



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

TEMA:

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.

AUTORA: MOLINA GARCÍA MISHÉL ESTEFANÍA

TUTOR: ING. MG. FABIÁN MORALES FIALLOS

Ambato – Ecuador

2016

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Mg. Fabián Morales certifico que el presente Informe Final del Trabajo Experimental **“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”** realizado por la Srta. Mishel Estefanía Molina García, Egresada 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.

Ambato, octubre del 2016

Ing. Mg. Fabián Morales Fiallos

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, Mishel Estefanía Molina García, CI. 050400483-9 Egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, tengo a bien indicar que los criterios emitidos en el presente trabajo con el tema: **“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”** es de mi completa autoría.

Ambato, octubre del 2016

Mishel Estefanía Molina García

AUTORA

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, octubre del 2016

AUTORA

Mishel Estefanía Molina García

CI: 0504004839

APROBACIÓN PROFESORES CALIFICADORES

Los suscritos profesores calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **“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”**, de la Srta. Egresada Mishel Estefanía Molina García, de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

Ing. Mg. Jorge Guevara
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Mg. Geovanny Paredes
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo primeramente a Dios por estar siempre conmigo, por demostrarme siempre su amor incondicional, darme la paciencia necesaria, sabiduría y por enseñarme mediante su palabra que todo lo que pasa es para convertirme en una mejor persona.

A mi madre, Mireya, que la admiro por su gran fortaleza, no dejarse abatir por las pruebas que nuestro señor ha puesto en nuestras vidas y enseñarme que siempre para adelante.

A mi hermano, Alan, que siempre está conmigo brindándome una sonrisa, animándome con sus locuras y llenando mi vida de alegría.

A toda mi familia, que siempre ha estado conmigo aconsejándome, dándome ánimos y brindándome su apoyo constantemente.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Diosito por haberme permitido vivir y culminar esta etapa de mi vida con todas sus alegrías, tristezas, angustias, etc. las cuales hicieron cada momento especial.

A mis abuelitos por brindarme su protección durante toda mi vida, enseñarme que con esfuerzo y humildad se puede lograr todo lo que uno desea y sobre todo por ser el eje, la unión de nuestra familia.

A mis padres por todo su amor y esfuerzo mediante el cual hoy me permite estar aquí, por saberme comprender, alentarme, cuidarme en esta etapa de mi vida y corregirme cuando es necesario.

A mis tíos y primos por los ánimos que me dan siempre, sacarme varias sonrisas en los momentos difíciles y apoyarme en todo momento.

A quien se ha convertido en mi apoyo, mi amigo y mi gran amor quien ha estado siempre brindándome su amor, alentándome he impulsándome en la realización de este proyecto.

A mis amigas por las experiencias compartidas en esta etapa de nuestras vidas, el apoyo constante, el cuidarnos la una a la otra y por permitirme saber que siempre puedo contar con ustedes.

A mis compañeros por las locuras realizadas y los momentos inolvidables que hicieron de esta etapa más agradable.

A los ingenieros que de verdad tenían el deseo de enseñarnos a ser mejores personas, buenos profesionales y que motivaron en mí que yo puedo hacer la diferencia.

Al Ing. Fabián Morales quien me brindó sus conocimientos e ideas para la realización de este proyecto, por ofrecerme su paciencia, disponibilidad y ánimo.

Y a todas las personas que formaron parte de esta etapa de mi vida, gracias totales.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA DEL TRABAJO	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN PROFESORES CALIFICADORES	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	XIII
RESUMEN EJECUTIVO	XV

B. TEXTO

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. Tema de Investigación	1
1.2. Antecedentes	1
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos	7
1.4.1. Objetivo General	7
1.4.2. Objetivos Específicos	7
CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN	8
2.1. Fundamentación Teórica.....	8
2.2. Hipótesis.....	32

2.3. Señalamiento de las variables de la hipótesis	32
2.3.1. Variable Independiente	32
2.3.2. Variable Dependiente	32
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	33
3.1. Nivel o Tipo de investigación	33
3.2. Población y Muestra.....	34
3.3. Operacionalización de Variables.....	35
3.3.1. Variable Independiente	35
3.3.2. Variable Dependiente	36
3.4. Plan de recolección de información	37
3.5. Plan de Procesamiento y Análisis	38
3.5.1. Plan de Procesamiento de la Información	38
3.5.2. Plan de Análisis	38
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	39
4.1. Recolección de datos.....	39
4.1.1. Determinación del lugar de estudio.....	39
4.1.2. Recolección de las muestras de agua residual.....	42
4.1.2.1. Identificación física – química del agua.....	43
4.1.3. Obtención del material	44
4.1.3.1. Preparación del material	45
4.1.4. Elaboración del filtro.....	49
4.1.4.1. Estructura metálica	49
4.1.4.2. Instalación del filtro.....	50
4.1.5. Descripción del filtro y sus componentes	53
4.1.6. Funcionamiento del filtro	55
4.2. Análisis de resultados.....	57
4.2.1. Análisis del agua residual.....	57

4.2.2. Análisis del agua residual filtrada	58
4.2.3. Eficiencia del filtro	69
4.2.4. Dimensionamiento del filtro.....	81
4.3. Verificación de la hipótesis	83
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
5.1. Conclusiones	84
5.2. Recomendaciones.....	85
C. MATERIALES DE REFERENCIA	87
1. Bibliografía	87
2. Anexos	91
2.1. Fotografías del desarrollo de la investigación.....	91
2.2. Diseño del filtro con materiales no convencionales.....	95
2.3. Informe de resultados de los análisis físico-químicos del AR y ARF	97
2.4. Granulometría de los materiales filtrantes	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Principales componentes de las aguas residuales a disminuir.....	14
Tabla N° 2. Descripción de los tipos de unidades en un tratamiento preliminar	16
Tabla N° 3. Tipos de tratamientos secundarios.....	17
Tabla N° 4. Estudios a nivel mundial relacionados con adsorbentes naturales en el tratamiento de aguas residuales.....	28
Tabla N° 5. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....	31
Tabla N° 6. Operacionalización de la variable independiente	35
Tabla N° 7. Operacionalización de la variable dependiente	36
Tabla N° 8. Recolección de información	37
Tabla N° 9. Espesores de las capas filtrantes y materiales del filtro	39
Tabla N° 10. Consumo de agua para el lavado de autos.....	41
Tabla N° 11. Métodos para análisis físico – químicos de agua residual.....	43

Tabla N° 12. Análisis físico – químicos del agua residual de una lavadora de autos	57
Tabla N° 13. Análisis físico - químicos del agua residual filtrada a los 3 días de funcionamiento.....	58
Tabla N° 14. Análisis físico - químicos del agua residual filtrada a los 10 días de funcionamiento.....	59
Tabla N° 15. Análisis físico - químicos del agua residual filtrada a los 17 días de funcionamiento.....	59
Tabla N° 16. Análisis físico - químicos del agua residual filtrada a los 24 días de funcionamiento.....	60
Tabla N° 17. Análisis físico - químicos del agua residual filtrada a los 31 días de funcionamiento.....	61
Tabla N° 18. Resumen de los análisis físico – químicos (1).....	62
Tabla N° 19. Resumen de los análisis físico – químicos (2).....	62
Tabla N° 20. Porcentaje de remoción del pH para determinar la eficacia del filtro. .	69
Tabla N° 21. Porcentaje de remoción de turbiedad para determinar la eficacia del filtro.....	70
Tabla N° 22. Porcentaje de remoción de DBO ₅ para determinar la eficacia del filtro.	71
Tabla N° 23. Porcentaje de remoción de DQO para determinar la eficacia del filtro.	72
Tabla N° 24. Porcentaje de remoción de Aceites y Grasas para determinar la eficacia del filtro.....	73
Tabla N° 25. Porcentaje de remoción de TPH para determinar la eficacia del filtro.	74
Tabla N° 26. Porcentaje de remoción de Sólidos Totales Suspendedos para determinar la eficacia del filtro.	75
Tabla N° 27. Porcentaje de remoción de Sólidos Totales para determinar la eficacia del filtro.....	76
Tabla N° 28. Análisis del cumplimiento del TULSMA para el agua residual filtrada	80
Tabla N° 29. Valores típicos para filtros de medio doble.....	82
Tabla N° 30. Características de los materiales filtrantes	82

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1. Comportamiento de los parámetros en el transcurso del tiempo (1)...	63
Gráfico N° 2. Comportamiento de los parámetros en el transcurso del tiempo (2)...	64
Gráfico N° 3. Disminución de las unidades de concentración del pH en función del tiempo.....	65
Gráfico N° 4. Disminución de la concentración de Turbidez en función del tiempo.	65
Gráfico N° 5. Disminución de la concentración de DBO ₅ en función del tiempo.....	66
Gráfico N° 6. Disminución de la concentración de DQO en función del tiempo.....	66
Gráfico N° 7. Disminución de la concentración de Aceites y Grasas en función del tiempo.....	67
Gráfico N° 8. Disminución de la concentración de TPH en función del tiempo.	67
Gráfico N° 9. Disminución de la concentración de SST en función del tiempo.....	68
Gráfico N° 10. Disminución de la concentración de Sólidos Totales en función del tiempo.....	68
Gráfico N° 11. Eficiencia del filtro para la remoción del pH	69
Gráfico N° 12. Eficiencia del filtro para la remoción de la Turbiedad	70
Gráfico N° 13. Eficiencia del filtro para la remoción del DBO ₅	71
Gráfico N° 14. Eficiencia del filtro para la remoción del DQO	72
Gráfico N° 15. Eficiencia del filtro para la remoción de Aceites y Grasas	73
Gráfico N° 16. Eficiencia del filtro para la remoción del TPH.....	74
Gráfico N° 17. Eficiencia del filtro para la remoción de SST	75
Gráfico N° 18. Eficiencia del filtro para la remoción de Sólidos Totales	76
Gráfico N° 19. Porcentaje de eficiencia del filtro a través del tiempo (1).....	77
Gráfico N° 20. Porcentaje de eficiencia del filtro a través del tiempo (2).....	78
Gráfico N° 21. Porcentajes de remoción de los contaminantes presentes en el agua residual de una lavadora de autos.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Filtro abierto o de gravedad. Corte transversal	18
Figura N° 2. Diferentes mecanismos que realizan transporte de las partículas	21
Figura N° 3. Contacto casual de las partículas con el medio filtrante	22
Figura N° 4. Impacto Inercial	23
Figura N° 5. Trayectoria de la partícula atraída por las fuerzas de Van der Waals ...	24
Figura N° 6. Acción de los polímeros en un medio granular.....	25
Figura N° 7. Proceso de adsorción.....	27
Figura N° 8. Ubicación del lugar de estudio	40
Figura N° 9. Taller de lavado y lubricado de autos	42
Figura N° 10. Materiales para la elaboración del filtro.....	45
Figura N° 11. Obtención del material filtrante a base de Fréjol rojo y blanco	46
Figura N° 12. Obtención del material filtrante a base de Cáscara de coco	48
Figura N° 13. Preparación de la grava	49
Figura N° 14. Almacenamiento del agua residual de una lavadora de autos.....	50
Figura N° 15. Elaboración de la tubería de captación.....	51
Figura N° 16. Recipiente de vidrio	52
Figura N° 17. Filtro a escala de laboratorio	52
Figura N° 18. Almacenamiento del agua filtrada	53
Figura N° 19. Filtro con materiales no convencionales	54
Figura N° 20. Descripción de los materiales del filtro.....	55

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1. Cáscara de coco.....	91
Fotografía N° 2. Carbón de cáscara de coco	91

Fotografía N° 3. Fréjol rojo triturado.....	91
Fotografía N° 4. Fréjol blanco triturado.....	91
Fotografía N° 5. Ensayo de granulometría.....	91
Fotografía N° 6. Estructura de vidrio.....	91
Fotografía N° 7. Colocación del primer material filtrante (Grava).....	91
Fotografía N° 8. Colocación del segundo material filtrante (CACG).....	91
Fotografía N° 9. Colocación del tercer material filtrante (fréjol blanco).....	92
Fotografía N° 10. Colocación del cuarto material filtrante (fréjol rojo).....	92
Fotografía N° 11. Colocación del quinto material filtrante (CACF).....	92
Fotografía N° 12. Filtro artesanal completo para funcionamiento.....	92
Fotografía N° 13. Materiales no convencionales.....	92
Fotografía N° 14. Funcionamiento del filtro.....	92
Fotografía N° 15. Filtro artesanal con materiales no convencionales.....	93
Fotografía N° 16. Agua residual de lavado de autos (AR).....	93
Fotografía N° 17. Proceso de filtración.....	93
Fotografía N° 18. Filtro a nivel de laboratorio.....	93
Fotografía N° 19. Lavadora Car Wash.....	93
Fotografía N° 20. Productos que utilizan para el mantenimiento del auto.....	93
Fotografía N° 21. Sedimentación de sólidos.....	94
Fotografía N° 22. Muestras del AR y ARF.....	94
Fotografía N° 23. Agua Residual Filtrada (ARF).....	94
Fotografía N° 24. Toma de muestra del ARF.....	94

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: “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.”

AUTORA: Mishel Estefanía Molina García

TUTOR: Ing. Mg. Fabián Morales Fiallos

Para efecto de la realización del presente proyecto experimental en primera instancia se consiguió un establecimiento en donde se recolectó el agua residual proveniente de una lavadora de autos, posteriormente se realizó la estructura metálica que iba a soportar el filtro, el cual es de vidrio. A continuación, se obtuvieron los materiales para luego proceder a la elaboración del filtro a nivel de laboratorio con las siguientes alturas de capas la grava $e = 15$ mm, carbón activado grueso a base de cáscara de coco $e = 35$ mm, fréjol blanco triturado $e = 75$ mm, fréjol rojo triturado $e = 50$ mm, carbón activado fino a base de cáscara de coco $e = 15$ mm

Se realizaron los análisis físico-químicos basándose en las especificaciones de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 169:98; todos los análisis físico-químicos se llevaron a cabo en el laboratorio de Control de Calidad, EP – EMAPA – A y Lacquanálisis S.A.

El proceso de filtración se desarrolló en un período de 31 días en los cuales el día número 3, 24 y 31 de filtración se efectuó un análisis físico-químico con los siguientes parámetros considerados turbiedad, pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales, sólidos totales, aceites y grasas, hidrocarburos totales de petróleo (TPH); y en el día número 10 y 17 se realizaron otros análisis físico-químicos en los cuales los parámetros estudiados fueron turbiedad, pH, DBO_5 y DQO.

Una vez obtenidos los resultados del agua residual proveniente de una lavadora de autos y del agua residual filtrada se procedió a verificar la eficiencia que presentaba el filtro, mediante el porcentaje de remoción que ha demostrado el agua residual y también el tiempo de vida útil que puede presentar el filtro con materiales no convencionales, tomando como referencia la norma TULSMA.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1. Tema de Investigación

“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.”

1.2. Antecedentes

En la investigación de la Srta. Natalia Otero Calviño con el tema “Filtración de Aguas Residuales para Reutilización” en el cual se menciona que: “El objetivo principal es la mejora del efluente procedente de un tratamiento secundario de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) de Santa Cruz de Tenerife, para su reutilización en el regadío mediante la investigación en la etapa de Coagulación - Filtración. Para alcanzar el objetivo se ha planteado distintos estudios de selección de coagulantes y filtración directa mediante un filtro piloto para determinar la influencia de diferentes variables en todo el proceso.”

La metodología aplicada fue: “Mediante la utilización de un modelo de filtración por contacto. En un inicio se recogen, todos los días, dos bidones de agua residual, de una capacidad de 30 litros cada uno, de la estación de bombeo de la EDAR de Santa Cruz de Tenerife que alimentará el sistema de filtración, y a continuación se mide la turbidez inicial del agua. La llave se abrirá para permitir el paso de agua a través del mezclador estático y posteriormente al filtro, está permanecerá abierta hasta que la lectura del rotámetro corresponda a un caudal de 4 litros/hora, que permitirá una filtración de 8 metros/hora.

El tiempo de filtración se establecerá, hasta que la pérdida de carga sea la máxima medible en el manómetro diferencial o hasta que la calidad del efluente empeore. En todos los experimentos realizados se determinaron los siguientes parámetros: turbidez, DQO, SST, pH, conductividad y pérdida de carga.”

Planteando las siguientes conclusiones: “Resultó aconsejable utilizar un lecho filtrante de arena no estratificado, formado por partículas de diferentes tamaños (arena mezclada), con la finalidad de que la permeabilidad del lecho se compense entre los diferentes tamaños existentes a través del lecho.

Del estudio de la filtración, a caudal constante de $8 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$, se obtienen que en el filtro bicapa de 20 cm de antracita y 20 cm de arena mezclada, las mejores condiciones de operación se obtuvieron utilizando 2,5 miligramos/litro de Floccumix, alcanzando rendimientos de eliminación de turbidez del 80% y la pérdida de carga no se incrementa considerablemente.

Mediante la utilización de la pumita como material filtrante, los mejores resultados se obtuvieron con 2,5 miligramos/litro del coagulante PAC (60-80% de eliminación de turbidez).” [1]

En la investigación de la Srta. Alexandra Stefania Castillo García con el tema “Diseño de un Tratamiento de Aguas Residuales de Lubricado mediante Bio – Adsorción y Coagulación - Floculación” donde menciona que su objetivo general es “Diseñar un proceso de tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado y lubricado de autos en San Isidro del Inca mediante procesos de bio-adsorción y tecnologías de coagulación – floculación; que permitirá evaluar el potencial de bio-adsorción en la remoción de aceites lubricantes en el agua residual del lavado y lubricado de autos mediante la aplicación de tres materiales adsorbentes reciclados: bagazo de caña, aserrín y estopa de coco.”

Se realizará la siguiente metodología: “Las muestras manejadas en este proyecto provienen de los efluentes de un taller de lavado y lubricado de autos del Sector San Isidro del Inca (Quito, Pichincha). El tratamiento consistió en utilizar un proceso denominado bio-adsorción y tecnologías de coagulación-floculación mediante un equipo de prueba de jarras.

Los bio-adsorbentes se seleccionaron en base a pruebas preliminares cualitativas, se experimentó la dosis (0,30 gr y 0,50 gr) y tamaño de partícula (0,30 mm y 1,18 mm) de cada bio-adsorbente. Para establecer los tamaños de partícula se utilizaron tamices (Humboldt, Estados Unidos). La dosis del bio-adsorbente se pesó mediante una balanza analítica (Ohaus Adventurer Pro, Ecuador).

El proceso de bio-adsorción consistió en poner la cantidad de bio-adsorbente en 500 mililitros de agua residual. Se experimentó en una prueba de jarras a 150 rpm durante 20 min, tiempo de mezclado. Luego se dejó reposar por 10 min y se removió el bio-adsorbente del agua residual a través de un cernidero de plástico de 0,20 mm. El agua cernida fue utilizada para la segunda etapa denominada coagulación-filtración.”

La investigadora determinó las siguientes conclusiones: “Después del tratamiento del agua residual de lavado y lubricado de autos mediante bio-adsorción, se evidenció que a menor dosis de bio-adsorbente (0,3 gr) y menor tamaño de partícula (0,3 mm) incrementó la capacidad de bio-adsorción de contaminantes. Por otro lado, se visualizó que la aplicación de una fuerza física de difusión por medio de la agitación promueve mayor transferencia de masa y por lo tanto mayor remoción de los contaminantes presentes en los efluentes del sector de lavado y lubricado de autos.

Después de evaluar el potencial bio-adsorbente de la estopa de coco en la remoción de aceites y grasas lubricantes del agua residual de lavado y lubricado de autos, se concluyó que su alta eficiencia (> 95%) en la remoción de este tipo de contaminantes le convierte en un bio-adsorbente económico y eficaz. Se sugiere que el mecanismo de adsorción entre la estopa de coco y los aceites y grasas lubricantes (hidrocarburos), se trata de una adsorción física.

La estopa de coco presentó una eficiencia en la remoción de metales pesados superior al 80%. En consecuencia, puede ser utilizado para la remoción de una variedad de contaminantes y no solamente para remover aceites y grasas lubricantes. Adicionalmente, se determinó que la estopa de coco removió los siguientes contaminantes: sólidos disueltos totales (34,98%), sólidos suspendidos totales (63,53%), DBO₅ (60%), DQO (70,1%), tensoactivos no iónicos (75%), tensoactivos catiónicos (64,47%) y tensoactivos aniónicos (54,3%).” [2]

En la investigación de los Sres. Oscar Fabián Higuera Cobos, Juan Felipe Arroyave Londoño y Luis Carlos Flores García con el tema “Diseño de un Biofiltro para reducir el Índice de Contaminación por Cromo generado en las Industrias del Curtido de Cueros” donde la metodología a utilizar es: “ La caracterización de los análisis físicos – químicos de las muestras de aguas residuales; después se evaluó el material adsorbente haciendo pasar el material por una solución de cromo; para la obtención del adsorbente a las hojas de café las secaron y trituraron, seleccionando el tamaño de partícula de 0,122 milímetros que fue el que presento mayor eficiencia. Se procedió a determinar los componentes del filtro realizando pruebas a filtros de una capa, dual y múltiples capas asumiendo un volumen de 80 mililitros de solución de cromo hexavalente (1000ppm).

Después de determinar el número de capas que va a tener el filtro se establece las medidas que se utilizaran para la realización del modelo del filtro a nivel laboratorio multiplicando con un factor de 3 permitiendo un manejo cómodo.”

En esta investigación se concluyó que “La aplicación de la bio-adsorción en la purificación de aguas residuales presenta un gran potencial, pues las biomásas naturales, se pueden obtener en grandes cantidades, son baratas y pueden remover selectivamente Cromo (VI) de soluciones acuosas. Los resultados obtenidos permiten comprender que la biomasa es una buena alternativa para la implementación de filtros con la capacidad de remover el Cromo (VI) de soluciones acuosas en un flujo continuo.” [3]

1.3. Justificación

La implementación de sistemas de abastecimiento de agua y de saneamiento, son componentes importantes en la preservación del bienestar de las poblaciones; y que en mayor grado disfrutan los países desarrollados.

En lo que corresponde a saneamiento y particularmente al tratamiento de aguas residuales, el agua recolectada de los pueblos y ciudades, debe reintegrarse al medio ambiente en condiciones de que no deteriore su entorno. Durante las últimas décadas de este siglo, el mundo ha observado diversos problemas relacionados con la disposición de desechos líquidos provenientes del uso doméstico, comercial e industrial.

La mayoría de veces las masas receptoras (ríos, lagos, aguas subterráneas) de estos desechos líquidos son incapaces de absorber y neutralizar la carga contaminante de manera natural. Por esta razón, las aguas residuales antes de su descarga a los cursos y cuerpos receptores, deben recibir algún tipo de tratamiento que modifique sus condiciones iniciales. [4]

En Ecuador solo el 8% de las aguas residuales han recibido algún tipo de tratamiento, esto debido al acelerado y desordenado crecimiento urbano, y a la falta de una política de conservación de los contaminantes de los cuerpos receptores, esto es de responsabilidad de los municipios, Ministerio del Ambiente Ecuador (MAE) y Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA) como entes de regulación y control a nivel nacional.

Más del 80% de las empresas industriales, agroindustriales, de comercio y servicios, que generan aguas residuales de proceso con alta carga orgánica y muchas veces con sustancias tóxicas, no las depuran y las descargan directamente a las redes del alcantarillado público o directamente a los cauces fluviales.

La prioridad de las instituciones está dirigida hacia optimizar las condiciones de salubridad de la población, las características máximas permisibles de los diferentes parámetros presentes en aguas residuales domésticas e industriales. El MAE, Ministerio de Salud Pública (MSP) y Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) han presentado contribuciones importantes para que las normas existentes sean rígidas y permitan controlar y disminuir la contaminación que presenta el agua que se descarga a los cuerpos hídricos existentes en el país. [5]

Según datos de la Dirección de Higiene, Salud y Medio Ambiente, en la ciudad de Ambato 148 establecimientos industriales contaminan el agua de los cuales el 14% corresponde a lavadoras y lubricadoras de vehículos. [6]

La importancia de esta investigación es la utilización de materiales orgánicos que nos permita realizar de una manera fácil un tratamiento primario de agua residual; tratando de impulsar a la conciencia de las personas que no es necesario de procesos mecánicos, ni de grandes recursos económicos para poder hacer algo por el planeta que continuamente es deteriorado por nuestra irresponsabilidad y ausencia de respeto al entorno en el que nos encontramos.

Mediante la realización de este proyecto el impacto que se obtendrá, será efluentes con menor contenido de contaminantes generados en una lavadora de autos que en su mayoría son procedentes de la utilización de químicos y aceites. Consiguiendo evacuar las aguas residuales al sistema de alcantarillado y proponerse cumplir con la normativa vigente.

El presente proyecto será factible debido a que los materiales a utilizar se encuentran dentro de nuestro entorno como son: la Cáscara de Coco, Fréjol Rojo, Fréjol Blanco y Grava.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Elaborar un filtro artesanal de agua utilizando materiales no convencionales, evaluando su eficiencia para la disminución de los niveles de contaminación de agua residual generada por una lavadora de autos.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar el agua residual del proceso de lavado de autos mediante la realización de análisis físico – químicos para la apreciación de los niveles de contaminación que presenta el efluente.
- Investigar materiales no convencionales (cáscara de coco, fréjol rojo, fréjol blanco) con los cuales se realice una contribución al mejoramiento en la calidad del agua residual.
- Identificar si el agua residual filtrada redujo sus niveles de contaminación mediante la realización de análisis físico – químicos para poder obtener resultados que comprueben la utilidad del filtro.
- Estudiar los resultados del análisis físico – químico realizado al agua residual filtrada que permitirá conocer la eficiencia que presenta el filtro en el transcurso del tiempo.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1. Fundamentación Teórica

LAVADO DE AUTOS

Es una actividad de mantenimiento vehicular, en el cual se brinda asistencia en la limpieza y mantenimiento del auto; específicamente del aseo interno y externo del vehículo, que también puede complementarse con el engrasado, pulverizado y cambio de aceite del auto. [7]

Proceso de lavado

Es importante recalcar que en el proceso de lavado de autos se lo debe realizar por secciones.

Lavado de Chasis

En este tipo de lavado rápido se realiza los siguientes pasos como se indica en [8]:

- ⇒ Mojar el auto con agua para lavar la parte exterior del vehículo removiendo el polvo, la grasa y la suciedad.
- ⇒ Antes de colocar el detergente o shampoo al vehículo, necesita un proceso de preparación para un adecuado lavado, que consta de:
 - Lavar toda la carrocería.
 - Lavar debajo de los arcos de las ruedas y el compartimiento del motor.
- ⇒ Colocar el detergente o shampoo mediante la ayuda de un cepillo o paño, a lo largo de toda la superficie del vehículo.
- ⇒ Enjuagar con agua para sacar todo residuo del producto de limpieza.
- ⇒ Se procede a secar el vehículo para evitar que la superficie se manche o se dañe la pintura mediante la utilización de paños absorbentes.

⇒ A continuación, se realiza el aspirado y limpieza del interior del vehículo.

Lavado de Motor y Chasis

En este tipo de servicio se realiza todo lo anteriormente descrito en el lavado del chasis, con la diferencia que se adiciona el lavado del motor como se indica en [9] y [10] el cual será descrito a continuación:

⇒ Se procede a cubrir con plástico y cinta aislante para impermeabilizar bien las zonas del motor a las cuales puede afectar el agua; se debe cubrir todos los componentes eléctricos, batería, distribuidor, carburadores, filtros para evitar averías al motor.

⇒ Después se mojará el motor de una manera suave, no a presión en todas las zonas.

⇒ Se debe aplicar detergente o shampoo con la ayuda de una brocha que permita distribuir el limpiador y llegar a las zonas menos accesibles.

⇒ Luego se debe enjuagar con agua para acabar de limpiar el motor.

⇒ Se procederá a secar el motor con paños absorbentes, cerciorándose que todo quede bien seco.

⇒ Una vez seco el motor se retiran los plásticos con cuidado, y si se desea se puede aplicar un abrillantador.

⇒ Finalmente se realiza el lavado del chasis.

Efluentes generados en el lavado de autos

El agua residual proveniente de una lavadora de autos contiene materia orgánica, hidrocarburos totales, detergentes, agentes tensoactivos, aceites y grasas, metales pesados y sólidos suspendidos totales, los cuales generan una contaminación irreparable perjudicando la flora y fauna acuática, debido a su toxicidad y potencial de bioacumulación. [11]

Todo esto se debe a que en el proceso de lavado se utilizan materiales de limpieza, aceites que generan contaminación y son vertidos directamente a la red de

alcantarillado o a un medio receptor sin efectuar un debido proceso de depuración; cabe recalcar que el lavado de autos a su vez utiliza excesiva agua. [12]

AGUAS RESIDUALES

Es el agua que fue utilizada para diferentes actividades tanto domésticas como industriales, agrícolas, etc., que requiere de un tratamiento adecuado el cual dependerá de las características del agua residual con respecto a su procedencia.

Tipos de aguas residuales

Las aguas residuales se clasifican en cuatro tipos como se indica en [13] y [14] domésticas, industriales, agrícolas, pluviales.

Aguas residuales domésticas

Son aquellas aguas que provienen de los hogares, actividades comerciales y de instituciones. Contienen una gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como residuos de jabones, detergentes, lejía y grasas.

Aguas residuales industriales

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.

Aguas residuales agrícolas

Estas aguas son generadas por labores agrícolas, ganaderas y el regadío de los terrenos; este tipo de agua contiene fertilizantes, abono y productos químicos presentes en los terrenos.

Aguas residuales pluviales

Se denomina así a aquella agua procedente de la lluvia, deshielo, limpieza urbana y a partir de fases atmosféricas violentas; las cuales tienen niveles de contaminación mínimos.

Características de las aguas residuales

Es indispensable conocer las características físicas, químicas y biológicas del agua residual para poder conocer que tratamiento previo necesita y sería el más adecuado como se puede observar en [15], [16], [17] y [18] los cuales son descritos a continuación:

Características Físicas

⇒ *Temperatura*

La temperatura suele ser superior debido a las actividades que se realizan en el ámbito doméstico como industrial, que oscila entre 10°C y 21°C, tomando un valor promedio de 15°C; cuando existe mayor temperatura el oxígeno disuelto se reduce.

⇒ *Turbidez*

Es la cantidad de materia en suspensión que hay en las aguas residuales como materia orgánica y microorganismos, esta característica no permite que la luz atraviese por el agua.

⇒ *Color*

El color dependerá de la presencia de sólidos suspendidos, por lo general es de color gris o pardo, pero por los procesos biológicos anóxicos (sin oxígeno) puede pasar a ser de color negro.

⇒ *Olor*

Existen dos tipos uno el que es inofensivo que no muestra ningún olor desagradable y otro el cual su olor es intolerable debido a la descomposición biológica de las aguas residuales.

⇒ *Sólidos*

La cantidad de sólidos suele ser muy pequeña menor al 0,1% del agua residual, en donde podemos encontrar sólidos orgánicos e inorgánicos y estos a su vez pueden ser suspendidos o disueltos.

- *Sólidos Orgánicos* es de origen animal o vegetal, los cuales pueden llegar a degradarse o descomponerse por acción de las bacterias y otros organismos vivos.
- *Sólidos Inorgánicos* es materia inerte la cual no se va a degradar como es el caso de la arena, grava, sales minerales y metales.
- *Sólidos Suspendidos* son aquellos que se encuentran en un estado de suspensión y son notorios a simple vista en el agua debido a que su tamaño es mayor a 1,2µm, que mediante la sedimentación y filtración puede ser separado del agua.
- *Sólidos Disueltos* es aquel material soluble y coloidal de un tamaño menor a 1,2µm, el cual para ser removido del agua necesita de procesos como la oxidación biológica o coagulación - floculación y sedimentación.

Características Químicas

⇒ *Proteínas*

Las proteínas se presentan en los complejos aminoácidos que componen la mayor parte de los nutrientes bacterianos y representan del 40 al 60 % de la materia orgánica.

⇒ *Carbohidratos*

Los carbohidratos se los encuentra en forma de glucosa, sacarosa, almidón y celulosa y representan entre el 25 al 50 % de la materia orgánica.

⇒ *Grasas y Aceites*

Estas sustancias no suelen ser solubles y se degradan más lentamente, interfiriendo en los procesos de tratamiento y la vida biológica, contribuyendo a un ambiente anaerobio.

⇒ *Demanda bioquímica de oxígeno en cinco días (DBO₅)*

Es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para degradar la materia orgánica presente en el agua residual, este parámetro se lo realiza a los cinco días a 20°C.

⇒ *Demanda química de oxígeno (DQO)*

Permite determinar el oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica, mediante la utilización de un oxidante químico; este parámetro permite conocer la concentración de materia orgánica en el agua residual.

⇒ *Potencial de hidrógeno (pH)*

Este parámetro permite conocer el grado que tiene el agua, es decir si es acida, neutra o base; el valor del pH entre 5 a 9 no tiene un efecto significativo para la actividad biológica.

⇒ *Agentes Tensoactivos*

Están conformados por moléculas de gran tamaño levemente solubles en el agua, obstaculizando los procesos de tratamiento, reduciendo la superficie del líquido.

⇒ *Metales pesados*

Estos pueden ser de carácter tóxico cuando se hallan en concentraciones altas como es el caso del cobre, cromo, plomo, hierro, mercurio, etc.

⇒ *Gases*

Estos se encuentran comúnmente en la estructura del agua residual, el nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono están presentes en aquellas aguas expuestas al aire y aquellos que son a consecuencia de la descomposición de la materia orgánica son sulfhídrico, amoníaco y metano.

Características Biológicas

La presencia de organismos en el agua residual se deberá a la influencia de la temperatura y el pH ya que en condiciones específicas estos se desarrollarán.

⇒ *Bacterias*

Las bacterias son provenientes de los desechos fecales y de procesos de biodegradación, los más comunes son: Escherichia, salmonella, estreptococos fecales, proteus, etc.

⇒ *Virus*

Los virus proceden de la evacuación por parte de humanos o animales infectados; los cuales se pueden adherir a sólidos fecales y otras partículas, dentro de los cuales podemos mencionar el poliovirus, rotavirus, virus de la hepatitis, etc.

⇒ *Protozoos*

Los protozoos son aquellos que se encuentra frecuentemente en el agua residual son amebas, flagelados y ciliados libres y fijos.

Tabla N° 1. Principales componentes de las aguas residuales a disminuir

<i>COMPONENTE</i>	<i>IMPORTANCIA</i>
<i>Sólidos suspendidos</i>	<i>Forman depósitos de lodo y favorecen las condiciones anaerobias cuando son descargados a los ecosistemas.</i>
<i>Materia orgánica</i>	<i>Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos, aceites y grasas, usualmente es medida como DBO y DQO; si se descarga sin tratamiento a un cuerpo de agua, reduce en este el oxígeno disuelto y desarrolla condiciones anaerobias.</i>
<i>Contaminantes prioritarios</i>	<i>Pueden ser orgánicos e inorgánicos, causan alteraciones genéticas, mutaciones; además son cancerígenos como es el caso de los hidrocarburos totales.</i>
<i>Compuestos orgánicos refractarios</i>	<i>Son resistentes al tratamiento convencional como por ejemplo los fenoles, agentes tensoactivos y algunos pesticidas utilizados en la agricultura.</i>
<i>Patógenos</i>	<i>Microorganismos como bacterias, virus, protozoos, etc., que transmiten enfermedades.</i>
<i>Metales Pesados</i>	<i>Se encuentran en las aguas residuales provenientes de industrias, pueden ser removidos y reutilizados.</i>
<i>Turbiedad</i>	<i>Causado por una gran variedad de sólidos suspendidos.</i>

<i>Temperatura</i>	<i>Levemente alta medida con el agua potable Influye en la actividad microbiana Influye en la solubilidad de los gases Influye en la viscosidad</i>
<i>Color</i>	<i>Aguas frescas: ligeramente gris Aguas sépticas: gris oscuro o negro</i>
<i>Olor</i>	<i>Aguas frescas: relativamente desagradable Aguas sépticas: olor ofensivo debido a los productos en descomposición. Aguas industriales: depende de lo que se produzca.</i>

Fuente: Adaptado de von Sperling y Chernicharo, 2005; Metcalf y Eddy, 2003

Tratamiento de aguas residuales

Para realizar un tratamiento de depuración se debe conocer las etapas en las que se divide, como se muestra en [19] y [20]; estas serán descritas a continuación:

- ⇒ Tratamiento preliminar
- ⇒ Tratamiento primario
- ⇒ Tratamiento secundario
- ⇒ Tratamiento terciario
- ⇒ Cloración o Desinfección
- ⇒ Tratamientos de lodos

Tratamiento preliminar

También conocido como pre-tratamiento cuyo objetivo es separar los sólidos gruesos o flotantes, sólidos inorgánicos pesados y aceites o grasas; este procedimiento permite preservar las instalaciones y el funcionamiento de los siguientes tratamientos, los mecanismos que se podrían utilizar en este tratamiento serán descritos en la Tabla N°2.

Tabla N° 2. Descripción de los tipos de unidades en un tratamiento preliminar

<i>TIPO DE MECANISMOS</i>	<i>OBJETIVO</i>
<i>Rejas o tamices</i>	<i>Remoción de sólidos gruesos o flotantes</i>
<i>Desmenuzadores</i>	<i>Trituración de sólidos</i>
<i>Desarenadores</i>	<i>Remoción de arenas y gravilla</i>
<i>Desengrasadores</i>	<i>Remoción de aceites o grasas</i>
<i>Pre-aeración</i>	<i>Control de olores y mejoramiento del comportamiento hidráulico.</i>

Fuente: Ing. Rojas, Ricardo, Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales, (2002)

Tratamiento primario

Su función es remover o eliminar la mayoría de los sólidos suspendidos y una parte de la materia orgánica, mediante un proceso físico de asentamiento en tanques de sedimentación, al agregar productos químicos en los tanques, se eliminarán la mayoría de los sólidos coloidales; consiguiendo así disminuir un gran porcentaje de los sólidos suspendidos. Entre los tipos de mecanismos se citan los siguientes:

- ⇒ Tanques de sedimentación
- ⇒ Flotación
- ⇒ Precipitación química
- ⇒ Filtros gruesos
- ⇒ Oxidación química
- ⇒ Coagulación – floculación

Tratamiento Secundario

Este proceso se lo realiza cuando las aguas residuales presentan sólidos orgánicos en suspensión o solución aun después de haber pasado por los tratamientos anteriores, la reducción de estos compuestos se efectuará mediante procesos biológicos, transformado estos residuos en sólidos sedimentables floculentos. Los mecanismos que se utilizan en este tratamiento se mostrarán en la Tabla N°3.

Tabla N° 3. Tipos de tratamientos secundarios

<i>TIPO DE MECANISMOS</i>		
<i>Filtración biológica</i>	<i>Baja capacidad</i>	<i>Filtros clásicos</i>
	<i>Alta capacidad</i>	<i>Filtros comunes</i> <i>Biofiltros</i> <i>Aero-filtros</i>
<i>Lodos activados</i>	<i>Convencional</i> <i>Alta capacidad</i> <i>Contacto estabilización</i> <i>Aeración prolongada</i>	
<i>Lagunas</i>	<i>Estabilización</i>	<i>Aerobia</i> <i>Facultativa</i> <i>Maduración</i>
	<i>Aireada</i>	
<i>Otros</i>	<i>Anaeróbicos</i> <i>Oxígeno puro</i> <i>Discos rotatorios</i>	

Fuente: Ing. Rojas, Ricardo, Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales, (2002)

Tratamiento terciario

También conocido como tratamiento avanzado que es un complemento de los tratamientos anteriores el cual consiste en varios procesos físicos y químicos que serán utilizados para mejorar las propiedades del agua residual eliminando contaminantes como: nutrientes, minerales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, etc. A continuación, se nombrará algunos procesos del tratamiento avanzado:

- ⇒ Coagulación / Sedimentación
- ⇒ Filtración
- ⇒ Adsorción carbón activado
- ⇒ Intercambio iónico

⇒ Destilación

⇒ Ósmosis inversa

⇒ Electrodiálisis

Cloración

En este proceso se cumple con la función de desinfectar o destruir organismos patógenos como bacterias, virus y quistes, para evitar la putrefacción de las aguas residuales; el cual se efectúa mediante la desinfección química con cloro.

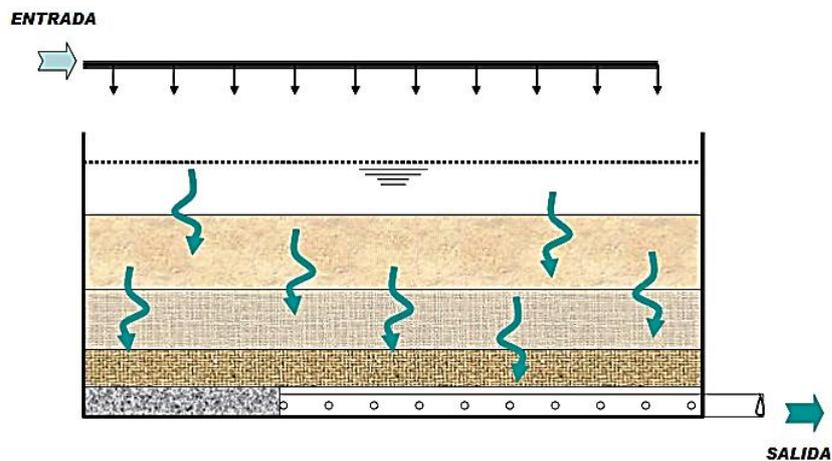
Tratamiento de lodos

En este proceso se prevé eliminar parcialmente o totalmente el agua que se encuentra en los lodos y así reducir su volumen; y preparar los sólidos orgánicos putrescibles, para convertirlos en sólidos orgánicos relativamente estables. Dentro de las técnicas utilizadas se encuentra el espesamiento, secado de lechos de arena, secado aplicando calor, etc.

FILTRACIÓN

La filtración es un proceso mecánico que permite la retención de partículas, material coloidal y microorganismos de una sustancia acuosa mediante la utilización de un medio filtrante, permitiendo que el agua pase mejorando sus propiedades físicas y químicas.

Figura N° 1. Filtro abierto o de gravedad. Corte transversal



Fuente: Rocha Edmundo, Filtración, 2009

Tipos de Filtración

Filtración Lenta

En los filtros lentos el agua circula por un lecho de arena fina, provocando que el agua vaya a una velocidad baja por medio de la gravedad, logrando retener las partículas de mayor diámetro y adsorber las impurezas. Este tipo de filtración genera buenos resultados cuando la carga superficial es baja y así disminuyendo considerablemente la turbidez, coliformes, etc.

Filtración Rápida

En la filtración rápida se utiliza como material filtrante arena y grava la cual actúa como soporte, esto nos va a permitir que las partículas de gran tamaño se queden retenidas en la capa superior del filtro, pero a una velocidad alta por medio de la gravedad. Los filtros rápidos se utilizan cuando existe una alta carga superficial, ya que nos permite la separación de partículas relativamente grandes.

Dependerá de las propiedades del agua a filtrar para considerar el diseño de un filtro multicapas, que contará con dos o más capas de materiales filtrantes con características diferentes.

Mecanismos de filtración

En un filtro el agua a ser tratada contiene una variedad muy grande de partículas en suspensión, que podría tener un diámetro desde 1 mm hasta inferiores a 10^{-3} mm según [21]; las partículas con un diámetro superior a los espacios del material granular, quedan retenidas en las aberturas que existen en el lecho por medio del mecanismo de cernido; por otro lado aquellas partículas con un diámetro menor que los espacios del material granular entran fácilmente en el material granular logrando así adherirse. Considerando así, que el mecanismo de filtración se produce mediante dos etapas diferentes pero que se complementan:

⇒ Transporte

⇒ Adherencia

El transporte de partículas es un fenómeno físico e hidráulico, generado especialmente por los parámetros que constituyen la transferencia de masas y la adherencia entre partículas y granos es esencialmente un fenómeno superficial, que intervienen parámetros físicos y químicos. [22]

Los mecanismos que permiten la realización de transporte son:

- ⇒ Cernido
- ⇒ Sedimentación
- ⇒ Intercepción
- ⇒ Difusión
- ⇒ Impacto inercial
- ⇒ Acción hidrodinámica

Los mecanismos que producen la adherencia son:

- ⇒ Fuerzas de Van der Waals
- ⇒ Fuerzas electroquímicas
- ⇒ Puente químico [23]

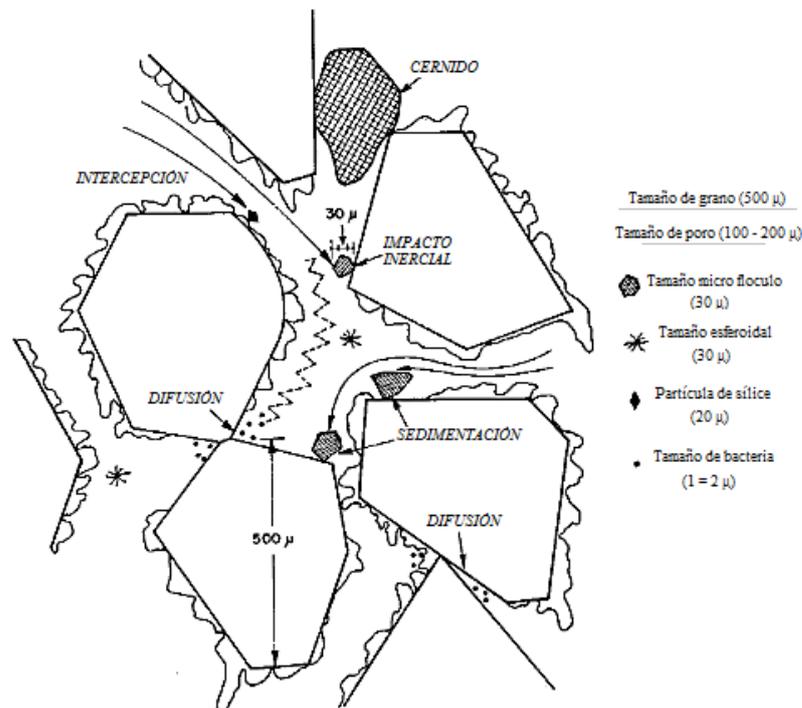
Se debe reiterar que no todos los mecanismos obligatoriamente tienen que intervenir al mismo tiempo y, en algunos casos, el aporte de uno o algunos de ellos en retener el material suspendido es intrascendente.

Los mecanismos que se pueden dar en el proceso de filtración como se indica en [24] y [25] los cuales serán descritos a continuación:

Mecanismo de transporte

Se debe recalcar que pueden actuar diferentes causas para trasladar el material suspendido por medio del material filtrante que dependerá si la filtración se produce en las capas superiores (factor principal en la acción física de cernido) o en la profundidad del material filtrante (menor importancia en la acción física de cernido).

Figura N° 2. Diferentes mecanismos que realizan transporte de las partículas



Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua, Serie Técnica 13, pp. 301.

⇒ *Cernido*

Este mecanismo frecuentemente actúa solo en las capas más superficiales del lecho y con partículas que se han capaces de resistir los esfuerzos cortantes generados por el flujo, cuya velocidad aumenta en las constricciones.

⇒ *Sedimentación*

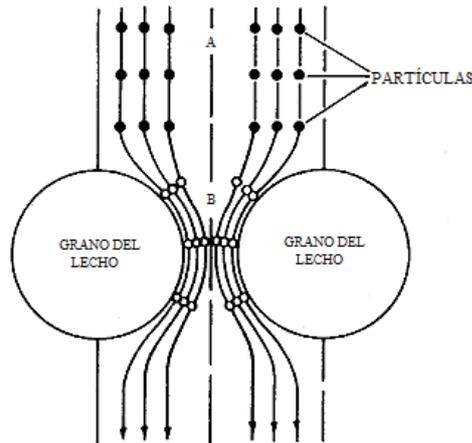
La sedimentación se consigue con material suspendido relativamente grande y denso, cuya velocidad de sedimentación sea alta y donde el lecho tenga una carga hidráulica baja.

⇒ *Intercepción*

Este mecanismo se genera debido a que la velocidad de escurrimiento es baja y las partículas suspendidas tienen densidades similares a la del agua, por lo que viajan a lo largo de líneas de flujo, generando así que estas partículas se peguen a la cara

superior del material filtrante hasta cubrirlo completamente por una capa que va aumentando con el tiempo, generando mayor esfuerzo cortante del fluido el proceso de arrastre de la capa se hace cada vez mayor, con lo que la saturación del medio filtrante avanza en profundidad.

Figura N° 3. Contacto casual de las partículas con el medio filtrante



Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua, Serie Técnica 13, pp. 303.

⇒ *Difusión*

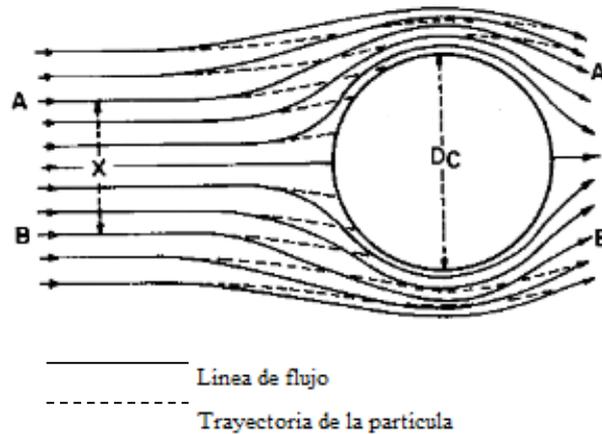
Debido al movimiento browniano, existe una inclinación de las partículas pequeñas a difundirse desde zonas de mayor concentración a zonas de menor concentración.

Este mecanismo es directamente proporcional a la temperatura e inversamente proporcional al diámetro de la partícula del material filtrante.

⇒ *Impacto inercial*

Las líneas de flujo al estar cerca del material granular (grano) se desvían del recorrido normal, mientras tanto las partículas suspendidas poseen una inercia que al ser movidas generan una trayectoria diferente a las líneas de flujo; esto quiere decir que mientras las líneas de flujo se curvan, las partículas pueden continuar con su trayectoria inicial, impulsada por la fuerza de inercia, provoca que choquen con el material granular.

Figura N° 4. Impacto Inercial



Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua, Serie Técnica 13, pp. 304.

⇒ *Acción hidrodinámica*

En este mecanismo la partícula suspendida se encontrará en un fluido donde el escurrimiento tiene una gradiente de velocidad constante, generando velocidades tangenciales variables en dirección perpendicular a la del escurrimiento, la acción hidrodinámica podría explicar la remoción de partículas floculentas de tamaño relativamente grande ($\sim 10 \mu\text{m}$). [26]

Mecanismos de adherencia

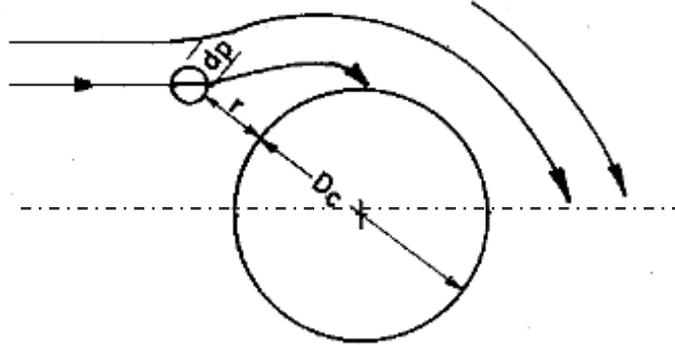
Se podría decir que la adherencia es un mecanismo puramente físico, pero también contribuyen varios factores químicos y electroquímicos, donde para que exista adherencia entre el material filtrante y la partícula suspendida se deberá conocer las características de la superficie de las partículas suspendidas y el material filtrante.

⇒ *Fuerzas de Van der Waals*

Este mecanismo es el principal responsable de la adhesión de las partículas al material filtrante; el cual tiene una fuerza de adhesión activa que se encuentra desde la superficie del material a una distancia mínima, hallándose un volumen alrededor de cada material filtrante (grano) denominado espacio de adhesión; donde las

partículas suspendidas serán atraídas a esta zona para adherirse a la superficie del material filtrando y así logrando removerlas del agua.

Figura N° 5. Trayectoria de la partícula atraída por las fuerzas de Van der Waals



Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua, Serie Técnica 13, pp. 308.

⇒ *Fuerzas Electrostáticas*

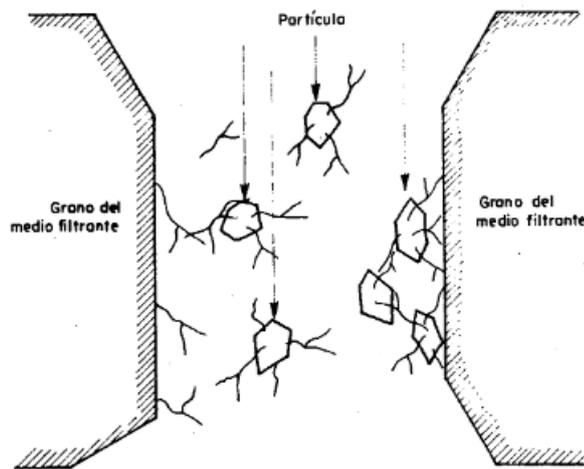
Este mecanismo es una combinación entre las fuerzas electrostáticas y las fuerzas de Van der Waals permitiendo la adsorción entre partículas, para esto se debe conocer la carga eléctrica del material filtrante y de las partículas suspendidas, aconteciendo estas posibles condiciones:

- Si el material filtrante es negativo y las partículas positivas va a existir una fuerza de atracción, provocando que al aproximarse las partículas al material filtrante estas sean atraídas y se adhieran.
- En cambio, si el material filtrante es negativo y las partículas son neutras, no va a existir una barrera de energía; que en el momento en que tengan contacto se van adherir fácilmente.
- Y cuando el material filtrante y las partículas son negativas, va a existir repulsión, que mediante la ayuda de otros mecanismos la adherencia sería posible, pero con baja efectividad.

⇒ *Puente Químico*

En la superficie de las partículas se generan cadenas de polímeros las cuales dejan segmentos extendidos en el agua, que pueden ser adsorbidos por otras partículas o por espacios en la superficie del material filtrante quedando de esta forma retenidas al lecho filtrante, es así que mediante el uso de polielectrolitos dosificados en el agua residual se logra aumentar la adhesión de las partículas suspendidas al material filtrante; en este mecanismo no están presentes las fuerzas de Van der Waals y las cargas electrostáticas.

Figura N° 6. Acción de los polímeros en un medio granular



Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua, Serie Técnica 13, pp. 309.

Variables del proceso de filtración

Características del medio filtrante

En el proceso de filtración un factor importante es el tamaño del grano ya que afecta a la pérdida de carga y a la gradiente de velocidad durante la filtración, ya que si el tamaño del material filtrante (grano) es demasiado pequeño la fuerza actuante del fluido se empleará para reducir la resistencia de fricción generada por el lecho filtrante y si es demasiado grande las partículas de menor tamaño presentes en el agua residual no serán retenidas cuando sea filtrada. [27]

⇒ *Características físicas*

Los materiales filtrantes se identifican por los siguientes parámetros como se indica en [28] los cuales serán descritos a continuación:

- **Granulometría:** Se determina por una curva formada por los porcentajes en peso del material que pasa a través de las mallas de un grupo de tamices normalizados.
- **Diámetro efectivo:** Representa el 10% (en peso acumulado) que pasa y determina la eficacia del filtrado.
- **Coefficiente de Uniformidad (Cu):** es la relación de los tamaños pertenecientes a los porcentajes de 60 y 10 que pasan; si el Cu es mayor que 3 el material tiende a ser heterogéneo caso contrario suele ser homogéneo.
- **Forma de los granos:** angular (material triturado) o redondo (arena de río o de mar).

⇒ *Espesor de la capa filtrante*

“Los filtros de dos o más capas son relativamente difíciles de fijar un espesor de medio filtrante para el cual los filtros funcionen constantemente en condiciones ideales”. [29]

Velocidad de filtración

Es un parámetro importante por cuanto afecta a la superficie necesaria del filtro. Para una aplicación dada del filtro, la velocidad de filtración dependerá de la consistencia de los flóculos y del tamaño medio del grano del lecho filtrante. Se ha observado que las velocidades de filtración dentro del intervalo de 4,8 a 19,2 m/h no afectan la calidad del efluente del filtro, debido a la propia resistencia del floculo biológico. [30]

Pérdida de carga admisible

La pérdida de carga entre dos puntos del filtro está relacionada con el tamaño del grano y con la cantidad de depósito acumulado en el poro. Tiene un valor límite, que según el caso puede llegar de 3 a 6 mca, que marca el final del ciclo. La pérdida de carga y la velocidad están relacionadas, de modo que, para el mismo tamaño de

grano a mayor velocidad se alcanza antes la pérdida de carga límite para el filtro. [31]

Características del agua a filtrar

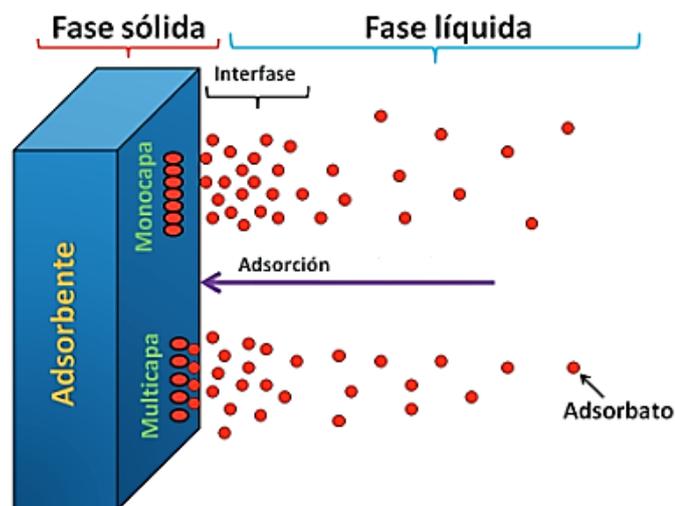
Las características más importantes a tener en cuenta del agua a filtrar son:

- La concentración de sólidos suspendidos
- El tamaño de los sólidos suspendidos
- La distribución de tamaños de partículas
- La consistencia de los flóculos
- La turbidez [31]

ADSORBENTES

Son aquellos materiales que son capaces de retener o adherir moléculas en la superficie de un material. Los materiales sólidos utilizados como adsorbentes son tanto naturales como industriales y carbón activado. [32]

Figura N° 7. Proceso de adsorción



Fuente: F. Granados Correa; J. Serrano Gómez; J. Bonifacio Martínez, Síntesis y caracterización de materiales inorgánicos para ser empleados como adsorbentes de metales tóxicos y de interés nuclear, 2010.

La eficiencia de esta tecnología no convencional con diferentes materiales variará de acuerdo al agua residual a tratar y del material natural o sintético que se utilice.

Adsorbentes Naturales o Bio-adsorbentes

Es un sólido natural que tiene la capacidad de adherir en su superficie materia suspendida presente en el agua, ocasionado por las fuerzas de atracción. “La capacidad de adsorción no depende solo del área específica del adsorbente, sino también de su naturaleza físico-química.” [33]

Para este proyecto experimental se planteó probar con varias clases de fréjol, debido a que en estudios realizados a estas semillas se demostró que tienen una alta capacidad de purificar el agua siendo utilizado como coagulante natural como indica [34] y [35]; y se propuso estudiar su comportamiento al ser utilizado como un material filtrante.

Mediante la investigación se ha podido observar que no existen suficientes estudios sobre la utilización de adsorbentes naturales para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria del lavado de autos. La Tabla N°4 indica la utilización de bio-adsorbentes para la remoción de compuestos presentes en aguas residuales. [36]

Tabla N° 4. Estudios a nivel mundial relacionados con adsorbentes naturales en el tratamiento de aguas residuales

PAÍS	MATERIAL ADSORBENTE	REMOCIÓN	EFICIENCIA	REFERENCIA
<i>Cuba</i>	<i>Bagazo de caña de azúcar</i>	<i>Aceite</i>	<i>90 %</i>	<i>Armada, Barquinero y Capote, (2008), pp.96-99</i>
<i>Brasil</i>	<i>Biomasa de alga marina</i>	<i>Hierro y Cobre presentes en aceites lubricantes</i>	<i>Fe: 37,54% Cu: 31,73%</i>	<i>Moreira et al, (2008), pp.57-68</i>
<i>Paquistán</i>	<i>Fibra de coco</i>	<i>Plomo</i>	<i>96,91%</i>	<i>Khalid y Rahman, (2010), pp.2104-2112</i>

<i>Sudáfrica</i>	<i>Cáscara de coco</i>	<i>Cromo</i>	<i>90%</i>	<i>Kumar y Meikap, (2014), pp.3122-3132</i>
<i>Argelia</i>	<i>Aserrín</i>	<i>Zinc</i>	<i>50%</i>	<i>Bouziane, Bendebane, Ismail y Delini, (2012), pp.189-199</i>
<i>India</i>	<i>Aserrín</i>	<i>Colorante azul de metileno</i>	<i>98,12%</i>	<i>Raghuvanshi, Singh, Kaushik y Raghav, (2005), pp.329-339</i>

Fuente: Alexandra Castillo, Diseño de un tratamiento de aguas residuales de lubricado mediante Bio-adsorción y Coagulación – Floculación, 2015.

Adsorbentes Industriales

Estos materiales se los puede obtener elaborados por reacciones químicas de materias primas cumpliendo la misma función de adherir a su superficie moléculas presentes en la fase líquida, con la diferencia que estos tienen una elevada porosidad. Los adsorbentes industriales que se utilizan mayormente son el carbón activado y las resinas sintéticas. [37]

Carbón Activado

Es un material altamente adsorbente, se identifica por su estructura interna, comprendido por un gran número de poros de tamaños similares que pueden tener una superficie interna entre 500 a 1500 m²/gr; pueden tener forma granular como en polvo. [38], [39]

El carbón activado tiene varios usos como depurar agua, decolorar, desodorizar, adsorber gases, o ionizar; es apreciado en diferentes áreas debido a la versatilidad que presenta.

Los poros se clasifican y se fundamenta en el diámetro de los mismos, como se muestra a continuación:

- Micro poros: $por < 2 \text{ nm}$
- Meso poros: $2 \text{ nm} < por < 50 \text{ nm}$

- Macro poros: $50 \text{ nm} < \text{por} < 100000 \text{ nm}$ [40]

por = Poros

Métodos de activación del carbón

Existen dos tipos de activación:

- ⇒ Activación física
- ⇒ Activación química

Activación Física

También denominada como activación térmica, se realiza mediante la carbonización del material a temperaturas elevadas, logrando eliminar el hidrógeno y el oxígeno, obteniendo una materia carbonosa y porosa. Luego se realiza la oxidación, mediante dióxido de carbono, vapor de agua, aire u otros agentes oxidantes; eliminando los productos volátiles y átomos de carbono. [41]

Activación química

Este proceso se lo realiza a temperaturas más bajas, mediante reactivos tales como ácido fosfórico, hidróxido potásico o cloruro de zinc, después el material húmedo se calienta en un horno a $500 - 700 \text{ }^\circ\text{C}$ finalmente para eliminar residuos del químico utilizado se debe lavar el carbón. [41]

El carbón activado elaborado a partir de materias primas convencionales, como el carbón bituminoso y la turba, son materiales caros; es por esta razón que se ha prestado atención a biomasa de residuos lignocelulósicos como precursor de carbón activado, ya que es renovable, disponible, barato y favorable al medio ambiente. [42]

Carbón Activado a base de cáscara de coco

Está elaborado a partir de la costra del coco, mediante activación física a vapor, lo cual permite que no contenga agentes químicos que afecten el medio donde va a ser utilizado, tiene una desarrollada distribución de poros adecuados para la eliminación de moléculas pequeñas. [43], [44]

El carbón activado obtenido de la cáscara de coco tiene mayor dureza y resistencia comparado con el obtenido de madera, como es el caso, de la madera de pino. [44]

NORMATIVA

En el presente proyecto investigativo se manejará como guía la siguiente norma Anexo I del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA): Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua.

Normas generales para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado

Según la norma “se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado proveniente del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres” [45]; la cual da unos valores establecidos, que las descargas tratadas deben cumplir. En este proyecto se tomará en cuenta como parámetros más relevantes los descritos en la Tabla N° 5.

Tabla N° 5. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

<i>PARÁMETROS</i>	<i>EXPRESADO COMO</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE</i>
<i>Aceites y grasas</i>	<i>Solubles en hexano</i>	<i>mg/l</i>	<i>70,0</i>
<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)</i>	<i>DBO₅</i>	<i>mg/l</i>	<i>250,0</i>
<i>Demanda Química de Oxígeno</i>	<i>DQO</i>	<i>mg/l</i>	<i>500,0</i>
<i>Hidrocarburos Totales de Petróleo</i>	<i>TPH</i>	<i>mg/l</i>	<i>20,0</i>
<i>Potencial de Hidrógeno</i>	<i>pH</i>		<i>6 – 9</i>
<i>Sólidos Suspendedos Totales</i>		<i>mg/l</i>	<i>220,0</i>
<i>Sólidos Totales</i>		<i>mg/l</i>	<i>1600,0</i>
<i>Temperatura</i>	<i>°C</i>		<i><40,0</i>

Fuente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, 2014.

2.2. Hipótesis

La elaboración de un filtro artesanal con materiales no convencionales, para aguas residuales provenientes del lavado de autos permitirá disminuir los niveles de contaminación que estos presentan.

2.3. Señalamiento de las variables de la hipótesis

2.3.1. Variable Independiente

Elaboración de un filtro artesanal con materiales no convencionales.

2.3.2. Variable Dependiente

Niveles de contaminación del agua residual

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Nivel o Tipo de investigación

El presente proyecto requiere de los siguientes tipos de investigación:

Investigación Exploratoria

La elaboración de filtros con materiales naturales ha sido un tema poco abordado en nuestro país. Este proyecto va a ser dirigido a la contaminación que genera el agua residual del lavado de autos y que mediante análisis nos permitirá comprobar la funcionalidad que tendrían los materiales naturales como medio filtrante.

Investigación Experimental

Será experimental debido a que se van tomar muestras del agua filtrada simultáneamente para poder observar los cambios que se van presentando en los materiales filtrantes y en el agua filtrada; y así analizar si contribuye a la disminución de contaminación o si cumple con los límites máximos permisibles, generando información para estudios futuros.

Investigación de Laboratorio

Será de laboratorio porque la metodología adoptada necesitaría de un control constante sobre el funcionamiento del filtro en los cambios que presenta a través del tiempo. Se utilizará los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Investigación Aplicada

Es investigación aplicada debido a que el proyecto busca reducir los niveles de contaminación que genera los efluentes del proceso de lavado de autos, mediante la implementación de un filtro que sea fácil de elaborar y accesible para las personas y con esto disminuir el impacto ambiental.

3.2. Población y Muestra

Población

La población que se consideró para el estudio fue el número de días en los cuales se realizará el proceso de filtración de las aguas residuales de una lavadora de autos, los cuales corresponden a 31 días.

Muestra

Se realizará un muestreo discrecional, que consistirá en tomar en el día número 3, 24 y 31 muestras para efectuar análisis físico – químico, adicionalmente se recogerán muestras periódicas el día número 10 y 17 respectivamente para realizar análisis de DQO, DBO₅, Turbidez y pH para obtener un total de 6 muestras recolectadas y 40 muestras resultantes con el fin de evaluar la eficiencia de los materiales filtrantes.

3.3. Operacionalización de Variables

3.3.1. Variable Independiente

Elaboración de un filtro artesanal con materiales no convencionales.

<i>CONCEPTUALIZACIÓN</i>	<i>DIMENSIONES</i>	<i>INDICADORES</i>	<i>ÍTEMS</i>	<i>TÉCNICA E INSTRUMENTOS</i>
<p><i>Un filtro artesanal con materiales no convencionales se denomina a la elaboración manual de un filtro utilizando como medio filtrante materiales que no son habituales, que pueden ser adsorbentes y separen las partículas e impurezas suspendidas del agua.</i></p>	<p><i>Medio Filtrante</i></p>	<p><i>Diámetro Efectivo</i></p>	<p><i>¿Qué diámetro efectivo será adecuado para un filtro?</i></p>	<p><i>Ensayos de laboratorio Norma INEN</i></p>
		<p><i>Coeficiente de Uniformidad</i></p>	<p><i>¿Con qué ensayos se puede determinar el coeficiente de uniformidad?</i></p>	<p><i>Ensayos de laboratorio Norma INEN</i></p>
	<p><i>Adsorbentes</i></p>	<p><i>Naturales</i></p>	<p><i>¿Podrían disminuir los adsorbentes naturales aceites y grasas del agua residual?</i></p>	<p><i>Ensayos de laboratorio Investigación Bibliográfica</i></p>
		<p><i>Artificiales</i></p>	<p><i>¿Qué adsorbentes artificiales disminuirán los aceites y grasas del agua residual?</i></p>	<p><i>Ensayos de laboratorio Investigación Bibliográfica</i></p>

Tabla N° 6. Operacionalización de la variable independiente

3.3.2. Variable Dependiente

Niveles de contaminación del agua residual

<i>CONCEPTUALIZACIÓN</i>	<i>DIMENSIONES</i>	<i>INDICADORES</i>	<i>ÍTEMS</i>	<i>TÉCNICA E INSTRUMENTOS</i>
<p><i>Los niveles de contaminación se pueden dar a conocer mediante la medición de varios parámetros realizados al efluente, los cuales serán comparados con los límites máximos permisibles establecidos por la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua.</i></p>	<p><i>Parámetros</i></p>	<p><i>Aceites y grasas</i></p>	<p><i>¿Cuál es el límite máximo permisible para los aceites y grasas?</i></p>	<p><i>Investigación Bibliográfica Norma TULSMA</i></p>
		<p><i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)</i></p>	<p><i>¿Cuál es el valor del DBO₅ proveniente de una lavadora de autos?</i></p>	<p><i>Ensayos de laboratorio</i></p>
		<p><i>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i></p>	<p><i>¿Cuál es el límite máximo permisible para el DQO?</i></p>	<p><i>Investigación Bibliográfica Norma TULSMA</i></p>
	<p><i>Efluente</i></p>	<p><i>Industrial</i></p>	<p><i>¿Qué tipos de tratamientos serán necesarios para que la industria del lavado de autos cumpla con los límites máximos permisibles?</i></p>	<p><i>Investigación Bibliográfica</i></p>

Tabla N° 7. Operacionalización de la variable dependiente

3.4. Plan de recolección de información

<i>PREGUNTAS BÁSICAS</i>	<i>EXPLICACIÓN</i>
1. <i>¿Para qué?</i>	<i>Para investigar nuevos materiales filtrantes que disminuyan los niveles de contaminación de las aguas residuales.</i>
2. <i>¿De qué personas u objetos?</i>	<i>De materiales no convencionales (cáscaras, semillas) y muestras del agua filtrada.</i>
3. <i>¿Sobre qué aspectos?</i>	<i>Influencia de los materiales en el cumplimiento de los límites máximos permisibles para descargar a un sistema de alcantarillado.</i>
4. <i>¿Quién?</i>	<i>Mishel Estefanía Molina García</i>
5. <i>¿Dónde?</i>	<i>Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato. Laboratorios de Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EMAPA) Lacquanálisis S.A.</i>
6. <i>¿Cómo?</i>	<i>Investigación Bibliográfica Ensayos de Laboratorio Normas TULSMA, INEN</i>

Tabla N° 8. Recolección de información

3.5. Plan de Procesamiento y Análisis

3.5.1. Plan de Procesamiento de la Información

- ⇒ Recopilación y procesamiento de la información obtenida.
- ⇒ Tabulación de los resultados adquiridos, manejo de la información.
- ⇒ Representación gráfica, para la interpretación de los resultados.

3.5.2. Plan de Análisis

- ⇒ Análisis comparativo de los resultados obtenidos con los objetivos y la hipótesis propuesta.
- ⇒ Verificación de la hipótesis en base a los resultados adquiridos en la investigación.
- ⇒ Planteamiento de las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Recolección de datos

El diseño del filtro se basó en la investigación “Diseño de un biofiltro para reducir el índice de contaminación por cromo generado en las industrias del curtido de cueros” [46] que nos indicó que para el modelo del filtro a nivel de laboratorio utiliza un factor de 3 para poder escalar las alturas de las capas; se va a tomar como referencia el espesor de las capas mostradas en la Tabla N°9.

Tabla N° 9. Espesores de las capas filtrantes y materiales del filtro

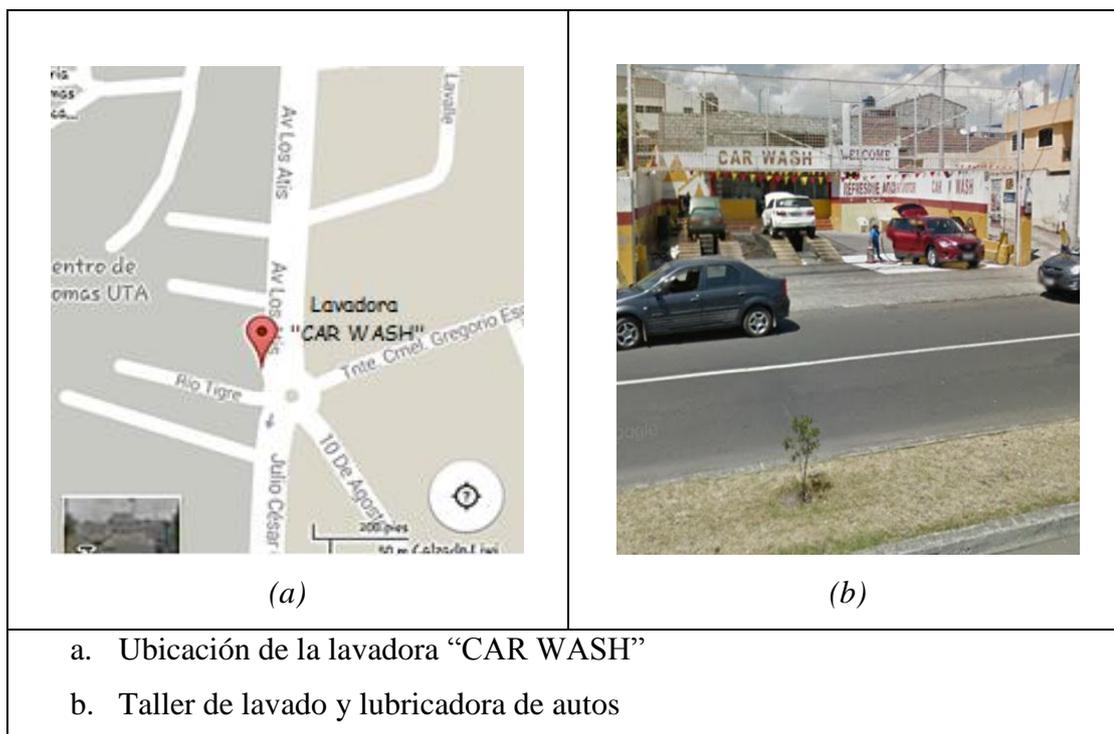
<i>Material</i>	<i>Altura (mm)</i>
<i>Grava</i>	<i>15</i>
<i>Cáscara de Coco (carbón activado grueso)</i>	<i>35</i>
<i>Fréjol Blanco</i>	<i>75</i>
<i>Fréjol Rojo</i>	<i>50</i>
<i>Cáscara de Coco (carbón activado fino)</i>	<i>15</i>

Fuente: O. Higuera, J. Arroyave, L. Florez; Diseño de un biofiltro para reducir el índice de contaminación por cromo generado en las industrias del curtido de cueros; 2009; pág. 113.

4.1.1. Determinación del lugar de estudio

El establecimiento de lavado de autos considerado para la elaboración del presente proyecto se localiza en la provincia de Tungurahua, ciudad de Ambato, parroquia Celiano Monge en el sector Nueva Ambato.

Figura N° 8. Ubicación del lugar de estudio



Fuente: Google Maps, 2015

En la lavadora de autos en donde se recolecto el agua residual para el presente proyecto de titulación se brindan los siguientes servicios:

- ⇒ Lavado y secado
- ⇒ Cambio de aceite
- ⇒ Engrasando
- ⇒ Pulverizado

Respecto al lavado que se realizan en lavadora “CAR WASH” ofrecen el lavado completo (lavado, engrasado y pulverizado) y lavado express (lavado de la carrocería). El volumen aproximado de agua que se utiliza en cada lavado de auto depende del tipo de auto como se muestra en la Tabla N°10.

En la lavadora “CAR WASH” al día se lavan como mínimo 5 autos y un máximo de 30 autos considerando que solo ofrecen lavado para autos livianos.

La lavadora atiende de lunes a sábado en horarios de 08:30 am a 17:30 pm y los días de mayor demanda son lunes, viernes y sábado.

Tabla N° 10. Consumo de agua para el lavado de autos

<i>AUTOS LIVIANOS</i>		
<i>Clase</i>	<i>LAVADO</i>	
	<i>Express(lt)</i>	<i>Completo(lt)</i>
<i>Automóvil</i>	<i>51</i>	<i>60</i>
<i>Camioneta</i>	<i>57</i>	<i>67</i>
<i>Furgoneta</i>	<i>61</i>	<i>72</i>
<i>Competencia</i>	<i>64</i>	<i>75</i>

Fuente: Lavadora "CAR WASH"

Para proceso de lavado utiliza shampoo para autos que elimina las grasas, para el pulverizado del chasis diesel o grafito.

Mientras que en el cambio de aceite el número de autos que lo solicitan son de 1 a 4 por día (el cambio de aceite se lo realiza cada 5000 km recorridos) y varía según el tipo de autos es así que para carros pequeños se utiliza 4 litros, una cabina 6 litros y doble cabina 7 litros; las marcas más utilizadas son Kendall, Valvoline y Golden Bear.

Los residuos de aceites y grasas lubricantes usados son entregados al Gestor Ambiental autorizado por la Municipalidad de Ambato que son recogidos cada dos semanas por la empresa Biofactor.

La lavadora de autos cuenta con una trampa de grasas que ayuda a disminuir la concentración de contaminantes en el efluente para luego ser descargada directamente al sistema de alcantarillado.

Figura N° 9. Taller de lavado y lubricado de autos



4.1.2. Recolección de las muestras de agua residual

La recolección de agua residual proveniente de una lavadora de autos, se recogió en un recipiente de 20 litros de capacidad, cada semana, el cual fue transportado al Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, esta agua residual fue utilizada para el proceso de filtración.

Para realizar los análisis físicos-químicos, se tomó un volumen aproximado de 4 litros de muestra de agua residual en recipientes de vidrio ámbar y plástico previamente lavados con su correspondiente identificación (etiquetadas) basándose en las especificaciones de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 169:98 [47].

Todos los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de Control de Calidad, EP – EMAPA – A acreditado por el Organismo de Acreditación Ecuatoriana (OAE) con el certificado de acreditación N° OAE LE C 14-001 y Lacquanálisis S.A. de la ciudad de Ambato con el certificado de acreditación N° OAE LE C 11-010.

Nota: Para los análisis del agua residual filtrada se tomaron en cuenta las mismas especificaciones establecidas por la norma.

4.1.2.1. Identificación física – química del agua

⇒ *Métodos*

Los métodos que fueron utilizados para los análisis de agua residual efectuados en los laboratorios antes mencionados son los siguientes:

Tabla N° 11. Métodos para análisis físico – químicos de agua residual

<i>PARÁMETRO</i>	<i>MÉTODO</i>
<i>Físicos</i>	
<i>Turbiedad (A. Residuales)</i>	<i>APHA-2130-B</i>
<i>Químicos</i>	
<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)</i>	<i>APHA-5210-B</i>
<i>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i>	<i>HACH 8000</i>
<i>Sólidos Totales Suspendidos (SST)</i>	<i>APHA-2540-D</i>

<i>PARÁMETRO</i>	<i>MÉTODO</i>
<i>Sólidos Totales</i>	<i>APHA-2540-B</i>
<i>Aceites y Grasas</i>	<i>PRO TEC 053 / EPA 1664 A</i>
<i>Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)</i>	<i>EPA 418.1</i>

Fuente: Informe de Resultados de Análisis Físico – Químicos del agua residual.

4.1.3. Obtención del material

⇒ *Fréjol Rojo y Blanco*

Estos materiales son de fácil disponibilidad, y se compró un total de dos fundas, cada una tenía un contenido neto de 500 gramos, obteniendo un total de 1000 gramos por cada material.

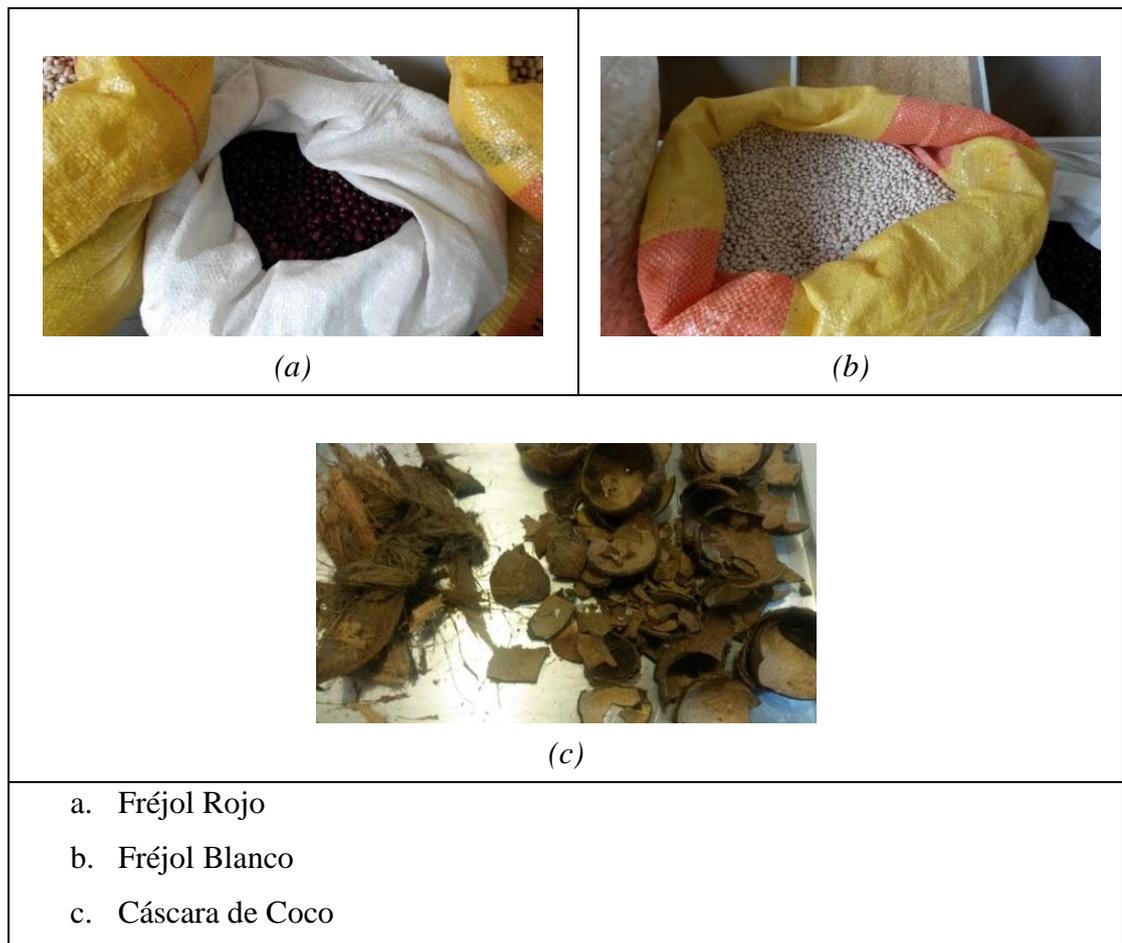
⇒ *Cáscara de Coco*

Este material se consiguió como desecho en el mercado mayorista de la ciudad de Latacunga en los puestos donde se venden cocos maduros ya pelados y se obtuvo aproximadamente 800 gramos de cáscara.

⇒ *Grava*

El material se adquirió en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayos de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato de donde se recogió una cantidad de 700 gramos.

Figura N° 10. Materiales para la elaboración del filtro



4.1.3.1.Preparación del material

⇒ **Fréjol Rojo y Blanco**

Secado

Para disminuir el contenido de humedad y facilitar la manipulación del material se procedió a tostar el fréjol hasta notar un color más fuerte o que la cáscara se desprendiera con facilidad, el tiempo aproximado en el cual se realizó este proceso fue de 30 minutos sin dejar de remover constantemente el fréjol para que no se quemara, como se indica en la Figura N°11-a.

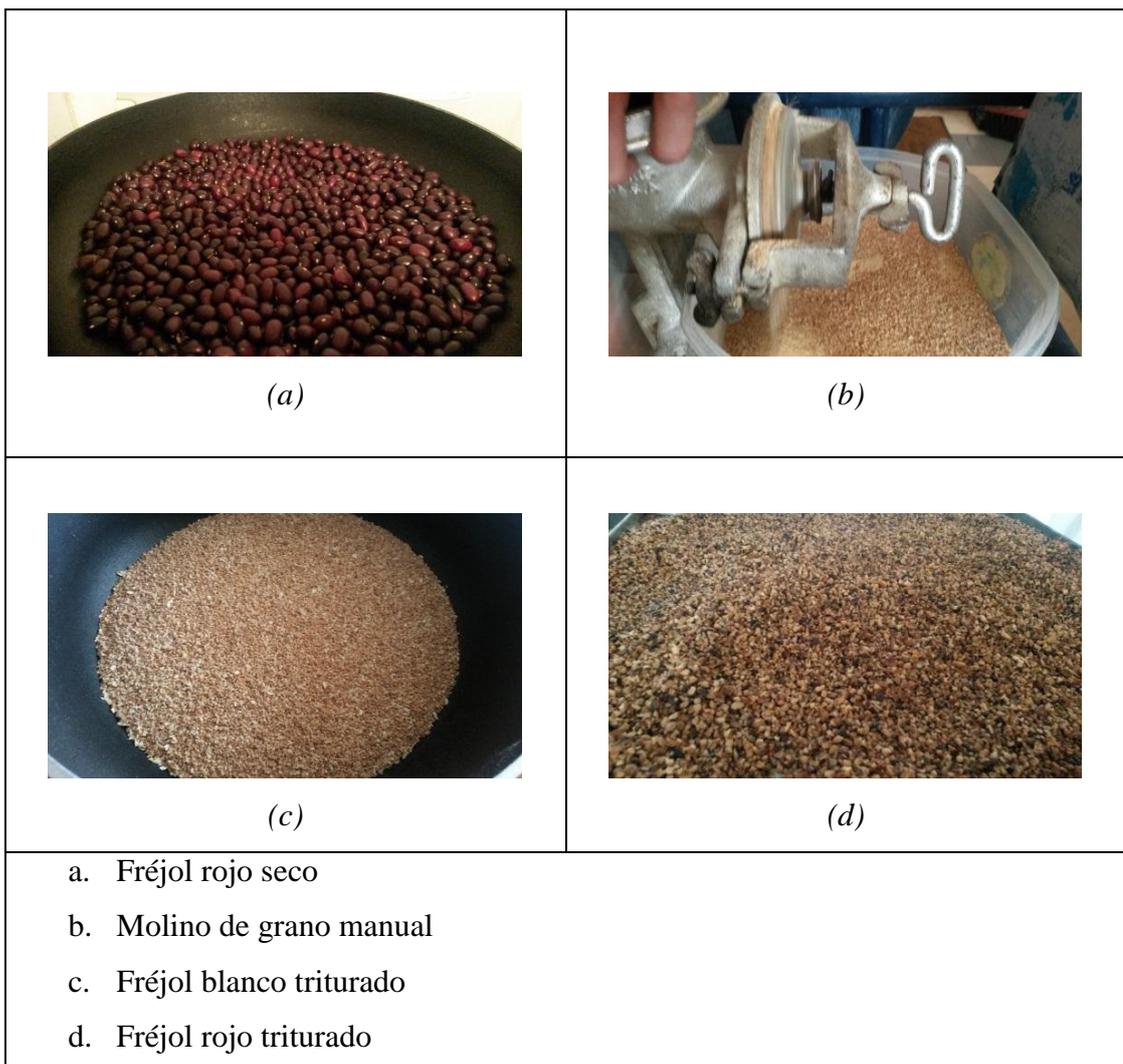
Trituración

Posterior al secado del material, se trituró con una moledora de grano manual la cual posee unas mancuernas que permite ir regulando el tamaño al que va ser molido el grano como se ve en la Figura N°11-b. El material que se pudo obtener tenía forma angular.

Lavado

Se realizó el lavado del material para disminuir la coloración que presenta el material, dejando en remojo hasta poder observar que el color rojizo en el caso del fréjol rojo y amarillento en el fréjol blanco haya disminuido en gran parte, para que no influya en el agua residual filtrada.

Figura N° 11. Obtención del material filtrante a base de Fréjol rojo y blanco



⇒ **Cáscara de Coco**

Secado

La cáscara de coco (costra) se dejó al sol durante tres días para que disminuya el contenido de humedad que posee por la pulpa que contiene en su interior.

Carbonización

Una vez secada la cáscara de coco se procedió a colocar en una bandeja de aluminio que sea resistente al calor, la estopa del coco se utilizó como base y la costra se colocó encima. Después se dejó quemar la costra como se ve en la Figura N°12-c, hasta que se formen brasas; para evitar que no se hiciera ceniza se esparció agua para disminuir el fuego y así obtener el carbón.

Activación del Carbón

Se colocó el carbón por un período de 48 a 72 horas bajo un sol directo durante el día, esto permitió que el carbón libere dentro de su estructura poros y así poder activar sus propiedades.

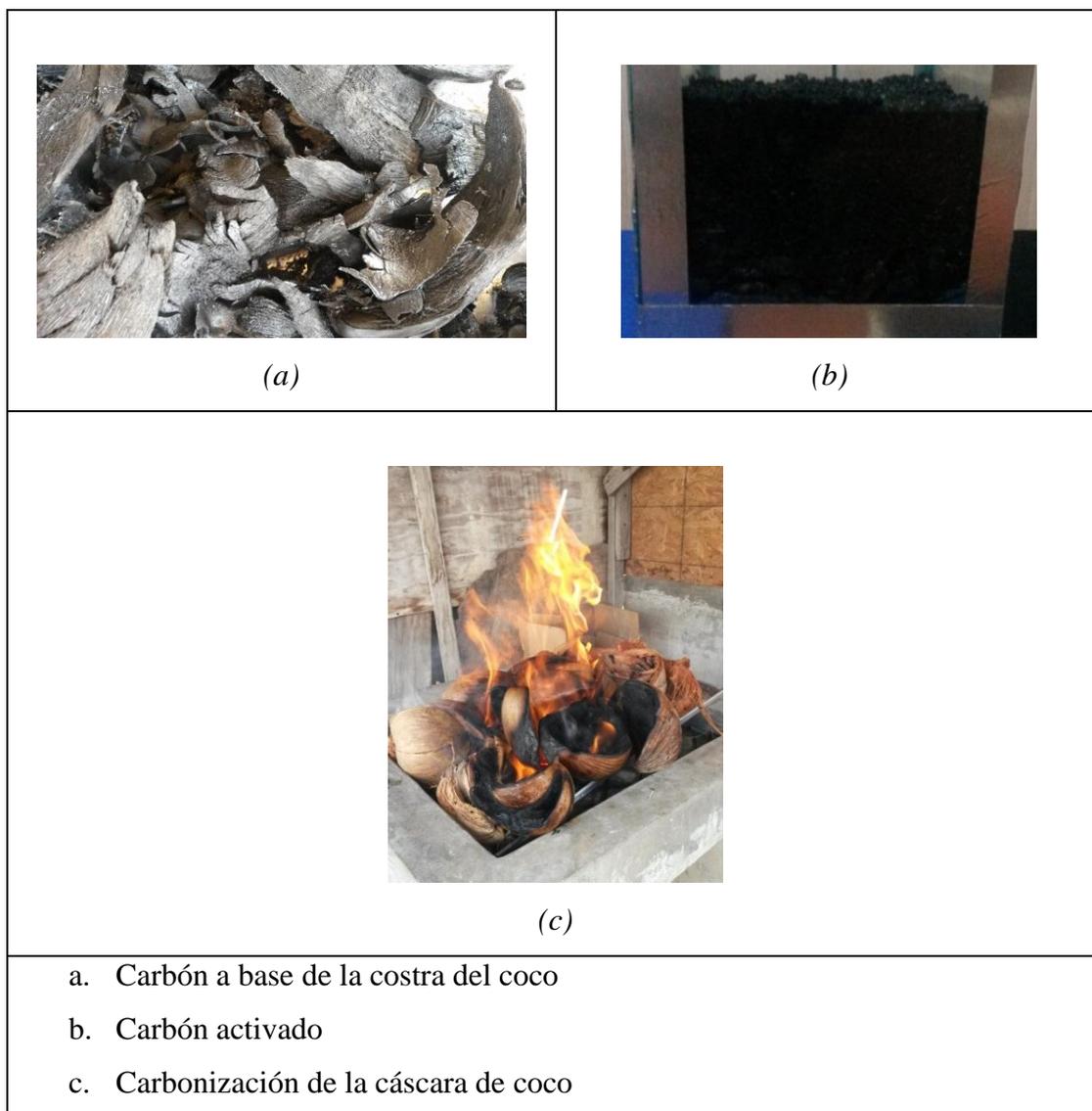
Trituración

A continuación, se procedió a triturar el carbón mediante la utilización de una moladora de grano manual que permitió obtener dos tipos de texturas una granular y otra en polvo.

Filtración o Tamizado

Para poder separar la estructura granular del polvo, que se obtuvo mediante la trituración se tamizó y así se logró conseguir carbón activado de diferentes dimensiones.

Figura N° 12. Obtención del material filtrante a base de Cáscara de coco



⇒ **Grava**

Tamizado

La dimensión de la grava que se utilizó para el proyecto fue del tamiz N° 4 que tiene una abertura de 4,75 milímetros (Standard U S Number).

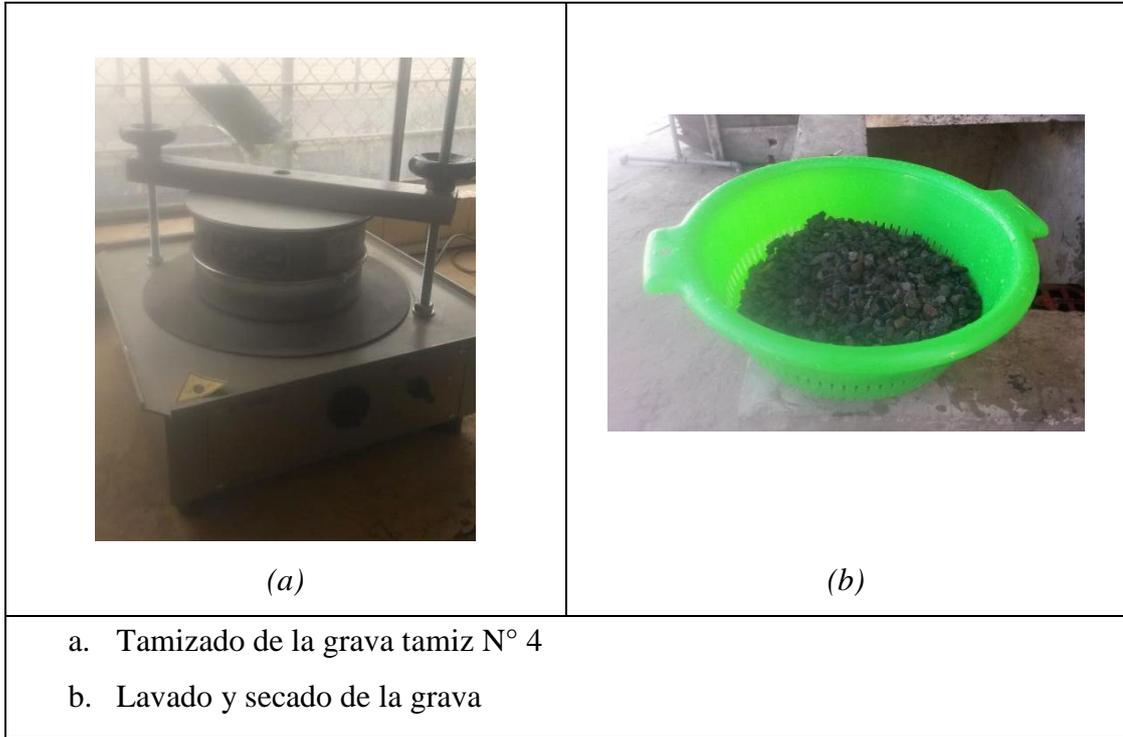
Lavado

Se limpió la grava mediante un lavado con agua a presión, para prevenir que esta contenga suciedad o algunas partículas de limo o polvo; se lavó hasta que el agua salga limpia.

Secado

Se secó la grava a temperatura ambiente durante un día para disminuir su contenido de humedad; al dejar al sol nos permite desinfectar la grava.

Figura N° 13. Preparación de la grava



4.1.4. Elaboración del filtro

4.1.4.1. Estructura metálica

El modelo del filtro a escala de laboratorio se realizó a partir de las dimensiones que se presentan en el plano de la estructura del filtro (Anexos), la estructura metálica del filtro se realizó en un taller de metalmecánica en la ciudad de Latacunga.

Materiales

- Tubo cuadrado de acero galvanizado de 1 pulgada
- Ángulo de acero galvanizado de 1 pulgada
- Garruchas
- Ruedas
- Pintura

4.1.4.2. Instalación del filtro

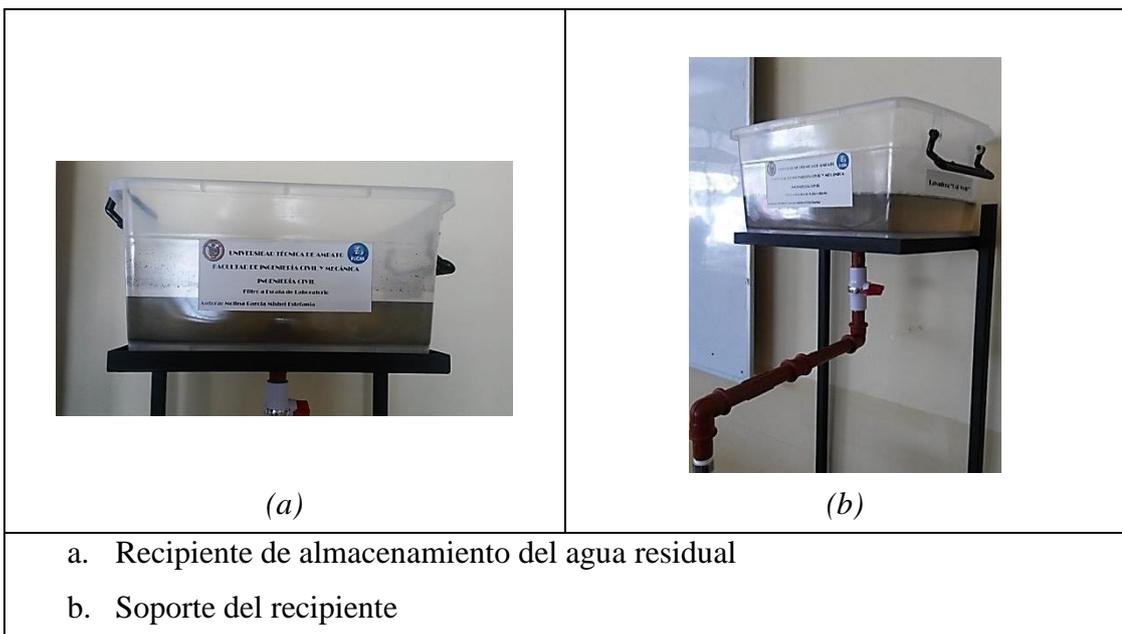
Materiales

- Recipientes plásticos
- Neplo de polipropileno de ½” x 6cm
- Neplo de polipropileno de ½” x 15cm
- Codo de polipropileno rosca ½” x 90
- Unión de polipropileno de ½”
- Adaptador de polipropileno ½”
- Llave de paso de plástico de ½”
- Ducha de mano
- Recipiente de vidrio de 10 x 10 x 60cm
- Teflón
- Silicona

Partes Principales del filtro

En la parte superior de la estructura se encuentra un recipiente elevado de 16 cm de altura y con una capacidad de 12 litros el cual permitió el almacenamiento del agua residual de la lavadora de autos, que por medio de la gravedad podrá distribuir agua al filtro.

Figura N° 14. Almacenamiento del agua residual de una lavadora de autos

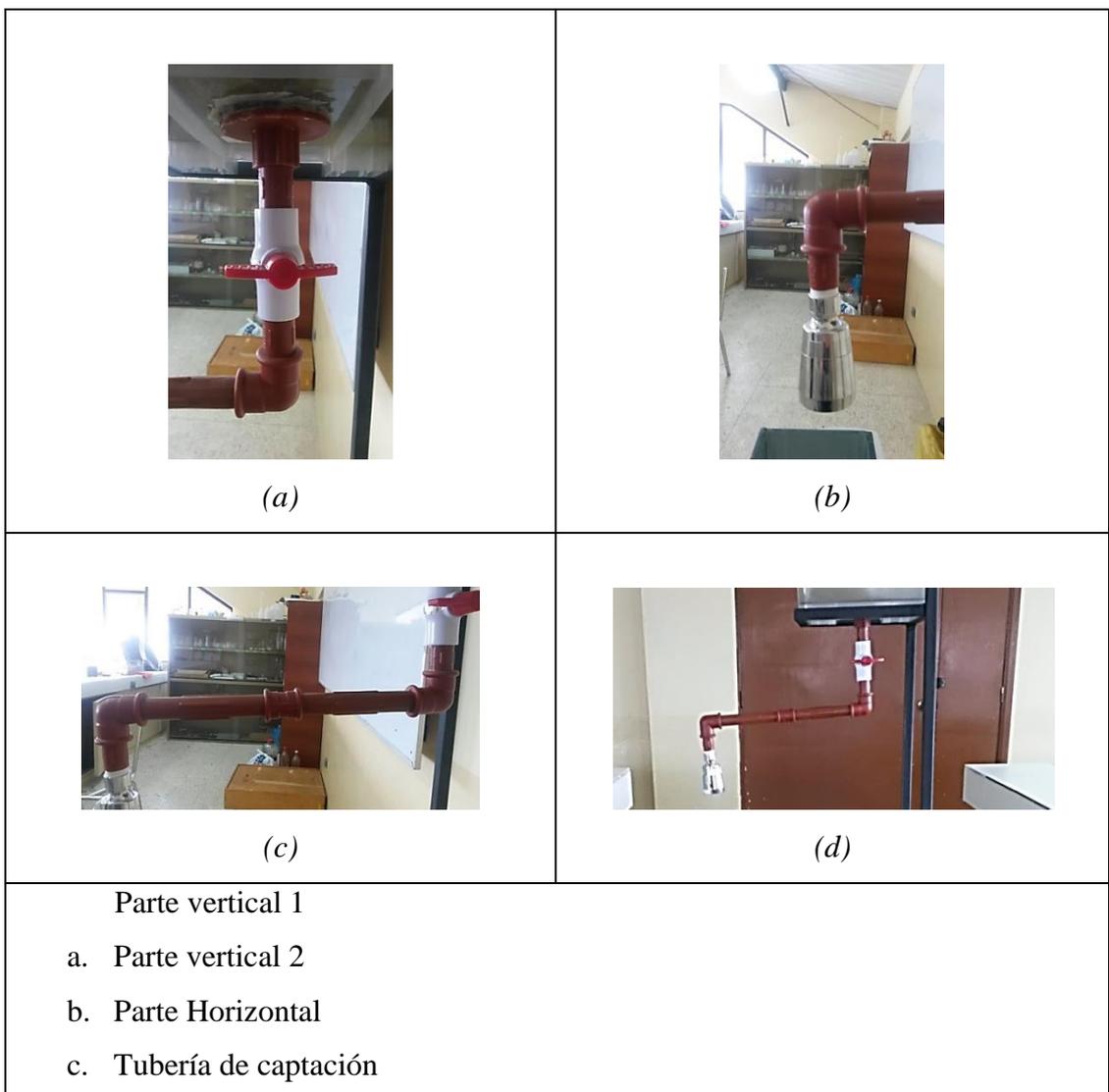


El recipiente cuenta con un adaptador que permite conectar con la tubería de captación con un diámetro de 1/2 pulgada; esta tubería tiene una distancia vertical de 19 cm, horizontal de 35,5 cm y vertical de 16 cm la cuales constan de:

- **Vertical 1:** Adaptador de 1/2" + Neplo de 1/2" x 6cm + Llave de paso + Neplo de 1/2" x 6cm + Codo de 1/2" x 90°.
- **Horizontal:** Neplo de 1/2" x 15cm + Unión de 1/2" + Neplo de 1/2" x 15cm + Codo de 1/2" x 90°.
- **Vertical 2:** Neplo de 1/2" x 6cm+ Ducha de mano

La ducha permitirá que al abrir la llave el agua residual se disperse uniformemente sobre el filtro.

Figura N° 15. Elaboración de la tubería de captación



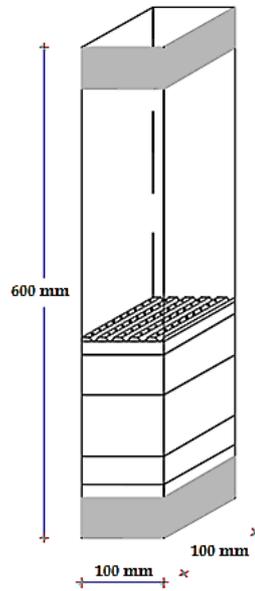
El filtro es un recipiente (cubo) de vidrio de 6 líneas, sus dimensiones son:

Largo= 10 cm

Ancho= 10 cm

Altura= 60 cm

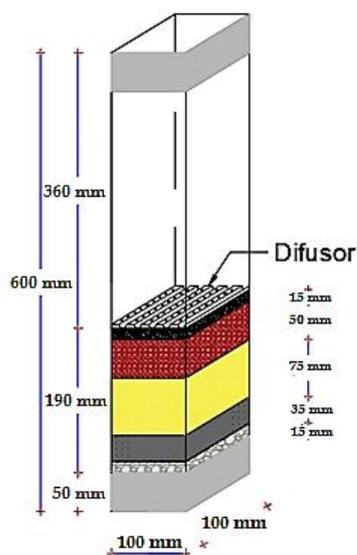
Figura N° 16. Recipiente de vidrio



Fuente: Mishel Estefanía Molina García

Una vez colocados los materiales filtrantes se ubicó encima un difusor que permita aún más, el ingreso uniforme del agua residual al material filtrante.

Figura N° 17. Filtro a escala de laboratorio

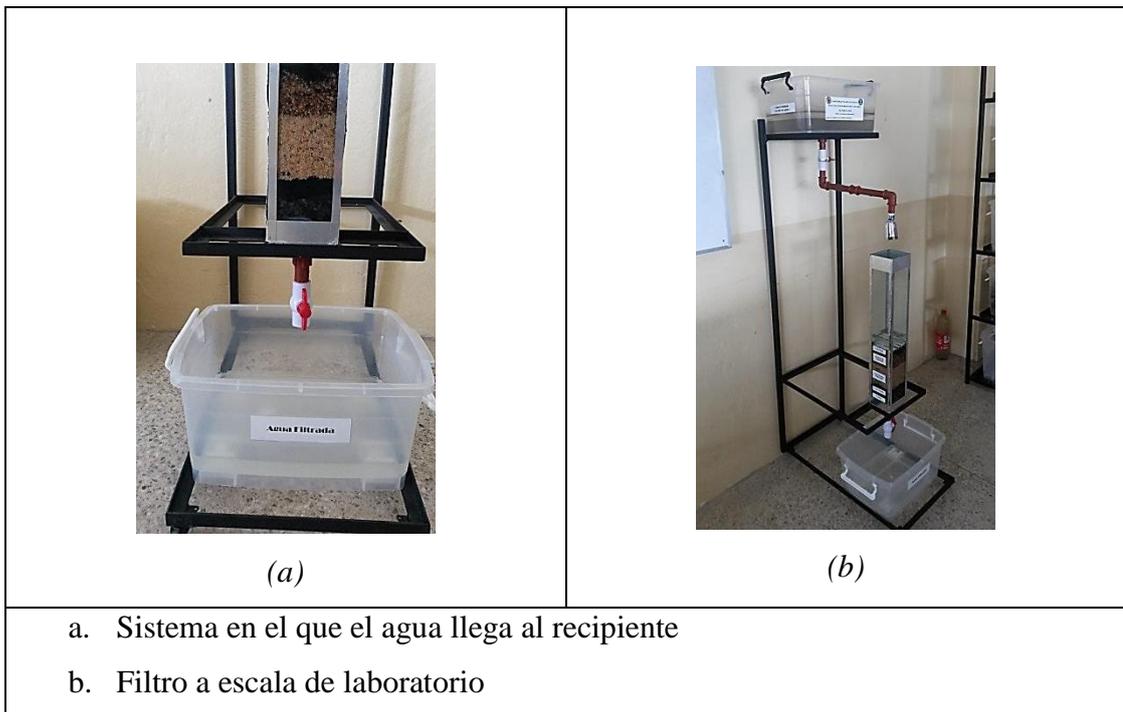


Fuente: Mishel Estefanía Molina García

En la base del recipiente se realizó una perforación para poder acoplar una tubería de $\frac{1}{2}$ pulgada que permitió que salga el agua filtrada, la tubería tiene una distancia vertical de 12 cm la cual consta de las siguientes partes: Adaptador de $\frac{1}{2}$ " + Neplo de $\frac{1}{2}$ " x 6cm + Llave de paso.

Una vez filtrada el agua se recogió en un recipiente de las siguientes dimensiones 32 x 24 x 16 cm que tiene una capacidad de 12 litros.

Figura N° 18. Almacenamiento del agua filtrada



Nota: Cada material utilizado fue previamente lavado con el fin de que no afecte el funcionamiento del filtro.

4.1.5. Descripción del filtro y sus componentes

El diseño del filtro se compone de cinco capas de material granular:

La primera capa es aquella que se ubica en el fondo como material de soporte, se trata de la grava que tiene un tamaño de 4,75 mm (Tamiz N° 4), es necesario que la grava tenga una forma angular. Esta capa es como una barrera para los materiales más finos permitiendo así que no se aparezcan residuos de material granular en el agua filtrada. El espesor de esta capa va a ser de 1,5 cm.

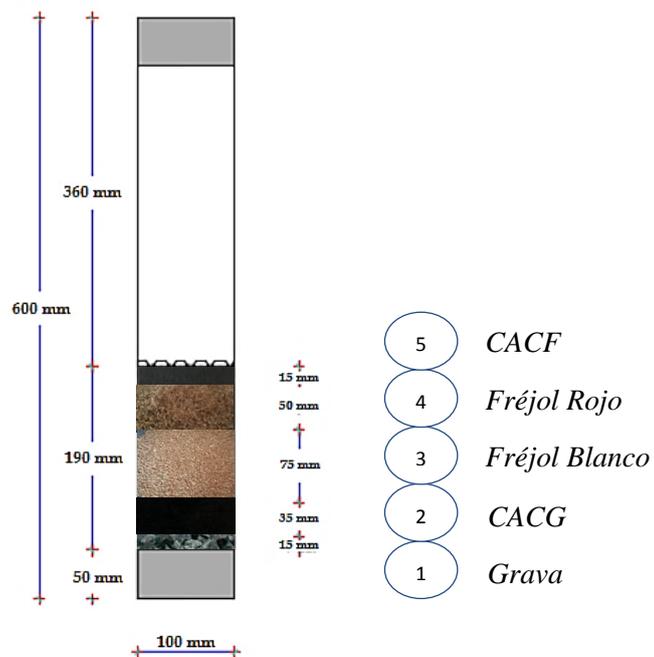
La segunda capa va a consistir de carbón activado grueso a base de la cáscara de coco (C.A.C.G), este material tiene un diámetro efectivo de 0,70 mm y un coeficiente de uniformidad de 2,29; de igual manera la forma es angular permitiendo que disminuya la pérdida de carga, el espesor de esta capa será de 3,5 cm.

La tercera capa de filtración está conformada de fréjol blanco triturado, por esta razón tiene una forma angular esto ayudará a que el caudal del agua no sea tan lento; posee un diámetro efectivo de 0,96 mm y un coeficiente de uniformidad de 1,73. El espesor de esta capa es de 7,5 cm.

La cuarta capa consiste de fréjol rojo triturado, al tener la forma angular permitirá que exista menor pérdida de carga; el cual tiene un diámetro efectivo de 1,44 mm y un coeficiente de uniformidad de 2,24. El espesor de esta capa es de 5,0 cm.

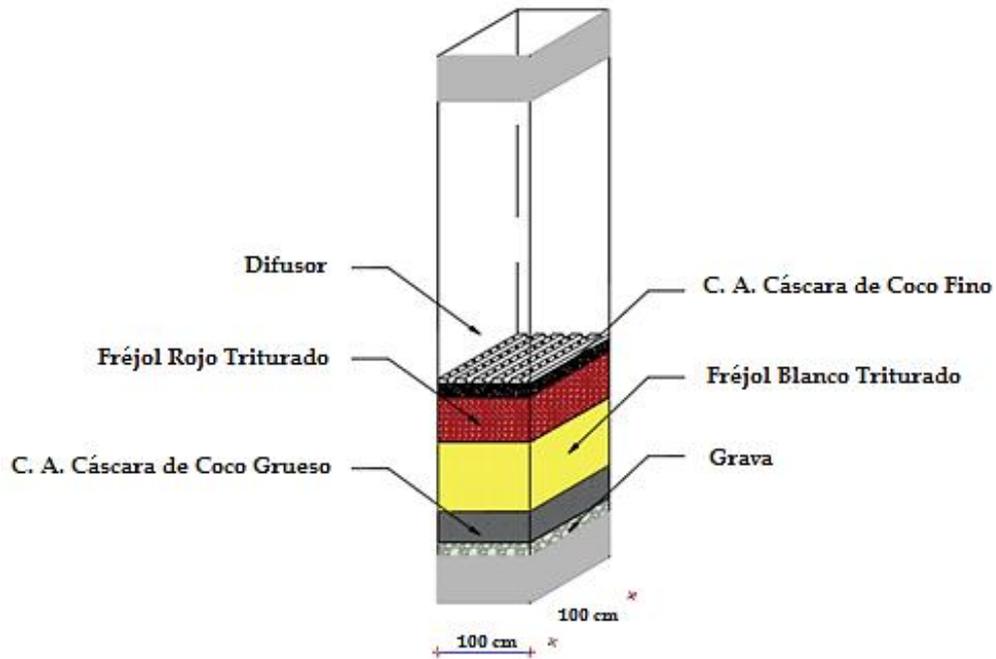
La quinta capa o capa superior está formada por carbón activado fino de cáscara de coco (C.A.C.F) aunque es el mismo material que la capa número dos, se diferencia en que este tiene menor dimensión siendo así un diámetro efectivo de 0,30 mm y un coeficiente de uniformidad de 2,50. El espesor de esta capa consta de 1,5 cm.

Figura N° 19. Filtro con materiales no convencionales



Fuente: Mishel Estefanía Molina García

Figura N° 20. Descripción de los materiales del filtro



Fuente: Mishel Estefanía Molina García

Componentes que conforman el filtro

- ⇒ El difusor permitió que el agua ingrese de manera uniforme sobre las capas, impidiendo que se deforme la capa superior del filtro.
- ⇒ El papel filtrante permitió que no se vaya ningún material a través del agua que ya está siendo filtrada por medio de la tubería y así no logre llegar al recipiente que contiene el agua filtrada.
- ⇒ Una tubería de salida permitió recoger el agua ya filtrada.

4.1.6. Funcionamiento del filtro

Se colocó el agua residual de la lavadora de autos en el recipiente elevado, sirviendo a la vez como un sedimentador ya que las partículas más pesadas se van al fondo del recipiente.

Mediante una llave de paso permitió llenar el filtro hasta una altura adecuada dentro de la zona de reservorio para el agua.

El agua pasa lentamente por medio del difusor y se filtra hacia abajo debido a la gravedad a través de las capas de grava, C.A.C.G, fréjol blanco, fréjol rojo y C.A.C.F.

Durante este proceso se pudo notar que el agua que se encuentra en parte superior del filtro va descendiendo debido al empuje que genera el agua a través del difusor y las capas filtrantes.

Se dio un período de descanso para que dentro de este tiempo los microorganismos presentes eliminen a los patógenos que se encuentran en el agua, el tiempo que recomiendan la bibliografía revisada es de un mínimo de una hora y un máximo de 48 horas.

Una vez pasado el período de descansó se procedió a abrir la llave de paso para que el agua empiece a filtrar; considerando que con una cantidad de 500 ml el filtro realizó su proceso de filtración obteniendo 440ml de agua filtrada después de 1h 20min.

A medida que se filtró el agua el caudal disminuye, ya que ese empuje o presión que existía por parte del agua va disminuyendo con el tiempo.

Las partículas más grandes se quedaron retenidas por la capa superior y aquellas que lograron pasar fueron adsorbidas o eliminadas mediante los mecanismos de la filtración.

Es importante aclarar que la eficacia del filtro fue más efectiva si se mantiene constantemente en funcionamiento el filtro.

El agua filtrada se recogió en un recipiente que se encuentra en la parte inferior de la estructura metálica; posteriormente del agua filtrada se obtuvieron muestras para realizar análisis físico – químicos. Estos análisis se efectuaron una vez por semana específicamente los días miércoles, entonces los análisis se realizaron a los 3, 10, 17, 24 y 31 días.

Nota: Antes de coger las muestras de agua filtrada se realizó unos lavados al filtro para que este se pueda acomodar, para esto las tres primeras filtraciones fueron de lavado.

4.2. Análisis de resultados

4.2.1. Análisis del agua residual

Para el desarrollo de este proyecto investigativo, se realizó el análisis físico-químico de la muestra tomada del agua residual proveniente de una lavadora de autos, los resultados se presentan en la Tabla N°11.

Tabla N° 12. Análisis físico – químicos del agua residual de una lavadora de autos

<i>Análisis Físico – Químicos</i>			
<i>Parámetros</i>	<i>Unidad</i>	<i>Límite máximo permisible</i>	<i>Resultado</i>
<i>Potencial de hidrógeno (pH)</i>	<i>U</i>	<i>6 - 9</i>	<i>8,1</i>
<i>Turbiedad (A Residual)</i>	<i>NTU</i>	<i>-</i>	<i>260</i>
<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)</i>	<i>mg/l</i>	<i>250</i>	<i>1052</i>
<i>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i>	<i>mg/l</i>	<i>500</i>	<i>2147</i>
<i>Sólidos Suspendidos Totales (SST)</i>	<i>mg/l</i>	<i>220</i>	<i>536</i>
<i>Sólidos Totales</i>	<i>mg/l</i>	<i>1600</i>	<i>1049</i>
<i>Aceites y Grasas</i>	<i>mg/l</i>	<i>70,0</i>	<i>1,70</i>
<i>Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)</i>	<i>mg/l</i>	<i>20</i>	<i>228,0</i>

Fuente: EP – EMAPA - A, Lacquanálisis S. A., Informes de resultados del análisis físico – químico, 2016.

4.2.2. Análisis del agua residual filtrada

Para poder comprobar la eficiencia del filtro se realizaron análisis físico – químicos del agua residual filtrada, la toma de muestras se realizó a los 3, 10, 17, 24 y 31 días, los resultados permitieron realizar una comparación con los análisis del agua residual.

Tabla N° 13. Análisis físico - químicos del agua residual filtrada a los 3 días de funcionamiento

<i>Análisis Físico – Químicos</i>			
<i>Parámetros</i>	<i>Unidad</i>	<i>Límite máximo permisible</i>	<i>Resultado</i>
<i>Potencial de hidrógeno (pH)</i>	<i>U</i>	<i>6 - 9</i>	<i>7,9</i>
<i>Turbiedad (A Residual)</i>	<i>NTU</i>	<i>-</i>	<i>226</i>
<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)</i>	<i>mg/l</i>	<i>250</i>	<i>799</i>
<i>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i>	<i>mg/l</i>	<i>500</i>	<i>1609</i>
<i>Sólidos Suspendedos Totales (SST)</i>	<i>mg/l</i>	<i>220</i>	<i>481</i>
<i>Sólidos Totales</i>	<i>mg/l</i>	<i>1600</i>	<i>976</i>
<i>Aceites y Grasas</i>	<i>mg/l</i>	<i>70,0</i>	<i>2,10</i>
<i>Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)</i>	<i>mg/l</i>	<i>20</i>	<i>86,8</i>

Fuente: EP – EMAPA - A, Lacquanálisis S. A., Informes de resultados del análisis físico – químico, 2016.

Tabla N° 14. Análisis físico - químicos del agua residual filtrada a los 10 días de funcionamiento

<i>Análisis Físico – Químicos</i>			
<i>Parámetros</i>	<i>Unidad</i>	<i>Límite máximo permisible</i>	<i>Resultado</i>
<i>Potencial de hidrógeno (pH)</i>	<i>U</i>	<i>6 - 9</i>	<i>7,5</i>
<i>Turbiedad (A Residual)</i>	<i>NTU</i>	<i>-</i>	<i>110</i>
<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)</i>	<i>mg/l</i>	<i>250</i>	<i>861</i>
<i>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i>	<i>mg/l</i>	<i>500</i>	<i>1351</i>

Fuente: EP – EMAPA – A., Informes de resultados del análisis físico – químico, 2016.

Tabla N° 15. Análisis físico - químicos del agua residual filtrada a los 17 días de funcionamiento

<i>Análisis Físico – Químicos</i>			
<i>Parámetros</i>	<i>Unidad</i>	<i>Límite máximo permisible</i>	<i>Resultado</i>
<i>Potencial de hidrógeno (pH)</i>	<i>U</i>	<i>6 - 9</i>	<i>6,7</i>
<i>Turbiedad (A Residual)</i>	<i>NTU</i>	<i>-</i>	<i>30,4</i>
<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)</i>	<i>mg/l</i>	<i>250</i>	<i>678</i>
<i>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i>	<i>mg/l</i>	<i>500</i>	<i>1358</i>

Fuente: EP – EMAPA – A., Informes de resultados del análisis físico – químico, 2016.

Tabla N° 16. Análisis físico - químicos del agua residual filtrada a los 24 días de funcionamiento

<i>Análisis Físico – Químicos</i>			
<i>Parámetros</i>	<i>Unidad</i>	<i>Límite máximo permisible</i>	<i>Resultado</i>
<i>Potencial de hidrógeno (pH)</i>	<i>U</i>	<i>6 - 9</i>	<i>6,3</i>
<i>Turbiedad (A Residual)</i>	<i>NTU</i>	<i>-</i>	<i>26,5</i>
<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)</i>	<i>mg/l</i>	<i>250</i>	<i>445</i>
<i>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i>	<i>mg/l</i>	<i>500</i>	<i>899</i>
<i>Sólidos Suspendidos Totales (SST)</i>	<i>mg/l</i>	<i>220</i>	<i>77</i>
<i>Sólidos Totales</i>	<i>mg/l</i>	<i>1600</i>	<i>757</i>
<i>Aceites y Grasas</i>	<i>mg/l</i>	<i>70,0</i>	<i><0,98</i>
<i>Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)</i>	<i>mg/l</i>	<i>20</i>	<i>1,5</i>

Fuente: EP – EMAPA - A, Lacquanálisis S. A., Informes de resultados del análisis físico – químico, 2016.

Tabla N° 17. Análisis físico - químicos del agua residual filtrada a los 31 días de funcionamiento

<i>Análisis Físico – Químicos</i>			
<i>Parámetros</i>	<i>Unidad</i>	<i>Límite máximo permisible</i>	<i>Resultado</i>
<i>Potencial de hidrógeno (pH)</i>	<i>U</i>	<i>6 - 9</i>	<i>6,1</i>
<i>Turbiedad (A Residual)</i>	<i>NTU</i>	<i>-</i>	<i>30,7</i>
<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)</i>	<i>mg/l</i>	<i>250</i>	<i>534</i>
<i>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i>	<i>mg/l</i>	<i>500</i>	<i>1192</i>
<i>Sólidos Suspendidos Totales (SST)</i>	<i>mg/l</i>	<i>220</i>	<i>87</i>
<i>Sólidos Totales</i>	<i>mg/l</i>	<i>1600</i>	<i>1003</i>
<i>Aceites y Grasas</i>	<i>mg/l</i>	<i>70,0</i>	<i><0,98</i>
<i>Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)</i>	<i>mg/l</i>	<i>20</i>	<i>3,8</i>

Fuente: EP – EMAPA - A, Lacquanálisis S. A., Informes de resultados del análisis físico – químico, 2016.

Los resultados de los análisis físico-químicos que se realizaron de las muestras tomadas del agua residual filtrada una vez por semana, se presentan de forma resumida en las siguientes tablas.

Tabla N° 18. Resumen de los análisis físico – químicos (1)

<i>Parámetros</i>	<i>Agua Residual</i>	FILTRO									
		<i>Agua Filtrada [3 días]</i>		<i>Agua Filtrada [10 días]</i>		<i>Agua Filtrada [17 días]</i>		<i>Agua Filtrada [24 días]</i>		<i>Agua Filtrada [31 días]</i>	
<i>pH</i>	8,1	7,9	2,47%	7,5	7,41%	6,7	17,28%	6,3	22,22%	6,1	24,69%
<i>Turbidez (NTU)</i>	260	226	13,08%	110	57,69%	30,4	88,31%	26,5	89,81%	30,7	88,19%
<i>DBO₅ (mg/l)</i>	1052	799	24,05%	861	18,16%	678	35,55%	445	57,70%	534	49,24%
<i>DQO (mg/l)</i>	2147	1609	25,06%	1351	37,07%	1358	36,75%	899	58,13%	1192	44,48%

Fuente: Mishel Estefanía Molina García

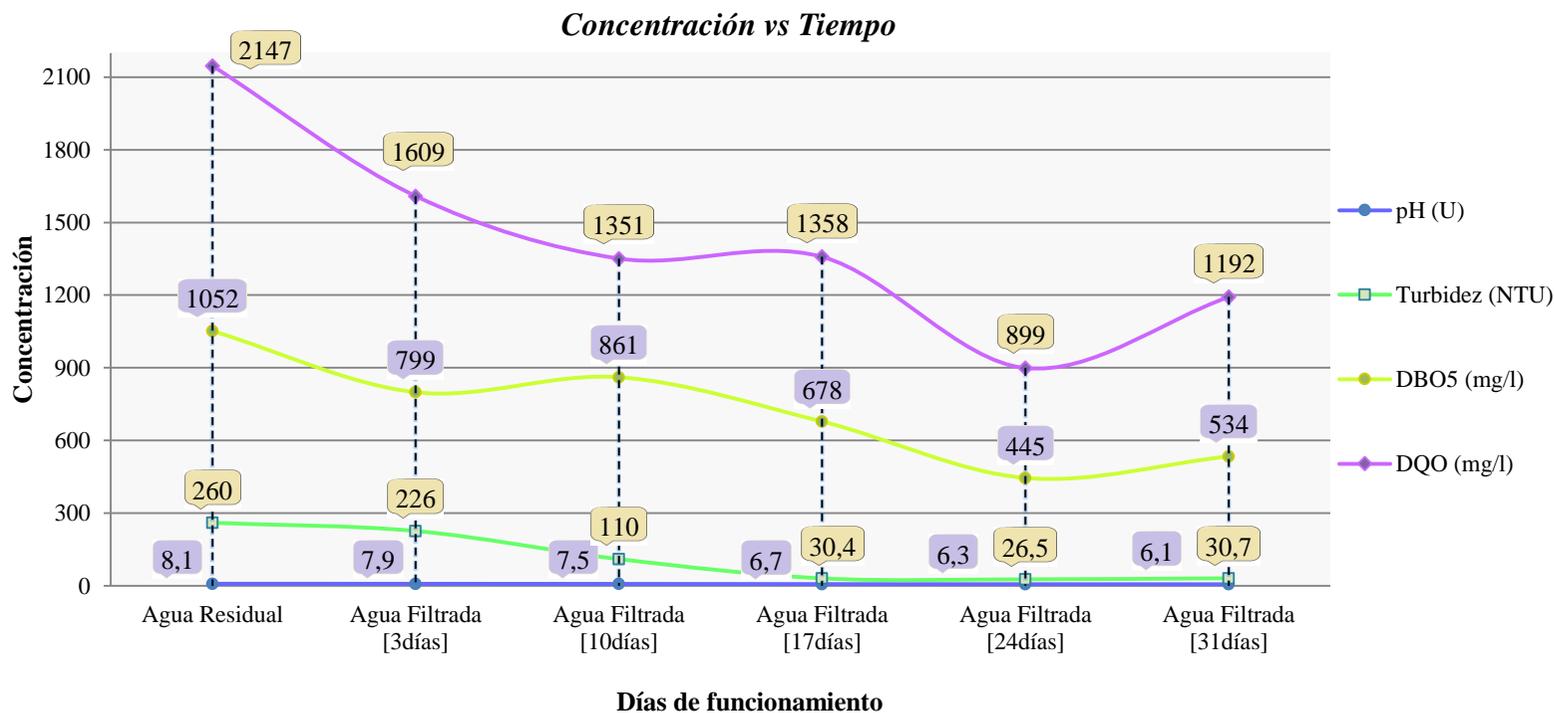
Tabla N° 19. Resumen de los análisis físico – químicos (2)

<i>Parámetros</i>	<i>Agua Residual</i>	FILTRO					
		<i>Agua Filtrada [3 días]</i>		<i>Agua Filtrada [24 días]</i>		<i>Agua Filtrada [31 días]</i>	
<i>Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)</i>	536	481	10,26%	77	85,63%	87	83,77%
<i>Sólidos Totales (mg/l)</i>	1049	976	6,96%	757	27,84%	1003	4,39%
<i>Aceites y Grasas (mg/l)</i>	1,70	2,10	-	<0,98	42,35%	<0,98	42,35%
<i>TPH (mg/l)</i>	228,0	86,8	61,93%	1,5	99,34%	3,8	98,33%

Fuente: Mishel Estefanía Molina García

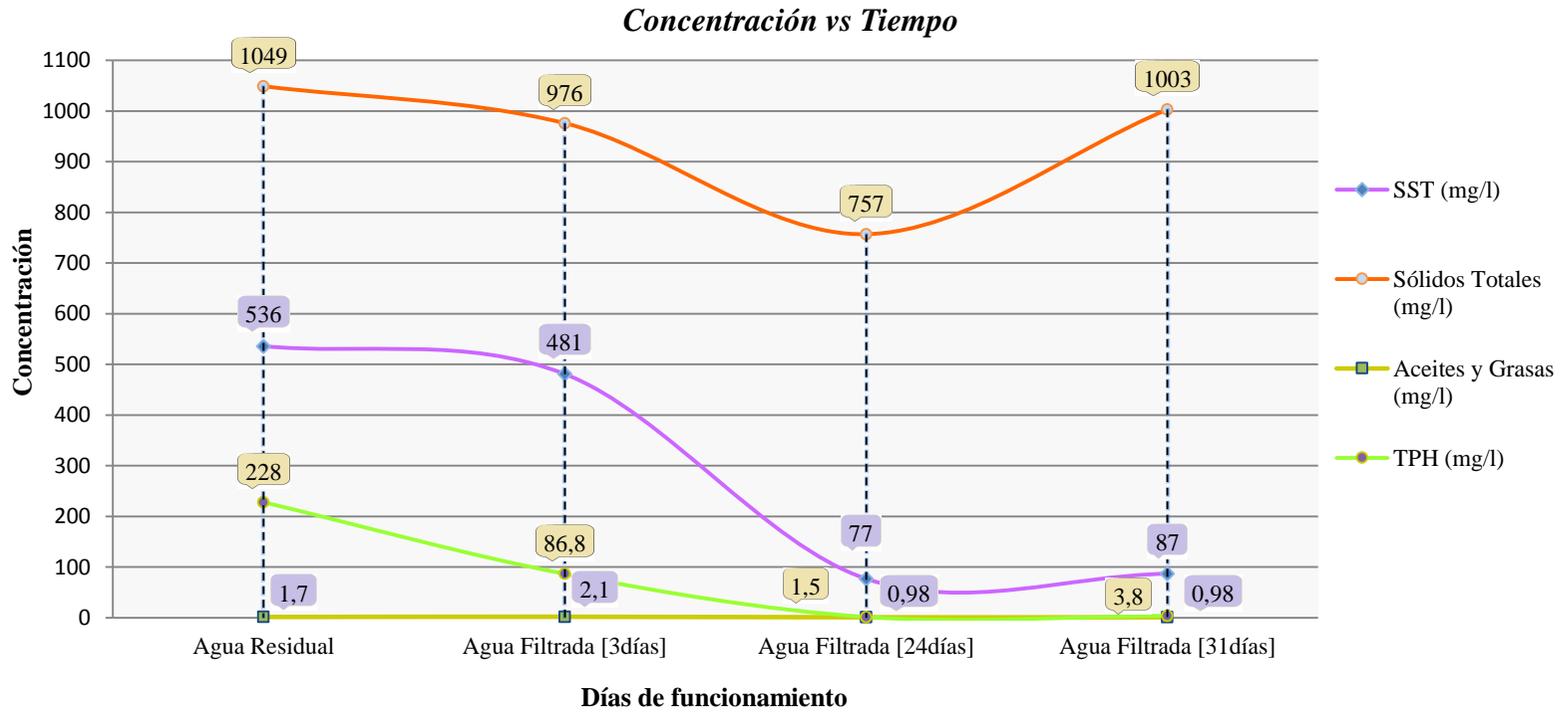
Para un mejor entendimiento de los resultados obtenidos se presentan los siguientes gráficos.

Gráfico N° 1. Comportamiento de los parámetros en el transcurso del tiempo (1)



Interpretación: Mediante la apreciación en el Gráfico N°1 se observó que los parámetros considerados para el análisis físico-químico han mostrado que la concentración presente en este tipo de efluentes es alta y que a partir de la implementación del filtro ha ido disminuyendo progresivamente con el transcurso del tiempo, también se percibió que para el día 31 el rendimiento del filtro disminuyó, concluyendo que la vida útil de los materiales orgánicos está mermando.

Gráfico N° 2. Comportamiento de los parámetros en el transcurso del tiempo (2)



Interpretación: En el Grafico N°2 los parámetros considerados para el análisis físico-químico han mostrado que la concentración presente en este tipo de efluentes es alta a excepción de aceites y grasas debido a que la lavadora de autos cuenta con una trampa de grasas, logrando disminuir considerablemente su concentración; mediante el proceso de filtración, los resultados arrojados demostraron la reducción de sus niveles de contaminación paulatinamente en un período de 24 días, en el día 31 el rendimiento del filtro disminuyó, concluyendo que la vida útil de los materiales orgánicos están mermando.

Nota: Se apreció que desde el primer análisis realizado existió una disminución de los valores de cada parámetro estudiado, desempeñando la función del filtro de mejorar las características físico-químicas del agua residual.

En los siguientes gráficos se pudo observar detalladamente la variación que existe entre los resultados obtenidos en cada análisis físico-químico, respecto al tiempo transcurrido.

Gráfico N° 3. Disminución de las unidades de concentración del pH en función del tiempo.

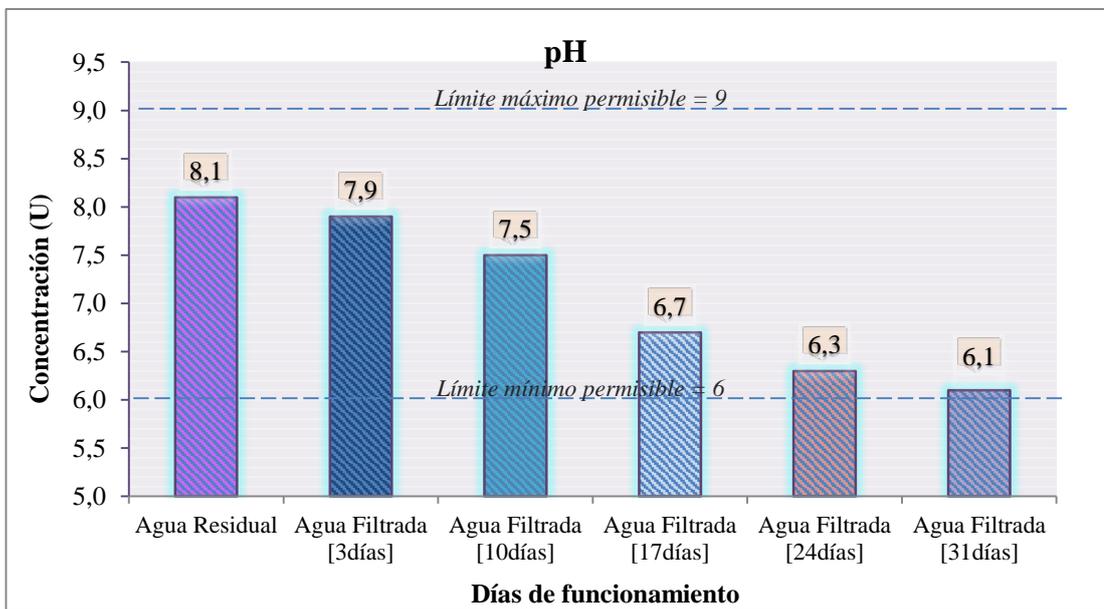


Gráfico N° 4. Disminución de la concentración de Turbidez en función del tiempo.

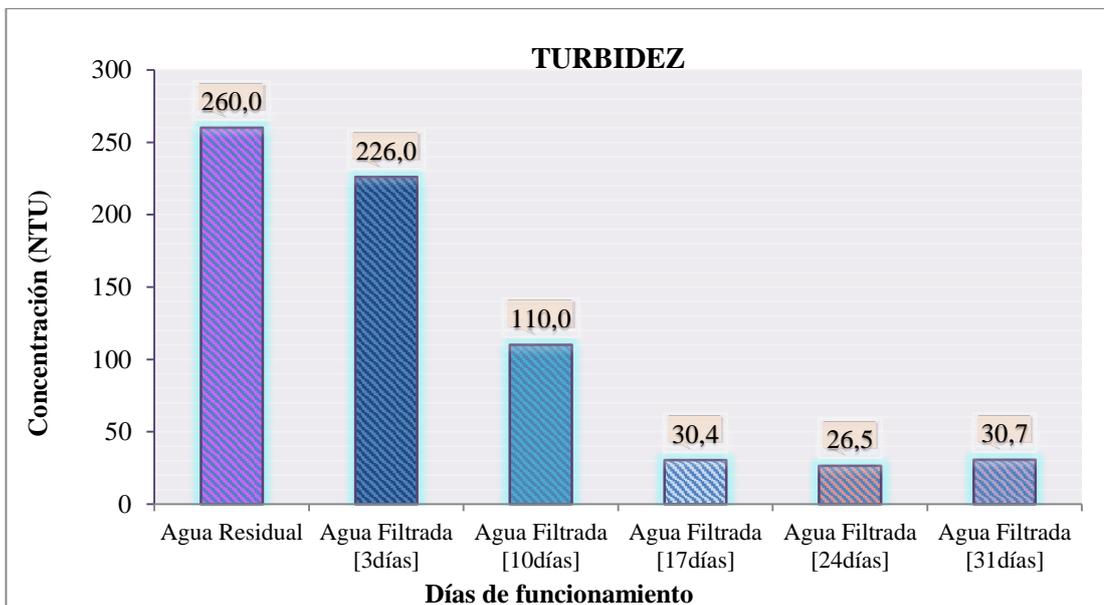


Gráfico N° 5. Disminución de la concentración de DBO₅ en función del tiempo.

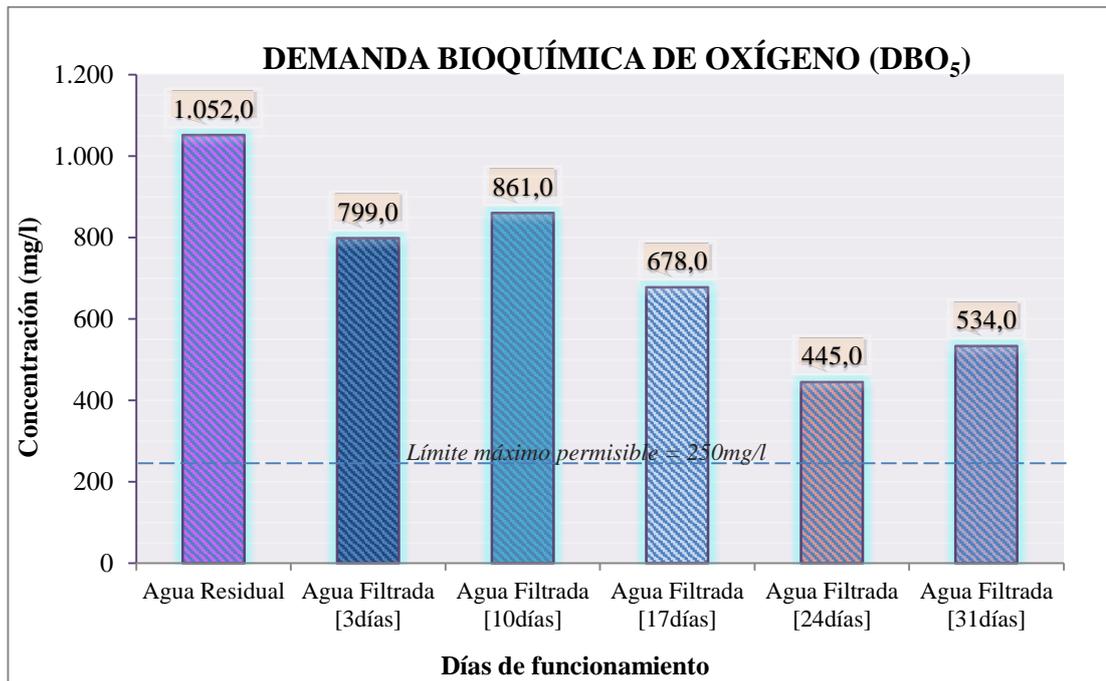


Gráfico N° 6. Disminución de la concentración de DQO en función del tiempo.

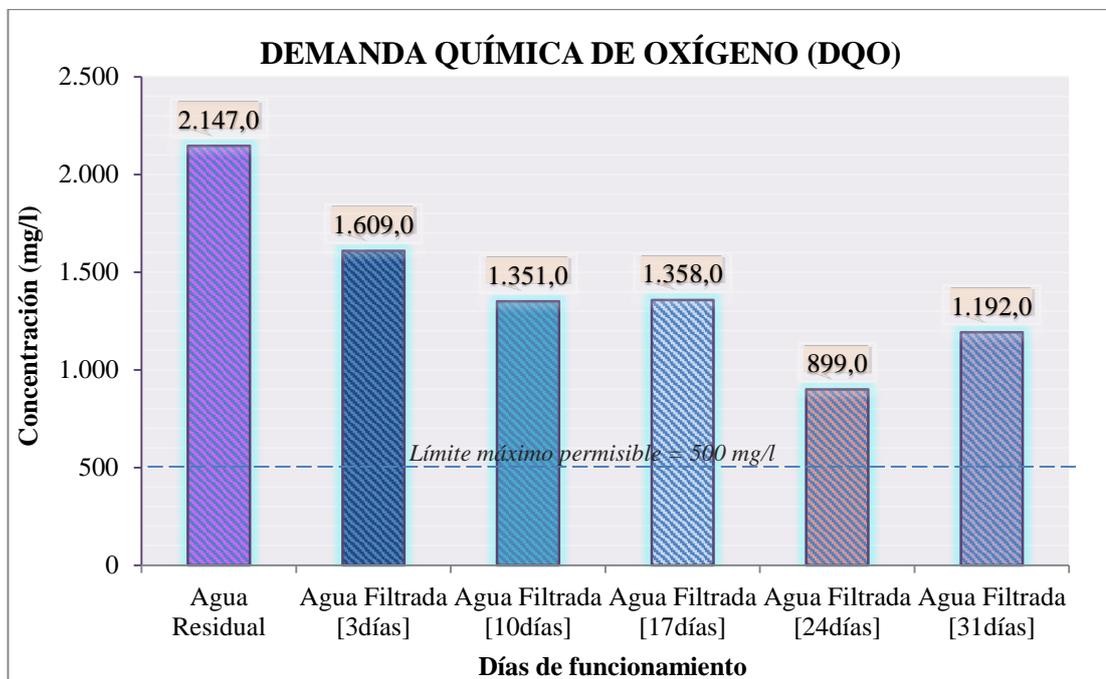


Gráfico N° 7. Disminución de la concentración de Aceites y Grasas en función del tiempo.

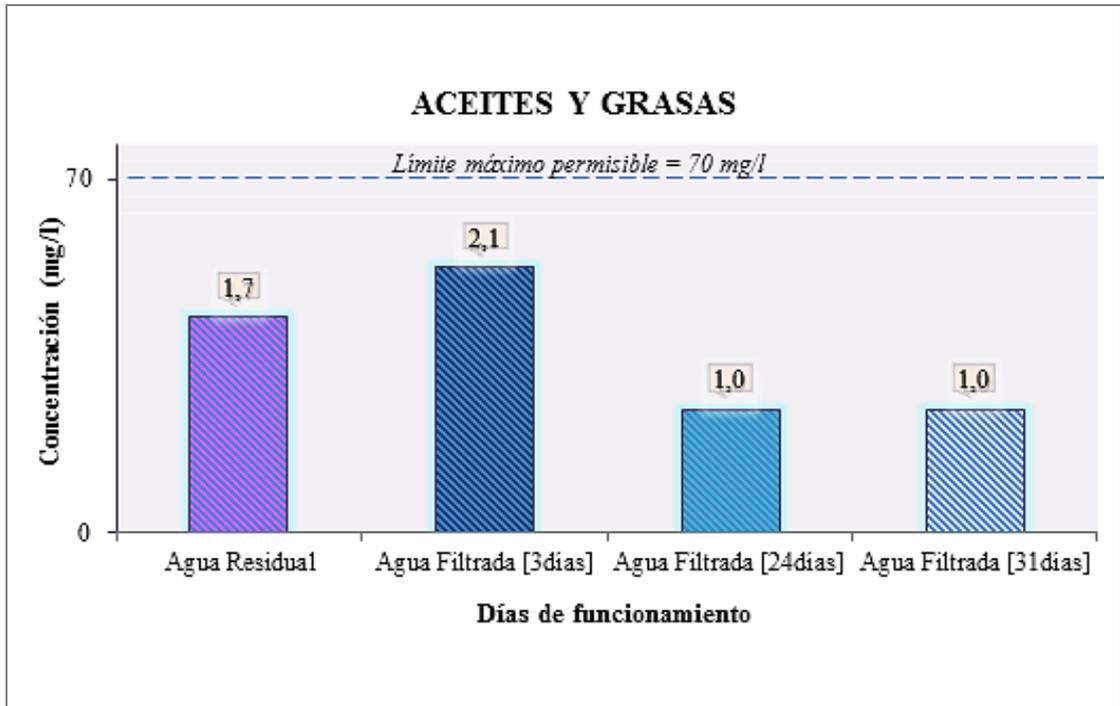


Gráfico N° 8. Disminución de la concentración de TPH en función del tiempo.

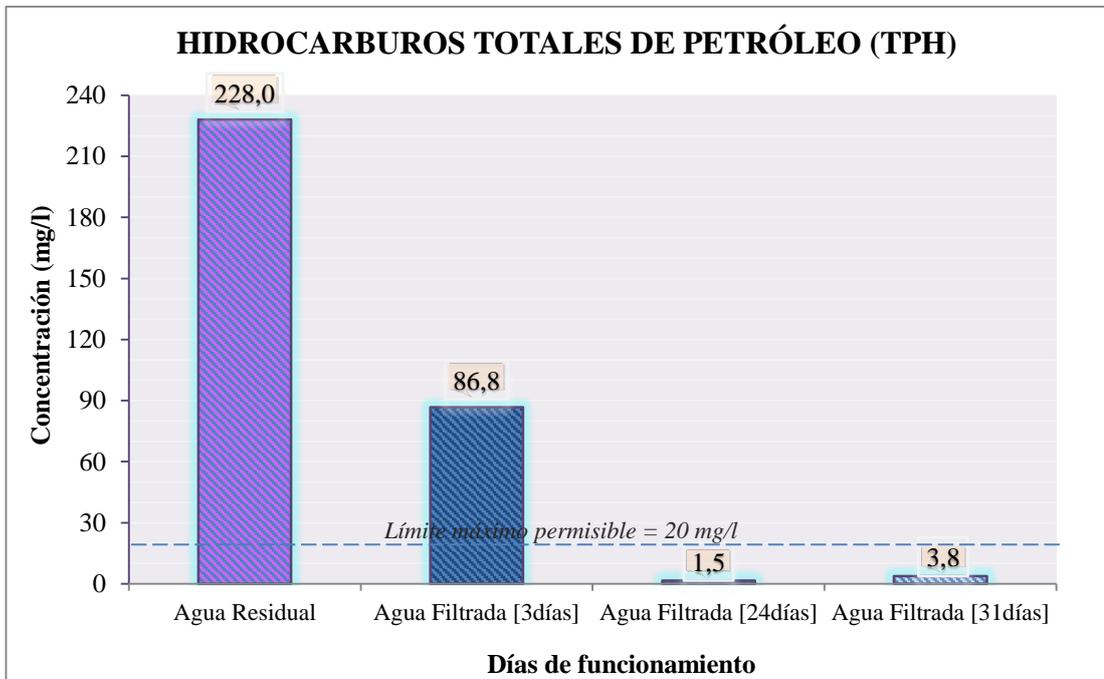


Gráfico N° 9. Disminución de la concentración de SST en función del tiempo.



Gráfico N° 10. Disminución de la concentración de Sólidos Totales en función del tiempo.



4.2.3. Eficiencia del filtro

$$\% \text{ Remoción} = \frac{\text{Concentración Inicial} - \text{Concentración Final}}{\text{Concentración Inicial}} * 100$$

Es decir, se calcula la eficiencia del filtro.

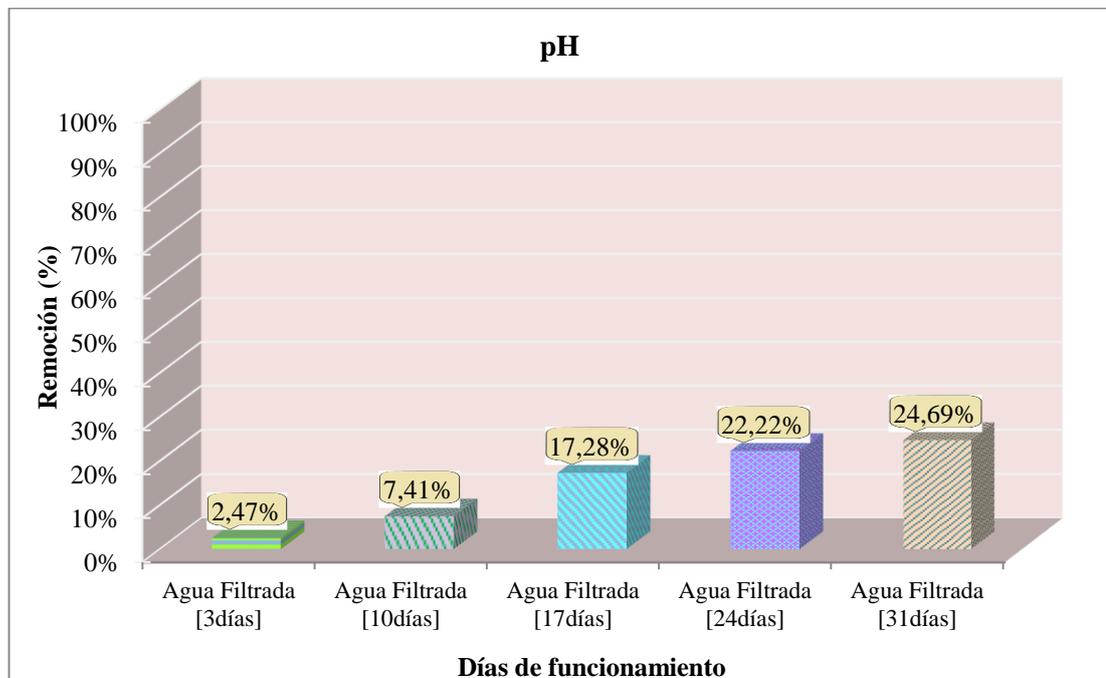
⇒ **Potencial de hidrógeno (pH)**

Tabla N° 20. Porcentaje de remoción del pH para determinar la eficacia del filtro.

<i>Fecha (día)</i>	<i>Concentración inicial (U)</i>	<i>Concentración final (U)</i>	<i>Remoción (%)</i>	<i>Período de Descanso (horas)</i>
3	8,1	7,9	2,47	20
10		7,5	7,41	1
17		6,7	17,28	19
24		6,3	22,22	20
31		6,1	24,69	22

Fuente: Mishel Estefanía Molina García

Gráfico N° 11. Eficiencia del filtro para la remoción del pH



Interpretación: Se puede notar que el pH desde el inicio del funcionamiento del filtro ha ido disminuyendo los niveles de contaminación y a medida que transcurre el

tiempo, obteniendo una eficiencia máxima del 24,69% que equivale a un pH de 6,1 el cual estaría dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el TULSMA, pero al ver que cada vez va disminuyendo el agua va a llegar un punto que se volverá ácida y será incapaz de permitir actividad biológica cuando sea descargada en los cuerpos receptores.

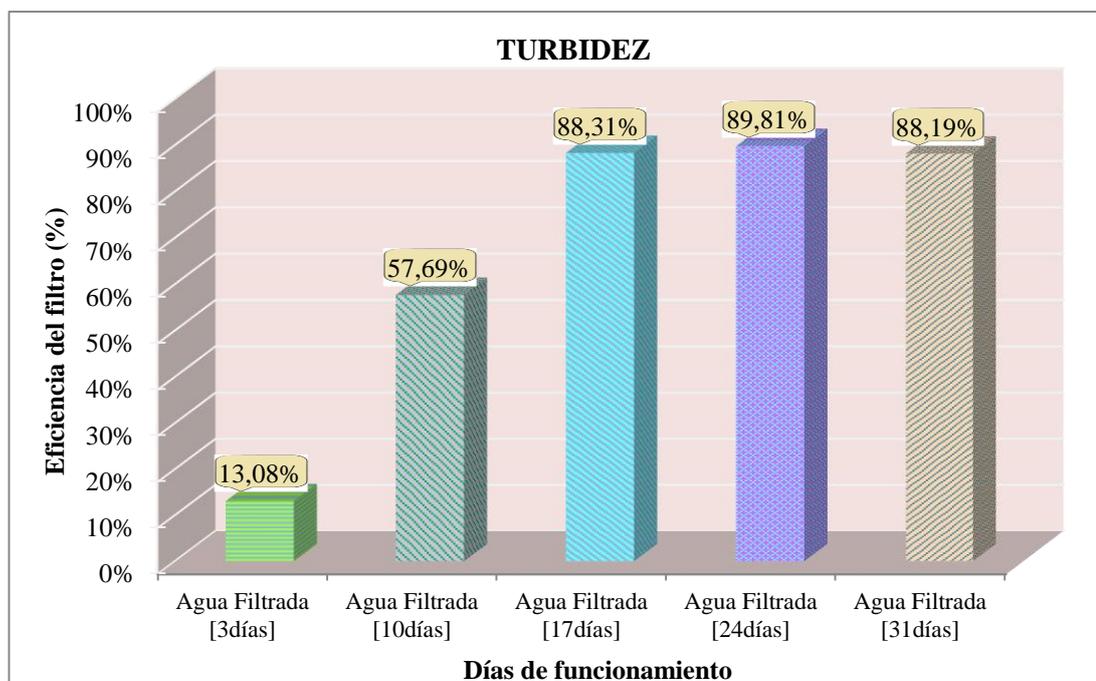
⇒ **Turbiedad**

Tabla N° 21. Porcentaje de remoción de turbiedad para determinar la eficacia del filtro.

<i>Fecha (día)</i>	<i>Concentración inicial (NTU)</i>	<i>Concentración final (NTU)</i>	<i>Eficiencia (%)</i>	<i>Período de Descanso (horas)</i>
3	260	226	13,08	20
10		110	57,69	1
17		30,4	88,31	19
24		26,5	89,81	20
31		30,7	88,19	22

Fuente: Mishel Estefanía Molina García

Gráfico N° 12. Eficiencia del filtro para la remoción de la Turbiedad



Interpretación: El análisis físico-químicos realizado al agua filtrada, permite verificar que la turbiedad ha ido disminuyendo desde el primer análisis realizado y se identificó que la mayor eficiencia del filtro es de 89,81% que equivale a una turbiedad de 26,5 NTU, observando así que el funcionamiento del filtro fue mejorando en el transcurso del tiempo hasta el día 24 a partir de ahí se nota que para el día 31 su rendimiento disminuyó en 1.62% que permite deducir que la funcionalidad del filtro va decayendo.

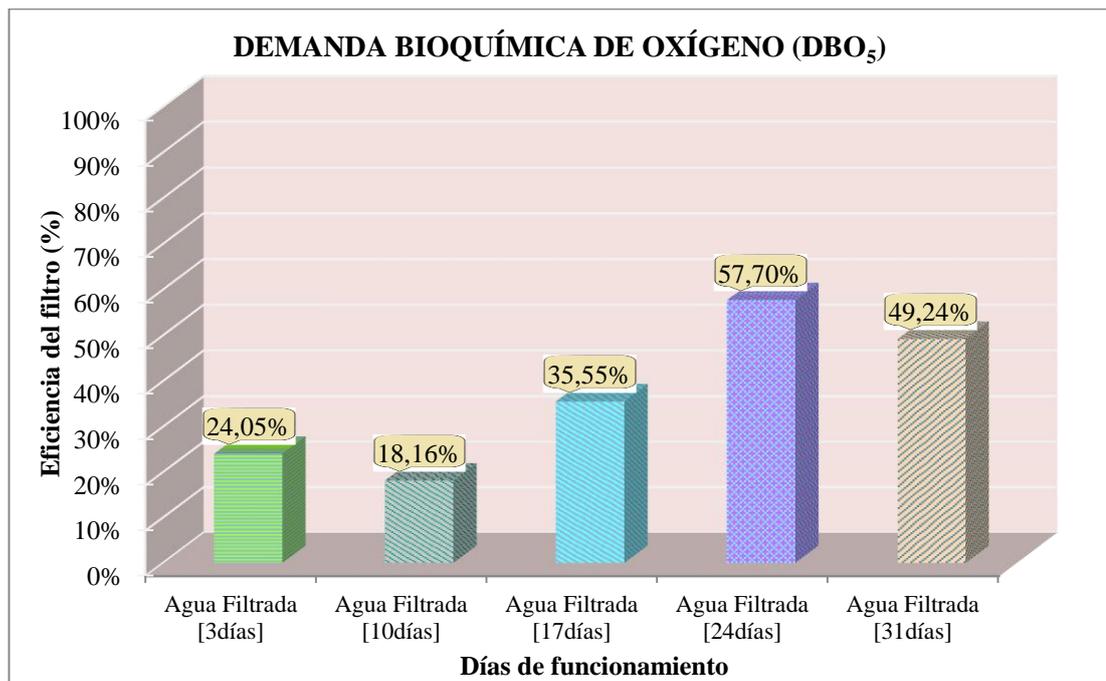
⇒ **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)**

Tabla N° 22. Porcentaje de remoción de DBO₅ para determinar la eficacia del filtro.

<i>Fecha (día)</i>	<i>Concentración inicial (mg/l)</i>	<i>Concentración final (mg/l)</i>	<i>Eficiencia (%)</i>	<i>Período de Descanso (horas)</i>
3	1052,0	799	24,05	20
10		861	18,16	1
17		678	35,55	19
24		445	57,70	20
31		534	49,24	22

Fuente: Mishel Estefanía Molina García

Gráfico N° 13. Eficiencia del filtro para la remoción del DBO₅



Interpretación: En los análisis físico-químicos se observó que los valores iban disminuyendo gradualmente y que la mayor eficiencia del filtro se daba a los 24 días con un 57,70% de disminución que equivale a un DBO₅ de 445 mg/l que no cumple con el límite máximo permisible que establece el TULSMA, también se puede apreciar que para el día 31 existió una disminución de la eficacia del filtro de un 8,46%.

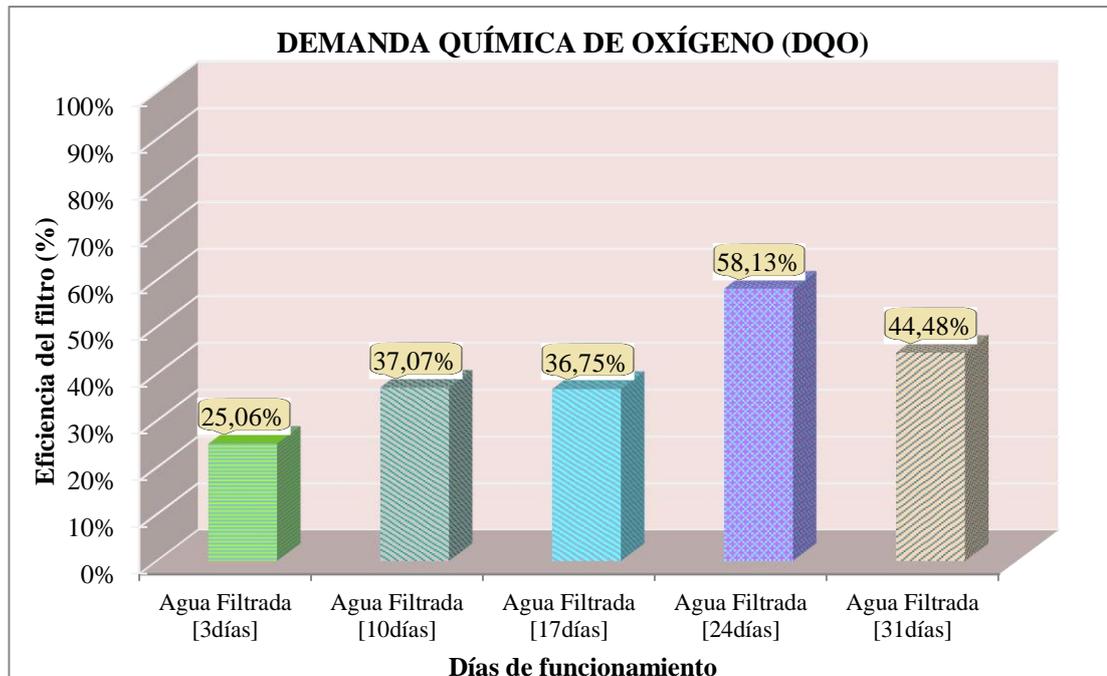
⇒ **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Tabla N° 23. Porcentaje de remoción de DQO para determinar la eficacia del filtro.

<i>Fecha (día)</i>	<i>Concentración inicial (mg/l)</i>	<i>Concentración final (mg/l)</i>	<i>Eficiencia (%)</i>	<i>Período de Descanso (horas)</i>
3	2147	1609	25,06	20
10		1351	37,07	1
17		1358	36,75	19
24		899	58,13	20
31		1192	44,48	22

Fuente: Mishel Estefanía Molina García

Gráfico N° 14. Eficiencia del filtro para la remoción del DQO



Interpretación: En los análisis físico-químicos que se efectuó se observó que en el día 24 se presentó la mayor eficiencia del filtro con un 58,13% el cual equivale a un DQO de 899 mg/l es así que como indica el TULSMA este parámetro no cumpliría con el límite máximo permisible, también se estima que para el día 31 existió una disminución de la eficacia del filtro del 13,65%.

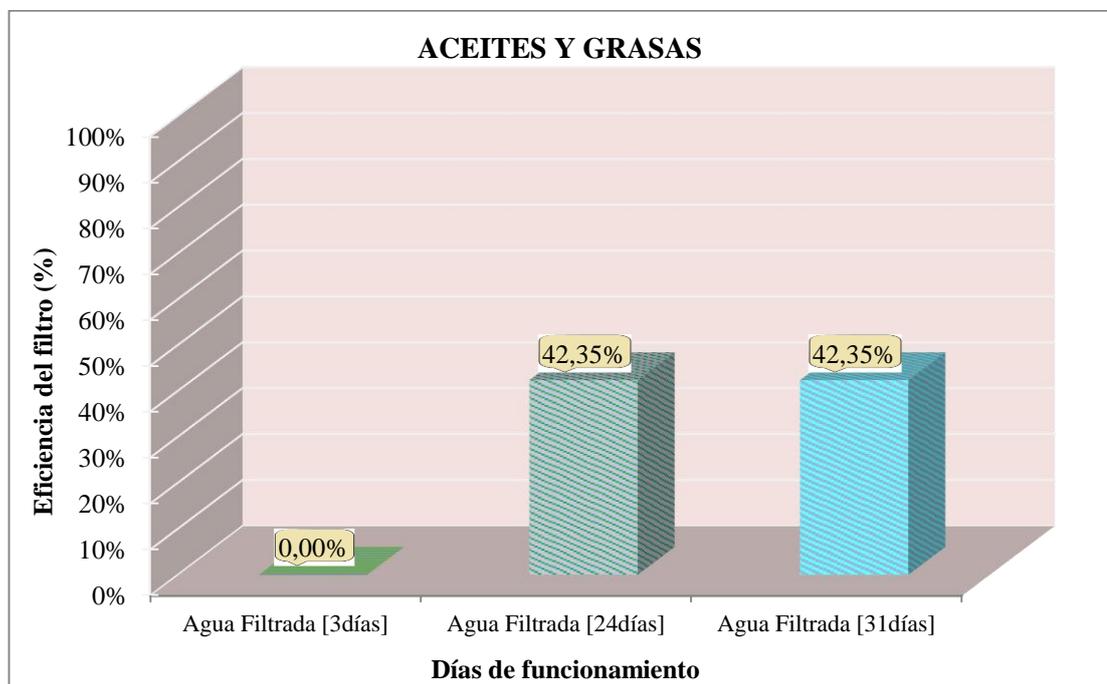
⇒ **Aceites y Grasas**

Tabla N° 24. Porcentaje de remoción de Aceites y Grasas para determinar la eficacia del filtro.

<i>Fecha (día)</i>	<i>Concentración inicial (mg/l)</i>	<i>Concentración final (mg/l)</i>	<i>Eficiencia (%)</i>	<i>Período de Descanso (horas)</i>
3	1,70	2,10	-	20
24		<0,98	42,35	20
31		<0,98	42,35	22

Fuente: Mishel Estefanía Molina García

Gráfico N° 15. Eficiencia del filtro para la remoción de Aceites y Grasas



Interpretación: Se pudo notar que en el tercer día no existió ningún porcentaje de remoción, pero en el transcurso del tiempo fue aumentando la eficiencia del filtro con un valor del 42,35% de remoción de aceites y grasas, obteniendo así valores <

0,98 mg/l, permitiendo indicar que este parámetro cumple con el límite máximo permisible impuesto por el TULSMA.

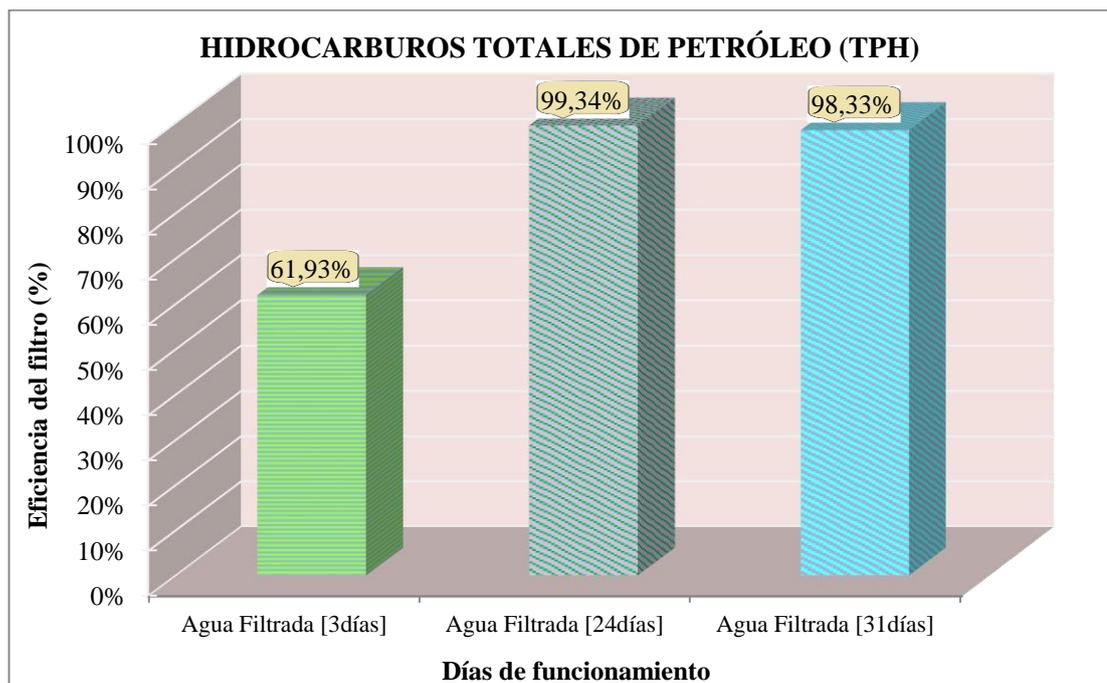
⇒ **Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)**

Tabla N° 25. Porcentaje de remoción de TPH para determinar la eficacia del filtro.

<i>Fecha (día)</i>	<i>Concentración inicial (mg/l)</i>	<i>Concentración final (mg/l)</i>	<i>Eficiencia (%)</i>	<i>Período de Descanso (horas)</i>
3	228,0	86,8	61,93	20
24		1,5	99,34	20
31		3,8	98,33	22

Fuente: Mishel Estefanía Molina García

Gráfico N° 16. Eficiencia del filtro para la remoción del TPH



Interpretación: A los 24 días de funcionamiento del filtro se pudo observar que la mejor eficiencia del filtro respecto al TPH es del 99,34% con un valor de 1,5 mg/l, el cual nos permite deducir que este parámetro cumple con el límite máximo permisible impuesto por el TULSMA; también se notó que en el día 31 existió una disminución en la eficiencia del filtro del 1,01% teniendo un valor de 3,8 mg/l que igualmente cumple con la norma.

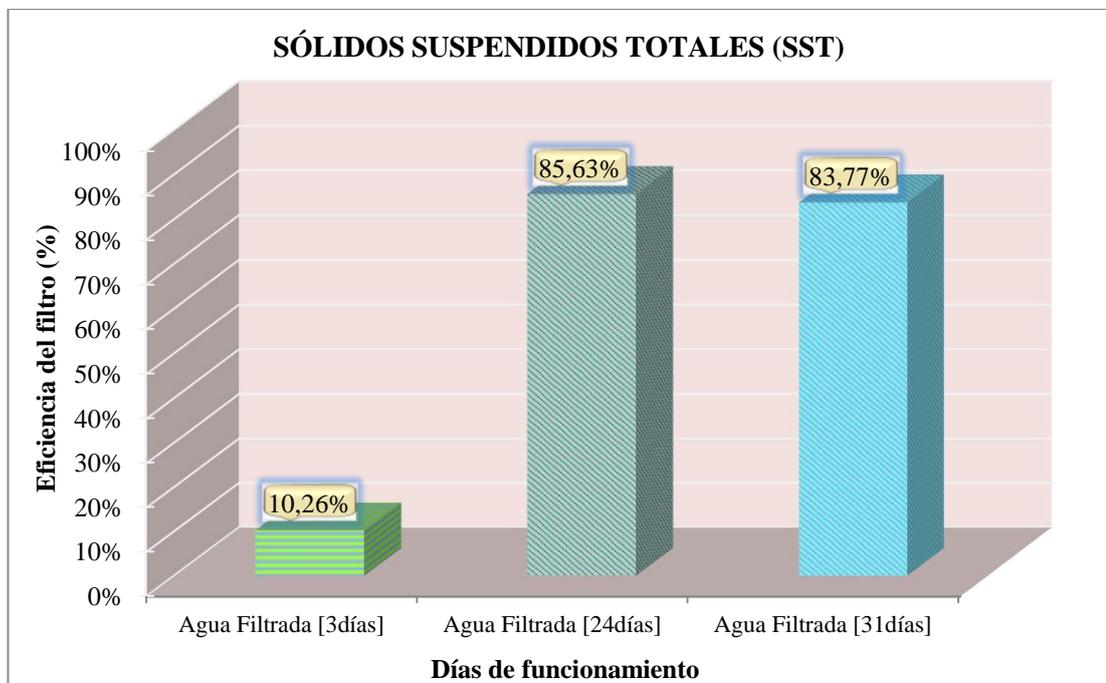
⇒ *Sólidos Suspendidos Totales (SST)*

Tabla N° 26. Porcentaje de remoción de Sólidos Totales Suspendidos para determinar la eficacia del filtro.

<i>Fecha (día)</i>	<i>Concentración inicial (mg/l)</i>	<i>Concentración final (mg/l)</i>	<i>Eficiencia (%)</i>	<i>Tiempo de Descanso (horas)</i>
3	536	481	10,26	20
24		77	85,63	20
31		87	83,77	22

Fuente: Mishel Estefanía Molina García

Gráfico N° 17. Eficiencia del filtro para la remoción de SST



Interpretación: Se pudo notar mediante los análisis físico-químicos realizados que a los 24 días de funcionamiento del filtro presentó una mejor eficiencia de SST del 85,63% de remoción con un valor de 77,0 mg/l, cumpliendo con el límite máximo permisible determinado por el TULSMA; también para el día 31 existió una disminución en la eficiencia del filtro del 1,86% teniendo un valor de 87,0 mg/l que cumple con el límite.

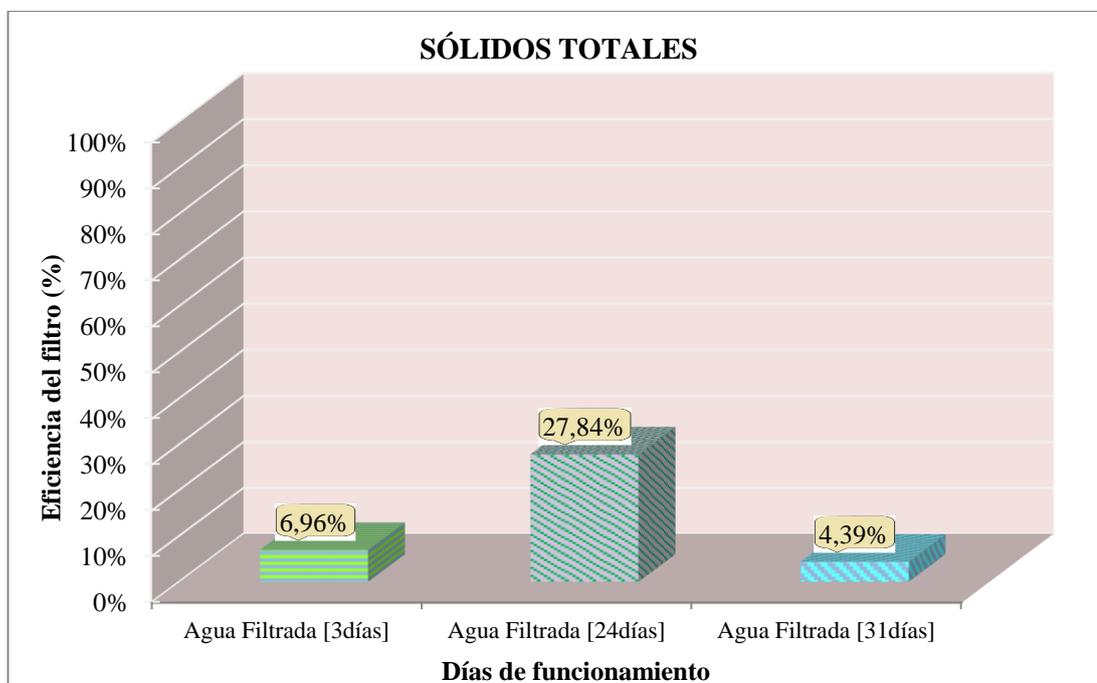
⇒ **Sólidos Totales**

Tabla N° 27. Porcentaje de remoción de Sólidos Totales para determinar la eficacia del filtro.

<i>Fecha (día)</i>	<i>Concentración inicial (mg/l)</i>	<i>Concentración final (mg/l)</i>	<i>Eficiencia (%)</i>	<i>Tiempo de Descanso (horas)</i>
3	1049	976	6,96	20
24		757	27,84	20
31		1003	4,39	22

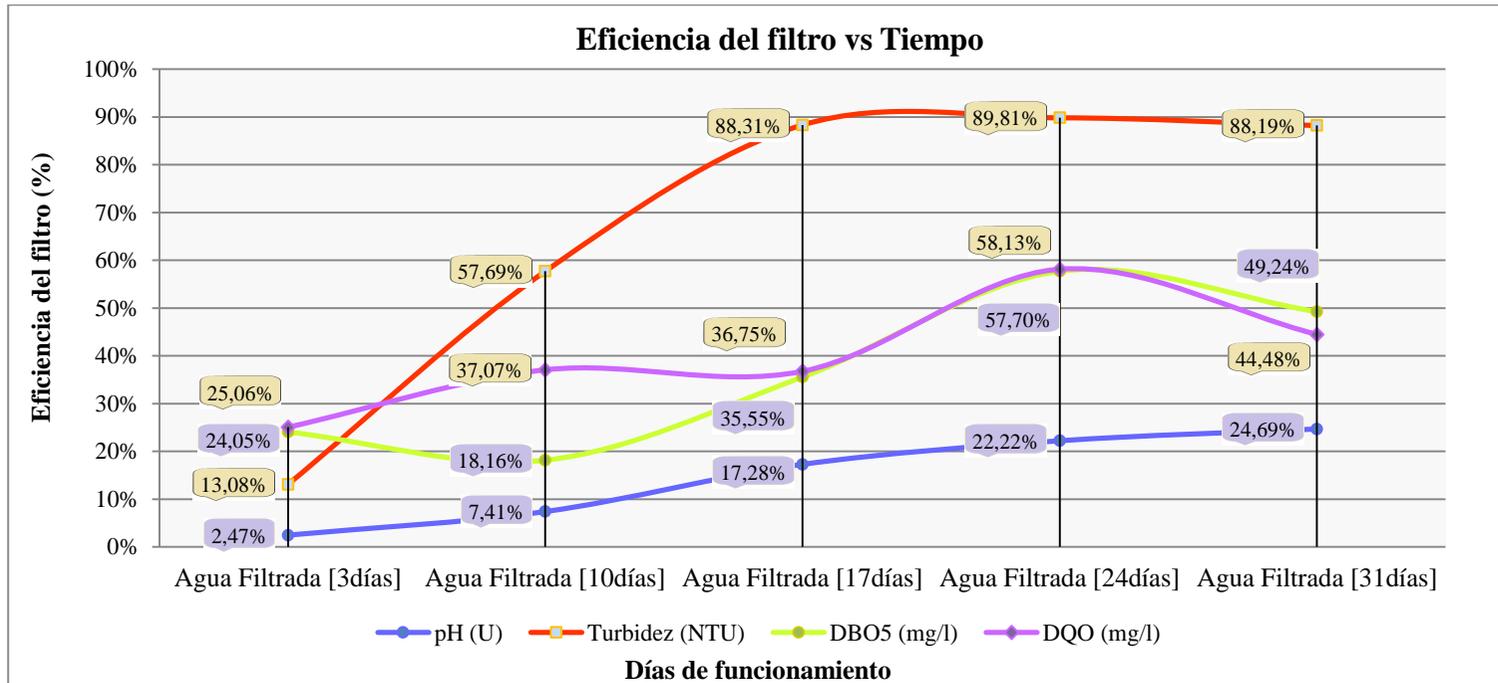
Fuente: Mishel Estefanía Molina García

Gráfico N° 18. Eficiencia del filtro para la remoción de Sólidos Totales



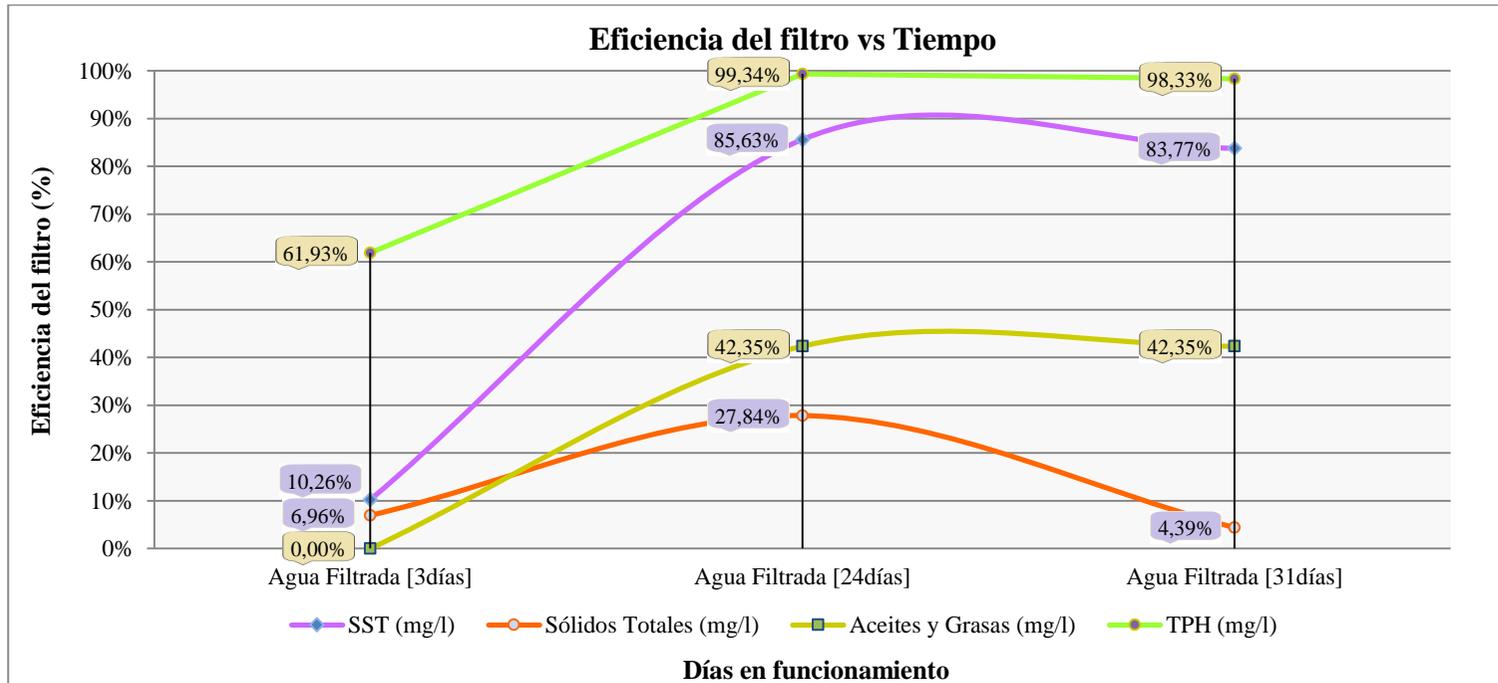
Interpretación: Se observó que mediante los análisis físico-químicos realizados, los valores disminuían en el transcurso del tiempo y a los 24 días de funcionamiento del filtro presenta la mejor eficiencia de los Sólidos Totales del 27,84% de disminución con un valor de 757,0 mg/l, permitiendo que este parámetro cumpla con el límite máximo permisible determinado por el TULSMA; también se observa que a los 31 días disminuyó considerablemente la eficiencia del filtro en un 23,45%, aun así se cumplió con el límite con un valor de 1003 mg/l.

Gráfico N° 19. Porcentaje de eficiencia del filtro a través del tiempo (1)



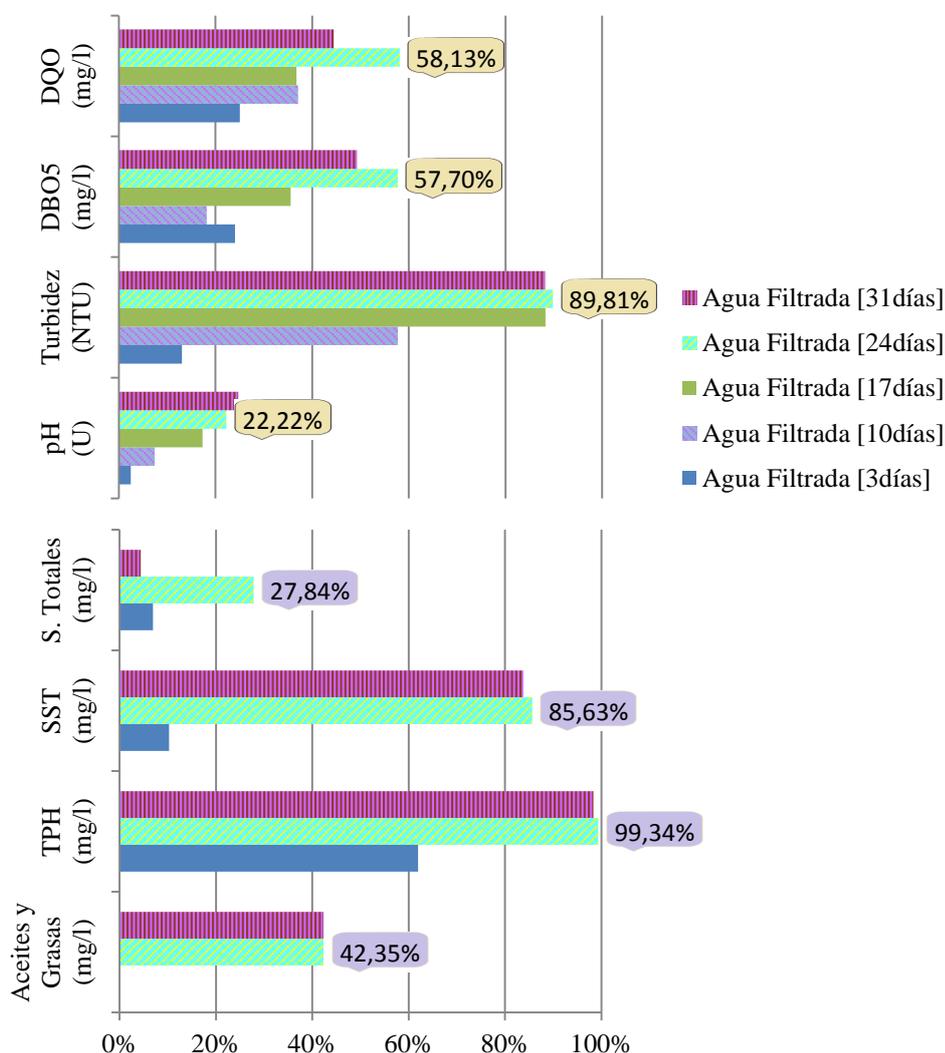
Interpretación: Se observó que en el día número 3 el agua filtrada ya demostró disminución en la concentración de los parámetros considerados, a los 10 días de funcionamiento del filtro la eficiencia fue aumentando con excepción el DBO₅ disminuyó su eficiencia en un 5,89% pero para el día número 17 se apreció que el parámetro mejoró su eficiencia al igual que los restante parámetros; en el día número 24 se pudo notar la mejor eficiencia que presentó el filtro y a los 31 días de funcionamiento se visualizó que la eficiencia del filtro se redujo pequeños porcentajes, dando a interpretar que el tiempo de vida útil de los materiales orgánicos están dentro del período de 24 a 31 días.

Gráfico N° 20. Porcentaje de eficiencia del filtro a través del tiempo (2)



Interpretación: Al igual que en los demás parámetros los primeros tres días de funcionamiento del filtro se apreció una disminución de los niveles de contaminación, a excepción de los aceites y grasas que demostraron un aumento en la concentración, para el día número 24 se observó que este parámetro disminuyó su concentración, logrando obtener el mejor porcentaje de eficiencia del filtro en el período de funcionamiento del filtro y para el día número 31 de igual manera la eficiencia del filtro disminuyó; confirmando que el período de vida útil del filtro se da entre los 24 y 31 días de funcionamiento de este tipo de filtro. El parámetro que presentó los mejores resultados de remoción es el TPH con un valor de 99,34%.

Gráfico N° 21. Porcentajes de remoción de los contaminantes presentes en el agua residual de una lavadora de autos



En los análisis físico-químicos realizados al agua residual filtrada se logró observar que en todos los parámetros estudiados la mayor eficiencia del filtro con materiales no convencionales utilizados (C. A. C. F, Fréjol Rojo Triturado, Fréjol Blanco Triturado y C. A. C. G) se da en el día 24, por esta razón con los valores obtenidos se analizaron para verificar el cumplimiento de la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua del TULSMA.

El funcionamiento del filtro demostró que a medida que avanza el tiempo es capaz de mejorar las características del agua residual y debido a la eficiencia máxima que presentó el filtro, el tiempo de vida útil se dará en un período de 24 a 31 días, deduciendo que los materiales orgánicos que se utilizaron necesitan ser cambiados o realizar un lavado al filtro.

Tabla N° 28. Análisis del cumplimiento del TULSMA para el agua residual filtrada

<i>Parámetros</i>	<i>Unidad</i>	<i>Resultado</i>	<i>Límite máximo permisible</i>	<i>Cumplimiento TULSMA</i>
<i>Potencial de hidrógeno (pH)</i>	<i>U</i>	<i>6,3</i>	<i>6 - 9</i>	<i>Cumple</i>
<i>Turbiedad (A Residual)</i>	<i>NTU</i>	<i>26,5</i>	<i>-</i>	
<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)</i>	<i>mg/l</i>	<i>445</i>	<i>250</i>	<i>No cumple</i>
<i>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i>	<i>mg/l</i>	<i>899</i>	<i>500</i>	<i>No cumple</i>
<i>Sólidos Suspendidos Totales (SST)</i>	<i>mg/l</i>	<i>77</i>	<i>220</i>	<i>Cumple</i>
<i>Sólidos Totales</i>	<i>mg/l</i>	<i>757</i>	<i>1600</i>	<i>Cumple</i>
<i>Aceites y Grasas</i>	<i>mg/l</i>	<i><0,98</i>	<i>70,0</i>	<i>Cumple</i>
<i>Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)</i>	<i>mg/l</i>	<i>1,5</i>	<i>20</i>	<i>Cumple</i>

En la Tabla N° 27 se puede apreciar que los resultados están dentro de los límites máximos permisibles que la normativa establece, cumpliendo con la mayoría de los parámetros considerados, a excepción del DBO₅ y el DQO.

Permitiendo concluir que sin embargo en el día 24 del funcionamiento del filtro el cual demostró su mayor eficiencia, el DBO₅ y el DQO no cumplieron con la norma, pero como observación se puede implementar un pretratamiento como la coagulación-floculación que ayudaría a estos parámetros para cumplir con la norma del TULSMA.

4.2.4. Dimensionamiento del filtro

⇒ **Área**

Para el cálculo del área del filtro se utilizó la siguiente ecuación

$$A = \frac{Q}{q}$$

Dónde:

A = área del filtro (m²)

Q = caudal a tratar (m³/día)

q = velocidad de filtración (m³/m²/día)

⇒ **Velocidad de filtración**

Los filtros lentos trabajan a una velocidad baja de filtración de 2 - 8 m³/m²/día.

La tasa seleccionada es de 5 m³/m²/día

$$A = \frac{2,25}{5}$$

$$A = 0,45 \text{ m}^2$$

⇒ Para un filtro cuadrado

L = B

$$L = \sqrt{A}$$

$$L = \sqrt{0,45}$$

$$L = 0,67 \text{ m} \approx 0,70 \text{ m}$$

$$L = 70 \text{ cm} = B$$

$$A = 70 * 70 \text{ cm}^2$$

Para el presente trabajo se ha utilizado como referencia la Tabla N° 29 los espesores de cada capa filtrante tomando en cuenta el diámetro efectivo.

Tabla N° 29. Valores típicos para filtros de medio doble.

<i>Características</i>	<i>Valor</i>	
	<i>Intervalo</i>	<i>Típico</i>
<i>Antracita</i>		
<i>Espesor, cm</i>	30 – 75	60
<i>Diámetro efectivo, mm</i>	0,8 – 2,0	1,30
<i>Arena</i>		
<i>Espesor, cm</i>	15 – 30	30
<i>Diámetro efectivo, mm</i>	0,4 – 0,8	0,65

Fuente: Metcalf y Eddy, 1998

⇒ Permitiendo obtener los siguientes espesores de cada capa del filtro de forma experimental y se describirán a continuación:

Tabla N° 30. Características de los materiales filtrantes

<i>Medio filtrante</i>	<i>Características</i>
<i>Carbón activado fino (C.A.C.F)</i>	<i>Espesor: 15 cm</i> <i>Diámetro efectivo: 0,30 mm</i> <i>Coefficiente de uniformidad: 2,50</i>
<i>Fréjol rojo</i>	<i>Espesor: 30 cm</i> <i>Diámetro efectivo: 1,44 mm</i> <i>Coefficiente de uniformidad: 2,24</i>
<i>Fréjol blanco</i>	<i>Espesor: 40 cm</i> <i>Diámetro efectivo: 0,96 mm</i> <i>Coefficiente de uniformidad: 1,73</i>
<i>Carbón activado grueso (C.A.C.G)</i>	<i>Espesor: 30 cm</i> <i>Diámetro efectivo: 0,70 mm</i> <i>Coefficiente de uniformidad: 2,29</i>
<i>Grava</i>	<i>Espesor: 20 cm</i> <i>Diámetro: 4,75 mm</i>

Fuente: Mishel Estefanía Molina García

4.3. Verificación de la hipótesis

De acuerdo a los análisis realizados en los laboratorios al agua residual proveniente de una lavadora de autos y al agua residual filtrada, se observa que la concentración de contaminantes presente en este tipo de efluentes disminuyó con la utilización del filtro a base de Carbón activado de cáscara de coco, Fréjol Rojo Triturado y Fréjol Blanco Triturado.

Además, a los 24 días del funcionamiento del filtro se presenta la eficiencia máxima, permitiendo deducir que el tiempo de vida útil del filtro está en un período de 24 a 31 días; en los cuales al ser analizados se logra cumplir con algunos de los parámetros de la normativa TULSMA.

Entonces, con estos resultados obtenidos se comprueba la veracidad de la hipótesis planteada, ya que se demostró que al utilizar materiales no convencionales se logró disminuir los niveles de contaminación que presenta el agua residual de una lavadora de autos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Mediante los análisis realizados al agua residual de una lavadora de autos, se demostró los altos niveles de contaminación que genera esta actividad, debido a su elevado contenido de turbidez (260 NTU), DBO₅ (1052 mg/l), DQO (2147 mg/l), SST (536 mg/l) y TPH (228 mg/l).
- El filtro con materiales no convencionales logró disminuir los niveles de contaminación que presenta el agua residual de una lavadora de autos, demostrando su eficacia en el proceso de filtración y ser una alternativa viable para la utilización de tratamientos preliminares.
- Se observó que a los 3 días de funcionamiento del filtro el agua filtrada ya contó con una disminución en el pH (2,47%), turbidez (13,08%), DBO₅ (24,05%), DQO (25,06%), TPH (61,93%), SST (10,26%) y Sólidos Totales (6,96%).
- Mediante los análisis realizados al agua residual filtrada se pudo observar que en el transcurso del tiempo la eficiencia del filtro aumentaba progresivamente y así logrando mejorar las características del agua residual.
- De acuerdo al gráfico N° 21 a los 24 días de funcionamiento del filtro se evidenció el rendimiento más alto del filtro, arrojando resultados con una disminución de turbiedad (89,81%), DBO₅ (57,70%), DQO (58,13%), Aceites y Grasas (42,35%), TPH (99,34%), SST (85,63%) y Sólidos Totales (27,84%).
- Se evidenció que en el día 31 de funcionamiento del filtro el porcentaje de remoción de contaminantes disminuyó, es decir decayó la eficacia del filtro dando unos valores de turbiedad (88,19%), DBO₅ (49,24%), DQO (44,48%), Aceites y Grasas (42,35%), TPH (98,33%), SST (83,77%) y Sólidos Totales (4,39%).
- Se concluyó que la vida útil del filtro está dentro de un período de 24 a 31 días, debido a que ese día número 24 los análisis físico-químicos demostraron los mejores resultados de eficiencia del filtro y a partir de ahí se notó que decaía la eficiencia del filtro por los resultados obtenidos el día número 31.

- Los valores de pH obtenidos se reducen gradualmente provocando que el agua llegue a tener un pH ácido el cual no permitirá que exista actividad biológica al descargar el efluente a un cuerpo receptor, por lo que se concluye que el tiempo máximo de utilización de los materiales orgánicos como material filtrante un período de 24 días.
- Se apreció en los análisis del agua residual filtrada que el filtro cumple una mejor función al remover Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH), logrando tener un porcentaje de eficacia del 99,34 %.
- El agua residual filtrada puede ser descargada al sistema de alcantarillado debido a que cumple la mayoría de los parámetros con los límites máximos permisibles establecidos por el TULSMA, a excepción del DBO₅ y el DQO.
- Se pudo observar que en un período de descanso de 1 hora los parámetros estudiados en este proyecto no disminuyeron considerablemente, mientras que cuanto existía un período de descanso superior se notaba que la eficiencia del filtro mejoraba.
- Por la estructura del filtro se pudo observar que el recipiente que contenía el agua residual, funcionó a la vez como un sedimentador el cual contribuyó con la remoción de los sólidos presentes en el agua residual, razón por la cual esta obra se debería incluir en el tratamiento.

5.2. Recomendaciones

- Para la elaboración de los materiales filtrantes se recomienda que la forma sea granular angular y no sea un material fino debido a que este no permitirá el paso del fluido quedándose estancado.
- Para conseguir resultados más puntuales, se recomienda realizar estudios experimentales con cada uno de los materiales utilizados en este filtro por separado.
- Se recomienda para futuros estudios experimentar con espesores de capas diferentes para observar los cambios de las características físico-químicas que presentará el agua residual.
- Si el filtro se lo realiza a una escala mayor se recomienda colocar un temporizador para que el agua baje cada determinado tiempo del recipiente de almacenamiento y también para que el filtro se llene hasta una altura adecuada.

- Es recomendable utilizar equipo que permita que el flujo se reparta por toda la superficie filtrante de manera uniforme para evitar que se solo circule por algunas partes afectando así la eficiencia del filtro.
- Se recomienda que el agua a depurar primero pase por un tanque atrapa grasas y posteriormente sea filtrada.
- Debido al impacto ambiental que presenta la industria del lavado de autos se recomienda dar importancia a los estudios ambientales referentes a este ámbito.
- Llevar a cabo una inspección visual del agua residual filtrada para observar que cambios físicos que presenta.
- Se recomienda la limpieza del filtro para que siga funcionando correctamente y evitar que la eficiencia de este disminuya.
- Es necesario reponer el agua en el filtro para conservar el nivel del fluido, y que exista una presión suficiente para que circule el fluido a una velocidad constante a través del filtro.

C. MATERIALES DE REFERENCIA

1. Bibliografía

- [1] N. O. Calviño, Artist, *Filtración de Aguas Residuales para Reutilización*. [Art]. Universidad de la Laguna, 2007.
- [2] A. S. C. García, Artist, *Diseño de un Tratamiento de Aguas Residuales de Lubricado mediante Bio – Adsorción y Coagulación - Floculación..* [Art]. Universidad de Las Américas, 2015.
- [3] J. F. A. L. y L. C. F. G. Oscar Fabián Higuera Cobos, «Diseño de un Biofiltro para reducir el Índice de Contaminación por Cromo generado en las Industrias del Curtido de Cueros,» *Dyna*, vol. 76, n° 160, p. 13, 2009.
- [4] R. Rojas, «Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales,» *GESTIÓN INTEGRAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*, vol. 1, n° 1, pp. 8-15, 2002.
- [5] H. G. M. & P. P. Cabrera, *Proyecto de Desarrollo de Capacidades para el Uso Seguro de Aguas Servidas en Agricultura*, Quito: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Ministerio de Salud Pública, 2012.
- [6] A. S. C. García, Artist, *Diseño de un tratamiento de aguas residuales de lubricado mediante Bio-Adsorción y Coagulación-Floculación*. [Art]. Universidad de las Américas, 2015.
- [7] M. V. González Lizama y J. O. Calvachi Quintana, Artists, *Elaboración y diseño de un manual de procedimientos para el área del taller de servicio automotriz*. [Art]. Universidad Internacional del Ecuador, 2014.
- [8] I. L. J. Abril, Artist, *Estudio de caso para la aplicación de la producción más limpia en el sector de las lavadoras de Monay, que conforman la Asociación “ Tres de Noviembre”*. [Art]. Universidad de Cuenca, 2008.
- [9] L. J. Abril, Artist, *Estudio de caso para la aplicación de la producción más limpia en el sector de las lavadoras de Monay, que conforman la Asociación “ Tres de Noviembre”*. [Art]. Universidad de Cuenca, 2008.
- [10] Á. G. Vizoso, «Noticias coches.com,» 25 Agosto 2014. [En línea]. Available: <http://noticias.coches.com/consejos/como-limpiar-el-motor-del-coche-en-ocho-pasos/140992>. [Último acceso: 7 Julio 2016].
- [11] K. T. M. M. G. C. A. D. Sedolfo Carrasquero, «Evaluación de un tratamiento fisicoquímico en efluentes provenientes del lavado de vehículos para su reutilización,» *Impacto Científico*, vol. 10, n° 2, p. 4, 2016.

- [12] L. J. Abril, Artist, *Estudio de caso para la aplicación de la producción más limpia en el sector de las lavadoras de Monay, que conforman la Asociación “ Tres de Noviembre”*. [Art]. Universidad de Cuenca, 2008.
- [13] M. N. A. Salazar, Artist, *Implementacion de un prototipo de filtro a base de carbón activado para una mejor disposición final de los vertidos de la quesera la COCIHC Colta*. [Art]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2016.
- [14] M. E. G. & J. A. P. LÓPEZ, Artist, *AGUAS RESIDUALES COMPOSICIÓN*. [Art]. Universidad de Salamanca , S/N.
- [15] M. E. G. & J. A. P. LÓPEZ, Artist, *AGUAS RESIDUALES COMPOSICIÓN*. [Art]. Universidad de Salamanca, S/N.
- [16] R. Rojas, Artist, *Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales*. [Art]. GESTIÓN INTEGRAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, 2002.
- [17] C. L. S. Marmolejo, Artist, *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES EN EL VALLE DEL CAUCA*. [Art]. UNIVERSIDAD DEL VALLE, 2010.
- [18] M. N. A. Salazar, Artist, *Implementacion de un prototipo de filtro a base de carbón activado para una mejor disposición final de los vertidos de la quesera la COCIHC Colta*. [Art]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2016.
- [19] H. T. O. & A. A. R. ORDUZ, Artist, *TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PARA REUTILIZACIÓN EN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA EN ESTACIONES DE SERVICIO*. [Art]. UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, 2010.
- [20] R. Rojas, Artist, *Sistemas de tratamiento de aguas residuales*. [Art]. GESTIÓN INTEGRAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, 2002.
- [21] A. R. P. SALGAR, Artist, *DISEÑO DE UNA PLANTA DE PURIFICACIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA VEREDA DE ACAPULCO, MUNICIPIO SAN JUAN DE GIRÓN – SANTANDER*. [Art]. UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, 2004.
- [22] A. R. P. SALGAR, Artist, *DISEÑO DE UNA PLANTA DE PURIFICACIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA VEREDA DE ACAPULCO, MUNICIPIO SAN JUAN DE GIRÓN – SANTANDER*. [Art]. UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, 2004.
- [23] L. S. Gámez, Artist, *Diseño de plantas potabilizadoras*. [Art]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2012.
- [24] I. V. Maldonado, «Ingeniería Sanitaria,» 18 Mayo 2011. [En línea]. Available: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoII/nueve.pdf>.

[Último acceso: 8 Julio 2016].

- [25] L. S. Gámez, Artist, *Diseño de plantas potabilizadoras*. [Art]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2012.
- [26] I. V. Maldonado, «Ingeniería Sanitaria,» 18 Mayo 2011. [En línea]. Available: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoII/nueve.pdf>. [Último acceso: 8 Julio 2016].
- [27] N. O. Calviño, Artist, *Filtración de aguas residuales para reutilización*. [Art]. Universidad de La Laguna, 2007.
- [28] N. O. Calviño, Artist, *Filtración de aguas residuales para reutilización*. [Art]. Universidad de La Laguna, 2007.
- [29] I. V. Maldonado, «Ingeniería Sanitaria,» 18 Mayo 2011. [En línea]. Available: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoII/nueve.pdf>. [Último acceso: 8 Julio 2016].
- [30] N. Otero, Artist, *Filtración de aguas residuales para reutilización*. [Art]. Universidad de La Laguna, 2007.
- [31] N. Otero, Artist, *Filtración de aguas residuales para reutilización*. [Art]. Universidad de La Laguna, 2007.
- [32] SINIA, *TECNOLOGÍAS DE ADSORCIÓN CON DIVERSOS MATERIALES*, Chile: Sistema Nacional de Información Ambiental, S/N.
- [33] A. S. C. García, Artist, *Diseño de un tratamiento de aguas residuales de lubricado mediante Bio-Adsorción y Coagulación-Floculación*. [Art]. Universidad de las Américas, 2015.
- [34] Á. V. C. T. R. G. Luis Guzmán, «Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión,» *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, vol. 16, nº 1, pp. 253-262, 2013.
- [35] B. G. Fayos, Artist, *METODOLOGÍA DE EXTRACCIÓN IN SITU DE COAGULANTES NATURALES PROCEDENTES DE SEMILLAS PARA LA CLARIFICACIÓN DE AGUA SUPERFICIAL. APLICACIÓN EN PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO*. [Art]. Universidad Politécnica de Valencia, 2007.
- [36] A. S. C. García, Artist, *Diseño de un tratamiento de aguas residuales de lubricado mediante Bio-Adsorción y Coagulación-Floculación*. [Art]. Universidad de las Américas, 2015.
- [37] X. E. Castells, *Reciclaje de residuos industriales: aplicación a la fabricación de materiales para la construcción*, Madrid: Díaz de Santos, 2000, p. 65.

- [38] J. T. y. L. Soria, Artist, *CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL CARBONOSO PROVENIENTE DE CÁSCARA DE NUEZ Y SU APLICACIÓN EN LA REMOCIÓN DE TARTRAZINA*. [Art]. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, 2015.
- [39] R. Ambientum, «Carbón activo en el tratamiento de aguas,» Marzo 2003. [En línea]. Available: http://www.ambientum.com/revista/2003_03/CARBON_imprimible.htm. [Último acceso: 9 Julio 2016].
- [40] M. Varela, Artist, *Inmovilización de microorganismos degradadores de cianuro para preparación de biofiltros*. [Art]. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, 2006.
- [41] A. G. M. G. N. M. Donaciano Luna, «Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco,» *ContactoS*, vol. 64, n° 10, p. 42, 2007.
- [42] J. T. y. L. Soria, Artist, *CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL CARBONOSO PROVENIENTE DE CÁSCARA DE NUEZ Y SU APLICACIÓN EN LA REMOCIÓN DE TARTRAZINA*. [Art]. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, 2015.
- [43] C. Activado, «Carbón Activado,» Carbón Activado, [En línea]. Available: <http://carbonactivado.es.tl/CARBON-COCO.htm>. [Último acceso: 9 Julio 2016].
- [44] A. G. M. G. N. M. Donaciano Luna, «Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco,» *ContactoS*, vol. 64, n° 10, p. 41, 2007.
- [45] TULSMA, «NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA». Ecuador 28 Febrero 2014.
- [46] J. A. L. F. OSCAR HIGUERA, «DISEÑO DE UN BIOFILTRO PARA REDUCIR EL ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR CROMO GENERADO EN LAS INDUSTRIAS DEL CURTIDO DE CUEROS,» *Dyna*, vol. 76, n° 160, pp. 107-119, 2009.
- [47] N. I. 2. 1. N. T. Ecuatoriana, «Agua, Calidad del agua. Muestreo, Manejo y Conservación de muestras». Ecuador Noviembre 1998.

2. Anexos

2.1. Fotografías del desarrollo de la investigación



Fotografía N° 1. Cáscara de coco



Fotografía N° 2. Carbón de cáscara de coco



Fotografía N° 3. Fréjol rojo triturado



Fotografía N° 4. Fréjol blanco triturado



Fotografía N° 5. Ensayo de granulometría



Fotografía N° 6. Estructura de vidrio



Fotografía N° 7. Colocación del primer material filtrante (Grava)



Fotografía N° 8. Colocación del segundo material filtrante (CACG)



Fotografía N° 9. Colocación del tercer material filtrante (fréjol blanco)



Fotografía N° 10. Colocación del cuarto material filtrante (fréjol rojo)



Fotografía N° 11. Colocación del quinto material filtrante (CACF)



Fotografía N° 12. Filtro artesanal completo para funcionamiento



Fotografía N° 13. Materiales no convencionales



Fotografía N° 14. Funcionamiento del filtro



Fotografía N° 15. Filtro artesanal con materiales no convencionales



Fotografía N° 16. Agua residual de lavado de autos (AR)



Fotografía N° 17. Proceso de filtración



Fotografía N° 18. Filtro a nivel de laboratorio



Fotografía N° 19. Lavadora Car Wash



Fotografía N° 20. Productos que utilizan para el mantenimiento del auto



Fotografía N° 21. Sedimentación de sólidos



Fotografía N° 22. Muestras del AR y ARF



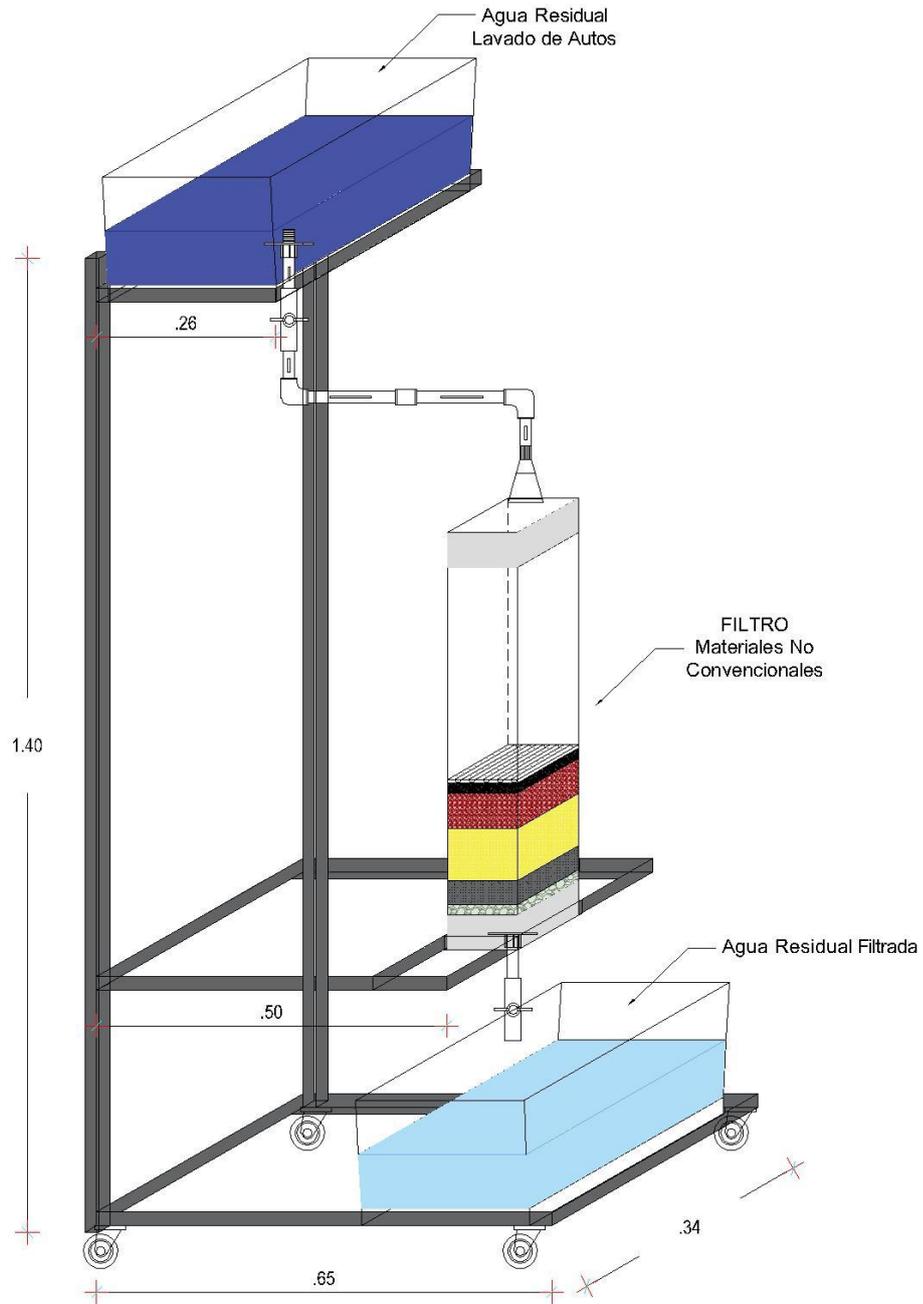
Fotografía N° 23. Agua Residual Filtrada
(ARF)



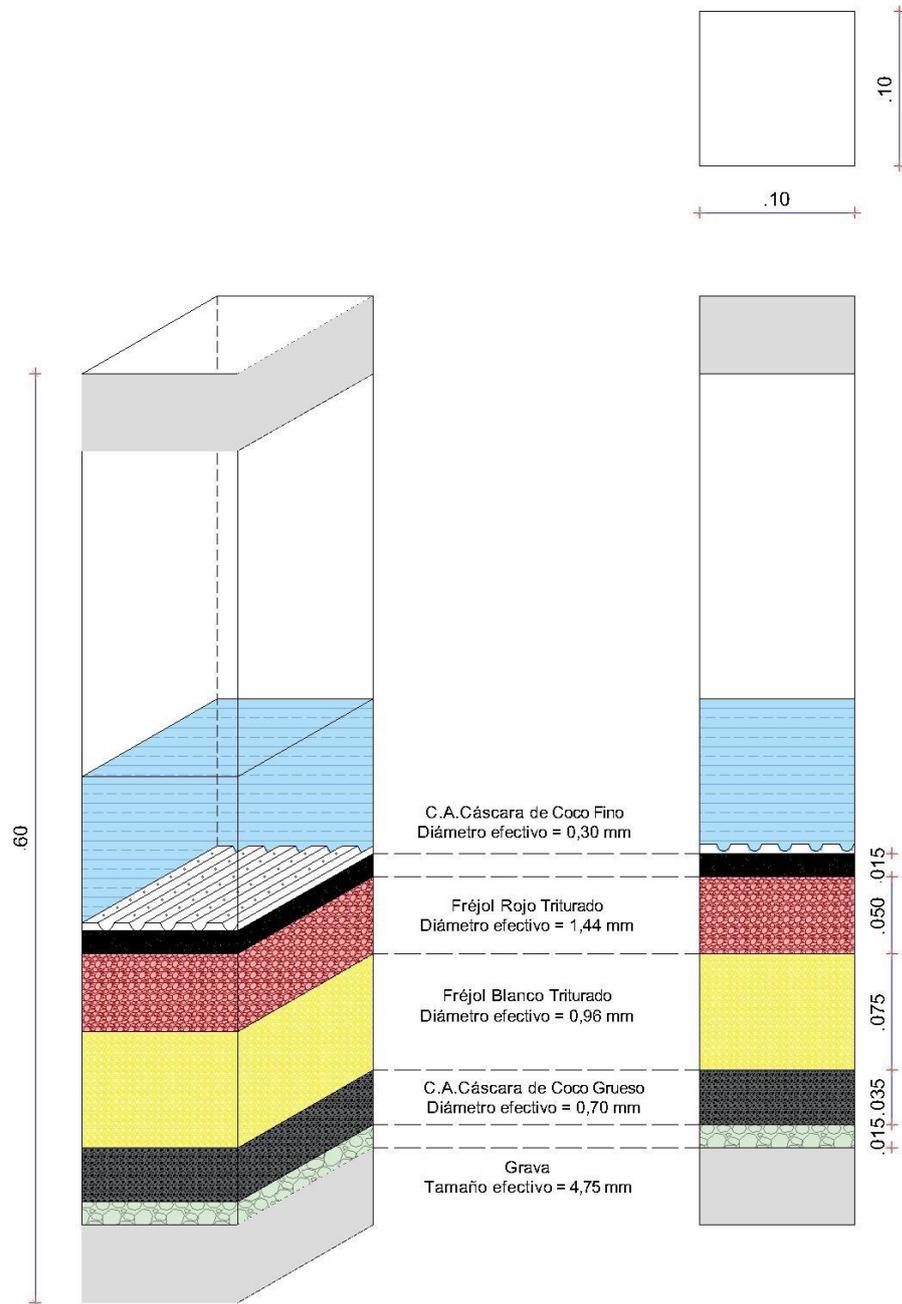
Fotografía N° 24. Toma de muestra del ARF

2.2. Diseño del filtro con materiales no convencionales

ESTRUCTURA DEL FILTRO



CORTE DEL FILTRO ARTESANAL CON MATERIALES NO CONVENCIONALES



2.3. Informe de resultados de los análisis físico-químicos del AR y ARF



EP - EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE
Y ALCANTARILLADO DE AMBATO

	INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS 17025-RG-CC-71-01	Acreditación N° OAE LC 14-001 LABORATORIO DE ENSAYOS
---	--	---

Página 1 de 1

DATOS DEL CLIENTE		DATOS GENERALES	
CLIENTE:	MISHELL MOLINA	CODIGO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	1607402
DIRECCIÓN:	Cda. FAE, Latacunga	TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual
PERSONA DE CONTACTO:	Sra. Mishell Molina	RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	Sra. Mishell Molina
TELÉFONO DE CONTACTO:	09 99037406	FECHA /HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	12 de julio de 2016 12:00
PROCEDECENCIA DE LA MUESTRA:	Lavadora de Auto	FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	12 de julio de 2016
LUGAR DONDE SE TOMÓ LA MUESTRA:	Lavadora de Auto	FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	21 de julio de 2016
RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	Sra. Mishell Molina	CONDICIONES AMBIENTALES:	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	12 de julio de 2016 10:00	Humedad (%):	40
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual	Temperatura (°C):	18.2

ANÁLISIS REALIZADOS

PARÁMETROS	UNIDADES	METODO UTILIZADO	Tabla 8 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. TULAS LIBRO VI. ANEXO 1 (2015)	RESULTADOS
TURBIEDAD (A RESIDUALES)*	NTU	APHA-2130-B	-	240
DEMANDA BIQUÍMICA DE OXÍGENO (BDO)*	mg/l	APHA-5210-B	250,0	1052
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/l	HACH 8000	500,0	2 147
SÓLIDOS SUSPENDIDOS *	mg/l	APHA-2540-D	220,0	536
SÓLIDOS TOTALES *	mg/l	APHA-2540-B	1 600,0	1049

Los ensayos marcados con () NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

PARÁMETRO ACREDITADO	RANGO DE ACREDITACIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL MÉTODO	EQUIPO UTILIZADO	MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO
DQO	20 - 25000 mg/l	19%	EQ-075	17025-PR-CC-28-XX / Método de referencia HACH 8000

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA QUE SE HA SOMETIDO A ENSAYO (MUESTRA PUNTUAL) EP/EMAPAA NO SE RESPONSABILIZA DEL ORIGEN DE LA MUESTRA, TRANSPORTACIÓN DE LA MISMA Y VERACIDAD DE LOS DATOS DADOS POR EL CLIENTE.

PROFESIONALES RESPONSABLES:



Ing. Andrea Tirado
LABORATORISTA QUÍMICO



Ing. Verónica Castibamba
RESPONSABLE TÉCNICO



LABORATORIOS DE CONTROL DE CALIDAD, EP - EMAPA - A.
Antigua Vía a Santa Rosa - Ambato Telf. 2585991

Antonio Clavijo e Isales Sánchez, Cda. Mírica
Telf.: 032 997700
Ambato • Ecuador
www.emapa.gob.ec

INFORME DE RESULTADOS



DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	MISHEL MOLINA GARCÍA
REPRESENTANTE:	
DIRECCIÓN:	Latacunga
TELÉFONO:	032 385 387
CELULAR:	099 903 7406
e - mail:	estefaniamolina8mg@gmail.com

Versión:	7
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	26/03/2014
NÚMERO DE INFORME:	LACQUA 16-1551

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%): 49	TEM. AMBIENTE (°C): 18
-------------------------	-----------------	------------------------

TIPO DE MUESTRA: Agua residual lubricadora
 RESPONSABLE MUESTREO: Cliente
 TIPO DE TOMA DE MUESTRA: Puntual
 FECHA DE ANÁLISIS: Del 12 al 20 julio de 2016
 FECHA EMISIÓN DE INFORME: 20 de julio de 2016
 FECHA TOMA DE MUESTRA: 12 de julio de 2016

INFORME ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
Aceites y Grasas	mg/L	1,70	PRO TEC 053 / EPA 1664 A	± 18,02 %
TPH***	mg/L	228,0	EPA 418.1	± 20 %

Norma de Referencia: N/A

Parámetro acreditado

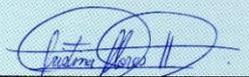
* Parámetro acreditado fuera del alcance

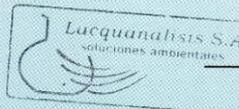
** Parámetro No acreditado

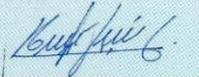
*** Parámetro lab. Subcontratado Acreditado:

Certificado: OAE LE 2C 05-002

PERSONAL RESPONSABLE:


Ing. Cristina Flores
ANALISTA




Dr. Harold Jiménez
DIRECTOR TÉCNICO

NOTA:

El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

Dirección: Edif. Plaza Ficoa, local 202, Av. Rodrigo Pachano s/n y Montalvo
 Teléfono: 09-5363620 / 03-2420106 www.lacquanalisis.com info@lacquanalisis.com
 Ambato, Ecuador - Sud América

	INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS FISIQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS 17025-RG-CC-71-01	Acreditación N° OAE LE C 14-001 LABORATORIO DE ENSAYOS
---	--	--

DATOS DEL CLIENTE		DATOS GENERALES	
CLIENTE:	Sra. Mishell Molina	CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	1607443
DIRECCIÓN:	Clda. FAE, Latacunga	TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual
PERSONA DE CONTACTO:	Sra. Mishell Molina	RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	Sra. Mishell Molina
TELÉFONO DE CONTACTO:	09 99037406	FECHA /HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	20 de julio de 2016: 12h15
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:	Lavadora de Auto	FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	20 de julio de 2016
LUGAR DONDE SE TOMÓ LA MUESTRA:	Laboratorio químico FICM	FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	27 de julio de 2015
RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	Sra. Mishell Molina	CONDICIONES AMBIENTALES:	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	20 de julio de 2016: 11H00	Humedad (%):	42
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual	Temperatura (°C):	17,7

ANÁLISIS REALIZADOS

PARÁMETROS	UNIDADES	METODO UTILIZADO	Tabla 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. TULAS. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015)	RESULTADOS
TURBIEDAD (A RESIDUALES)*	NTU	APHA-2130-B	-	226
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)*	mg/l	APHA-5210-B	250,0	799
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/l	HACH 8000	500,0	1 609
SOLID.TOT.SUSPENDIDOS *	mg/l	APHA-2540-D	220,0	481
SOLIDOS TOTALES *	mg/l	APHA-2540-B	1 600,0	976

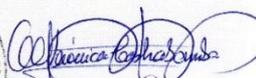
Los ensayos marcados con () NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE*

PARÁMETRO ACREDITADO	RANGO DE ACREDITACIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL MÉTODO	EQUIPO UTILIZADO	MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO
DQO	20 - 25000 mg/L	19%	EQ-075	17025-PR-CC-28-XX / Método de referencia: HACH 8000

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA QUE SE HA SOMETIDO A ENSAYO (MUESTRA PUNTUAL) EPEMAPAA NO SE RESPONSABILIZA DEL ORIGEN DE LA MUESTRA, TRANSPORTACIÓN DE LA MISMA Y VERACIDAD DE LOS DATOS DADOS POR EL CLIENTE.

PROFESIONALES RESPONSABLES:


 Ing. Andrea Tirado
LABORATORISTA QUÍMICO


 Ing. Verónica Cashabamba
RESPONSABLE TÉCNICO



Laboratorios de Control de Calidad, EP - EMAPA - A,
Antigua Vía a Santa Rosa - Ambato Telf. 2585991

INFORME DE RESULTADOS



Acreditación N° OAE LE C 11-010
LABORATORIO DE ENSAYOS

DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	MISHEL MOLINA GARCÍA
REPRESENTANTE:	
DIRECCIÓN:	Latacunga
TELÉFONO:	032 385 387
CELULAR:	099 903 7406
e - mail:	estefaniamolina8mg@gmail.com

Versión:	7
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	26/03/2014
NÚMERO DE INFORME:	
LACQUA	1 6- 1 5 6 1

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%): 46	TEM. AMBIENTE (°C): 20
-------------------------	-----------------	------------------------

TIPO DE MUESTRA:	Agua residual lubricadora	FECHA TOMA DE MUESTRA:	20 de julio de 2016
RESPONSABLE MUESTREO:	Cliente		
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual		
FECHA DE ANÁLISIS:	Del 20 al 29 julio de 2016		
FECHA EMISIÓN DE INFORME:	29 de julio de 2016		

INFORME ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
Aceites y Grasas	mg/L	2,10	PRO TEC 053 / EPA 1664 A	± 18,02 %
TPH***	mg/L	86,8	EPA 418.1	± 20 %

Norma de Referencia: N/A

Parámetro acreditado

* Parámetro acreditado fuera del alcance

** Parámetro No acreditado

*** Parámetro lab. Subcontratado Acreditado:

Certificado: OAE LE 2C 05-002

PERSONAL RESPONSABLE:

Ing. Julia Cunalata
ANALISTA



Dr. Harold Jiménez
DIRECTOR TÉCNICO

NOTA:

El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

Dirección: Edif. Plaza Ficoa, local 202, Av. Rodrigo Pachano s/n y Montalvo
Teléfono: 09-5363620 / 03-2420106 www.lacquanalisis.com info@lacquanalisis.com
Ambato, Ecuador - Sud América

	INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS 17025-RG-CC-71-01	Acreditación N° OAE LE C 14-001 LABORATORIO DE ENSAYOS
---	--	--

Página 1 de 1

DATOS DEL CLIENTE		DATOS GENERALES	
CLIENTE:	Sra. Mishel Molina	CODIGO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	1607451
DIRECCIÓN:	Ciudad. FAE, Latacunga	TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual
PERSONA DE CONTACTO:	Sra. Mishel Molina	RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	Sra. Mishel Molina
TELÉFONO DE CONTACTO:	09 99037406	FECHA / HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	27 de julio de 2016: 12:24
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:	Lavadora de Auto	FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	27 de julio de 2016
LUGAR DONDE SE TOMÓ LA MUESTRA:	Biofiltro	FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	04 de agosto de 2016
RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	Sra. Mishel Molina	CONDICIONES AMBIENTALES:	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	27 de julio de 2016: 11:40	Humedad (%):	45
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual	Temperatura (°C):	18,2

ANÁLISIS REALIZADOS

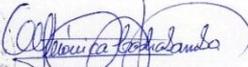
PARÁMETROS	UNIDADES	METODO UTILIZADO	Tabla 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. TULAS. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015)	RESULTADOS
TURBIEDAD (A RESIDUALES)*	NTU	APHA-2130-B	-	110
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)*	mg/l	APHA-5210-B	250,0	861
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/l	HACH 8000	500,0	1 351

"Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

PARÁMETRO ACREDITADO	RANGO DE ACREDITACIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL MÉTODO	EQUIPO UTILIZADO	MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO
DQO	20 - 25000 mg/L	19%	EQ-075	17025-PR-CC-28-XX / Método de referencia: HACH 8000

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA QUE SE HA SOMETIDO A ENSAYO (MUESTRA PUNTUAL) EP-EMAPA NO SE RESPONSABILIZA DEL ORIGEN DE LA MUESTRA, TRANSPORTACIÓN DE LA MISMA Y VERACIDAD DE LOS DATOS DADOS POR EL CLIENTE.

PROFESIONALES RESPONSABLES:

 Ing. Andrea Tirado LABORATORISTA QUÍMICO		 Ing. Verónica Cashabamba RESPONSABLE TÉCNICO
---	---	--

Laboratorios de Control de Calidad, EP - EMAPA - A.
Antigua Vía a Santa Rosa - Ambato Telf. 2585991

	INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS 17025-RG-CC-71-01	Acreditación N° OAE LE C 14-001 LABORATORIO DE ENSAYOS
---	--	--

Página 1 de 1

DATOS DEL CLIENTE		DATOS GENERALES	
CLIENTE:	Sra. Mishel Molina	CODIGO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	1608494
DIRECCIÓN:	Ciudad. FAE. Latacunga	TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual
PERSONA DE CONTACTO:	Sra. Mishel Molina	RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	Sra. Mishel Molina
TELÉFONO DE CONTACTO:	09 99037406	FECHA /HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	10 de agosto de 2016; 13H13
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:	Lavadora de Auto	FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	10 de agosto de 2016; 13H13
LUGAR DONDE SE TOMÓ LA MUESTRA:	Laboratorio Químico FICM	FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	18 de agosto de 2016; 13H13
RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	Sra. Mishel Molina	CONDICIONES AMBIENTALES:	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	10 de agosto de 2016; 12H30	Humedad (%):	42
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual	Temperatura (°C):	18.2

ANÁLISIS REALIZADOS

PARÁMETROS	UNIDADES	METODO UTILIZADO	Tabla 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. TULAS. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015)	RESULTADOS
TURBIEDAD (A RESIDUALES)*	NTU	APHA-2130-B	-	30,4
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)*	mg/l	APHA-5210-B	250,0	678
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/l	HACH 8000	500,0	1 358

"Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

PARÁMETRO ACREDITADO	RANGO DE ACREDITACIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL MÉTODO	EQUIPO UTILIZADO	MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO
DQO	20 - 25000 mg/L	19%	EQ-075	17025-PR-CC-28-XX / Método de referencia: HACH 8000

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA QUE SE HA SOMETIDO A ENSAYO (MUESTRA PUNTUAL) EP-EMAPAA NO SE RESPONSABILIZA DEL ORIGEN DE LA MUESTRA, TRANSPORTACIÓN DE LA MISMA Y VERACIDAD DE LOS DATOS DADOS POR EL CLIENTE.

PROFESIONALES RESPONSABLES:



Ing. Andrea Tirado
LABORATORISTA QUÍMICO




Ing. Verónica Cashabamba
RESPONSABLE TÉCNICO

Laboratorios de Control de Calidad, EP - EMAPA - A,
Antigua Vía a Santa Rosa - Ambato Telf. 2585991



	INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS 17025-RG-CC-71-01	Acreditación N° OAE LE C 14-001 EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE LABORATORIO DE ENFRIAMIENTO DE ALCANTARILLADO DE AMBATO
--	--	---

Página 1 de 1

DATOS DEL CLIENTE		DATOS GENERALES	
CLIENTE:	Sra. Mishel Molina	CODIGO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	1608517
DIRECCIÓN:	Clda. FAE, Latacunga	TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual
PERSONA DE CONTACTO:	Sra. Mishel Molina	RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	Sra. Mishel Molina
TELÉFONO DE CONTACTO:	09 99037406	FECHA /HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	17 de agosto de 2016; 13H23
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:	Lavadora de Auto	FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	17 de agosto de 2016
LUGAR DONDE SE TOMÓ LA MUESTRA:	Biofiltro	FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	23 de agosto de 2016
RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	Sra. Mishel Molina	CONDICIONES AMBIENTALES:	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	17 de agosto de 2016: 12H50	Humedad (%):	43
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual	Temperatura (°C):	18,6

ANÁLISIS REALIZADOS

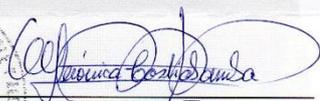
PARÁMETROS	UNIDADES	METODO UTILIZADO	Tabla 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. TULAS. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015)	RESULTADOS
TURBIEDAD (A RESIDUALES)*	NTU	APHA-2130-B	-	26,5
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)*	mg/l	APHA-5210-B	250,0	445
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/l	HACH 8000	500,0	899
SOLID.TOT.SUSPENDIDOS *	mg/l	HACH 8006	220,0	77
SOLIDOS TOTALES *	mg/l	APHA-2540-B	1 600,0	757

Los ensayos marcados con () NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

PARÁMETRO ACREDITADO	RANGO DE ACREDITACIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL MÉTODO	EQUIPO UTILIZADO	MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO
DQO	20 - 25000 mg/L	19%	EQ-075	17025-PR-CC-28-XX / Método de referencia: HACH 8000

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA QUE SE HA SOMETIDO A ENSAYO (MUESTRA PUNTUAL) EPEMAPAA NO SE RESPONSABILIZA DEL ORIGEN DE LA MUESTRA, TRANSPORTACIÓN DE LA MISMA Y VERACIDAD DE LOS DATOS DADOS POR EL CLIENTE.

PROFESIONALES RESPONSABLES:


 Ing. Andrea Tirado
LABORATORISTA QUÍMICO

 Ing. Verónica Cashabamba
RESPONSABLE TÉCNICO
Laboratorios de Control de Calidad, EP - EMAPA - A,
Antigua Vía a Santa Rosa - Ambato Telf. 2585991

INFORME DE RESULTADOS



Acreditación N° OAE LE C 11-010
LABORATORIO DE ENSAYOS

DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	MISHEL MOLINA GARCÍA
REPRESENTANTE:	
DIRECCIÓN:	Latacunga
TELÉFONO:	032 385 387
CELULAR:	099 903 7406
e - mail:	estefaniamolina8mg@gmail.com

Versión:	7
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	26/03/2014
NÚMERO DE INFORME:	
LACQUA	16-1596

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%): 46	TEM. AMBIENTE (°C): 19
-------------------------	-----------------	------------------------

TIPO DE MUESTRA:	Agua residual lubricadora	FECHA TOMA DE MUESTRA:	17/08/2016
RESPONSABLE MUESTREO:	Cliente		
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual		
FECHA DE ANÁLISIS:	Del 18 al 26 agosto de 2016		
FECHA EMISIÓN DE INFORME:	26 de agosto de 2016		

INFORME ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
Aceites y Grasas	mg/L	<0,98	PRO TEC 053 / EPA 1664 A	± 18,02 %
TPH***	mg/L	1,5	EPA 418.1	± 20 %

* Norma de Referencia: N/A

Parámetro acreditado

* Parámetro acreditado fuera del alcance

** Parámetro No acreditado

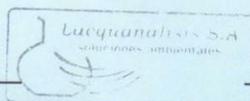
*** Parámetro lab. Subcontratado Acreditado:

Certificado: OAE LE 2C 05-002

PERSONAL RESPONSABLE:

Ing. Julia Cunalata

ANALISTA



Dr. Harold Jiménez
DIRECTOR TÉCNICO

NOTA:

El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio



**INFORME DE RESULTADOS
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS
17025-RG-CC-71-01**



Acreditación N°
OAE LE C 14-001
LABORATORIO DE ENSAYOS MUNICIPAL DE AGUA POTABLE
CANTÓN DE SAN CARLOS, CANTÓN DE AMBATO

Página 1 de 1

DATOS DEL CLIENTE		DATOS GENERALES	
CUENTE:	Sra. Mishel Molina	CODIGO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	1608530
DIRECCIÓN:	Clda. FAE, Latacunga	TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual
PERSONA DE CONTACTO:	Sra. Mishel Molina	RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	Sra. Mishel Molina
TELÉFONO DE CONTACTO:	09 99037406	FECHA /HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	24 de agosto de 2016: 13H38
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:	Agua Residual	FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	24 de agosto de 2016
LUGAR DONDE SE TOMÓ LA MUESTRA:	Laboratorio Químico FICM	FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	31 de agosto de 2016
RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	Sra. Mishel Molina	CONDICIONES AMBIENTALES:	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	24 de agosto de 2016: 12H45	Humedad (%):	32
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual	Temperatura (°C):	18,9

ANÁLISIS REALIZADOS

PARÁMETROS	UNIDADES	METODO UTILIZADO	Tabla 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. TULAS. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015)	RESULTADOS
TURBIEDAD (A RESIDUALES)*	NTU	APHA-2130-B	-	30,7
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)*	mg/l	APHA-5210-B	250,0	534
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/l	HACH 8000	500,0	1192
SOLID.TOT.SUSPENDIDOS *	mg/l	HACH 8006	220,0	87
SÓLIDOS TOTALES *	mg/l	APHA-2540-B	1 600,0	1003

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

PARÁMETRO ACREDITADO	RANGO DE ACREDITACIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL MÉTODO	EQUIPO UTILIZADO	MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO
DQO	20 - 25000 mg/L	19%	EQ-075	17025-PR-CC-28-XX / Método de referencia: HACH 8000

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA QUE SE HA SOMETIDO A ENSAYO (MUESTRA PUNTUAL) EPEMAPAA NO SE RESPONSABILIZA DEL ORIGEN DE LA MUESTRA, TRANSPORTACIÓN DE LA MISMA Y VERACIDAD DE LOS DATOS DADOS POR EL CLIENTE.

PROFESIONALES RESPONSABLES:

Ing. Andrea Tirado
LABORATORISTA QUÍMICO



Ing. Verónica Cashabamba
RESPONSABLE TÉCNICO

Laboratorios de Control de Calidad, EP - EMAPA - A,
Antigua Vía a Santa Rosa - Ambato Telf. 2585991

INFORME DE RESULTADOS

DATOS DEL CLIENTE		Versión: 7	
CLIENTE:	MISHEL MOLINA GARCÍA	Pág.	1 de 1
REPRESENTANTE:		Código:	REG TEC 018
DIRECCIÓN:	Latacunga	Fecha formato:	26/03/2014
TELÉFONO:	032 385 387	NÚMERO DE INFORME:	
CELULAR:	099 903 7406	LACQUA	16-1606
e - mail:	estefaniamolina8mg@gmail.com		



CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%): 46	TEM. AMBIENTE (°C): 19
-------------------------	-----------------	------------------------

TIPO DE MUESTRA: Agua residual lubricadora filtrada
RESPONSABLE MUESTREO: Cliente
TIPO DE TOMA DE MUESTRA: Puntual
FECHA DE ANÁLISIS: Del 24 al 2 septiembre de 2016
FECHA EMISIÓN DE INFORME: 2 de septiembre de 2016
FECHA TOMA DE MUESTRA: 24 de agosto 2016

INFORME ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
Aceites y Grasas	mg/L	<0,98	PRO TEC 053 / EPA 1664 A	± 18,02 %
TPH***	mg/L	3,8	EPA 418.1	± 20 %

Norma de Referencia: N/A
 * Parámetro acreditado fuera del alcance
 ** Parámetro No acreditado
 *** Parámetro lab. Subcontratado Acreditado: Certificado: OAE LE 2C 05-002

PERSONAL RESPONSABLE:

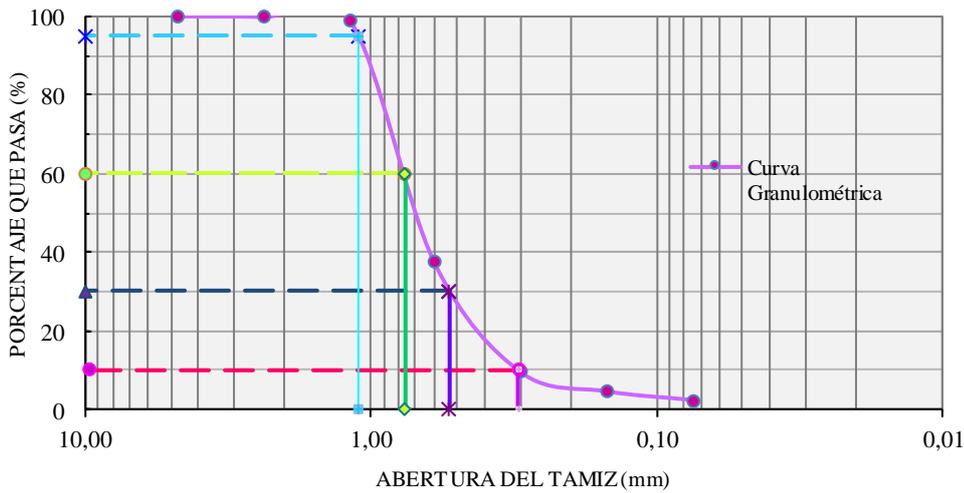
Ing. Julia Cunalata
 ANALISTA

Dr. Harold Jiménez
 DIRECTOR TÉCNICO

NOTA:
 El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

Dirección: Edificio Plaza Ficoa, local 202, Av. Rodrigo Pachano s/n y Montalvo
 Teléfono Móvil: 09-5363620 · info@lacquanalisis.com
 Ambato, Ecuador - Sud América

2.4. Granulometría de los materiales filtrantes

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
<i>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</i>				
Granulometría del Carbón Activado Fino de Cáscara de Coco				
Peso de la muestra (gr):		500		
Pérdida de muestra (%):		0,6		
Ensayado por:		Mishel Estefania Molina Garcia		
Norma:		INEN 696		
Fecha:		20/07/2016		
TAMIZ	Abertura mm	PESO RETENIDO ACUMULADO gr	% RETENIDO ACUMULADO %	% QUE PASA %
N 4	4,760	0,00	0,00	100,00
PASA N 4				
N 8	2,360	0,71	0,14	99,86
N 16	1,180	5,65	1,13	98,87
N 30	0,600	313,03	62,61	37,40
N 50	0,300	452,62	90,52	9,48
N 100	0,150	477,30	95,46	4,54
N 200	0,074	488,58	97,72	2,29
PASA N200		8,46	1,69	
TOTAL		497,04		
CURVA GRANULOMÉTRICA DEL C. A. C. F.				
 <p>The graph plots the percentage of material that passes through a sieve against the sieve size in millimeters. The x-axis is logarithmic, ranging from 10.00 mm to 0.01 mm. The y-axis represents the percentage of material that passes, from 0% to 100%. The curve starts at 100% for sieve sizes above 4.76 mm and drops sharply between 1.18 mm and 0.6 mm, reaching approximately 37.4% at 0.6 mm. It continues to drop to about 2.29% at 0.074 mm and remains low for smaller sieve sizes.</p>				
PARÁMETROS DE LA GRANULOMETRÍA				
D10 (mm)	0,30	Cu	D60 / D10	2,50
D30 (mm)	0,53	Cc	$D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10})$	1,22
D60 (mm)	0,76	TNM	(mm)	1,10



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



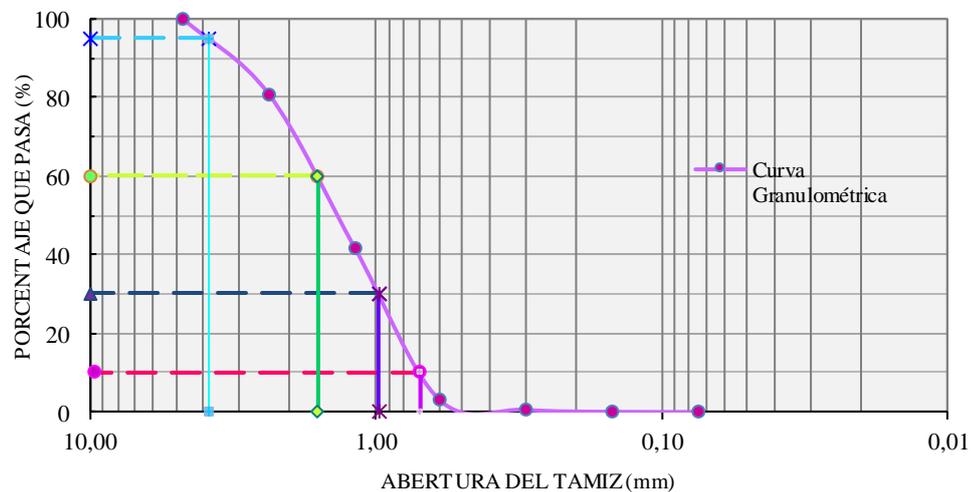
ELABORACIÓN DE UN FILTRO ARTESANAL DE AGUA UTILIZANDO MATERIALES NO CONVENCIONALES, EVALUANDO SU EFICIENCIA PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES GENERADA POR UNA LAVADORA DE AUTOS

Granulometría del Carbón Activado Grueso de Cáscara de Coco

Peso de la muestra (gr):	500
Pérdida de muestra (%):	0,1
Ensayado por:	Mishel Estefania Molina Garcia
Norma:	INEN 696
Fecha:	20/07/2016

TAMIZ	Abertura mm	PESO RETENIDO ACUMULADO gr	% RETENIDO ACUMULADO %	% QUE PASA %
N 4	4,760	0,00	0,00	100,00
PASA N 4				
N 8	2,360	96,94	19,39	80,61
N 16	1,180	292,30	58,46	41,54
N 30	0,600	483,59	96,72	3,28
N 50	0,300	496,54	99,31	0,69
N 100	0,150	499,13	99,83	0,17
N 200	0,074	499,50	99,90	0,10
PASA N200		0,00	0,00	
TOTAL		499,50		

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL C. A. C. G.



PARÁMETROS DE LA GRANULOMETRÍA

D10 (mm)	0,70	Cu	D60 / D10	2,29
D30 (mm)	0,98	Cc	$D30^2 / (D60 * D10)$	0,85
D60 (mm)	1,60	TNM	(mm)	3,85



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



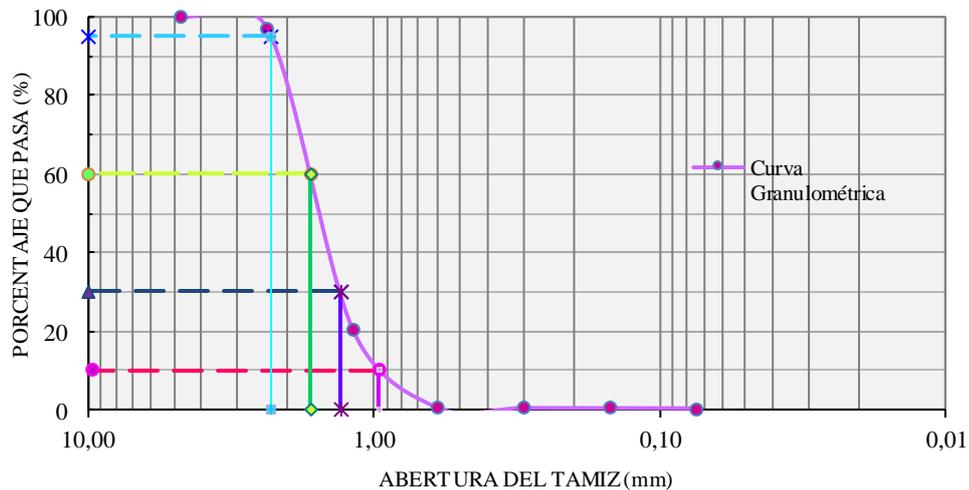
ELABORACIÓN DE UN FILTRO ARTESANAL DE AGUA UTILIZANDO MATERIALES NO CONVENCIONALES, EVALUANDO SU EFICIENCIA PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES GENERADA POR UNA LAVADORA DE AUTOS

Granulometría del Fréjol Blanco Triturado

Peso de la muestra (gr):	500,5
Pérdida de muestra (%):	0,1
Ensayado por:	Mishel Estefania Molina Garcia
Norma:	INEN 696
Fecha:	20/07/2016

TAMIZ	Abertura mm	PESO RETENIDO ACUMULADO gr	% RETENIDO ACUMULADO %	% QUE PASA %
N 4	4,760	0,00	0,00	100,00
PASA N 4				
N 8	2,360	14,10	2,82	97,18
N 16	1,180	399,72	79,86	20,14
N 30	0,600	498,16	99,53	0,47
N 50	0,300	498,65	99,63	0,37
N 100	0,150	498,82	99,66	0,34
N 200	0,074	499,15	99,73	0,27
PASA N200		1,00	0,20	
TOTAL		500,15		

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL FRÉJOL BLANCO TRITURADO



PARÁMETROS DE LA GRANULOMETRÍA

D10 (mm)	0,96	Cu	D60 / D10	1,73
D30 (mm)	1,30	Cc	$D30^2 / (D60 * D10)$	1,06
D60 (mm)	1,66	TNM	(mm)	2,28



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



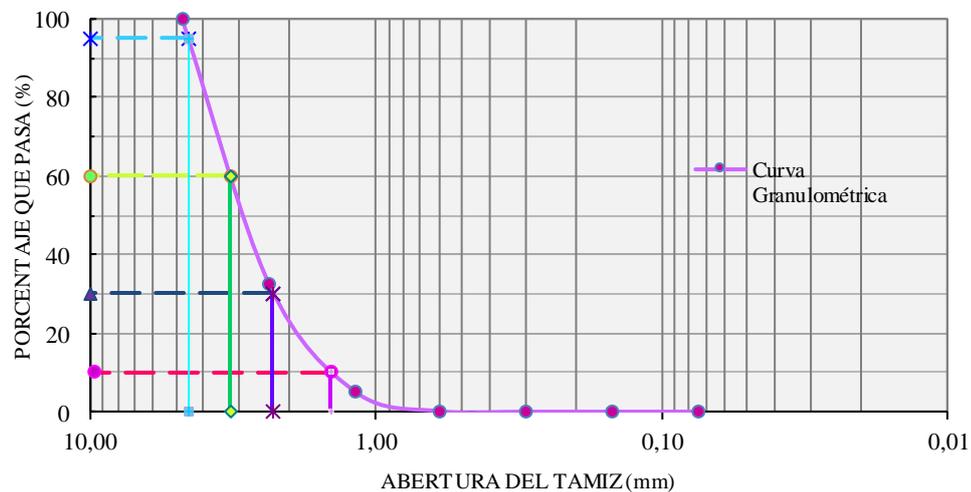
ELABORACIÓN DE UN FILTRO ARTESANAL DE AGUA UTILIZANDO MATERIALES NO CONVENCIONALES, EVALUANDO SU EFICIENCIA PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES GENERADA POR UNA LAVADORA DE AUTOS

Granulometría del Fréjol Rojo Triturado

Peso de la muestra (gr):	500,5
Pérdida de muestra (%):	0,1
Ensayado por:	Mishel Estefania Molina Garcia
Norma:	INEN 696
Fecha:	20/07/2016

TAMIZ	Abertura mm	PESO RETENIDO ACUMULADO gr	% RETENIDO ACUMULADO %	% QUE PASA %
N 4	4,760	0,00	0,00	100,00
PASA N 4				
N 8	2,360	337,60	67,45	32,55
N 16	1,180	474,60	94,83	5,17
N 30	0,600	499,40	99,78	0,22
N 50	0,300	500,00	99,90	0,10
N 100	0,150	500,00	99,90	0,10
N 200	0,074	500,00	99,90	0,10
PASA N200		0,20	0,04	
TOTAL		500,20		

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL FRÉJOL ROJO TRITURADO



PARÁMETROS DE LA GRANULOMETRÍA

D10 (mm)	1,44	Cu	D60 / D10	2,24
D30 (mm)	2,29	Cc	$D30^2 / (D60 * D10)$	1,13
D60 (mm)	3,22	TNM	(mm)	4,50