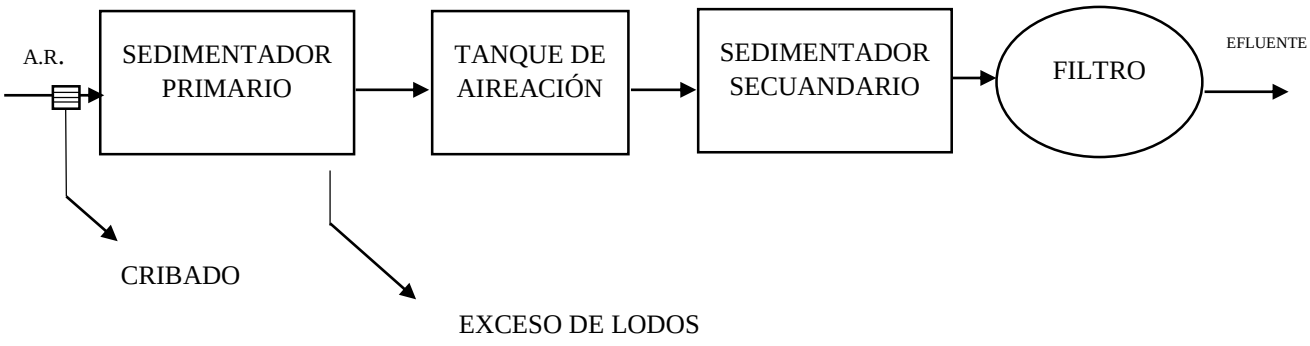


Figura 38. Alternativa para el tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de carros

4.6. DIAGRAMAS DE PROCESOS DE CADA ESTABLECIMIENTO.

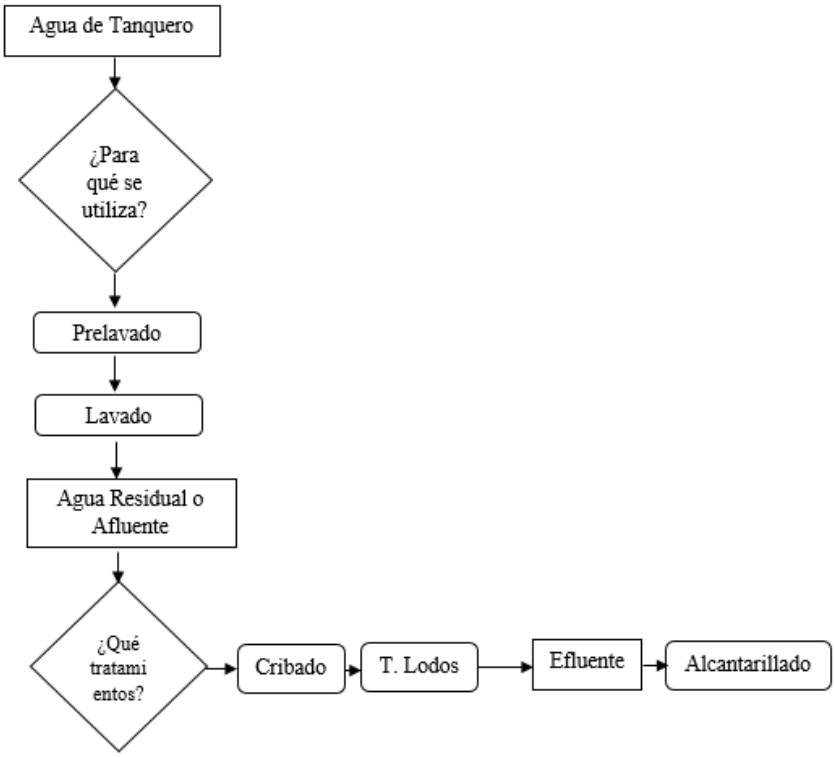


Figura 39. Diagrama de procesos L1

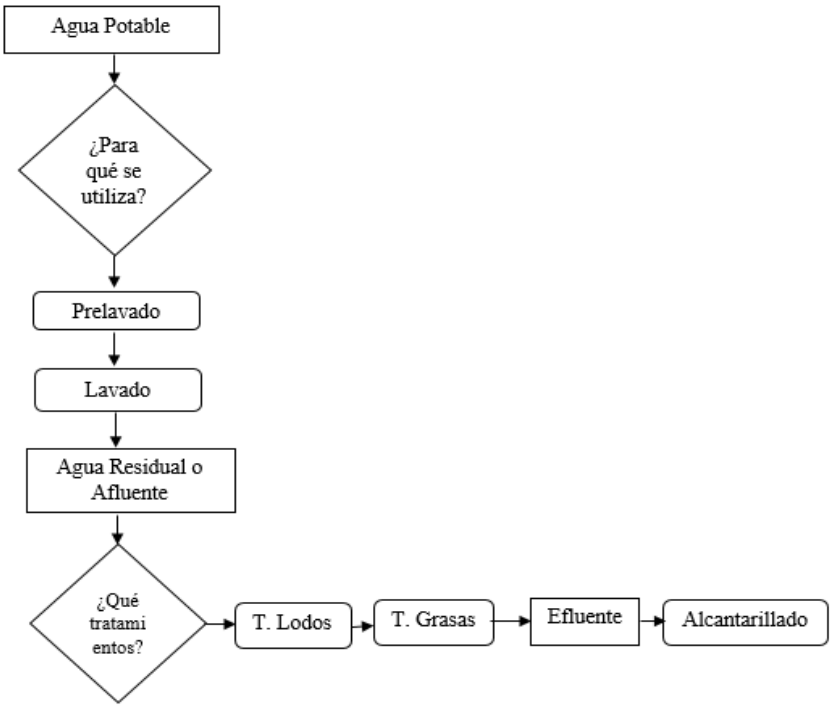


Figura 40. Diagrama de procesos L2, L4, L6 y L8

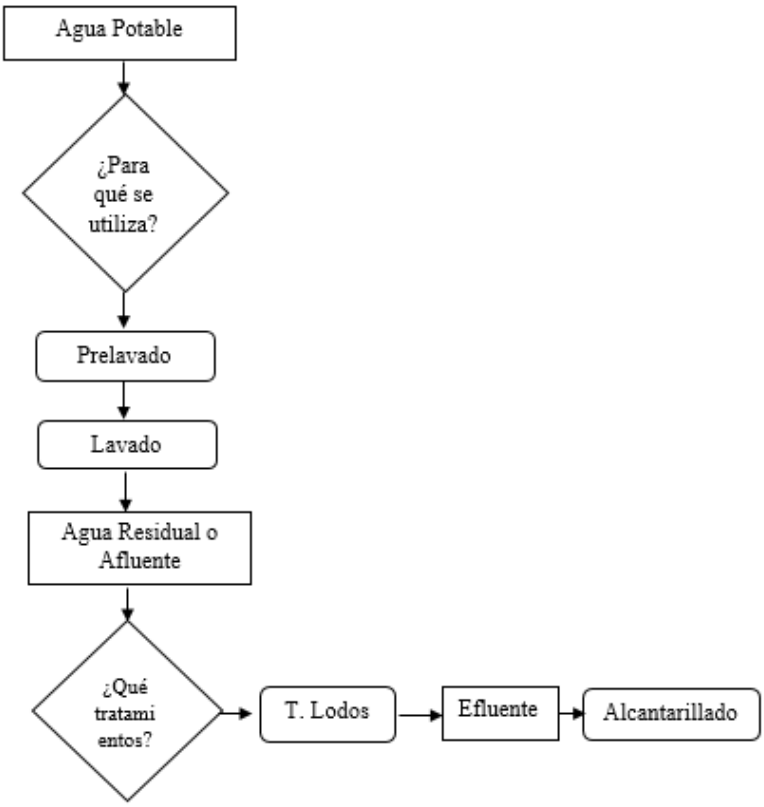


Figura 41. Diagrama de procesos L3, L7 y L10

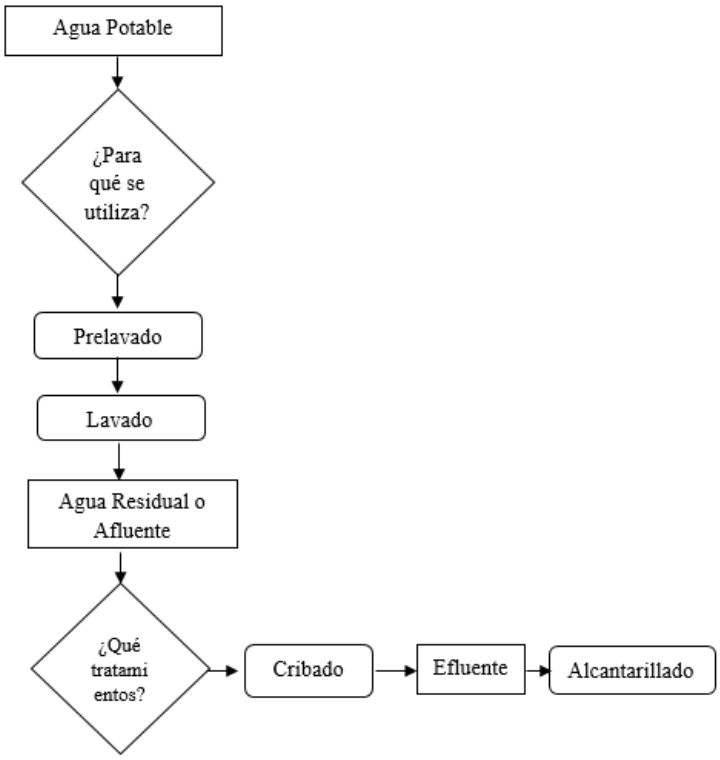


Figura 42. Diagrama de procesos L5

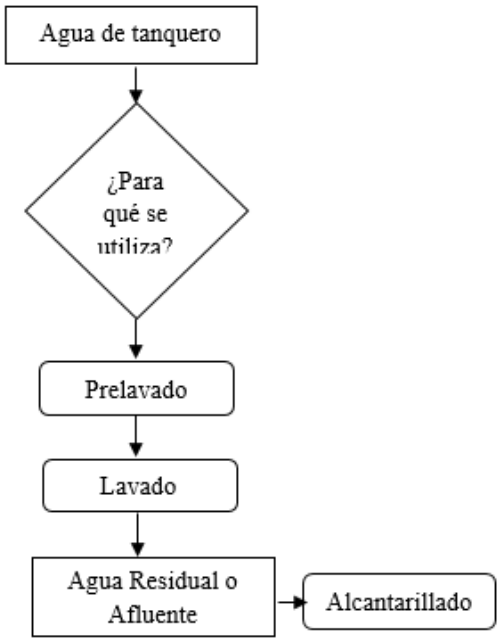


Figura 43. Diagrama de procesos L9

En la Figura 39, 40, 41, 42 y 43 se puede observar la forma de circulación del agua, teniendo como tratamientos existentes en cada establecimiento, como cribado, trampa de lodos, trampa de grasas y otras lavadoras sin ningún tipo de tratamiento.

4.7. VERIFICACIÓN DE LA HIPOTESIS

Se verifica la hipótesis alternativa debido a que como se muestra la Figura 38, se ha determinado los procesos de tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de carros que sean adecuados, funcionales, biológicos, económicos y que se deben implementar para disminuir los parámetros físico-químicos con el fin de descargar el efluente al sistema de alcantarillado público.

CAPITULO V

5.1. CONCLUSIONES

- La infraestructura de las lavadoras analizadas no cumplen con la Guía de prácticas ambientales de mecánicas, lubricadoras y lavadoras en especial en la parte de pisos impermeables adecuados, canales de evacuación del agua y almacenamiento de los desechos.

- Los volúmenes de entrada y de salida tienen una diferencia de más del 50% esto debido a las características del piso de las lavadoras que son en la mayoría permeables y así el agua contaminada filtra fácilmente contaminando el suelo.

- La cantidad de agua promedio que se ocupa para lavar un automóvil en la provincia de Tungurahua cantón Ambato es 88.52 L/veh, para lavar una camioneta es 122.49 L/veh y para lavar un 4*4 es 113.90 L/veh.

- La cantidad de agua máxima que se ocupa para lavar un automóvil es 381.60 L/veh, una camioneta es 598.32 L/veh, un 4*4 es 363.35 L/veh.

- El caudal de diseño analizado es 6.98 L/ min lo cual va a servir de gran ayuda para el diseño de la planta de tratamiento.

- Los parámetros analizados del agua residual proveniente de las lavadoras de carros, presentan valores mayores a los especificados en el TULSMA en la mayoría de los casos para la descarga del efluente al sistema de alcantarillado.

- Los procesos analizados para cada establecimiento tienen la similitud que la mayoría de las lavadoras cuentan con tratamientos de lodos, grasas, cribados y otras lavadoras no tienen ningún tratamiento, descargando directamente al alcantarillado público. Todas las lavadoras utilizan el agua para un prelavado y lavado del carro.

- Los procesos elegidos para el tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de carros es el uso de un cribado como pretratamiento, una trampa de lodos con una pendiente del 6%, para la acumulación de las mimas como tratamiento primario, un proceso de aireación que nos va ayudar a tratar los tensoactivos, con un coagulante natural que es la semilla de moringa, seguido de un sedimentador secundario con la planta acuática lenteja de agua que nos va ayudar para la eliminación de surfactantes y a evitar la formación de espuma debido a los detergentes, como tratamientos secundarios, y un filtro biológico con grava y carbón activado que nos sirve como un coagulante y reducción de compuestos orgánicos e inorgánicos como tratamiento terciario.

5.2. RECOMENDACIONES

- Los datos obtenidos en el desarrollo de este trabajo deben ser tomados en cuenta para que se implementen los procesos definidos durante esta investigación para de tratamiento de aguas residuales en las lavadoras de carros.

- Dar seguimiento a los parámetros físico-químicos que presentaran las aguas residuales a ser tratadas con los procesos definidos en esta investigación.

- Realizar las pruebas experimentales para la determinación de parámetros siguiendo las normas y pasos establecidos por la normas y especificados en este documento.

BIBLIOGRAFÍA

[1] R. Rojas, “Sistemas de tratamiento de aguas residuales,” CURSO Int. “GESTION Integr. Trat. AGUAS RESIDUALES”(2002 Bras. Curso Int. Bras. Cepis, vol. 19, p. 19, 2002.

[2] N. E. Samboni Ruiz, Y. Carvajal Escobar, and J. C. Escobar, “Revisión de parámetros fisicoquímicos como Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua,” Ing. e Investig., vol. 27, no. 3, pp. 172–181, 2007.

[3] H. Cabrera, M. Garcés, and P. Paredes, “Producción de Aguas Servidas, Tratamiento y Uso en el Ecuador H.,” Minist. Agric. Ganad. y Pesca Minist. Salud Pública EMAPAG-EP, pp. 1–9, 2012.

[4] K. Boussu, C. Kindts, C. Vandecasteele, and B. Van der Bruggen, “Applicability of nanofiltration in the carwash industry,” Sep. Purif. Technol., vol. 54, no. 2, pp. 139–146, 2007.

[5] K. A. Reynolds, “Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica Identificación del Problema,” la llave, pp. 1–4, 2002.

[6] S. Carrasquero, K. Terán, M. Mas y Rubi, G. Colina, and A. Díaz, “Evaluación de un tratamiento fisicoquímico en efluentes provenientes del lavado de vehículos para su reutilización,” Impacto Científico, vol. 10, no. 2, pp. 122–139, 2015.

[7] S. A. Kiran, G. Arthanareeswaran, Y. L. Thuyavan, and A. F. Ismail, “Influence of bentonite in polymer membranes for effective treatment of car wash effluent to protect the ecosystem,” Ecotoxicol. Environ. Saf., vol. 121, pp. 1–7, 2015.

[8] I. A. Rodriguez Boluarte et al., “Reuse of car wash wastewater by chemical coagulation and membrane bioreactor treatment processes,” Int. Biodeterior. Biodegrad., vol. 113, pp. 44–48, 2016.

[9] D. Huybrechts, P. De Baere, L. Van Espen, B. Wellens, and R. Dijkmans, “Best available techniques for car- and truckwash companies,” 2002.

[10] M. A. Belmont, E. Cantellano, S. Thompson, M. Williamson, A. Sánchez, and C. D. Metcalfe, “Treatment of domestic wastewater in a pilot-scale natural treatment system in central Mexico,” Ecol. Eng., vol. 23, no. 4–5, pp. 299–311, 2004.

[11] J. A. Tavera Garcia and Y. A. Torres Burgos, “Manejo, tratamiento y reuso del agua en la estación de lavado de vehículos ‘Los Angeles’Kennedy, Bogotá D.C,” Bogots, 2015.

[12] K. A. Reynolds, “Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica Identificación del Problema,” la llave, p. 4, 2002.

[13] alianza por el Agua, “Manual de depuración de aguas residuales urbanas,” Centa, Secretariado de Alianza por el agua, Ecología y Desarrollo. pp. 1–264, 2008.

[14] Ministerio del Ambiente, “Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes : recurso agua,” Anexo 1 del libro vi del texto unificado de legislacion secundaria del ministerio del ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. pp. 1–37, 2015.

[15] H. Rubí, C. Fall, and R. E. Ortega, “Pollutant removal from oily wastewater discharged from car washes through sedimentation-coagulation,” Water Sci. Technol., vol. 59, no. 12, pp. 2359–2369, 2009.

[16] A. Galindo, E. Toncel, and N. Rincón, “Evaluación de un filtro biológico como unidad de post-tratamiento de aguas residuales utilizando conchas marinas como material de soporte Evaluation of a biological filter as post-treatment wastewater unit using sea shells as support material Avaliação de,” ION, vol. 29, no. 2, pp. 39–50, 2016.

[17] N. D. Casallas, “Diseño de un sistema a nivel piloto para la remoción de detergentes anionicos de una solución preparada con caracteristicas de una lavanderia tipo con el fin de reducir la concentración letal media (cl50-48) para Daphnia Pulex.,” 2008.

[18] R. O. Cañizares-Villanueva, “Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana,” Rev. Latinoam. Microbiol., vol. 42, no. 3, pp. 131–143, 2000.

[19] M. Gil, A. Soto, J. Usma, and O. Gutiérrez, “Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos,” Prod. + Limpia, vol. 7, no. 2, pp. 52–73, 2012.

[20] Y. Patiño, E. Díaz, and S. Ordóñez, “Microcontaminantes emergentes en aguas: tipos y sistemas de tratamiento,” Av. en Ciencias e Ing., vol. 5, no. 2, pp. 1–20, 2014.

[21] O. F. Higuera Cobos, J. F. Arroyave Londoño, and L. C. Florez Garcia, “Diseño de un biofiltro para reducir el índice de contaminación por cromo generado en las industrias del curtido de cueros.,” Dyna, vol. 76, no. 160, pp. 107–119, 2009.

[22] A. Ruiz Arango, “La biofiltración , una alternativa para la potabilización del agua.,” Lasallista Investig., vol. 1, no. 2, pp. 61–66, 2004.

[23] D. B. Sosa Hernández, J. M. Vigueras Cortés, and E. J. Calderón Holguín, “La biofiltración: una alternativa sustentable para el tratamiento de aguas residuales,” Vidsupra, visión Cient., vol. 6, no. 2, pp. 56–60, 2014.

[24] P. C. Segovia Sampedro, “Evaluación de un filtro artesanal de efluentes generados por una lubricadora en la ciudad de Latacunga, a base de piedra volcánica, piedra pómez, carbonato de calcio y algas.,” 2017.

[25] M. E. Molina García, “Elaboración de un filtro artesanal de agua utilizando materiales no convencionales, evaluando su eficiencia para la disminución de los niveles de contaminación de aguas residuales generada por una lavadora de autos.,” 2016.

[26] M. Jiménez Navas, Evaluación de un filtro artesanal del efluente de una lavadora de autos a base de bagazo de caña de maíz, aserrín, ceniza de carbón vegetal y grava. 2016.

[27] E. Rodríguez, “Análisis de grava como filtro en el tratamiento de aguas residuales proveniente de lavadora y lubricadora ‘Rida’ ubicada en la ciudad de Patate – provincia de Tungurahua,” 2017.

[28] J. Sánchez, “Análisis de la cama de turba como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora y lubricadora de autos ‘Lavauto’ ubicada en la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi,” 2017.

[29] K. Avalos, “Análisis de carbón activado como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora y lubricadora de autos ‘Heredia’ de la ciudad de Riobamba,” 2017.

[30] G. León Suematsu, “Tratamiento de aguas residuales; objetivos y selección de tecnologías en función al tipo de reuso,” J. Chem. Inf. Model., vol. 53, no. 9, pp. 1–25, 1995.

[31] J. Hidalgo, J. Montano, and M. Sandoval, “Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas,” Theoria, vol. 14, no. 1, pp. 1–10, 2005.

[32] E. Metcalf, Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización. 1995.

[33] J. P. Rodríguez-Miranda, E. Gómez, L. Garavito, and F. López, “Estudio de comparación del tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando lentejas y buchón de agua en humedales artificiales,” Tecnol. y Ciencias del Agua, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2010.

[34] A. González, L. De Mejias, J. Gonzalez, S. Carrasquero, and A. Montiel, “Uso de las Semillas de Moringa oleifera como coagulante en el tratamiento de efluentes provenientes del lavado de vehículos.,” Rev. Int. Biol., vol. 51, no. 1, pp. 31–42, 2017.

[35] M. Mas y Rubí, D. Martinez, S. Carrasquero, and L. Vargas, “Uso de la moringa oleifera para el mejoramiento de la calidad del agua de un efluente doméstico proveniente de lagunas de estabilización,” Boletín del Cent. Investig. biológicas, vol. 45, no. 2, pp. 169–180, 2011.

[36] I. Mendoza, N. Fernández, and G. Ettiene, “Uso de la Moringa oleifera como coagulante en la potabilización de las aguas,” Ciencia, vol. 8, no. 2, pp. 235–242, 2000.

[37] F. . Morales, R. Mendez, and M. Tamayo, “Tratamiento de aguas residuales de rastro mediante semillas de moringa oleifera lam como coagulante,” Trop. Subtrop. Agroecosystems, vol. 10, no. 3, pp. 523–529, 2009.

[38] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2669,” vol. 1. pp. 1–26, 2013.

[39] American Public Health Association, Standard methods for the examination of water and wastewater, no. 18. 1992.

[40] Alcaldia Metropolitana, “Guía de practicas ambientales, mecánicas, lubricadoras y lavadoras,” Guía de práticas ambientales. pp. 1–24, 2008.

[41] C. Fall, C. López, M. Jiménez, C. Díaz, D. García, and M. Lucero, “Carwash

wastewaters: characteristics, volumes, and treatability by gravity oil separation," Rev. Mex. Ing. Química, vol. 6, no. 2, pp. 175–184, 2007.

[42] M. Panizza and G. Cerisola, "Applicability of electrochemical methods to carwash wastewaters for reuse. Part 2: Electrocoagulation and anodic oxidation integrated process," J. Electroanal. Chem., vol. 638, no. 2, pp. 236–240, 2010.

[43] L. Méndez, V. Miyashiro, R. Rojas, M. Cotrado, and N. Carrasco, "Tratamiento De Aguas Residuales Mediante Lodos Activados a Escala De Laboratorio," Rev. del Inst. Investig. FIGMMG, vol. 7, no. 14, pp. 74–83, 2004.

[44] A. Sánchez, "Análisis de la cascarilla de arroz utilizada como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de lavadoras y lubricadoras de autos 'Polito´s' ubicada en el cantón Tisaleo de la provincia de Tungurahua.," 2017.

[45] D. Pérez, "Análisis de zeolita como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora de autos 'Ayuda al campesino' de la parroquia la Matriz - cantón Quero - provincia de Tungurahua," 2017.

[46] A. Navas, "Análisis de la fibra de coco como material filtrante en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora y lubricadora de autos 'Izurieta' ubicada en el cantón Cevallos provincia de Tungurahua," 2017.

[47] J. Nata, "Análisis de piedra pómez como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de una lavadora y lubricadora de autos 'City Wash', ubicada en la ciudad Ambato, provincia de Tungurahua," 2018.

[48] D. Guaman, "Análisis del aserrín como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora de autos Monster Wash ubicada en el cantón Ambato," 2017.

[49] R. Sánchez, "Análisis de ladrillo triturado como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora y lubricadora 'san francisco' ubicada en la ciudad de Ambato.," 2017.

[50] J. Torres, "Análisis del piroclasto volcánico como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora y lubricadora de autos 'Ambato' ubicada en la ciudad de ambato provincia de Tungurahua.," 2017.

[51] H. Quinaluiza, "Análisis de cenizas vegetales como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora de autos 'Reina del cisne' ubicada en el cantón Pillaro," 2017.

[52] E. Padilla, "Análisis de la cáscara de naranja como material filtrante en el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la lavadora de autos 'orlan2' ubicada en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi.," 2018.

[53] W. Villareal, "Diseño para la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales en el estadio de la Universidad Técnica del Norte, cantón Ibarra provincia Imbabura," 2015.

ANEXOS

ANEXO A. Datos del volumen entrada y salida para cada tipo de auto lavado en un día laboral de las 10 lavadoras en estudio

Tabla A.1. Lavadora Carwash (L1).

LAVADORA 1 CAR WASH									
		DATOS DE ENTRADA			DATOS DE SALIDA				
hora	Tipo	volumen	tiempo(min)	caudal(lt/min)	Volumen de llenado (lt)	tiempo de llenado	tiempo/vehi	volumen	caudal(lt/min)
8:00-9:00	Automóvil	381.60	21.77	17.53	8.00	1.57	21.77	110.93	5.10
	Camioneta	154.20	8.50	18.14	8.00	1.70	8.50	40.00	4.71
9:00 - 10:00	Automóvil	161.50	9.20	17.55	8.00	1.40	9.20	52.57	5.71
10:00-11:00	Camioneta	292.20	16.77	17.42	8.00	1.40	16.77	95.83	5.71
	4*4	162.45	9.57	16.97	8.00	1.57	9.57	48.76	5.10
11:00-12:00	Automóvil	225.90	12.90	17.51	8.00	1.57	12.90	65.73	5.10
	4*4	363.35	20.50	17.72	8.00	1.70	20.50	96.47	4.71
12:00-13:00	4*4	222.30	12.60	17.64	8.00	1.40	12.60	72.00	5.71
15:00-16:00	Camioneta	598.32	35.70	16.76	8.00	1.70	35.70	168.00	4.71
TOTAL		2561.82		17.47				750.30	5.17

Tabla A.2. Lavadora Nitro (L2).

LAVADORA 2 NITRO									
		DATOS D ENTRADA			DATOS DE SALIDA				
hora	tipo	volumen	tiempo(min)	caudal(lt/min)	Volumen de llenado (lt)	tiempo de llenado	tiempo/vehi	volumen	caudal(lt/min)
8:00-9:00	Camioneta	93.20	8.20	11.37	2.00	1.89	8.20	31.07	3.79
	Automóvil	62.15	5.85	10.62	2.00	1.77	5.85	20.72	3.54
9:00 - 10:00	4*4	100.50	9.08	11.07	2.00	1.84	9.08	33.50	3.69
	Automóvil	54.25	4.70	11.54	2.00	1.92	4.70	18.08	3.85
10:00-11:00	Automóvil	48.60	4.65	10.45	2.00	1.74	4.65	16.20	3.48
	4*4	145.95	13.37	10.92	2.00	1.82	13.37	48.65	3.64
11:00-12:00	Camioneta	179.45	16.03	11.19	2.00	1.87	16.03	59.82	3.73
12:00-13:00	Automóvil	92.30	8.25	11.19	2.00	1.86	8.25	30.77	3.73
13:00-14:00	Automóvil	95.25	8.88	10.73	2.00	1.79	8.88	31.75	3.58
	Automóvil	72.75	6.37	11.42	2.00	1.90	6.37	24.25	3.81
14:00-15:00	Automóvil	81.05	7.23	11.21	2.00	1.87	7.23	27.02	3.74
	Automóvil	61.50	5.72	10.75	2.00	1.79	5.72	20.50	3.58
	Automóvil	55.20	5.17	10.68	2.00	1.78	5.17	18.40	3.56
15:00-16:00	Automóvil	85.35	7.62	11.20	2.00	1.87	7.62	28.45	3.73
	Automóvil	40.95	3.52	11.63	2.00	1.94	3.52	13.65	3.88
16:00-17:00	Automóvil	199.50	18.05	11.05	2.00	1.84	18.05	66.50	3.68
17:00-18:00	Camioneta	171.80	15.53	11.06	2.00	1.84	15.53	57.27	3.69
TOTAL		1639.75		11.06				546.58	3.69

Tabla A.3. Lavadora Bandy´s (L3).

LAVADORA 3 BANDYS									
		DATOS D ENTRADA			DATOS DE SALIDA				
hora	tipo	volumen	tiempo(min)	caudal(lt/min)	Volumen de llenado (lt)	tiempo de llenado	tiempo/vehi	volumen	caudal(lt/min)
8:00-9:00	Camioneta	114.80	10.75	10.68	1.00	0.24	10.75	44.79	4.17
9:00 - 10:00	Camioneta	110.20	10.13	10.88	0.70	0.22	10.13	32.23	3.18
	Automóvil	65.80	6.88	9.56	1.00	0.29	6.88	23.72	3.45
10:00-11:00	Camioneta	205.65	21.9	9.39	1.00	0.29	21.9	75.52	3.45
	4*4	132.15	12.9	10.24	1.00	0.24	12.9	53.75	4.17
12:00-13:00	Automóvil	91.50	8.93	10.25	0.70	0.22	8.93	28.41	3.18
	4*4	145.85	13.06	11.17	1.00	0.24	13.06	54.42	4.17
13:00-14:00	Automóvil	88.35	8.05	10.98	1.00	0.24	8.05	33.54	4.17
14:00-15:00	4*4	146.25	13.72	10.66	1.00	0.29	13.72	47.31	3.45
17:00-18:00	Automóvil	115.65	11.15	10.37	0.70	0.22	11.15	35.48	3.18
TOTAL		1216.20		10.42				429.17	3.66

Tabla A.4. Lavadora B&B (L4).

LAVADORA 4 BYB									
		DATOS D ENTRADA			DATOS DE SALIDA				
hora	tipo	volumen	tiempo(min)	caudal(lt/min)	Volumen de llenado (lt)	tiempo de llenado	tiempo/vehi	volumen	caudal(lt/min)
9:00 - 10:00	Automóvil	44.55	6.27	7.11	1.80	0.45	6.27	25.08	4.00
10:00-11:00	Automóvil	55.35	8.03	6.89	1.70	0.35	8.03	39.00	4.86
11:00-12:00	Automóvil	142.80	20.6	6.93	1.50	0.29	20.6	106.55	5.17
12:00-13:00	Automóvil	62.35	8.65	7.21	1.50	0.44	8.65	29.49	3.41
	Automóvil	42.20	5.72	7.38	2.00	0.45	5.72	25.42	4.44
13:00-14:00	Camioneta	70.75	10.7	6.61	1.00	0.41	10.7	26.10	2.44
14:00-15:00	4*4	104.50	15.23	6.86	1.00	0.45	15.23	33.84	2.22
15:00-16:00	Automóvil	45.20	6.07	7.45	1.00	0.54	6.07	11.24	1.85
16:00-17:00	Automóvil	80.90	11.62	6.96	2.00	0.82	11.62	28.34	2.44
TOTAL		648.60		7.04				325.07	3.43

Tabla A.5. Lavadora Henkat (L5).

LAVADORA 5 HENKAT									
		DATOS D ENTRADA			DATOS DE SALIDA				
hora	tipo	volumen	tiempo(min)	caudal(lt/min)	Volumen de llenado (lt)	tiempo de llenado	tiempo/vehi	volumen	caudal(lt/min)
9:00 - 10:00	Camioneta	71.20	13.35	5.33	2.00	1.13	13.35	23.73	1.78
14:00-15:00	Automóvil	48.50	9.65	5.03	2.00	1.19	9.65	16.17	1.68
17:00-18:00	4*4	68.55	12.6	5.44	2.00	1.10	12.6	22.85	1.81
TOTAL		188.25		5.27				62.75	1.76

Tabla A.6. Lavadora Zurita (L6).

LAVADORA 6 ZURITA									
		DATOS D ENTRADA			DATOS DE SALIDA				
hora	tipo	volumen	tiempo(min)	caudal(lt/min)	Volumen de llenado (lt)	tiempo de llenado	tiempo/vehi	volumen	caudal(lt/min)
8:00-9:00	Automóvil	65.85	6.75	9.76	2.00	0.62	6.75	21.95	3.25
10:00-11:00	Camioneta	67.20	7.7	8.73	2.00	0.69	7.7	22.40	2.91
11:00-12:00	Automóvil	50.15	5.55	9.04	2.00	0.66	5.55	16.72	3.01
14:00-15:00	4*4	75.55	8.25	9.16	2.00	0.66	8.25	25.18	3.05
15:00-16:00	Camioneta	82.15	9.15	8.98	2.00	0.67	9.15	27.38	2.99
	4*4	72.20	7.15	10.10	2.00	0.59	7.15	24.07	3.37
16:00-17:00	Camioneta	135.25	13.2	10.25	2.00	0.59	13.2	45.08	3.42
TOTAL		548.35		9.43				182.78	3.14

Tabla A.7. Lavadora Speedwash (L7).

LAVADORA 7 SPEED WASH									
		DATOS D ENTRADA			DATOS DE SALIDA				
hora	tipo	volumen	tiempo(min)	caudal(lt/min)	Volumen de llenado (lt)	tiempo de llenado	tiempo/vehi	volumen	caudal(lt/min)
9:00 - 10:00	Automóvil	69.75	9.93	7.02	1.80	0.58	9.93	30.82	3.10
10:00-11:00	Camioneta	89.45	14.02	6.38	2.00	0.48	14.02	58.42	4.17
13:00-14:00	Automóvil	48.90	8.25	5.93	2.00	0.62	8.25	26.61	3.23
14:00-15:00	Automóvil	47.55	7.9	6.02	1.00	0.59	7.9	13.39	1.69
16:00-17:00	4*4	82.35	12.25	6.72	1.40	0.54	12.25	31.76	2.59
17:00-18:00	Automóvil	80.20	11.4	7.04	1.00	0.56	11.4	20.36	1.79
TOTAL		418.20		6.52				181.35	2.76

Tabla A.8. Lavadora Viscarra (L8).

LAVADORA 8 VISCARRA									
		DATOS D ENTRADA			DATOS DE SALIDA				
hora	tipo	volumen	tiempo(min)	caudal(lt/min)	Volumen de llenado (lt)	tiempo de llenado	tiempo/vehi	volumen	caudal(lt/min)
9:00 - 10:00	Automóvil	145.70	8.63	16.88	1.80	0.24	8.63	64.73	7.50
15:00-16:00	4*4	182.30	10.9	16.72	3.00	0.29	10.9	112.76	10.34
16:00-17:00	4*4	215.20	12.48	17.24	3.00	0.41	12.48	91.32	7.32
17:00-18:00	Automóvil	125.30	7.42	16.89	3.00	0.35	7.42	63.60	8.57
	Camioneta	155.30	9.53	16.30	3.00	0.38	9.53	75.24	7.89
TOTAL		823.80		16.81				407.64	8.32

Tabla A.9. Lavadora L. Freire (L9).

LAVADORA 9 FREIRE									
		DATOS D ENTRADA			DATOS DE SALIDA				
hora	tipo	volumen	tiempo(min)	caudal(lt/min)	Volumen de llenado (lt)	tiempo de llenado	tiempo/vehi	volumen	caudal(lt/min)
8:00-9:00	Automóvil	21.90	4.62	4.74	1.00	0.54	4.62	8.56	1.85
	Automóvil	35.20	7.58	4.64	1.00	0.35	7.58	21.66	2.86
	4*4	46.50	10.41	4.47	1.00	0.51	10.41	20.41	1.96
9:00 - 10:00	Camioneta	36.52	7.93	4.61	1.00	0.35	7.93	22.66	2.86
10:00-11:00	Automóvil	27.9	6.15	4.54	1.00	0.77	6.15	7.99	1.30
12:00-13:00	4*4	32.25	6.88	4.69	1.00	0.54	6.88	12.74	1.85
	Camioneta	30.35	6.37	4.76	1.00	0.35	6.37	18.20	2.86
14:00-15:00	Automóvil	128.35	28.68	4.48	1.00	0.77	28.68	37.25	1.30
15:00-16:00	4*4	39.45	8.37	4.71	1.00	0.51	8.37	16.41	1.96
	Camioneta	43.80	9.6	4.56	1.00	0.35	9.6	27.43	2.86
17:00-18:00	Automóvil	31.20	6.52	4.79	1.00	0.77	6.52	8.47	1.30
TOTAL		473.42		4.64				201.76	2.09

Tabla A.10. Lavadora España (L10).

LAVADORA 10 ESPAÑA									
		DATOS D ENTRADA			DATOS DE SALIDA				
hora	tipo	volumen	tiempo(min)	caudal(lt/min)	Volumen de llenado (lt)	tiempo de llenado	tiempo/vehi	volumen	caudal(lt/min)
8:00-9:00	Automóvil	32.50	4.15	7.83	2.00	1.63	4.15	5.09	1.23
9:00 - 10:00	Camioneta	66.50	7.43	8.95	3.50	1.43	7.43	18.19	2.45
10:00-11:00	4*4	57.55	6.52	8.83	2.50	1.16	6.52	14.05	2.16
11:00-12:00	Automóvil	46.50	5.48	8.49	3.50	1.18	5.48	16.25	2.97
	Automóvil	42.25	5.43	7.78	2.50	1.48	5.43	9.17	1.69
17:00-18:00	Automóvil	32.50	3.92	8.29	1.50	1.25	3.92	4.70	1.20
18:00-19:00	Automóvil	43.15	5.20	8.30	2.30	1.02	5.20	11.73	2.25
TOTAL		320.95		8.35				79.19	1.99

ANEXO B.

Tabla B.1. Conteo de vehículos en las lavadoras durante cuatro semanas.

LAVADORAS	AUTOS	SEMANA 1						TOTAL	SEMANA 2						TOTAL	SEMANA 3						TOTAL	SEMANA 4						TOTAL	SUMA TOTAL
		L	M	M	J	V	S		L	M	M	J	V	S		L	M	M	J	V	S		L	M	M	J	V	S		
L1	Automóviles	3	3	3	2	2	4	17	5	1	1	3	2	6	18		4	4	3	4	5	20	5	1	2	2	3	7	20	75
	Camionetas	2		1	3	2	5	13			2	4	3	4	13	2	3	4	6	2	1	18		2	2	3	3	2	12	56
	4x4		1	1		1		3				1			1						1	1	2		1		1		4	9
L2	Automóviles	7	6	10	7	10	15	55	12	10	12	14	15	20	83	13	11	10	8	10	24	76	10	9	10	11	11	21	72	286
	Camionetas	4	2	6	5	6	3	26	3	1	2	3	4	5	18	6	2	2	5	5	3	23	5	3	1	3	8	3	23	90
	4x4	4	3	5	7	5	5	29	7	4	6	7	8	10	42	5	2	4	4	10	5	30	4	7	5	7	7	8	38	139
L3	Automóviles	7	8	10	12	8	13	58	9	5	6	8	10	10	48	12	10	5	9	8	9	53	10	8	5	9	12	9	53	212
	Camionetas	2				4		6	2	3		1	2		8			3	1	3	2	9			1	2		2	5	28
	4x4							0							0							0							0	0
L4	Automóviles	1	2	1	3	2	4	13	4	2	2	4	1	2	15	5	6	5	7	5	8	36	2	3	1	3	1	4	14	78
	Camionetas	3	3	1		2	3	12	1		1	1	1	2	6	2	2		1	2	4	11	1	1	2	2	2	3	11	40
	4x4	2	1	2	2	2	2	11	1	3	1	1	2	2	10	1	2	1	1	3	3	11	2		1	1	3	1	8	40
L5	Automóviles		6	1		2	4	13		2	2		2	4	10	2	2			2	2	8	1	2	2		2	6	13	44
	Camionetas	1			2	2	1	6	1		1	1		1	4	1	1			1	2	5		1		1	1		3	18
	4x4				2	1	3	6		1	1	1	1		4						2	2	1	1			1	3	6	18
L6	Automóviles	5	4	5	1	4	9	28	6	6	3	4	7	5	31	5	6	4	5	3	6	29	5	4	5	3	5	6	28	116
	Camionetas	2	3	3	1	1	2	12	1	2	4	2	2	2	13	2	1	3	1	3	2	12	3	2	3	2	3	4	17	54

	4x4	2		1			1	4	1			1			2			1		1		2		1		1			2	10
L7	**Automóviles**	2	2	3	3	3	6	19	3	2	2	4	5	5	21	2	2	4	1	3	5	17	2	1	3	2	3	5	16	73
	Camionetas	1	1	2	3	2	3	12	1	1		1		2	5	1				2	4	7	1		1		1	2	5	29
	4x4	2		1		1	3	7					1	2	3		1		1	2	2	6	1				2	4	7	23
L8	**Automóviles**	9	6	9	7	6	9	46	10	4	5	4	4	11	38	5	4	7	6	9	12	43	4	7	5	4	8	3	31	158
	Camionetas						1	1		2	1	2	1		6		1			1		2	2	2	1	1	2		8	17
	4x4							0							0							0							0	0
L9	**Automóviles**	2	1		2	2	5	12	3	1	1	2	1	3	11	4	4	3	3	3		17		3	1	2	3	3	12	52
	Camionetas						2	2	1		1				2		1		1			2							0	6
	4x4	1		1		1	1	4						1	1		1		2			3		1		1	2		4	12
L10	**Automóviles**	10	9	5	9	3	4	40	3	4	7	10	9	12	45	5	10	11	10	13	10	59							0	144
	Camionetas	5	1	5	1	2	1	15	4	1	5	4	2	3	19	5	5	5	2	4	3	24	4	4	1	1	3	4	17	75
	4x4	3	3			2	1	9	2	1	2	5	4	5	19	2	4	4	4	5	4	23	2	4	3	1	5	6	21	72

ANEXO C.

Gráficos del comportamiento del volumen usado en un determinado tiempo para el lavado.

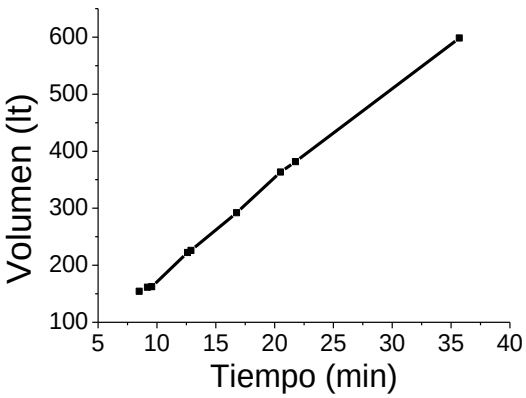


Figura C.1. Gráfico de la lavadora Carwash.

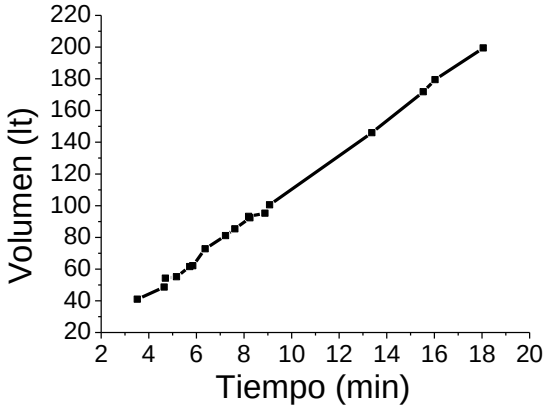


Figura C.2. Gráfico de la lavadora Nitro.

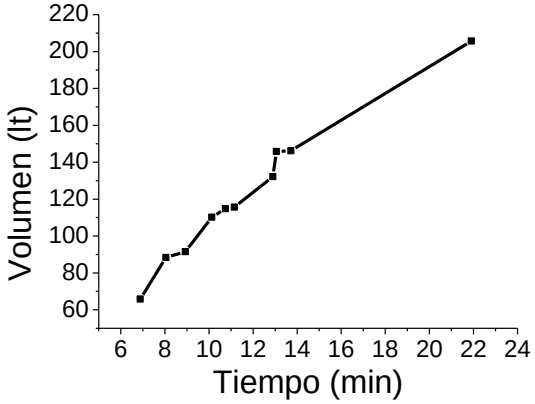


Figura C.3. Gráfico de la lavadora Bandy´s.

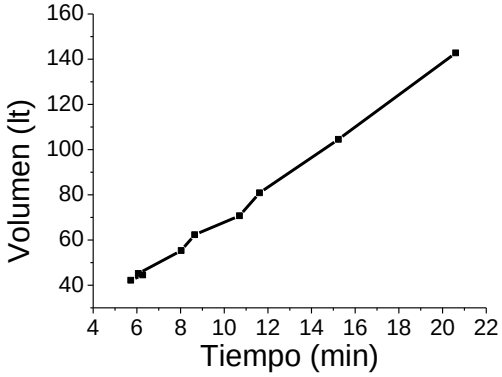


Figura C.4. Gráfico de la lavadora B&B.

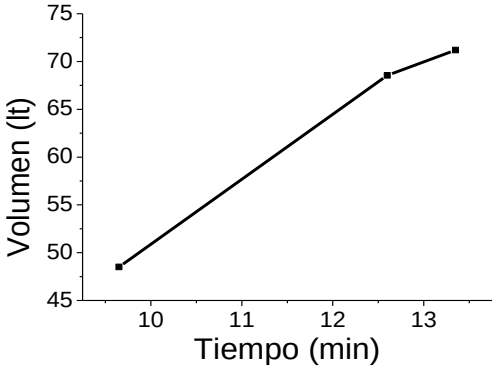


Figura C.5. Gráfico de la lavadora Henkat.

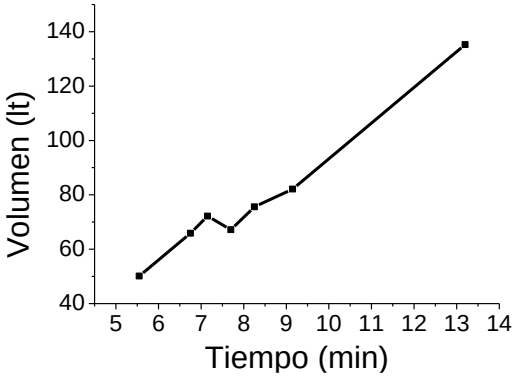


Figura C.6. Gráfico de la lavadora Zurita.

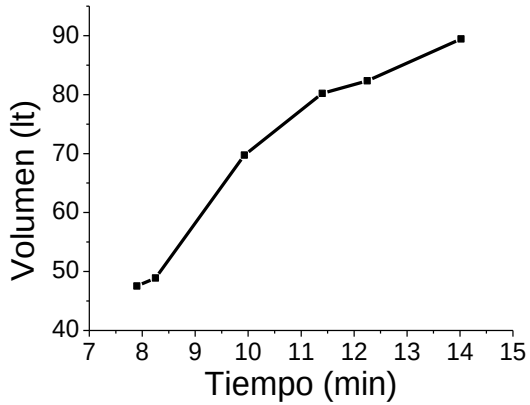


Figura C.7. Gráfico de la lavadora Speedwash

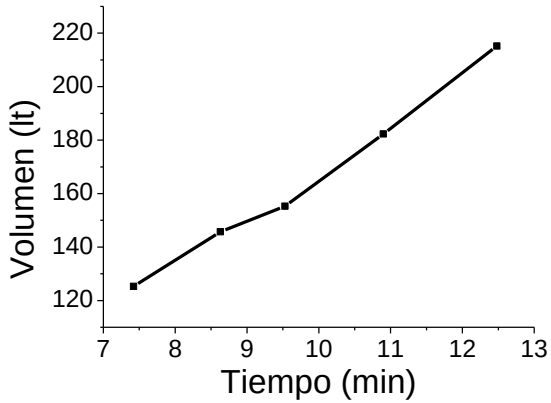


Figura C.8. Gráfico de la lavadora Viscarra

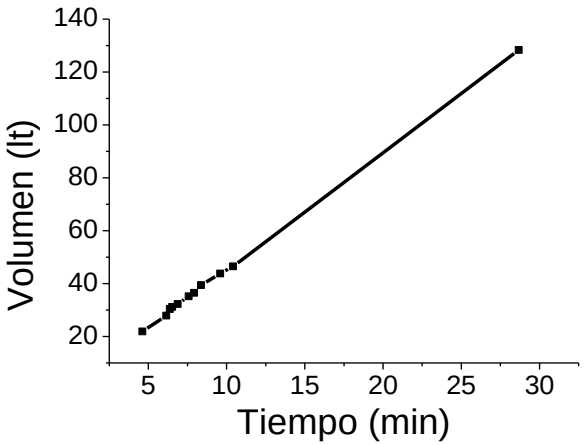


Figura C.9. Gráfico de la lavadora L. Freire

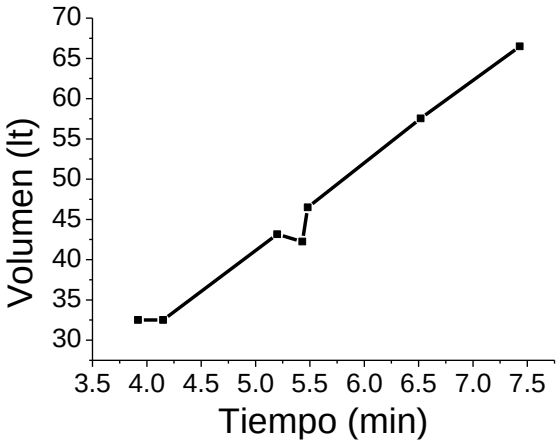


Figura C.10. Gráfico de la lavadora España

ANEXO D

FOTOGRÁFÍAS.

Lavado de vehículos utilizando un elevador (lavadora B&B).	Lavado de vehículos utilizando una rampa (lavadora Henkat).
Toma del agua residual del pozo (Lavadora Speedwash).	Tratamiento del agua residual existentes (lavadora Viscarra).

Ensayo para determinar los sólidos sedimentables.	Colocación de la muestra en el vial para la determinación del DQO.
Colocación del vial en el digestor.	Medición de los 25ml de Hexano para el ensayo de Aceites y Grasas.