



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

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

**TEMA:**

---

ANÁLISIS DE PIEDRA PÓMEZ COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE UNA LAVADORA Y LUBRICADORA DE AUTOS “CITY WASH”, UBICADA EN LA CIUDAD AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

---

**AUTOR:** NATA LLAMUCA JOSÉ VINICIO

**TUTOR:** ING. Mg. FABIÁN MORALES FIALLOS

**AMBATO – ECUADOR**

**2018**

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Mg. Fabián Morales Fiallos certifico que el presente Informe del Trabajo Experimental **“ANÁLISIS DE PIEDRA PÓMEZ COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE UNA LAVADORA Y LUBRICADORA DE AUTOS “CITY WASH”, UBICADA EN LA CIUDAD AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”** realizado por el Sr. Nata Llamuca José Vinicio, Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédita.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ambato, febrero 2018

---

Ing. Mg. Fabián Morales Fiallos

TUTOR

## **AUTORÍA DEL TRABAJO**

Yo, Nata Llamuca José Vinicio, con C.I. 200008339-0 Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, indico que los criterios emitidos y el contenido en el presente Trabajo Experimental previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, con el tema: **“ANÁLISIS DE PIEDRA PÓMEZ COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE UNA LAVADORA Y LUBRICADORA DE AUTOS “CITY WASH”, UBICADA EN LA CIUDAD AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, es de mi completa autoría.

Ambato, febrero 2018

---

Nata Llamuca José Vinicio

**AUTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

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

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

Ambato, febrero 2018

---

Nata Llamuca José Vinicio

**AUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los suscritos profesores calificadores, una vez revisado, aprueban el Trabajo Experimental, sobre el tema: **“ANÁLISIS DE PIEDRA PÓMEZ COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE UNA LAVADORA Y LUBRICADORA DE AUTOS “CITY WASH”, UBICADA EN LA CIUDAD AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, realizado por Nata Llamuca José Vinicio, egresado 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.

Ambato, febrero 2018

---

Ing. Mg. Eduardo Paredes

**CALIFICADOR**

---

Ing. Mg. Geovanny Paredes

**CALIFICADOR**

## DEDICATORIA

*Primeramente, a Jehová mi único dios que me ha bendecido y me sigue bendiciendo con salud y vida y que a pesar de los problemas que se me han presentado siempre hallé un refugio en su presencia y saber sobrellevarlos.*

*A mi padre, que hoy en día que por razones de la vida no se encuentra en cuerpo y alma, pero estoy seguro que desde el cielo está contento por ver que alcanzado un objetivo que juntos nos planteamos un día.*

*A mi madre querida, por ser una mujer fuerte y aguerrida que nunca se dejó vencer de las dificultades y sacar adelante a mí y a mis hermanas con el propósito de que seamos unos profesionales y sobre todo personas de bien sin perjudicar al prójimo.*

*A mis hermanas Jessica y Alexandra, quienes han sabido brindarme su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera universitaria para que pueda crecer en lo personal y profesionalmente.*

*A mi hermana pequeña, que ha sabido ayudarme en cualquier apuro que he tenido durante este proceso.*

*A mis padrinos, quienes han sido un pilar fundamental dentro de mi crecer como persona porque siempre han estado para mí cuando he tenido problemas.*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Jehová mi único dios por la salud y vida brindada porque sin ella nada de esto sería posible.*

*A mi padre José, que gracias a su ejemplo que me dejó en su poca estancia en la tierra, logré aprender el significado del esfuerzo para conseguir lo que uno desea.*

*A mi madre Margarita, por los valores inculcados y los consejos que a lo largo de mi crecer me han servido para no decaer y permanecer en constancia con mi objetivo.*

*A mis tres hermanas, por brindarme su apoyo incondicional y palabras de aliento, para seguir adelante y ser mejor persona cada día.*

*A mis padrinos, por siempre estar ahí cuando yo les he necesitado y por lo consejos que me han permitido sobrellevar cualquier problema.*

*A toda mi familia, que a pesar de la distancia siempre han estado apoyándome por medio de los consejos y buenas vibras hacia mi persona para que pueda lograr todo lo que me ponga como objetivo.*

*A mi tutor Fabián Morales, por su sabiduría y predisposición para sacar adelante este proyecto y lograr el objetivo que algún día me puse de adolescente.*

## ÍNDICE GENERAL

### PÁGINA PRELIMINARES

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
AUTORIA DEL TRABAJO.....	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROVACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
RESUMEN EJECUTIVO.....	XIV
ABSTRACT (SUMMARY).....	XV

### 1 CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1 TEMA.....	1
1.2 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	5

### 2 CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
2.1.1 Agua residual.....	6
2.1.2 Tratamiento de aguas residuales de lavadoras de autos.....	6
2.1.2.1 Tratamientos convencionales de aguas residuales.....	7
2.1.3 Filtración.....	8
2.1.3.1 Filtración lenta.....	8
2.1.3.2 Filtración rápida.....	8
2.1.3.3 Mecanismos de filtración.....	9
2.1.3.4 Mecanismos de transporte.....	9

2.1.3.5 Mecanismos de adherencia.....	11
2.1.3.6 Adsorción.....	13
2.1.3.7 Absorción.....	14
2.1.3.8 Intercambio iónico.....	14
2.1.3.9 Desinfección.....	14
2.1.4 Material filtrante.....	15
2.1.5 Demanda biológica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ).....	16
2.1.6 Demanda química de oxígeno (DQO).....	16
2.1.7 Aceites y grasas.....	16
2.1.8 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....	16
2.2 HIPÓTESIS.....	17
2.2.1 Hipótesis Nula.....	17
2.2.2 Hipótesis Alternativa.....	17
2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE HIPÓTESIS.....	17
2.3.1 Variables Independientes.....	17
2.3.2 Variables Dependiente.....	17

### **3 CAPÍTULO III. METODOLOGÍA**

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	18
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	18
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	20
3.3.1 Variable Independiente.....	20
3.3.2 Variable Dependiente.....	21
3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	22
3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	23
3.5.1 Ubicación de la industria en estudio.....	23
3.5.2 Descripción de la industria.....	23
3.5.3 Funcionamiento de la industria.....	27
3.5.4 Material para la elaboración del Filtro.....	29
3.5.5 Estructuración del filtro de piedra pómez.....	30
3.5.6 Diseño del filtro.....	32
3.5.7 Recolección de muestras de agua residual.....	32
3.5.8 Costo del filtro de piedra pómez.....	33
3.5.9 Cálculo de caudales.....	34

3.5.9.1 Cálculo de caudal de entrada.....	34
3.5.9.2 Cálculo de caudal de salida.....	39
3.5.9.3 Cálculo de la cantidad de agua por vehículo.....	41

#### **4 CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS.....	42
4.1.1 Caudal de entrada.....	42
4.1.2 Caudal de salida.....	43
4.1.3 Análisis de caudales.....	43
4.1.4 Resultados de los Análisis.....	44
4.1.5 Comparación de Resultados por parámetros.....	45
4.1.5.1 Resultados de DBO <sub>5</sub> .....	45
4.1.5.2 Resultados de DQO.....	47
4.1.5.3 Resultados de Aceites y Grasas.....	48
4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	50
4.2.1 Análisis de Eficiencia por parámetro.....	50
4.2.1.1 Análisis de Demanda Biológica de Oxígeno.....	50
4.2.1.2 Análisis de Demanda Química de Oxígeno.....	51
4.2.1.3 Análisis de Aceites y Grasas.....	52
4.2.1.4 Eficiencia cuadro resumen.....	53
4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.....	54

#### **5 CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1 Conclusiones.....	55
5.2 Recomendaciones.....	56

#### **MATERIALES DE REFERENCIA**

1 BIBLIOGRAFÍA.....	57
2 ANEXOS	
2.1 Anexos fotográficos.....	62
2.2 Diseño del filtro.....	65
2.3 Esquema de reistre diario del funcionamiento del filtro.....	72
2.4 Informes de resultados de análisis físicos-químicos.....	73
2.5 Diagrama de funcionamiento de la industria “City Wash”.....	93

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 2. Operacionalización de Variable Independiente.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 3. Operacionalización de Variable Dependiente.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 4. Recolección de información.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 5. Tipos de vehículos y servicios que ofrece la industria.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 6. Cantidad de vehículos por semana.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 7. Costo del filtro.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 8. Lecturas de profundidad del tanque.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 9. Caudales de entrada de la industria de lavado de autos.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 10. Lectura y determinación de caudales de salida.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 11. Resumen de los Análisis físicos-químicos.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 12. Resultados de análisis (DBO<sub>5</sub>).....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 13. Resultados de análisis (DQO).....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 14. Resultados de análisis (Aceites y Grasas).....</i>	<i>48</i>

## ÍNDICES DE FIGURAS

<i>Figura 1. Esquema de tecnologías empleadas en el tratamiento de Aguas Residuales.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 2. Un filtro percolador.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 3. Tipos de mecanismos de transporte.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 4. Mecanismo de impacto inercial.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 5. Mecanismo de acción hidrodinámico.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 6. Trayectoria de la partícula por las fuerzas de Van der Waals.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 7. Acción del polímero en un medio granular.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 8. Diferencia entre absorción y adsorción.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 9. Ubicación de la Industria.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 10. Dimensiones tanque de 10.34 m<sup>3</sup> de capacidad.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 11. Esquema y dimensiones del tanque, sección transversal.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 12. Dimensiones del tanque, sección transversal Ho=1.82m.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 13. Sección Trapecial Ho=1.82m.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 14. Pendiente terreno y proyecto.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 15. Dimensiones de tubería PVC.....</i>	<i>40</i>

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen 1. Lavadora de autos “City Wash”</i> .....	24
<i>Imagen 2. Vehículos en proceso de lavado</i> .....	25
<i>Imagen 3. Tanque de almacenamiento de agua</i> .....	27
<i>Imagen 4. Pozos recolectores del afluente</i> .....	28
<i>Imagen 5. Pozos de trampas de grasas</i> .....	28
<i>Imagen 6. Material empleado como cama filtrante</i> .....	29
<i>Imagen 7. Estructura metálica y tanque plástico de 55 gal</i> .....	30
<i>Imagen 8. Armado del filtro</i> .....	31
<i>Imagen 9. Recipiente adecuado para la filtración</i> .....	31
<i>Imagen 10. Recolección de muestras</i> .....	33

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1. Caudales de ingreso</i> .....	42
<i>Gráfico 2. Caudales de salida</i> .....	43
<i>Gráfico 3. Comparación de resultados de la DBO<sub>5</sub> con límites aceptables</i> .....	46
<i>Gráfico 4. Comparación de resultados de la DQO con límites aceptables</i> .....	47
<i>Gráfico 5. Comparación de resultados de Aceites y Grasas con límites aceptables</i> ..	49
<i>Gráfico 6. Porcentaje de eficiencia de DBO<sub>5</sub></i> .....	50
<i>Gráfico 7. Porcentaje de eficiencia de DQO</i> .....	51
<i>Gráfico 8. Porcentaje de eficiencia de Aceites y Grasas</i> .....	52
<i>Gráfico 9. Cuadro resumen de la eficiencia de los parámetros en estudio</i> .....	53

## RESUMEN EJECUTIVO

**TEMA:** ANÁLISIS DE PIEDRA PÓMEZ COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE UNA LAVADORA Y LUBRICADORA DE AUTOS “CITY WASH”, UBICADA EN LA CIUDAD AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

**AUTOR:** Nata Llamuca José Vinicio

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

El presente trabajo experimental tiene como objetivo determinar la efectividad de la piedra pómez como material filtrante en el tratamiento de aguas residuales. Por lo que in situ se implementó un filtro compuesto por una estructura metálica, sirviendo de soporte para un tanque de 55 galones y un recipiente plástico que contienen el agua residual almacenada y el material filtrante, respectivamente. El volumen de la piedra pómez que se empleó fue de 35 lt con un caudal de 0,105 lt/min para el proceso de filtración.

Para evaluar la efectividad del filtro se consideró tres parámetros a analizar como son la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Aceites y Grasas, durante un período de 40 días de funcionamiento, en el cual se tomaron 10 muestras de agua cruda y filtrada en los días de mayor producción previamente determinados en la industria “City Wash”, para posteriormente ser analizados en un laboratorio acreditado, que nos garantice la confiabilidad de resultados.

Los valores obtenidos indican una reducción de los niveles de contaminación en un porcentaje promedio de 34.42%, 35.66%, 38.87% de DBO<sub>5</sub>, DQO, Aceites y Grasas respectivamente, y en consecuencia alcanzar valores admisibles para la norma TULSMA.

Estos resultados permiten verificar que la piedra pómez como material filtrante podría ser empleado como una opción idónea en el pretratamiento de efluentes generados por lavadoras de autos, ya que en este caso particular logró reducir en cada parámetro el grado de contaminación.

## EXECUTIVE SUMMARY

**TOPIC:** THE PUMICE ANALYSIS AS A FILTER IN THE TREATMENT OF WASTEWATER FROM A WASHER AND LUBRICATOR "CITY WASH", LOCATED IN THE AMBATO CITY, TUNGURAHUA PROVINCE.

**AUTOR:** Nata Llamuca José Vinicio

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

The objective of this experimental project is to determine the effectiveness of the stone as a filtering material in the treatment of wastewater. Therefore, a 55-gallon container and a plastic container containing the stored wastewater and filtering material, respectively, were implemented. The volume of pumice stone that was used of 35 liters with a flow rate of 0.105 lt / min for the filtration process.

To evaluate the effectiveness of the filter, three parameters were analyzed: Biochemical Oxygen Demand (BOD5), Chemical Oxygen Demand (COD) and Oils and Fats, during a period of 40 days of operation, in which 10 were taken samples of raw and filtered water in the days of higher production previously determined in the "City Wash" industry, to be analyzed later in an accredited laboratory, which guarantees the reliability of results.

The values obtained indicate a reduction of pollution levels in an average percentage of 34.42%, 35.66%, 38.87% of BOD5, COD, Oils and Fats respectively, and consequently reach admissible values for the TULSMA standard.

These results allow to verify that the pumice stone is filtering material could be used as an ideal option in the pretreatment of effluents generated by car washers, since in this particular case the degree of contamination was reduced in each parameter.

# 1. CAPÍTULO I

## ANTECEDENTES

### 1.1. TEMA:

ANÁLISIS DE PIEDRA PÓMEZ COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE UNA LAVADORA Y LUBRICADORA DE AUTOS “CITY WASH”, UBICADA EN LA CIUDAD AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

### 1.2. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS:

La humanidad en su afán de crear nuevas industrias realiza un sin número de actividades relacionadas con el agua, las cuales están vinculadas con la contaminación, ya que cuyas descargas van dirigidas a los ríos y al océano [1], las mismas que pueden contener desde algunos centenares a varios miles de productos diferentes como por ejemplo sustancias químicas tóxicas, sedimentos y materiales en suspensión así también subproductos que ni siquiera han podido ser identificados, los cuales pueden alterar el ecosistema afectando a los propios seres humanos que nos beneficiamos de sus recursos [2].

De acuerdo con el estudio [3], el tratamiento de las aguas residuales de una manera u otra se ve afectado por las diferencias marcadas en cuanto a los recursos socioeconómicos, ambientales y tecnológicos que existen en diferentes países, esto incide en que algunas zonas no dispongan sistemas convencionales de tratamiento, debido a lo cual los problemas de saneamiento del agua no alcanzan los niveles aceptables que se requiere para su debida descarga.

En la investigación [4] contempla el reúso del agua como un tema de suma importancia debido al fenómeno del cambio climático que atraviesa el planeta. En diferentes casos estas aguas generadas tienden a ser usadas en sistemas de riego para zonas áridas y áreas afectadas por el calentamiento global. De este modo lo que se busca destacar es la protección, conservación y recuperación de las fuentes de agua existentes, que por diferentes motivos las industrias con el paso del tiempo han ido deteriorando con las descargas de residuos dañinos [5].

Una solución de efluentes generadas en pequeñas comunidades e industrias son expuestas en el proyecto [6], quienes detallan la eficiencia de la biofiltración sobre materiales orgánicos, la cual se encuentra entre 90 y 99% con relación a diferentes parámetros estudiados como por ejemplo DQO, DBO y la eliminación de malos olores permitiendo así, el reúso y la descarga a ríos y lagos sin la contaminación de los mismos.

En la investigación [7], se obtuvo un eficaz sistema de tratamiento, mediante la combinación de percolador-columna de arena, logrando tasas de remoción de compuestos nitrogenados: “una eficiencia de remoción de NAT mayor que 70%, con valores bajos de TVC<sub>NAT</sub>”. De igual forma la implementación de conchas marinas como soporte de filtración, fue de estudio en el proyecto [8] alcanzando valores altos de reducción de la carga contaminante teniendo mayores beneficios de remoción de DQO<sub>T</sub>, DQO<sub>5</sub> y DBO<sub>5</sub>, deduciéndose como alternativa de bajo costo para el tratamiento de aguas residuales.

Los filtros además de tener la finalidad de remoción de materia orgánica, es obtener mejoras significativas de olor y color [7]. Mediante el empleo de minerales como la clorita, feldespato, carbón activado y zeolita (50-20-20-10% respectivamente), reportan datos muy prometedores, ya que obtuvieron excelentes eficiencias de remoción de tales parámetros [9].

El estudio [10] dio a conocer un sistema de tratamiento a base de piedras de tezontle y protozarios ciliados como indicadores biológicos, reportando ventajas en la remoción de contaminantes, sin embargo, el tiempo de contacto entre el agua y las bacterias nitrificantes afectaron en la remoción de NH<sub>4</sub>. En el análisis de comparación sobre la capacidad de filtración de la piedra pómez con arena-grava para tratar de eliminar sólidos en suspensión de efluentes de riego, estos sistemas a escala de laboratorio presentaron desempeños diferentes, siendo así que los filtros empleados con piedra pómez tienen una mayor capacidad de remoción de disposición sólida, de esta manera, se considera que pueden usarse como una unidad de pre-filtración antes de los filtros de arena-grava [11].

La biofiltración implica la aplicación de organismos biológicos para eliminar cualquier impureza del agua [7], de acuerdo con esto el uso de un filtro biológico airado como post-tratamiento se obtuvo efluentes de alta calidad, la eficiencia fue del 89% de TCOD, del 92% de DBO<sub>5</sub> y del 95% de TSS [12].

Según el estudio [13], se afirma que para garantizar una buena estabilidad de los efluentes también los filtros biológicos anaeróbicos logran su efectividad por medio de la sedimentación, la asimilación biológica y la retención física a un bajo costo de implantación y simple operación. En relación con lo mencionado anteriormente el reúso de las aguas residuales de sistemas de recirculación acuícola el rendimiento depende del tipo de biofiltro, medio de soporte y del inóculo utilizado [14].

En el tratamiento de aguas residuales también se puede emplear macrofitas flotantes para reducir materia orgánica e inorgánica [15]. Estudios demuestran la eficacia de dicho tratamiento. Otra investigación donde emplearon macrofita acuática como material de biofiltración, del cual reportan la eficiencia en función de la remoción de parámetros de conductividad eléctrica, pH, turbidez, nitritos, fosforo total y ortofosfatos en unos porcentajes de 73.7-15-84.5-86.8-69-77.8 respectivamente [16].

Otro modo de tratar a los efluentes es por medio de técnicas electroquímicas, tales como la electroflotación y la electrocoagulación siendo esta un sistema de tratamientos de aguas residuales de lavadoras de autos, empleando electrodos de aluminio, obteniendo resultados eficaces ya que se logró reducir el 73% DQO, 58% de surfactantes y el 90% de turbidez, pudiendo así reutilizar el agua residual [17].

### 1.3. JUSTIFICACIÓN

Desde el punto de vista ambiental y sanitario, la industria automotriz se ve inmersa en diferentes actividades donde se aplica procesos que generan aguas residuales que se considera perjudicial para el ser humano, estos residuos en su mayoría están conformados por sólidos en forma de grumos que se componen de materia orgánica e inorgánica los cuales se mezclan con el agua, de tal manera que se requiere la implementación de nuevos sistemas de tratamiento. En la mayoría de los países de Latinoamérica se presenta este problema ambiental, teniendo en cuenta que son muy pocas las principales ciudades que disponen de métodos adecuados de tratamientos que tengan el fin de mejorar la calidad de vida. [18]

Actualmente en nuestro país los negocios de lavadoras y lubricadoras de vehículos han incrementado de una manera que los focos contaminantes por las actividades realizadas son irresponsable con el medio ambiente, descargando aguas y aceites directamente al sistema de alcantarillado, pues no disponen de tratamientos adecuados para los efluentes, que permitan reducir la carga contaminante a niveles aceptables descritas por la ley .[19]

En la capital de Tungurahua el río Ambato recibe la descarga de las aguas servidas de más 120.000 habitantes. A esto se añade los residuos de 65 curtiembres; los desechos que producen las fábricas de alimentos, tres empresas de cromadoras, 105 lubricadoras, 30 lavadoras de vehículos de la cuales la mayoría de estos efluentes son evacuadas sin un previo tratamiento.[20]

Debido a lo cual las aguas residuales generados necesitan un proceso de filtración que permita disminuir los niveles de contaminación posterior a su descarga a los ríos; el presente proyecto se va a encargar de evaluar la eficiencia de un filtro artesanal elaborado con piedra pómez pues de una manera relativamente más económica, la creación de este filtro artesanal ayudará a las pequeñas industrias, en este caso la lavadora de autos livianos, ubicada en la ciudad de Ambato, para que los parámetros del agua se encuentren dentro de los rangos establecidos por la ley, previo a la evacuación del agua residual.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

Analizar la piedra pómez en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora y lubricadora de autos “CITY WASH”, ubicada ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua.

### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Conocer la infraestructura y funcionamiento básico de la Lavadora de autos “CITY WASH”.
- Determinar el comportamiento de los caudales utilizados en la Lavadora de autos “CITY WASH”.
- Monitorear las características de biodegradabilidad (DBO5, DQO), grasas y aceites de las aguas residuales provenientes de la Lavadora de autos “CITY WASH”.
- Determinar si la piedra pómez puede ser utilizado como material filtrante en el pretratamiento de aguas residuales provenientes de la Lavadora de autos.

## 2. CAPÍTULO II

### FUNDAMENTACIÓN

#### 2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

##### 2.1.1. Agua residual

Son aquellas aguas que presentan un cambio de calidad tanto en sus características físicas y en su composición química que normalmente se produce de manera directa o indirecta por las actividades de las personas a nivel individual o industrial. Se las considera residuales ya que constituyen un residuo y están conformadas por desechos orgánicos e inorgánicos, los microorganismos presentes en el agua son los causantes de descomponer la materia orgánica. [21] [22]

- Agua residual domestica: también llamadas aguas negras, se originan en los domicilios, centros comerciales, establecimientos públicos, básicamente compuestos por residuos de jabón, aceites y grasas, su descarga se conduce hacia la red de alcantarillado.
- Agua residual industrial: son aquellas generadas por cualquier actividad de producción, transformación o manipulación que se emplee el agua. Debido a su alto poder contaminante es necesario depurar parcialmente antes de su descarga.

##### 2.1.2. Tratamiento de aguas residuales de lavadoras de autos

El tratamiento de las aguas residuales generadas por las empresas de lavadoras de autos exige ser estudiada debido a que básicamente están compuestas en su gran mayoría de altos contaminantes como el fosforo, nitrógeno, aceites, grasas y productos químicos.[1] Dando como resultado, altas concentraciones de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Aceites y Grasas y entre otros parámetros.[23]

Por consiguiente, el objetivo de establecer sistemas de tratamientos como por ejemplo procesos de oxidación avanzados, tratamientos microbianos o la implementación de biofiltros es que permitan reducir la contaminación a niveles aceptables de acuerdo a la reglamentación de la ley de medio ambiente.[23][24]

### 2.1.2.1. Tratamientos convencionales de aguas residuales

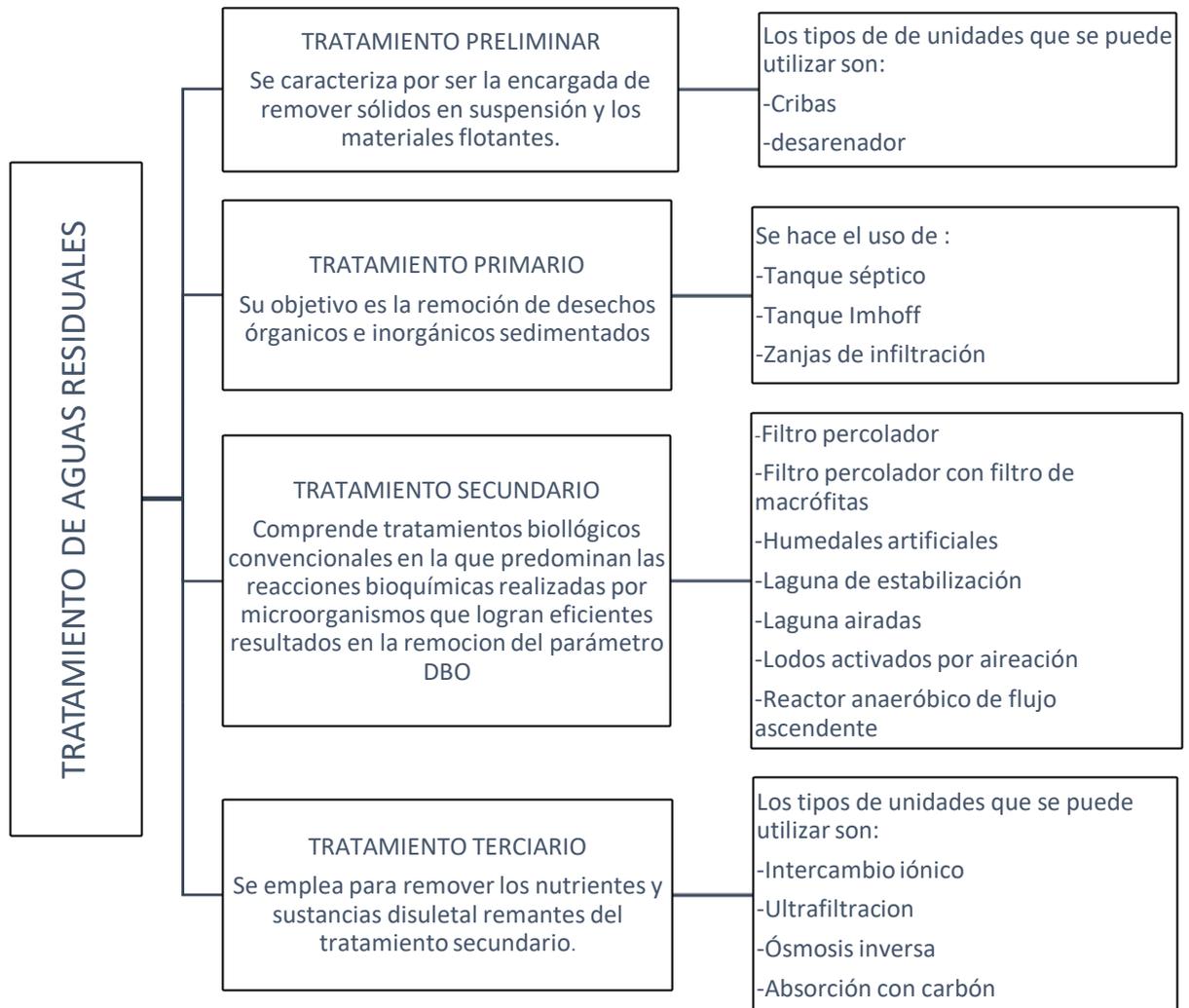


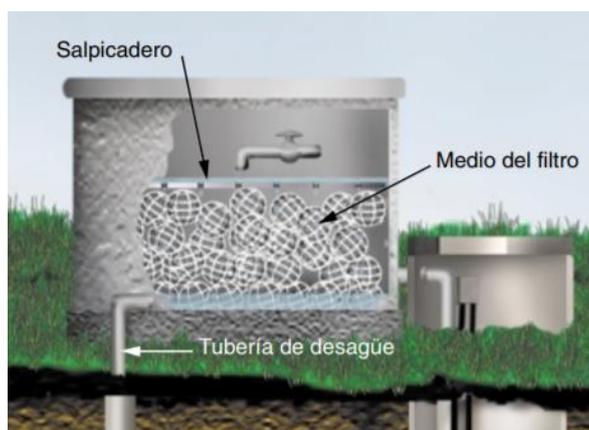
Figura 1. Esquema de tecnologías empleadas en el tratamiento de Aguas Residuales

Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio

Fuente: [25]

### 2.1.3. Filtración

La filtración es un proceso donde se hace pasar un fluido a través de un material poroso o dispositivo, por gravedad o mediante presión.[24] Actualmente la filtración se emplea de modo generalizado, para conseguir una mayor eliminación de partículas en suspensión y de materia orgánica biodegradable por medio del transporte y fijación al medio filtrante. [26]. De este modo la filtración se puede clasificar respecto a la carga superficial que contenga el efluente a ser tratada.



*Figura 2. Un filtro percolador*

*Fuente: [27]*

#### 2.1.3.1. Filtración lenta

La filtración lenta tiene como función tratar efluentes donde sus concentraciones de sólidos en suspensión sean bajas, de modo que, por procesos físicos y biológicos forman en la superficie una capa bacteriana (el zmutdeke), capaz de lograr la destrucción de hasta un 98% de los microorganismos patógenos, además estos tipos de filtros generan resultados eficaces en la remoción de turbidez. Su funcionamiento está sujeto de acuerdo al tipo de material y espesor que se considere. [28]

#### 2.1.3.2. Filtración rápida

La filtración rápida consiste en tratar aguas residuales que contengan una alta carga superficial de partículas relativamente grandes. En estos tipos de filtros se emplea como medio filtrante la arena y grava permitiendo así la retención de sólidos en el lecho superficial del filtro a velocidades altas por medio de la gravedad. El número de capas de material filtrante a utilizarse dependerá de las propiedades del agua a tratar. [29]

### 2.1.3.3. Mecanismos de filtración

En un filtro el efluente a ser tratado contiene partículas en suspensión, por consecuencia algunas partículas por su tamaño se mantienen retenidas en la superficie del medio filtrante y otros entran fácilmente en el material granular logrando así adherirse. Es así como la filtración depende de dos mecanismos diferentes pero complementarios entre sí:

- Mecanismo de transporte
- Mecanismo de adherencia

Los mecanismos que se pueden dar en el proceso de filtración como se indica en [30] y [31] son los siguientes:

### 2.1.3.4. Mecanismos de transporte

Los mecanismos para el transporte de partículas hasta los granos de los medios filtrantes son de acción superficial, donde puede existir varias causas para el acoplamiento o acercamiento del material suspendido hacia el lecho filtrante. La importancia de este mecanismo dependerá si la filtración sucede en la capa superior o en la profundidad del medio filtrante ya que aquí actuará la acción física del cernido.

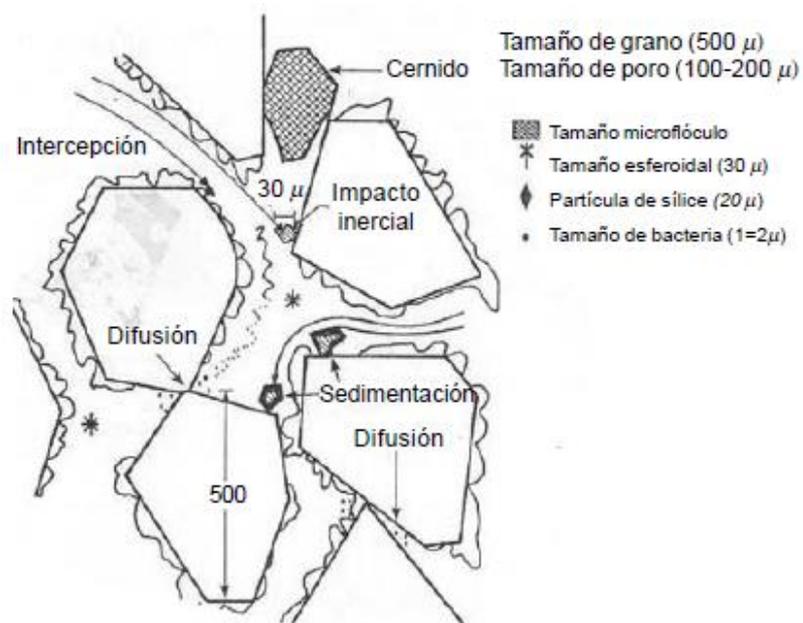


Figura 3. Tipos de mecanismos de transporte

Fuente: [30]

✓ **Cernido**

Es un proceso que frecuentemente actúa sobre el lecho del medio filtrante y partículas de tamaño relativamente grande, capaces de resistir los esfuerzos cortantes producidas por el flujo, los cuales se incrementan en los intersticios.

✓ **Sedimentación**

Este mecanismo afecta a las partículas con una densidad significativamente mayor que el agua, tienden a desviarse de flujo aerodinámico debido a las fuerzas gravitacionales, donde la velocidad de sedimentación sea alta y la carga hidráulica baja.

✓ **Intercepción**

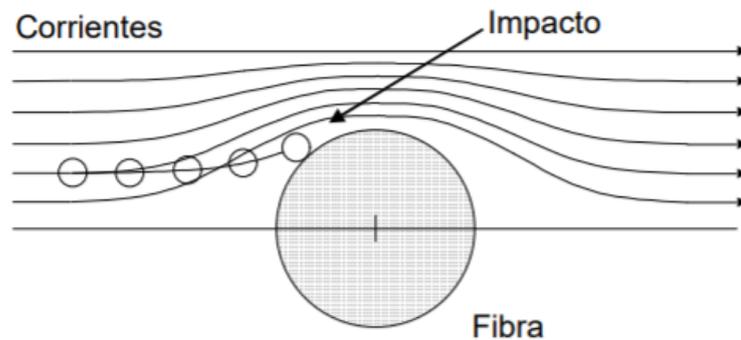
Este mecanismo se ocasiona debido a que la velocidad del flujo es baja y las partículas suspendidas tienen densidades similares al agua, donde el transporte de las partículas se da en trayectorias paralelas, llamada línea de corriente.

✓ **Difusión**

Este mecanismo incide a las partículas pequeñas las cuales se mueven de zonas de mayor a menor concentración debido a el movimiento browniano. Este proceso es directamente proporcional a la temperatura e inversamente proporcional al diámetro de la partícula de la cama del filtro. En la filtración rápida, la difusión es más significativa para partículas de menos de aproximadamente 1  $\mu\text{m}$  de diámetro.

✓ **Impacto inercial**

Cuando la dirección del flujo que transporta una partícula con la inercia suficiente sufre una modificación brusca, como muestra la figura 4, la partícula intenta seguir su trayectoria y choca con la fibra. El grado de inercia de la partícula depende de su tamaño, densidad, velocidad y forma.

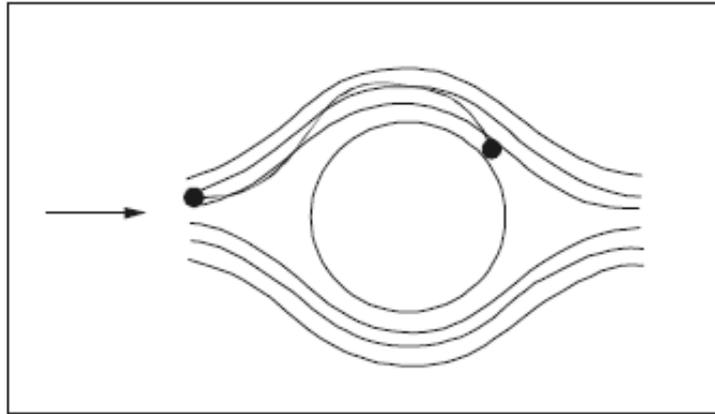


*Figura 4. Mecanismo de impacto inercial*

*Fuente:[32]*

### ✓ **Acción hidrodinámica**

Debido al gradiente de velocidades, las partículas de tamaño relativamente grande en un medio viscoso en movimiento laminar podrán tener en sus extremos velocidades diferentes, como se indica en la figura 5. La diferencia de esas velocidades hace girar a la partícula, produciendo una diferencia de presión perpendicular al escurrimiento, lo cual provoca que la partícula sea conducida a una región de velocidades menor.



*Figura 5. Mecanismo de acción hidrodinámico*

*Fuente: [30]*

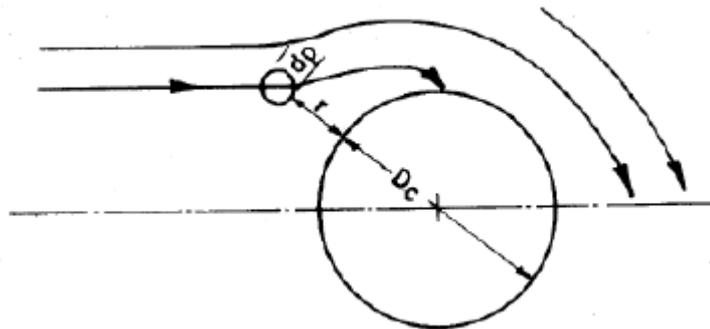
### **2.1.3.5. Mecanismos de adherencia**

El que cada contacto sea o no efectivo y produzca o no adherencia de la partícula al medio filtrante, podría pensarse que depende más de medios físicos, factores químicos y electroquímicos, lo cual induce a modificaciones en el comportamiento de los filtros. Los factores más importantes en la adherencia que consideremos e indicados en [33] serán discretos a continuación son:

- Fuerzas Van der Waals
- Fuerzas electrostáticas
- Enlace químico

### ✓ Fuerzas Van de Waals

Estas fuerzas son las encargadas de la adhesión de las partículas a el lecho filtrante (grano). Estas fuerzas actúan cuando tenemos una distancia pequeña a la cual las fuerzas son operacionales; en el cual cada grano tiene su propio espacio de adhesión y las partículas suspendidas son atraídas a esta región y eliminadas del flujo como se muestra en la figura 6.



*Figura 6. Trayectoria de la partícula por las fuerzas de Van der Waals*

*Fuente: [33]*

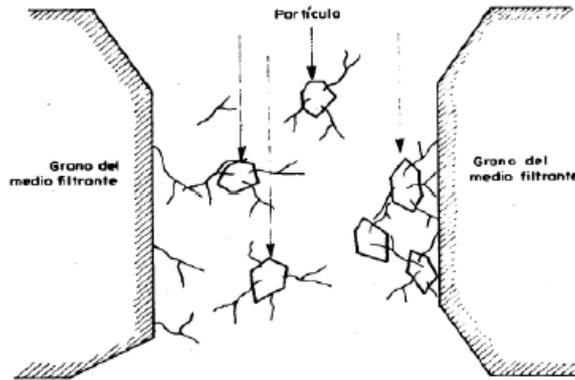
### ✓ Fuerzas electrostáticas

Son fuerzas producto de la combinación de las fuerzas coulómbicas con las de Van de Waals las que posibilitan la adhesión de las partículas suspendidas al medio o grano filtrante. En consecuencia, en este mecanismo las partículas en suspensión y los granos del material filtrante presentan diferentes cargas descritas a continuación:

- Los granos del medio filtrante son negativos y los coágulos son positivos, ocasionando una fuerza de atracción y adhesión entre sí.
- Los granos del material filtrante son negativos mientras que las partículas en suspensión son neutras. Aquí la barrera de energía no existe y se produce adhesión con solo existir contacto.
- Aquí los granos del lecho filtrante como las partículas en suspensión son negativas, en el cual existe repulsión y la posibilidad de adhesión es baja.

### ✓ **Enlace químico**

En este mecanismo las partículas en su superficie forman cadenas poliméricas las cuales dejan segmentos extendidos y al momento de circular por el material filtrante se unen con los segmentos abiertos de los granos de ese modo quedan retenidos.



*Figura 7. Acción del polímero en un medio granular*

*Fuente: [33]*

### **2.1.3.6. Adsorción**

Según [34]–[36], en el tratamiento de efluentes, la adsorción se emplea para la eliminación de sustancias que se encuentran en disolución mediante un proceso el cual la sustancia (adsorbato) es atraída y se adhiere a la superficie de otra sustancia (adsorbente) sin penetrar realmente su estructura interior. El adsorbato es la sustancia que se desea eliminar de la forma líquida, mientras que el adsorbente es el sólido donde se está acumulando el adsorbente. Este fenómeno se considera una transferencia de materia de una fase líquida a una fase sólida.

La adsorción suele darse por procesos físicos o químicos. Por ejemplo, el adsorbato puede quedar fijado en la superficie por atracción eléctrica o por fuerzas de van der Waals, ambos fenómenos físicos (fisisorción), pero también puede quedar adherido por formación de un enlace químico, es decir, con intercambio de electrones (quimisorción).

Este mecanismo se emplea generalmente para un agua que ya ha sido previamente manipulada mediante tratamientos biológicos previos como los del tratamiento primario y secundario.

En consecuencia, este proceso se usa para la eliminación de componentes orgánicos y residuos de constituyente inorgánicos como el nitrógeno, sulfidas y metales pesados entre otros, a estos productos retenidos se los denomina adsorbato.

### 2.1.3.7. Absorción

“La absorción es un tratamiento físico que consiste en la captación de partículas sólidas de menor diámetro que los poros, por lo cual son retenidos en los intersticios del material filtrante. Esta puede ser por disolución o por reacción química, en ese mecanismo la unión es más estable y participa toda la masa del adsorbente.”[24]

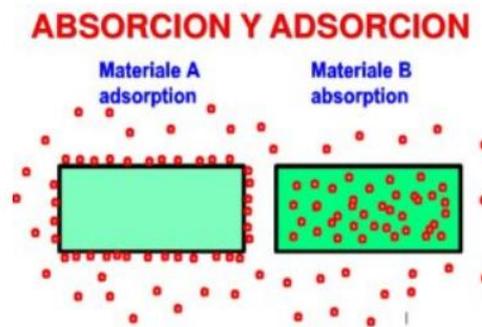


Figura 8. Diferencia entre absorción y adsorción

Fuente: [37]

### 2.1.3.8. Intercambio iónico

La adsorción cae de lleno dentro del intercambio iónico y a menudo se le llama adsorción por intercambio iónico. Este mecanismo son reacciones químicas de reemplazo entre un electrolito en solución y otro en estado soluble, los iones son retenidos por fuerzas electrostáticas ubicadas en la superficie de los sólidos.[24], [36]

### 2.1.3.9. Desinfección

La desinfección se basa en la destrucción selectiva de los organismos que causan enfermedades, este proceso es considerada como la etapa final en el tratamiento del agua. La desinfección se puede efectuar por medio métodos físicos como: luz ultravioleta, elevación de la temperatura o por métodos químicos como: utilización de sustancias desinfectantes de cloro, ozono y los iones metálicos. [24]

#### **2.1.4. Material filtrante**

La existencia de varios tipos de materiales para ser utilizado como soporte de medio filtrante debe ser basada en la calidad de efluente que se desea tratar. Además, debe tenerse en cuenta su capacidad de retención y la facilidad de lavado. [30]

La presente investigación planteó la utilización de piedra pómez como cama de soporte del biofiltro. Sus propiedades fisicoquímicas y económico respecto a otros materiales que han sido objeto de estudios similares hacen de este un material competitivo.

##### **✓ Piedra pómez**

La piedra pómez es uno de los súper absorbentes, siendo un tipo de roca volcánica extrusiva con gran cantidad de poros [38]. Su bajo peso y resistencia hacen de este un material ideal para ser usado como agregados livianos [39]. Además, su alta capacidad de adsorción de material orgánico e inorgánico hace que se emplea en la fabricación de filtros, abrasivos y en usos agrícolas [40], [41].

##### **✓ Propiedades químicas [40]**

- Ph: 7.3
- SiO<sub>2</sub>: 71%
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 12.8%
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 1.75
- CaO: 1.36
- Na<sub>2</sub>O: 3.23
- K<sub>2</sub>O: 3.83

##### **✓ Propiedades físicas [40]**

- Contenido de humedad: 3.4%
- Densidad: 0.4 a 0.9 g cm<sup>3</sup>
- Color: Gris
- Capacidad de absorción: 90 veces su peso

### 2.1.5. Demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

“El parámetro de contaminación orgánica más ampliamente empleado, aplicable tanto a aguas residuales como a aguas superficiales, es la DBO a 5 días (DBO<sub>5</sub>). La determinación del mismo está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica.” [42]

### 2.1.6. 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.” [29]

### 2.1.7. Aceites y grasas

“Estas sustancias so suelen ser solubles y se degradan más lentamente, interfiriendo en los procesos de tratamiento y la vida biológica, contribuyendo a un ambiente anaerobio.”[29]

### 2.1.8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado publico

Los valores máximos permisible expuestos en la tabla 9 del Anexo I del Libro VI del TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (TULSMA), son los vigentes actualmente en el país, el cual regula a industrias que generen efluentes con descarga hacia un sistema de alcantarillado.

*Tabla 1. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público*

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDADES	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y Grasas	Solubles en hexano	mg/l	70
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO <sub>5</sub>	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Potencial de Hidrógeno	pH		6-9
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	220
Sólidos Totales	ST	mg/l	1600

*Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio*

*Fuente:[43]*

## **2.2. HIPÓTESIS**

### **2.2.1. Hipótesis Nula**

La elaboración de un filtro a base de piedra pómez no contribuirá con la disminución de los parámetros contaminantes presentes en el efluente generado por la lavadora de autos “City Wash” ubicada en la ciudad Ambato.

### **2.2.2. Hipótesis Alternativa**

El empleo de piedra pómez como material filtrante disminuirá los niveles de contaminación del agua residual generado por la lavadora de autos “City Wash” ubicada en la ciudad Ambato, previo a la descarga al sistema de alcantarillado.

## **2.3. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE HIPÓTESIS**

### **2.3.1. Variable Independiente**

La implementación de un filtro a base de piedra pómez.

### **2.3.2. Variable Dependiente**

Niveles de contaminación del agua residual generado por la lavadora de autos “City Wash”.

### **3. CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

#### **3.1. Nivel o tipo de investigación**

El presente proyecto experimental se fundamenta en varios tipos de investigación descritas a continuación:

##### **➤ Investigación Exploratoria**

Exploratoria debido a que con esta investigación se conocerá el funcionamiento de la industria de lavadoras de autos “City Wash”, como también el tratamiento de las aguas residuales previo a la descarga al sistema de alcantarillado. Además, se analizará la implementación de un filtro a base de piedra pómez, con la finalidad de saber su eficacia de reducción de contaminantes ante efluentes como estos.

##### **➤ Investigación descriptiva**

La investigación es descriptiva puesto que se tomarán veinte muestras del efluente, diez antes de la filtración y diez después del proceso de filtrado en los días de más actividad con las cuales se hará un cuadro comparativo de los datos arrojados y se observará si existe una disminución notable de los parámetros sujeto a estudio en el proyecto, además de saber el comportamiento de la piedra pómez para posteriormente detallar la eficiencia del mismo.

##### **➤ Investigación de Laboratorio**

Debido a que las muestras recolectadas de agua residual estarán sometidas a análisis físicos-químicos por parte de un laboratorio certificado, el cual brindará resultados verídicos sobre el funcionamiento del filtro a base de piedra pómez.

#### **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

##### **➤ Población**

En el presente proyecto, la población a tomarse en cuenta será el volumen de agua residual procedente de la lavadora de autos “City Wash” durante el tiempo de la investigación, el mismo que comprende en 42 días, dentro del cual la empresa trabajo 40 días en total.

$$VAR = x * t$$

Donde:

VAR= Volumen de agua residual

x= Cantidad de agua residual

t= Tiempo (días, semanas, meses)

$$VAR = 0.91 \frac{m^3}{día} * 42 \text{ días}$$

$$VAR = 38.22 m^3$$

### ➤ Muestra

Durante el proceso de filtración se tomará 20 muestras divididas en 10 para el efluente filtrado y el fluente crudo, en un periodo de 42 días. Además, la consideración como muestra una cantidad de 55 galones diarios que es una cantidad representativa del efluente que la lavadora de autos genero durante sus actividades.

$$Muestra = x * t$$

Donde:

x= Cantidad de agua residual = 55 gal/día

t= Tiempo = 1 semana = 6 días

$$Muestra = x * t$$

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

$$Muestra = 330 \frac{gal}{semana}$$

$$Muestra = 330 \frac{gal}{semana} * \frac{6 \text{ semanas}}{1.5 \text{ meses}}$$

$$Muestra = 1320 \frac{gal}{mes}$$

### 3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

#### 3.3.1. Variable Independiente

La piedra pómez como material filtrante

CONTEXTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS
Un filtro artesanal con materiales de fácil acceso y económico como lo es la piedra pómez, se emplea en la elaboración de un filtro utilizado como cama filtrante, beneficiándose de su capacidad absorbente para la eliminación de partículas contaminantes presentes en el efluente.	Material poroso filtrante	Tamaño óptimo de grano	¿Qué tamaño de partícula será adecuado para el filtro ?	NTE INEN 696
		Vida útil del material	¿Cuál es el tiempo de vida útil del material filtrante?	Análisis de los informes de laboratorio.
	Calidad de agua	Descarga al sistema de alcantarillado público	¿El efluente generado por la empresa en estudio cumple con los parámetros de calidad permisibles establecidos en la Normativa Vigente, previo a la descarga?	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Norma TULSMAS</li> <li>➤ Análisis de laboratorio</li> </ul>

*Tabla 2. Operacionalización de Variable Independiente*

*Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio*

### 3.3.2. Variable Dependiente

Concentraciones de contaminantes en el agua residual de la lavadora de autos

CONTEXTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS
Las aguas residuales provenientes de diferentes actividades industriales, pueden tener altos niveles de contaminación, los cuales se pueden conocer mediante análisis de laboratorio y ser relacionados con los valores permisibles descritos en la tabla 9 del libro VI, Anexo I del TULSMA	Parámetros	DQO	¿Cuál es el porcentaje en el que el filtro de piedra pómez ayuda a disminuir la cantidad de DQO?	STANDARD METHODS 5220D
		DBO <sub>5</sub>	¿Cuál es el porcentaje en el que el filtro de piedra pómez ayuda a disminuir la cantidad de DBO <sub>5</sub> ?	STANDARD METHODS 5210-B
		Aceites y Grasas	¿Cuál es el porcentaje en el que el filtro de piedra pómez ayuda a disminuir la cantidad de Aceites y grasas?	EPA 418.1

*Tabla 3. Operacionalización de Variable Dependiente*

*Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio*

### 3.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
¿Qué evaluar?	Un filtro artesanal elaborado con piedra pómez
¿Sobre que evaluar?	El nivel de efectividad del filtro
¿Sobre que aspectos?	La acción del material en los valores obtenidos luego del proceso de filtrado como: DQO, DBO <sub>5</sub> y Aceites y Grasas los cuales deben estar dentro del margen permisibles por la Norma vigente.
¿Quién evalúa?	Nata Llamuca José Vinicio
¿A quiénes evalua?	A las muestras del efluente no tratadas y a las muestras filtradas proveniente de la lavadora de autos "City Wash"
¿Dónde evalúa?	Laboratorio total chemistry Consultoría
¿Cómo y con qué?	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Ensayos de laboratrio</li><li>➤ Norma TULSMA</li></ul>

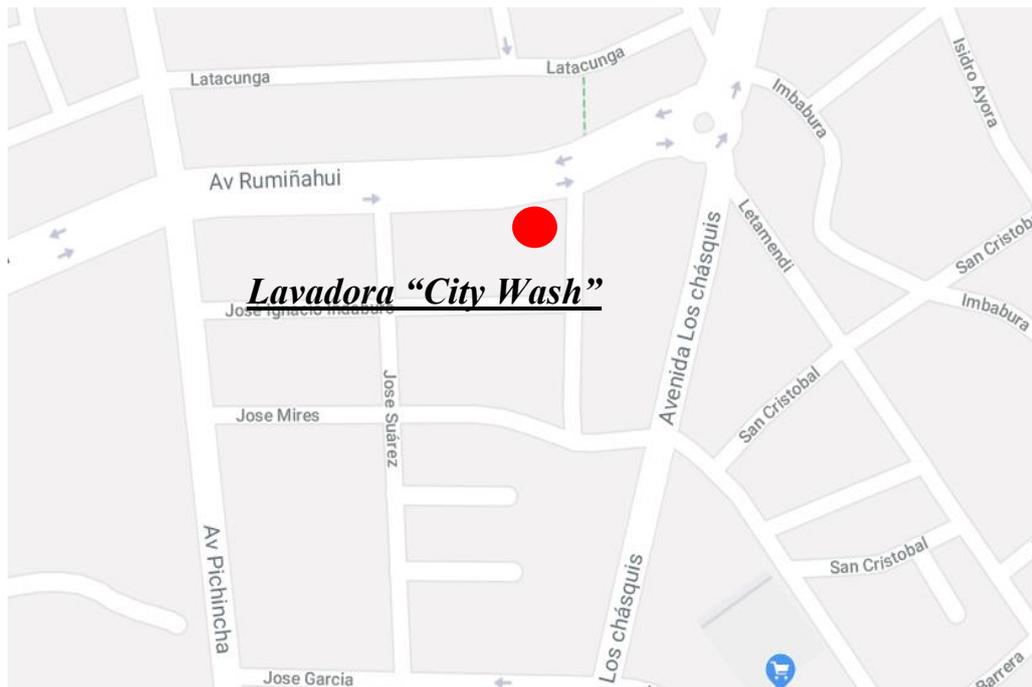
*Tabla 4. Recolección de información*

*Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio*

### 3.5. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

#### 3.5.1. Ubicación de la industria en estudio

La industria “City Wash” dedicada al lavado y lubricado de autos, en la cual se instaló un filtro artesanal compuesto por un solo material filtrante como lo es la piedra pómez, se encuentra localizada en la provincia de Tungurahua, ciudad de Ambato, parroquia Celiciano Monge; sus coordenadas Métricas UTM son: longitud 764466.14 m, latitud 9861542.41 m y elevación 2664 m



*Figura 9. Ubicación de la Industria*  
*Elaborado por: Nata Llamuca Jose Vinicio*  
*Fuente: Google Maps*

#### 3.5.2. Descripción de la Industria

El establecimiento sujeto a estudio, en el cual se procederá a recolectar varias muestras filtradas y no filtradas de agua residual para ser analizadas, cuenta con áreas acordes a las necesidades de los clientes, estos son:

- Área de espera para clientes
- Rampa de lavado y cambio de aceite
- Área de aceites y grasas
- Sitio de aspirado de interiores y secado de exteriores.



*Imagen 1. Lavadora de autos “City Wash”*

*Elaborado por: Nata Llamuca Jose Vinicio*

*Fuente: Lavadora “City Wash”*

La lavadora de autos “City Wash” presta servicios únicamente para vehículos livianos tales como: automóviles, camionetas y busetas. Sus actividades se realizan de 8:30 a 18:00 de lunes a sábados.

*Tabla 5. Tipos de vehículos y servicios que ofrece la industria*

<b>TIPOS DE VEHÍCULOS</b>	<b>SERVICIOS A DISPOSICIÓN</b>
Livianos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Camionetas</li> <li>• Automóviles</li> <li>• Busetas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lavado completo</li> <li>• Lavado express</li> <li>• Lavado de interiores</li> <li>• Cambio de aceites</li> <li>• Engrasado</li> <li>• Pulverizado</li> </ul>

*Elaborador: Nata Llamuca Jose Vinicio*

*Fuente: Lavadora “City Wash”*

La industria cuenta con una cantidad considerable de vehículos, ya que está ubicada en una avenida de flujo vehicular regular, por consiguiente, se procedió al muestreo de vehículos que acudían en un día por una semana trabajo.



*Imagen 2. Vehículos en proceso de lavado*

*Elaborado por: Nata Llamuca Jose Vinicio*

*Fuente: Lavadora “City Wash”*

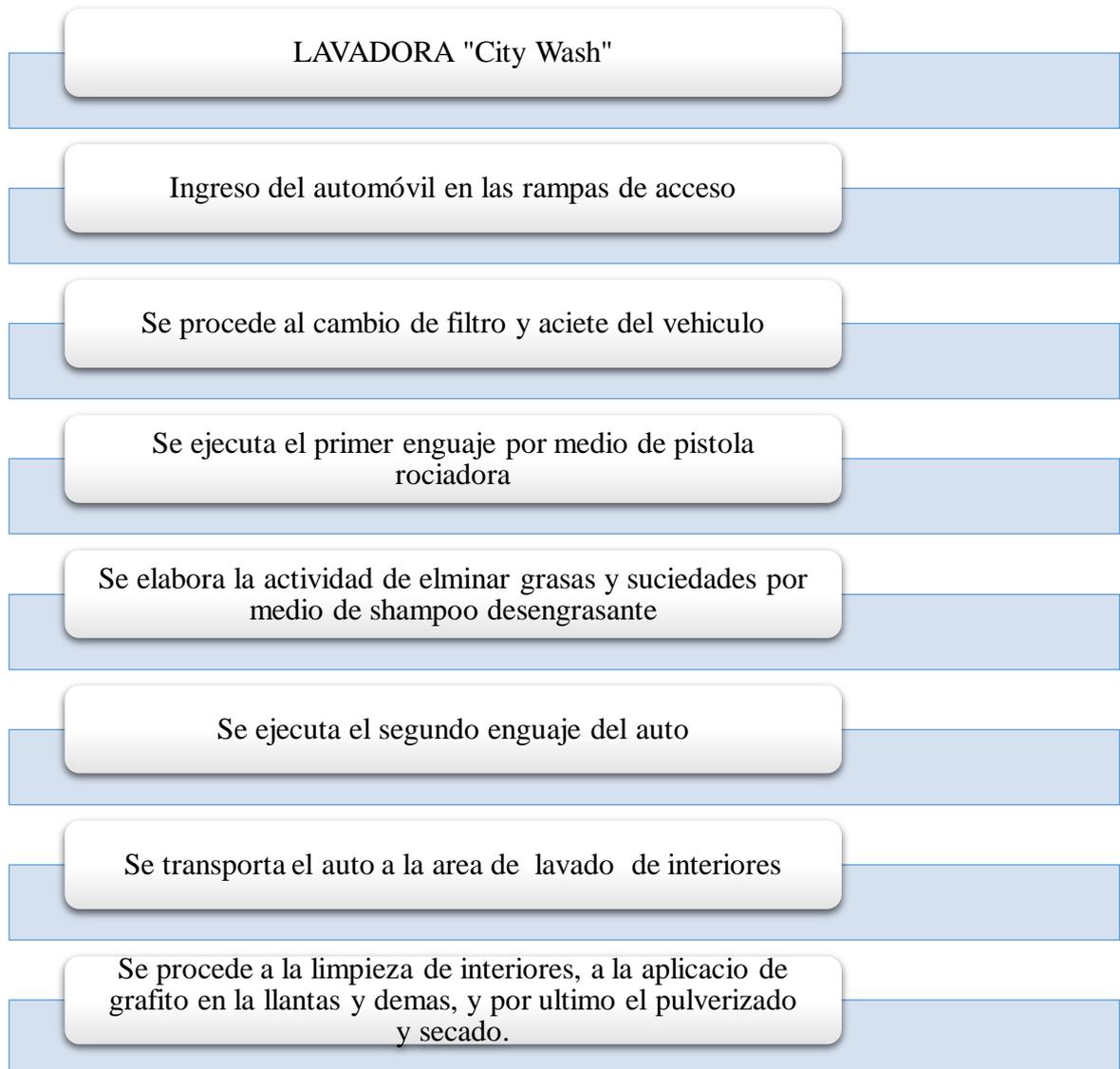
*Tabla 6. Cantidad de vehículos por semana*

<b>DIA</b>	<b>FECHA</b>	<b>VEHÍCULOS LIVIANOS</b>
Lunes	02/octubre/2017	12
Martes	03/octubre/2017	8
Miércoles	04/octubre/2017	9
Jueves	05/octubre/2017	5
Viernes	06/octubre/2017	12
Sábado	07/octubre/2017	13
Lunes	09/octubre/2017	9
	<b>PROMEDIO =</b>	<b>9</b>

*Elaborador: Nata Llamuca Jose Vinicio*

*Fuente: Lavadora “City Wash”*

Proceso que sigue un auto al ser lavado completo:



Por estos varios procesos realizados a lo largo del día, la industria "City Wash" dispone de un sistema de tratamiento para aguas residuales previo a su descarga al sistema de alcantarillado el cual consiste en dos pozos recolectores del afluente, ubicadas bajo las 2 rampas de lavado que sirven como sedimentadores para luego pasar a un pozo de trampa de grasas compuesta por 3 pozos más pequeños, los cuales son los encargados de atrapar las grasa y aceites existente en dichas aguas con el fin de bajar los niveles de contaminación para finalmente ser descargadas al pozo de alcantarillado.

### 3.5.3. Funcionamiento de la industria

Mencionado lo anterior, se procede a describir los procesos que realiza la industria desde la captación del agua hasta su salida.

- La lavadora “City Wash” para proveerse de agua para efectuar su trabajo diario se apoya de un tanque cilíndrico horizontal de capacidad máxima de 10.49 m<sup>3</sup> el cual se abastece mediante tanqueros que transportan agua de vertientes. La demanda de ese líquido no tratado se lo hace aproximadamente cada 2 o 3 semanas ya que esto depende del factor climatológico, el cual hace que varíe la demanda de los usuarios y por ende el gasto del caudal que se emplea para los diferentes procesos que demanda el lavado de un vehículo.



*Imagen 3. Tanque de almacenamiento de agua*

*Elaborado por: Nata Llamuca Jose Vinicio*

*Fuente: Lavadora “City Wash”*

- La industria al contar con 2 rampas de lavado, cuenta de igual manera con 2 pozos recolectores de afluente que sirven como sedimentadores, los cuales se encuentran ubicados en la parte inferior de dichas rampas. Estas se conectan entre sí hasta un punto de descarga por medio de tuberías PVC de diámetro nominal igual 110 mm.



*Imagen 4. Pozos recolectores del afluente*

*Elaborado por: Nata Llamuca Jose Vinicio*

*Fuente: Lavadora “City Wash”*

- Los efluentes recolectados por los pozos mencionados se descargan hacia a la caja de trampas de grasas, en donde se efectúa la retención de partículas orgánicas e inorgánicas.



*Imagen 5. Pozos de trampas de grasas*

*Elaborado por: Nata Llamuca Jose Vinicio*

*Fuente: Lavadora “City Wash”*

- Una vez efectuado la retención de contaminantes, el efluente es descargado hasta la caja de revisión por medio de un tubo PVC de 110mm de diámetro nominal.

### 3.5.4. Material para la elaboración del Filtro

Para llevar a cabo el proyecto experimental, se propuso un filtro artesanal para tratar el efluente generado por la lavadora “City Wash”. El filtro está conformado por dos partes: la primera es el uso de la piedra pómez como material filtrante el cual por sus características le hace ideal para este tipo de estudio, adicionalmente el empleo de una estructura metálica como soporte del filtro y del tanque 55 gal de capacidad que aparte de almacenar el agua residual se puede decir que cumplirá la función de sedimentador.

El material filtrante que es la piedra pómez se obtuvo de una mina que comercializa este producto, la cual se encuentra ubicada en la ciudad de Latacunga en el barrio San Felipe de la parroquia Eloy Alfaro.

Se adquirieron dos quintales para luego ser trasladados hasta los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil Y Mecánica para realizar el tamizado del mismo y poder obtener el tamaño de grano comprendido entre los tamices de 3/8” y #4 el cual será el tamaño propuesto para nuestro filtro.



*Imagen 6. Material empleado como cama filtrante*

*Elaborado por: Nata Llamuca Jose Vinicio*

*Fuente: Nata Llamuca Jose Vinicio*

### 3.5.5. Estructuración del filtro de piedra pómez

Para la construcción del filtro se consideró una estructura metálica, la cual fue dimensionada con el fin de que sirva como soporte de un tanque plástico de 55 gal de capacidad para la recolección del agua residual, el mismo que proveerá al filtro el caudal óptimo durante 24 horas sin interrupciones. Este caudal se mantendrá así ya que el tanque elevado solo descargará 2/3 de su capacidad para no perder la presión de carga del agua.

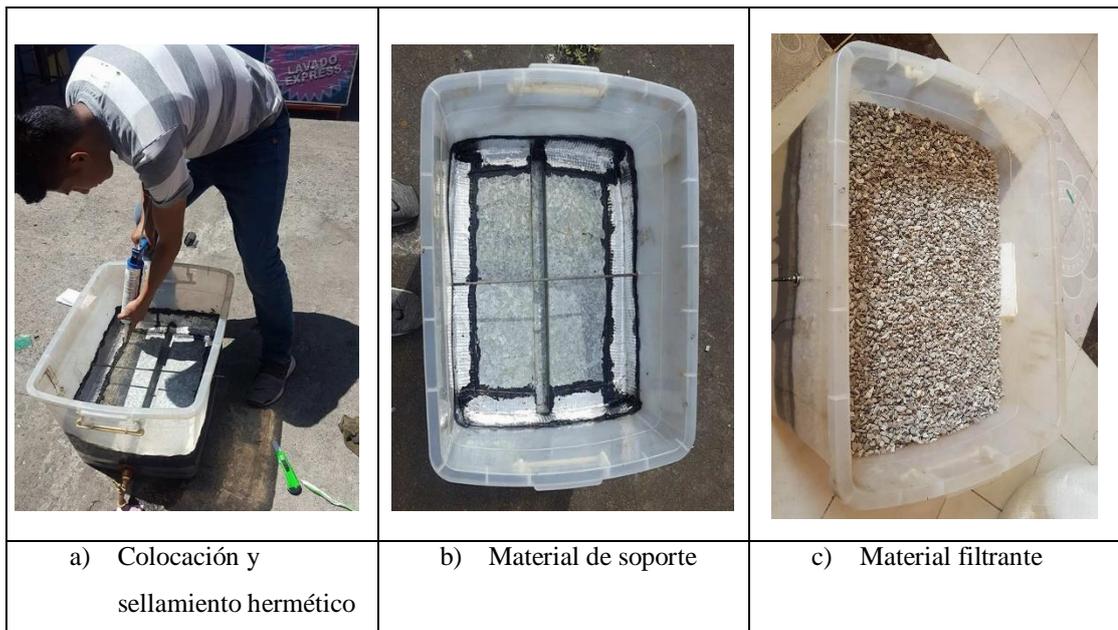


*Imagen 7. Estructura metálica y tanque plástico de 55 gal*

*Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio*

*Fuente: Nata Llamuca José Vinicio*

A esta estructura ya mencionada se le sumará un recipiente plástico cuyas dimensiones son (57x42x34) cm, donde se colocará el material filtrante, este recipiente será ubicado en la parte inferior de la estructura. Además, el recipiente plástico se conforma de una base de listones de madera, por encima de este se colocará una bandeja de tol galvanizado con un canal de 3cm el cual servirá como soporte del material y sistema de recolección del efluente.



*Imagen 8. Armado del filtro*

*Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio*

*Fuente: Nata Llamuca José Vinicio*

Una vez puesto en funcionamiento el agua residual almacenada en el tanque elevado de 55 gal descenderá por una tubería de PVC de ½” de diámetro. Esta bajante de agua estará conectada a un tubo especialmente acondicionado para que pueda repartir a lo largo de toda la superficie de la bandeja perforada de tol. Este proceso permite oxigenar el efluente.



*Imagen 9. Recipiente adecuado para la filtración*

*Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio*

*Fuente: Nata Llamuca José Vinicio*

### **3.5.6. Diseño del filtro**

Para el diseño del filtro se consideró varios parámetros que permitan obtener un modelo eficaz para la remoción de contaminantes de las aguas residuales industriales, los cálculos se encuentran descritos en el anexo.

### **3.5.7. Recolección de muestra de agua residual**

La recolección de muestras del agua residual no tratada y filtrada se llevó a cabo durante los días de mayor actividad que presentaba la industria “City Wash”, siendo los lunes y viernes los días asignados. Para el análisis de resultados se propuso obtener 10 muestras de agua residual no tratada y 10 muestras de aguas residual filtrada, obteniendo como resultado final 20 muestras.

Para su debido manejo y conservación de las muestras se sigue los parámetros que nos sugiere la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169 [44], la cual menciona:

- Para reducir la fotosensibilidad, se recomienda recolectar las aguas residuales en botellas de vidrio ámbar o recipientes oscuros.
- Lavar con agua potable y detergente antes de su uso, seguido de esto se debe homogenizar 3 veces con agua destilada el embace.
- Las muestras se deben almacenar en un lugar fresco y oscuros, a temperaturas entre 2°C - 5°C.
- En el laboratorio, las muestras recolectadas deberán ser almacenadas en refrigeradoras a temperaturas especificadas anteriormente.
- Se recomienda un etiquetado a cada muestra, para facilitar al momento de la redacción de informes e interpretación de resultados.

Para el presente proyecto experimental se efectuaron todas sugerencias descritas anteriormente, por consiguiente, se presenta lo elaboradora para la recolección de muestras en la imagen 10.



*Imagen 10. Recolección de muestras*

*Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio*

*Fuente: Nata Llamuca José Vinicio*

### 3.5.8. Costo del filtro de piedra pómez

*Tabla 7. Costo del filtro de piedra pómez*

DETALLE	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
	Unidad	\$	\$
Estructura metálica	1	70	70
Tanque plástico de 55 gal	1	25	25
Recipiente plástico (57x42x34) cm	1	16.35	16.35
Bandejas de tol galvanizado	2	12	24
Manguera	1	1.5	1.5
Llave de paso de agua	2	5.3	10.6
Tubo PVC 1/2" de 1 m	1	6	6
T de PVC 1/2"	1	1	1
Tapón 1/2"	2	0.26	0.52
Codo PVC 1/2"	1	0.43	0.43
Neplo PVC 1/2"	2	0.35	0.7
		<b>TOTAL</b>	<b>156.1</b>

*Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio*

*Fuente: Nata Llamuca José Vinicio*

### 3.5.9. Cálculo de caudales

#### 3.5.9.1. Cálculo de caudal de entrada

Tabla 8. Lecturas de profundidad del tanque

LECTURA DEL TANQUE CILÍNDRICO			
FECHA:		02 al 10 de Octubre 2017	
DÍA	INICIAL	FINAL	DIFERENCIA DE ALTURAS
Lunes	1.82	1.61	0.21
Martes	1.61	1.51	0.1
Miércoles	1.51	1.4	0.11
Jueves	1.4	1.32	0.08
Viernes	1.32	1.12	0.2
Sábado	1.12	0.9	0.22
Lunes	0.9	0.75	0.15
Martes	0.75	0.65	0.10

Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio

Fuente: Lavadora "City Wash"

#### Se considera un día como muestra de cálculo del caudal

La jornada laboral de la empresa inicia desde las 8:30 am hasta 6 pm, por consiguiente, su tiempo de actividades son 9 horas 30 minutos.

$$9 \text{ horas} = \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 540 \text{ min}$$

$$T = 540 \text{ min} + 30 \text{ min} = 570 \text{ min}$$

#### Dimensiones del tanque

Diámetro = 1.90 m

Radio = 0.95 m

Longitud = 3.70 m

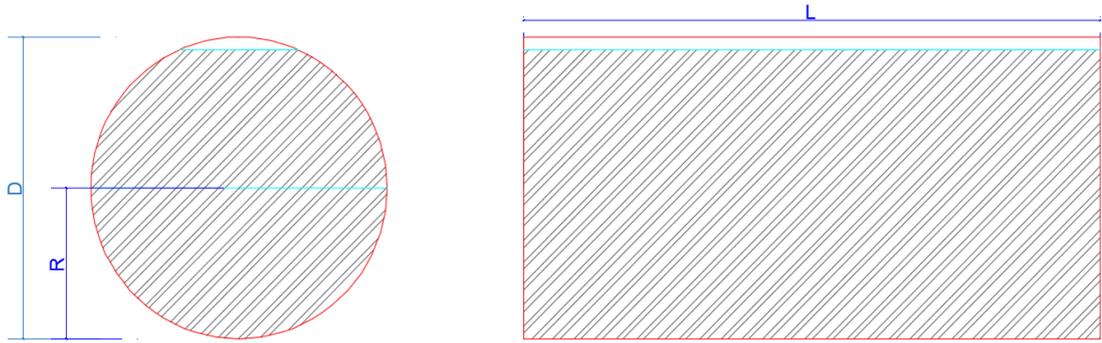


Figura 10. Dimensiones tanque de 10.34 m<sup>3</sup> de capacidad

Sección transversal y longitudinal

Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio

### Cálculo de $\theta$

Se toma la primera y última lectura en un día para el cálculo

➤ **Primera lectura: Tirante  $H_o = 1.82\text{ m}$**

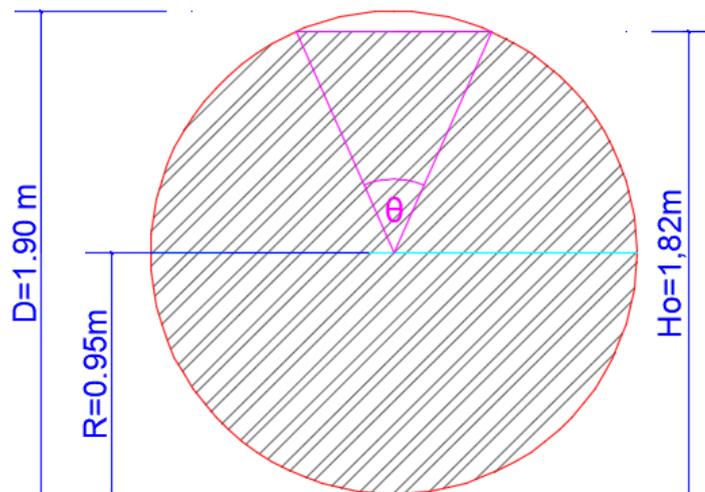


Figura 11. Esquema y dimensiones del tanque, sección transversal

Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio

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

$$\theta = 2 \arccos\left(1 - \frac{2 * 1.82}{1.90}\right)$$

$$\theta = 47.36^\circ$$

Se calcula una distancia X que servirá para saber la distancia total del espejo de agua.

**Datos**

d= espejo de agua

Radio = 0.95 m

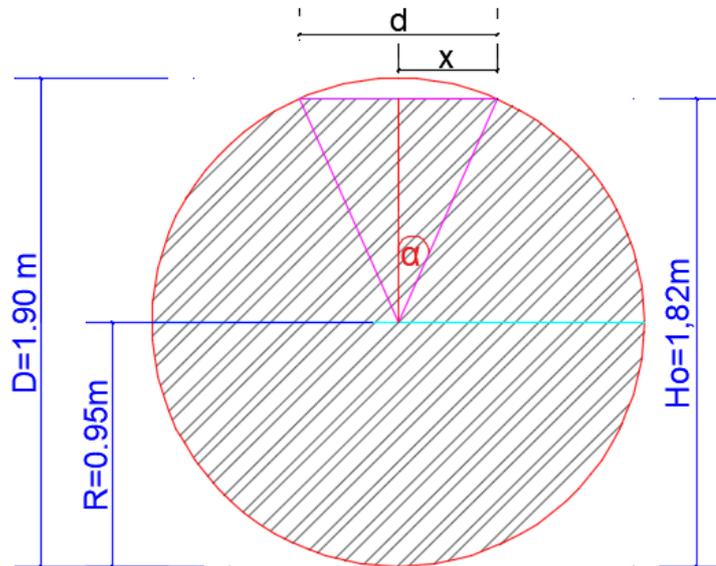


Figura 12. Dimensiones del tanque, sección transversal  $H_o=1.82m$

Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio

$$\alpha = 23.68^\circ$$

$$\text{tg } 23.68 = \frac{x}{0.87}$$

$$x = 0.38 \text{ m}$$

$$d = 2x$$

$$d = 0.76 \text{ m}$$

*Espejo de agua cuando el tirante es 1.82m*

➤ **Ultima lectura: Tirante  $H_f = 1.61 \text{ m}$**

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

$$\theta = 2 \arccos\left(1 - \frac{2 * 1.61}{1.90}\right)$$

$$\theta = 92^\circ$$

Se calcula una distancia X que servirá para saber la distancia total del espejo de agua.

**Datos**

d= espejo de agua

Radio = 0.95 m

$$\alpha = 46^\circ$$

$$\operatorname{tg} 46 = \frac{x}{0.66}$$

$$x = 0.68 \text{ m}$$

$$d = 2x$$

$$d = 1.37 \text{ m}$$

*Espejo de agua cuando el tirante es 1.61m*

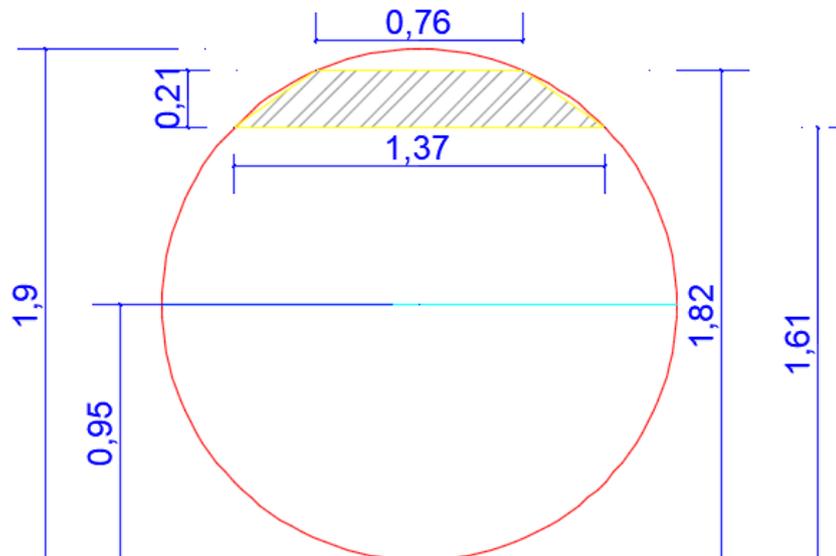
Por tanto, se calcula un área de un trapecio formado por los dos espejos de agua.

**Datos:**

*h = Diferencia de nivel*

$$H_v = H_f - H_o$$

$$h = 1.82 \text{ m} - 1.61 \text{ m} = 0.21 \text{ m}$$



*Figura 13. Sección Trapecial  $H_o=1.82m$*

*Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio*

$$Area = \frac{B + b}{2} * h$$

$$Area = \frac{1.37 + 0.76}{2} * 0.21$$

$$Area = 0.224 \text{ m}^2$$

**Cálculo del volumen total consumido**

$$V_{total} = Area * longitudud \text{ del tanque}$$

$$V_{total} = 0.224 \text{ m}^2 * 3.70 \text{ m}$$

$$V_{total} = 0.83 \text{ m}^3/\text{día}$$

Se presenta los valores calculados para día durante una semana de actividades en la industria.

*Tabla 9. Caudales de entrada de la industria de lavado de autos*

<b>DIA</b>	<b>INICIAL</b>	<b>FINAL</b>	<b>Caudal m<sup>3</sup>/día</b>
Lunes	1.82	1.61	0.83
Martes	1.61	1.51	0.54
Miércoles	1.51	1.4	0.65
Jueves	1.4	1.32	0.5
Viernes	1.32	1.12	1.32
Sábado	1.12	0.9	1.52
Lunes	0.9	0.75	1.04
Martes	0.75	0.65	0.54
<b>CAUDAL PROMEDIO =</b>			<b>0.91</b>

*Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio*

*Fuente: Nata Llamuca José Vinicio*

## Determinación del caudal promedio

$$Q_p = \sum \text{caudales por día}$$
$$Q_p = \frac{(0.83 + 0.54 + 0.65 + 0.5 + 1.32 + 1.52 + 1.04 + 0.54)}{8 \text{ días}}$$

$$Q_p = 0.91 \text{ m}^3/\text{día}$$

### 3.5.9.2. Cálculo de caudal de salida

Para obtener el caudal de salida, se procede a la toma de los siguientes datos:

Diámetro nominal de tubería: 110 mm

Diámetro interior de tubería: 103.70 mm

Rugosidad: Tubo PVV= 0.010

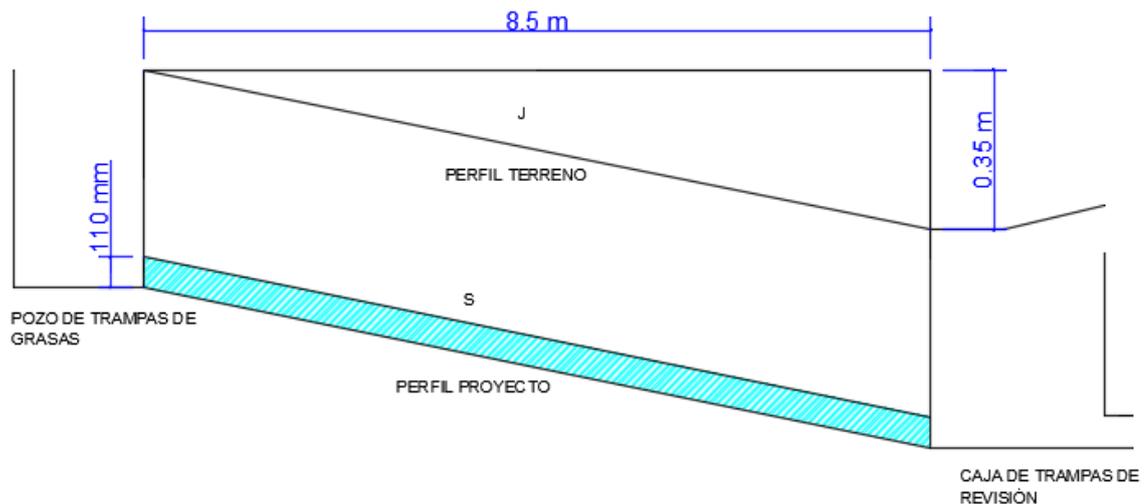


Figura 14. Pendiente terreno y proyecto

Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio

### Cálculo de la pendiente

$$J = \frac{Dv}{Dh} * 100$$

$$J = \frac{0.35}{8.5} * 100$$

$$J = 4.12\%$$

$$J = S$$

### Cálculo de $\theta$

Se toma la primera y última lectura en un día para el cálculo

Tirante  $H_o = 1.5 \text{ cm}$

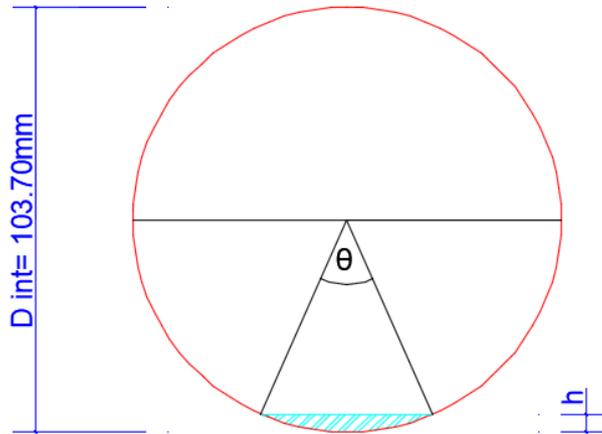


Figura 15. Dimensiones de tubería PVC  
Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio

$$\theta = 2 \arccos\left(1 - \frac{2h}{D}\right)$$
$$\theta = 2 \arccos\left(1 - \frac{2 * 1.5}{10.37}\right)$$
$$\theta = 89.42^\circ$$

### Cálculo del caudal

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

$$Q = \frac{0.1037^{8/3}}{7257.15 * n * (2 * \pi * 89.42)^{\frac{2}{3}}} * (2 * \pi * 89.42 - 360^\circ * \sin 89.42)^{\frac{5}{3}} * 0.0412^{1/2}$$

$$Q = 0.000019677 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$0.000019677 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} * \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ hora}} * \frac{9.5 \text{ horas}}{1 \text{ dias}} = \mathbf{0.67 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

### Determinación del caudal promedio

$$Q_p = \sum \text{caudales por día}$$

$$Q_p = \frac{(0.67 + 0.54 + 0.50 + 0.4 + 0.74 + 0.78 + 0.65 + 0.54)}{8 \text{ días}}$$

$$Q_p = 0.64 \text{ m}^3/\text{día}$$

Se presenta los caudales obtenidos durante una semana de actividades a continuación:

Tabla 10. Lectura y determinación de caudales de salida

DIA	Tirante h (cm)	Caudal de salida m/día
Lunes	1.5	0.67
Martes	1.2	0.54
Miércoles	1.1	0.5
Jueves	0.7	0.4
Viernes	1.6	0.74
Sábado	1.7	0.78
Lunes	1.4	0.65
Martes	1.2	0.54
<b>CAUDAL PROMEDIO =</b>		<b>0.64</b>

Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio

Fuente: Nata Llamuca José Vinicio

### 3.5.9.3. Cálculo de la cantidad de agua por vehículo

Se obtiene a partir del caudal promedio para el promedio de la cantidad de vehículos lavados por semana.

$$V_{por \ auto} = \frac{Q_{promedio}}{Promedio \ autos}$$

$$V_{por \ auto} = \frac{0.91 \text{ m}^3/\text{día}}{9 \text{ autos}/\text{día}} = 0.101 \text{ m}^3/\text{auto}$$

$$V_{por \ auto} = 101 \text{ litros}/\text{auto}$$

## 4. CAPÍTULO IV

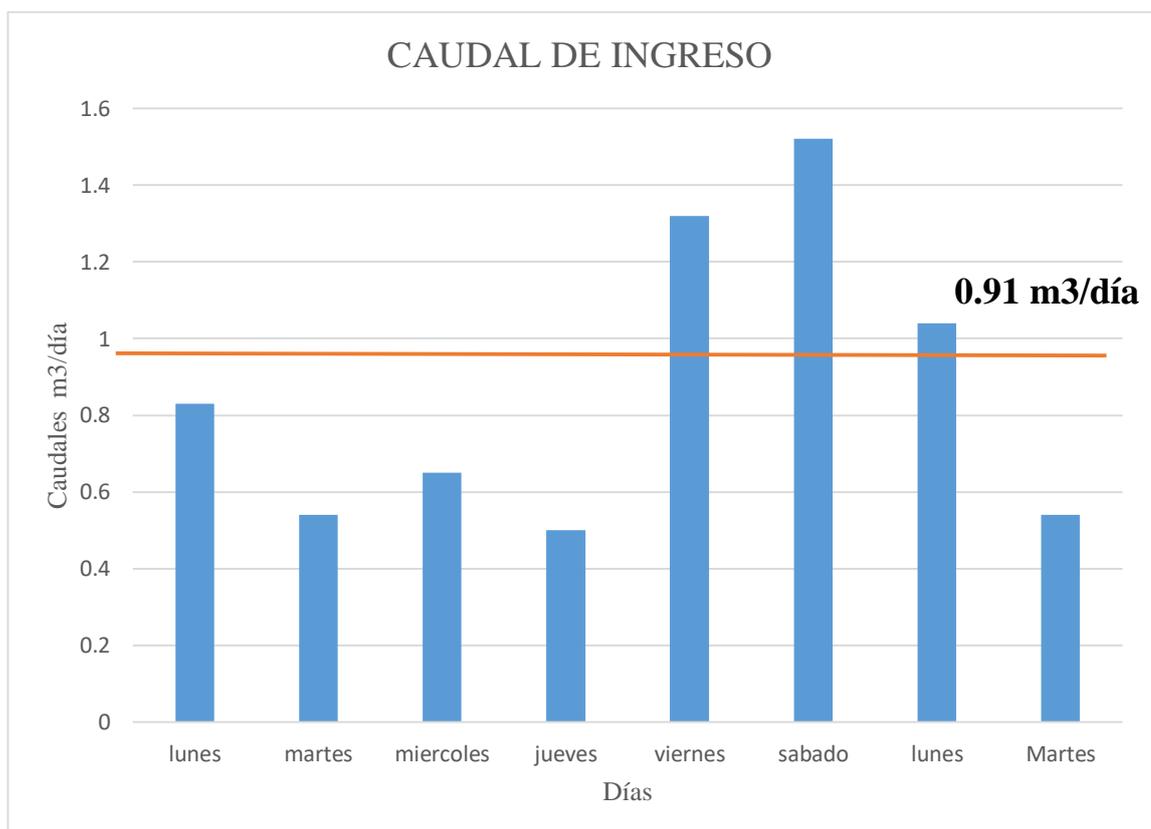
### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

##### 4.1.1. Caudal de entrada

La industria de lavadora de autos “City Wash” se abastece de agua, por medio de un tanque circular horizontal el cual tiene una capacidad de  $10.49 \text{ m}^3$ . El agua que se emplea para el lavado de autos proviene de acequias que se transporta por medio de tanqueros.

La medición del volumen de ingreso se realizó mediante el sistema limnómetro, el cual nos permite obtener los caudales diarios y el caudal promedio de ingreso representados en el gráfico 1.



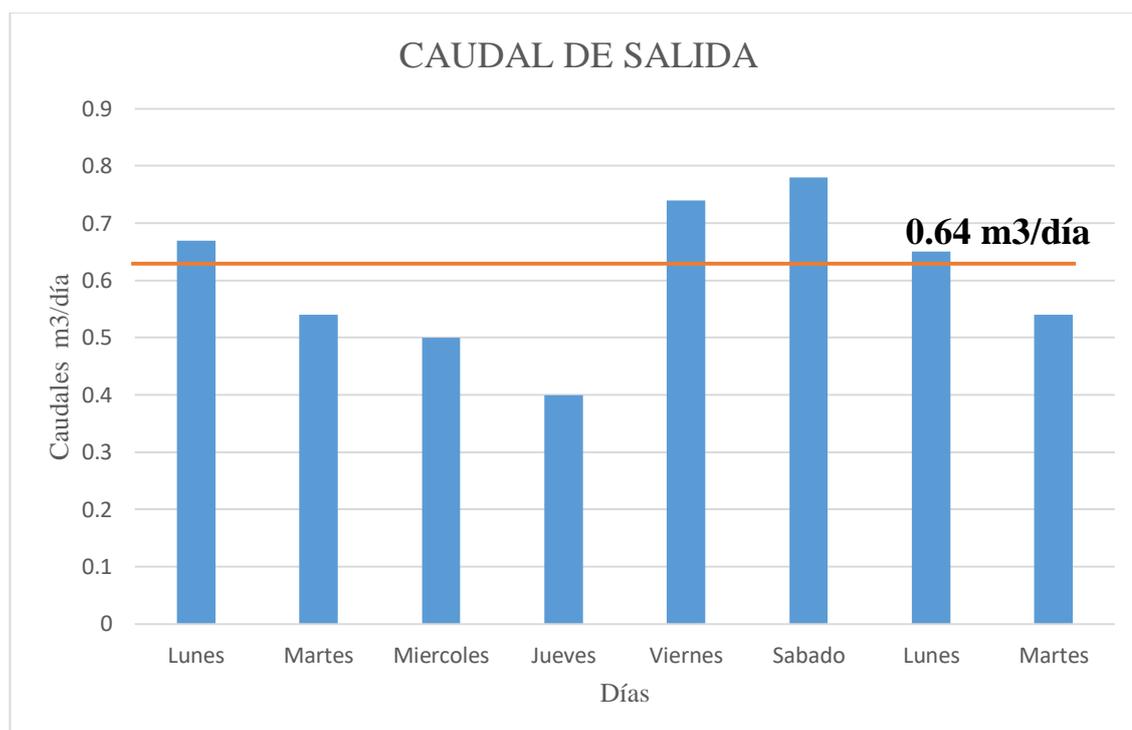
*Gráfico 1. Caudal promedio de ingreso  $0.91 \text{ m}^3/\text{día}$*

*Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio*

*Fuente: Lavadora “City Wash”*

#### 4.1.2. Caudal de salida

El caudal promedio de salida se determinó mediante la toma de datos en campo en el cual se consideró la pendiente y diámetro de la tubería donde circula el agua residual. Además, la lectura del tirante “h” que influye en el cálculo de dicho caudal y que presentan en el gráfico 2.



*Gráfico 2. Caudal promedio de salida 0.64 m³/día*

*Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio*

*Fuente: Lavadora “City Wash”*

#### 4.1.3. Análisis de caudales

Al obtener el caudal de ingreso tanto como el caudal de salida de la lavadora “City Wash” y al realizar una comparación entre sí, determina que el caudal de ingreso es mayor respecto al caudal de salida. El caudal de salida es menor debido a las diferentes actividades que se realiza en la lavadora en el cual existe pérdida de afluente.

En consecuencia, el volumen de agua empleada por vehículo es de aproximadamente 101 litros/auto, que se obtiene mediante los datos obtenidos del promedio de vehículos que se lavan en una semana y del caudal de ingreso, los mismos que están representados en la tabla 6 y 9 respectivamente.

#### 4.1.4. Resultados de los Análisis Físicos-Químicos

Para conocer el comportamiento del filtro con base de piedra pómez como único material filtrante, se realizaron los análisis físicos-químicos de las muestras de agua cruda y de agua filtrada durante los 40 días que estuvo en funcionamiento, los mismos que se representan en la tabla 11. Estas muestras fueron obtenidas en los días de mayor producción de la industria “City Wash” previamente determinados en la tabla 6.

*Tabla 11. Resumen de los Análisis físicos-químicos*

ANÁLISIS FÍSICOS-QUÍMICOS							
Muestra	Días de filtración	DBO 5 (mg/l)		DQO (mg/l)		Aceites y Grasas (mg/l)	
		Cruda	Filtrada	Cruda	Filtrada	Cruda	Filtrada
1	0	410	360	882	747	18	16
2	5	710	420	1398	898	18	17
3	8	425	385	1048	882	20	14
4	12	460	340	998	748	22.5	16
5	15	110	90	248	165	20	7.5
6	22	200	90	465	230	17	8.5
7	26	180	140	532	315	16	9.5
8	33	350	154	648	332	20	10
9	36	410	210	832	498	22	12
10	40	400	178	882	433	24	8.5

*Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio*

*Fuente: Total Chemistry Lab*

#### 4.1.5. Comparación de Resultados por parámetro

Los resultados de los análisis de las muestras filtradas durante el funcionamiento del filtro serán sujetas a comparación con los valores máximos permisibles para cada parámetro que establece la tabla 9 del Anexo I del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente (TULSMA), el cual regula a industrias que generen efluentes con descarga hacia un sistema de alcantarillado.

Para una mejor comprensión de los análisis realizados durante el tiempo de filtración, se procede a representar por medio de las tablas 12, 13 y 14 los valores de cada parámetro en estudio DBO<sub>5</sub>, DQO y Aceites y Grasas respectivamente.

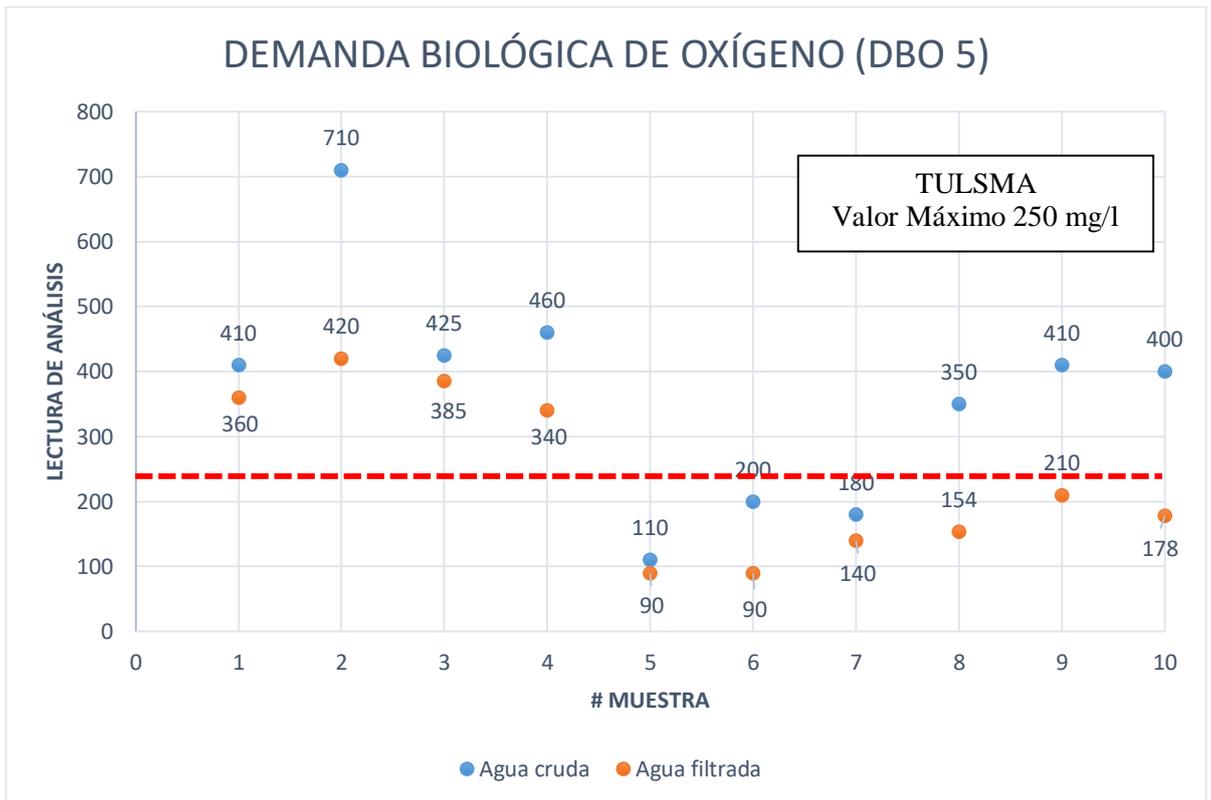
##### 4.1.5.1. Resultados de DBO<sub>5</sub>

*Tabla 12. Resultados de análisis (DBO<sub>5</sub>)*

RESULTADO DE ANÁLISIS			
Muestra	Días de filtración	DBO 5 (mg/l)	
		Cruda	Filtrada
1	0	410	360
2	5	710	420
3	8	425	385
4	12	460	340
5	15	110	90
6	22	200	90
7	26	180	140
8	33	350	154
9	36	410	210
10	40	400	178

*Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio*

*Fuente: Total Chemistry Lab*



*Gráfico 3. Comparación de resultados de la DBO<sub>5</sub> con límites aceptables*

*Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio*

*Fuente: Resultados de los análisis físicos-químicos*

En cuanto al valor máximo permitido para la descarga hacia el sistema de alcantarillado es 250 mg/l para el parámetro DBO<sub>5</sub>, en la gráfica 3 se puede apreciar que durante los primeros 12 días de tratamiento los valores de remoción de dicho parámetro tuvieron variación, debido a que estos valores fluctúan entre 360 mg/l y 340 mg/l. Sin embargo, las concentraciones de este contaminante disminuyeron a partir desde los 15 días de tratamiento con respecto al efluente no tratado, alcanzando el mayor porcentaje de depuración de DBO<sub>5</sub> de 55.50% con un valor de 178 mg/l en los 40 días.

Aun así, existiendo la reducción del contaminante de Demanda Biológica de Oxígeno con respecto al agua residual no tratado, cabe mencionar que los valores citados en los primeros 12 días no son recomendables ya que están por encima del valor máximo permisible establecido por la norma TULSMA. Dicho de otra manera, la mayor eficiencia de la piedra pómez para disminuir este parámetro del efluente producido por la lavadora “City Wash” estuvo entre los 15 y 40 días de filtración.

#### 4.1.5.2. Resultados de DQO

Tabla 13. Resultados de análisis (DQO)

RESULTADO DE ANÁLISIS			
Muestra	Días de filtración	DQO (mg/l)	
		Cruda	Filtrada
1	1	882	747
2	5	1398	898
3	8	1048	882
4	12	998	748
5	15	248	165
6	22	465	230
7	26	532	315
8	33	648	332
9	36	832	498
10	40	882	433

Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio

Fuente: Total Chemistry Lab

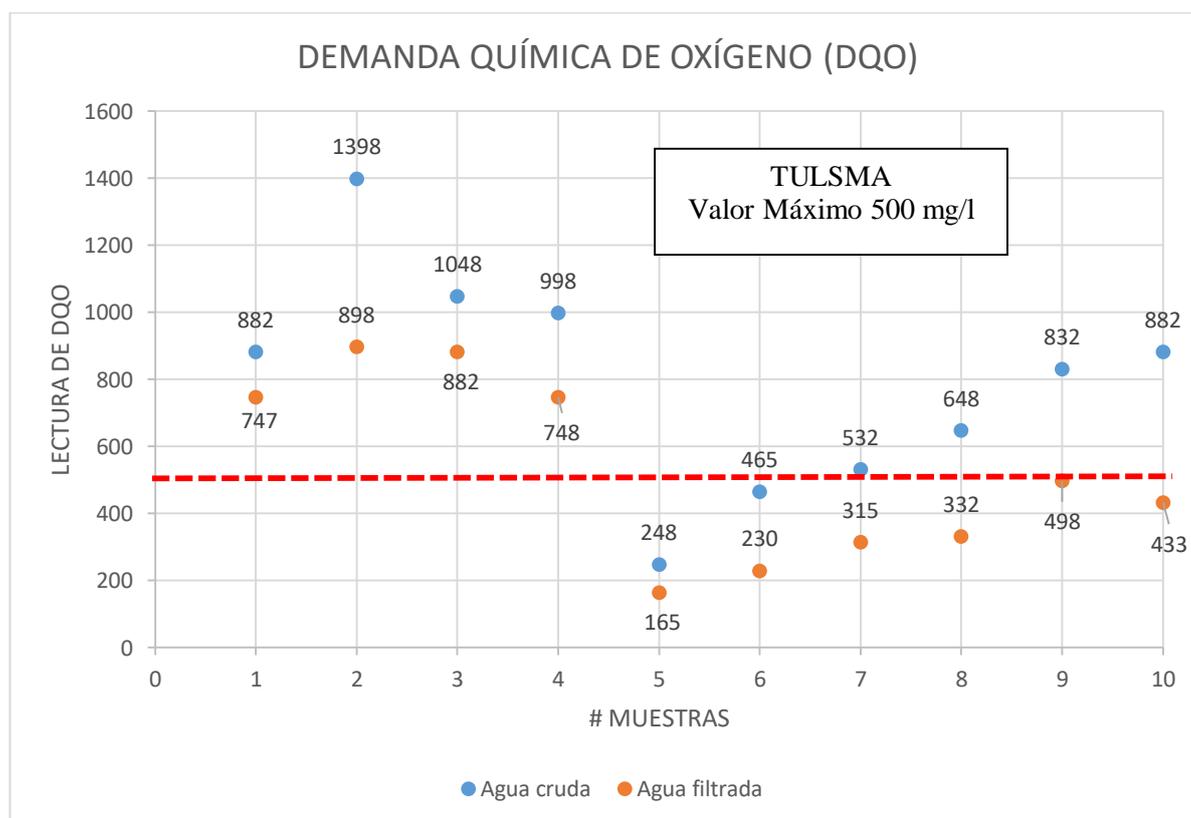


Gráfico 4. Comparación de resultados de la DQO con límites aceptables

Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio

Fuente: Resultados de los análisis físicos-químicos

De acuerdo a los resultados obtenidos representados en el gráfico 4, el comportamiento de los valores de concentración de DQO es similar al parámetro de DBO<sub>5</sub>. Debido a que el grado de contaminación del efluente crudo va desde un valor de 1398 mg/l hasta un valor de 748 mg/l en el efluente tratado por el filtro, esto durante los primeros 12 días de tratamiento.

Consecuentemente, la efectividad de la piedra pómez para la remoción de dicho parámetro es mayor a partir de los 15 días hasta llegar al día 40 de funcionamiento, aportando con un porcentaje de depuración del 50.91% con un valor de 433 mg/l.

Sin embargo, estos valores citados durante los primeros 12 días de tratamiento están por encima del límite máximo permisible propuesto la norma TULSMA. Esto quiere decir que entre los 15 y 40 días de filtración estos valores de contaminación disminuyeron hasta llegar a un punto por debajo del límite establecido, el mismo que es de 500 mg/l. Por ende, cabe recalcar que el material “piedra pómez” para la remoción de DQO en fluentes generados por la lavadora “City Wash” es eficiente ya que esto se logra a mostrar mediante la comparación de los datos obtenidos.

#### 4.1.5.3. Resultados de Aceites y Grasas

*Tabla 14. Resultados de análisis (Aceites y Grasas)*

RESULTADO DE ANÁLISIS			
Muestra	Días de filtración	Aceites y Grasas (mg/l)	
		Cruda	Filtrada
1	1	18	16
2	5	18	17
3	8	20	14
4	12	22.5	16
5	15	20	7.5
6	22	17	8.5
7	26	16	9.5
8	33	20	10
9	36	22	12
10	40	24	8.5

*Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio*

*Fuente: Total Chemistry Lab*

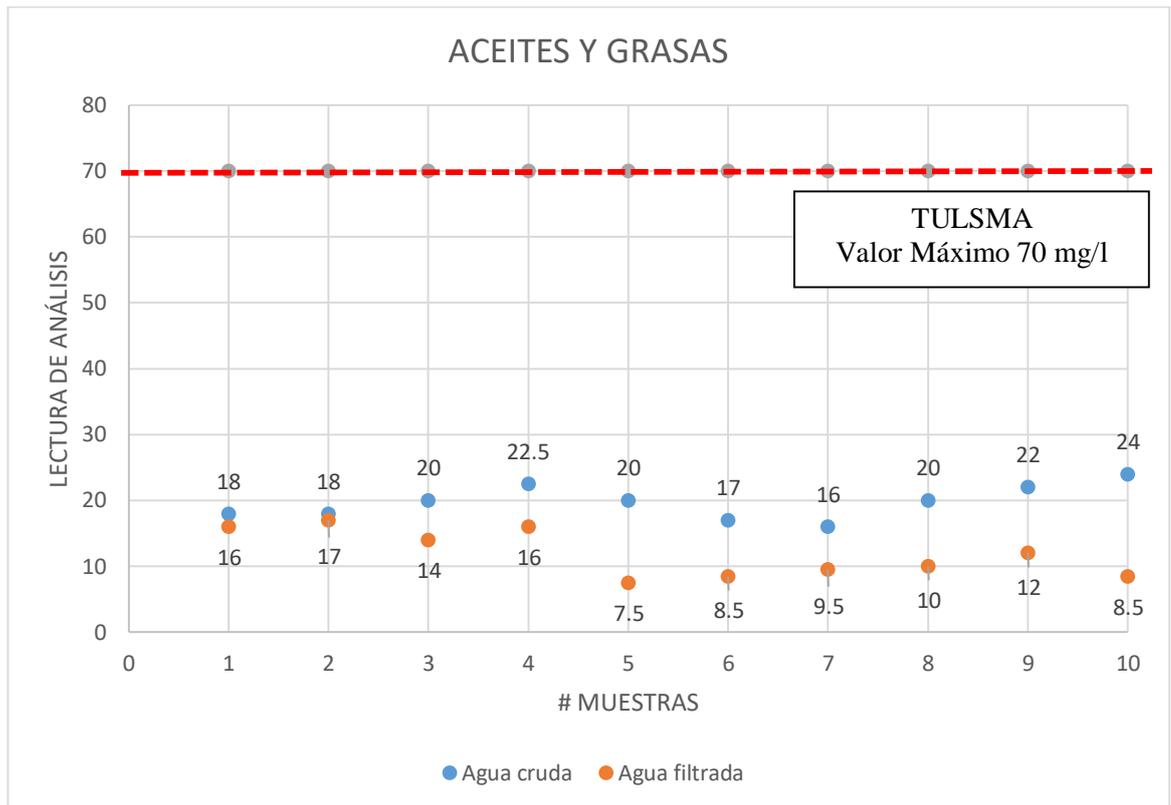


Gráfico 5. Comparación de resultados de Aceites y Grasas con límites aceptables

Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio

Fuente: Resultados de los análisis físicos-químicos

De acuerdo con la gráfica 5, los valores obtenidos del parámetro de Aceites y Grasas en el efluente generado por la lavadora “City Wash” durante el periodo de tratamiento, el agua residual no tratado siempre estuvo por niveles bajos debido a que la industria evita en su mayor parte desechar productos que contengan cualquier tipo de aceites al momento del lavado de autos, así teniendo un valor máximo de 24 mg/l el cual es aceptables por la norma TULSMA que establece como referencia un valor de 70 mg/l.

Sin embargo, la implementación del filtro de piedra pómez ayudó aún más a la remoción del contaminante. Como se muestra en el gráfico 5 se aprecia que la disminución durante los primeros 12 días de filtración alcanza un 28.89% con un valor de 16 mg/l. Además de que estos valores siguieron bajando según avanzaba el tiempo de tratamiento teniendo como resultado de contaminación del 8.5 mg/l alcanzando un porcentaje de remoción del 64.58%. en el día 40 de filtración.

## 4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

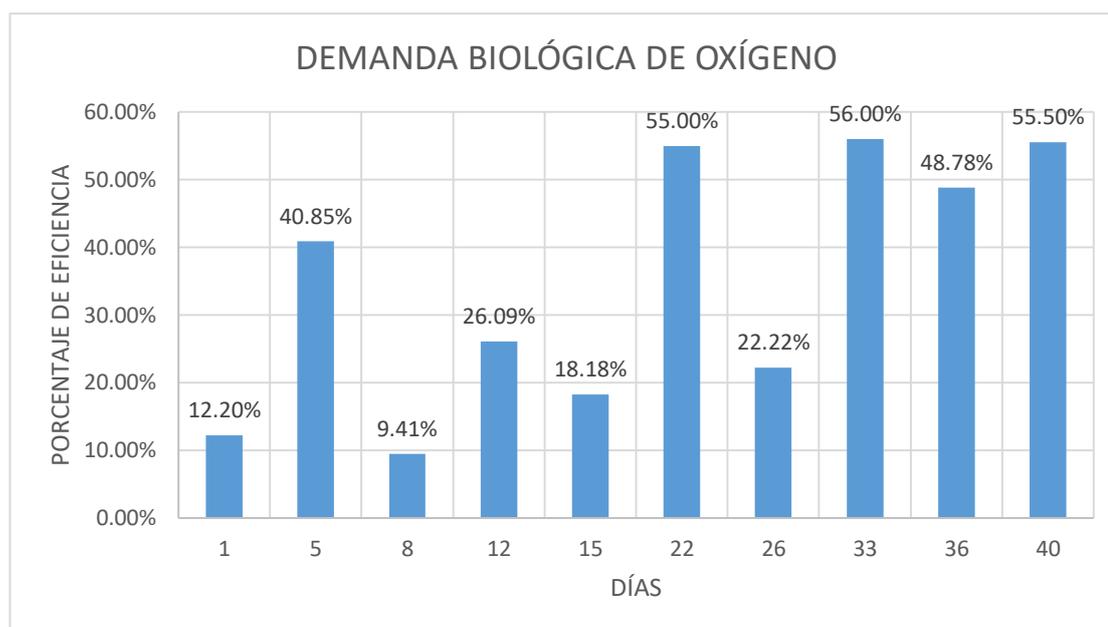
### 4.2.1. Análisis de Eficiencia por Parámetro

Para conocer la eficiencia del material para cada parámetro, se emplea la siguiente fórmula, la cual nos permitirá conocer en porcentaje la eficiencia.

$$Eficiencia = \frac{Mi - Mf}{Mi} * 100$$

#### 4.2.1.1. Análisis de Demanda Biológica de Oxígeno

La eficiencia del parámetro de DBO<sub>5</sub> se determinó mediante el uso del valor de la muestra de agua residual cruda obtenida cada día de mayor producción en la industria, este valor es tomado como el 100% respecto a los valores de la muestra de agua filtrada.



*Gráfico 6. Porcentaje de eficiencia de DBO<sub>5</sub>*

*Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio*

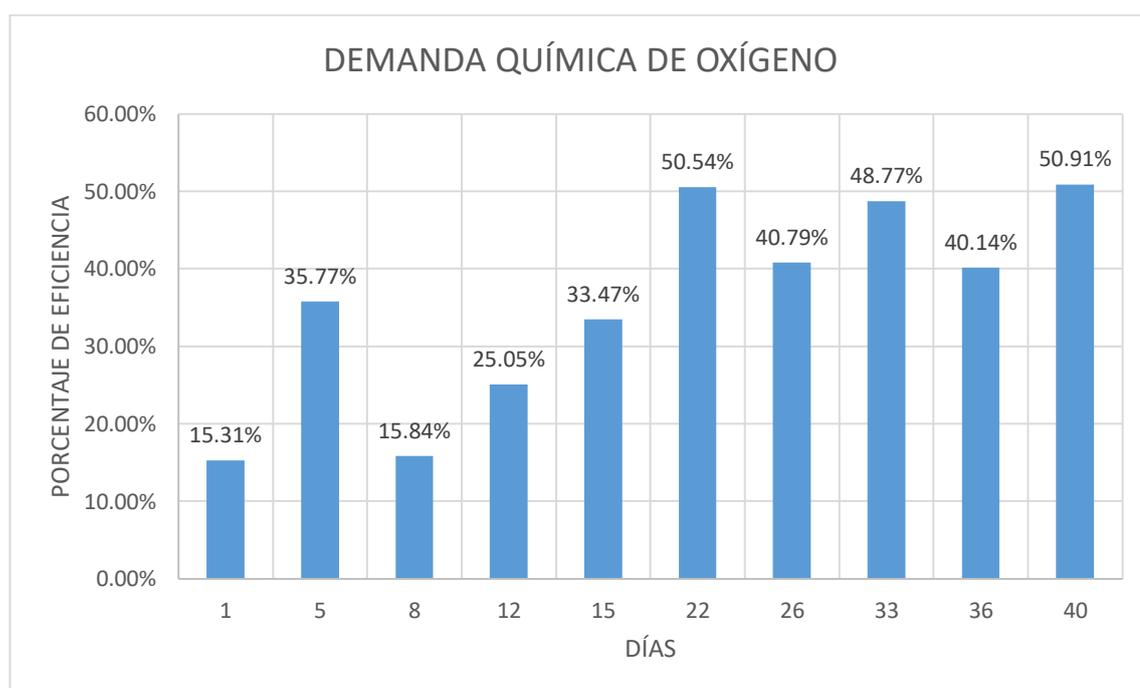
*Fuente: Resultados de los análisis de muestras filtradas*

En el gráfico 6, se puede observar la variación de resultados que existe del agua residual tratada durante el funcionamiento del filtro debido a los diferentes productos químicos empleados en cada lavado. En consecuencia, se puede apreciar que en el primer día de operatividad existe una eficiencia del 12.20% con valor de 360 mg/l de contaminación,

siendo este un valor mínimo de efectividad dentro del periodo de actividad. Luego de este suceso el filtro alcanza el 40.85% de eficiencia correspondiente al día 5. Sin embargo, a partir de este día la variación de los valores van en ascenso y descenso, pero con un efecto favorable ya que en los días 22,33,40 de actividad las eficiencias son de 55%,56% y 55.50% respectivamente, por recalcar los valores más altos.

Estos días son donde se alcanzan las mayores eficiencias dando a entender que el material filtrante de piedra pómez mantiene su capacidad absorbente durante los 40 días que estuvo en funcionamiento el filtro. De modo que, a partir de estos valores de DBO<sub>5</sub> obtenidos durante el tiempo de operatividad, nos permite alcanzar una eficiencia promedio del 34.42% favorable para dicho parámetro.

#### 4.2.1.2. Análisis de Demanda Química de Oxígeno



*Gráfico 7. Porcentaje de eficiencia de DQO*

*Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio*

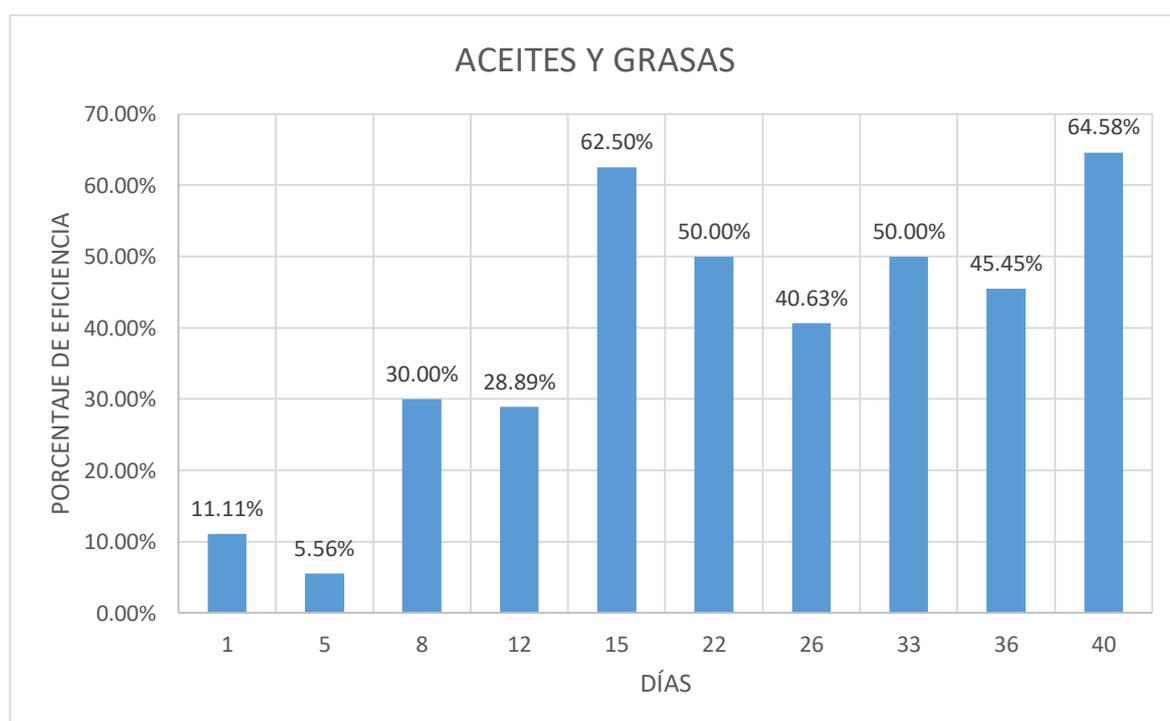
*Fuente: Resultados de los análisis de muestras filtradas*

En el gráfico 7 para el parámetro DQO se puede observar la variación de resultados que existe del efluente tratado durante el funcionamiento del filtro. De modo que, se puede apreciar que en el primer día de operatividad existe una eficiencia del 15.31% con valor

de 747 mg/l de contaminación, siendo este un valor mínimo de efectividad dentro del periodo de actividad. Luego de este suceso el filtro alcanza el 35.77% de eficiencia correspondiente al día 5. Sin embargo, a partir de este día la variación de los valores se hacen presentes, pero con un efecto favorable ya que en los días 22,33,40 de actividad las eficiencias son de 50.54%,48.77% y 50.91% respectivamente.

En el cual el día 40 que es el último día de funcionamiento es donde se logra el mayor valor de efectividad, dando a entender que el material filtrante dentro de este periodo es capaz de trabajar sin requerir mantenimiento. Así que, a partir de estos valores de DQO obtenidos durante el tiempo de operatividad, nos permite alcanzar una eficiencia promedio del 35.66% favorable.

#### 4.2.1.3. Análisis de Aceites y Grasas



*Gráfico 8. Porcentaje de eficiencia de Aceites y Grasas*

*Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio*

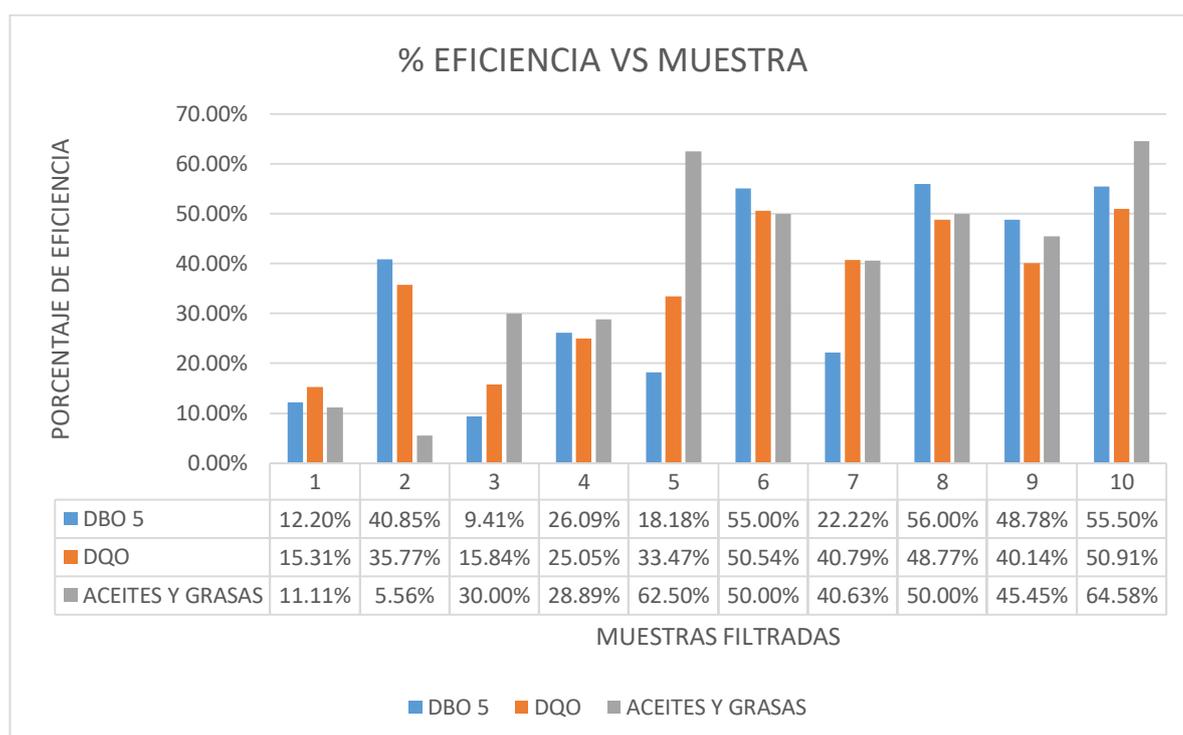
*Fuente: Resultados de los análisis de muestras filtradas*

Para el parámetro de aceites y grasas los valores presentes en el gráfico 8 nos permite deducir que dentro de los primeros 12 días de funcionamiento la efectividad no supera el 30% con un valor de 16 mg/l de contaminación. Sin embargo, luego de este suceso

el filtro alcanza el 62.50% de eficiencia correspondiente al día 15. A partir de este día la variación de los valores van en ascenso y descenso, pero con un efecto favorable ya que en los días 22 y 23 logran una eficiencia del 50% y en el día 40 correspondiente al último día de funcionamiento este valor de eficiencia es de 64.58 mucho mayor respecto a los demás.

Debido a las eficiencias alcanzadas se da entender que el material filtrante de piedra pómez mantiene su capacidad absorbente durante los 40 días que estuvo en funcionamiento el filtro. De modo que, a partir de estos valores de aceites y grasas obtenidos durante el tiempo de operatividad, nos permite alcanzar una eficiencia promedio del 38.87% favorable para dicho parámetro.

#### 4.2.1.4. Eficiencia cuadro resumen



*Gráfico 9. Cuadro resumen de la eficiencia de los parámetros en estudio*

*Elaborado por: Nata Llamuca José Vinicio*

*Fuente: Resultados de los análisis de muestras filtradas*

### **4.3.VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS**

Una vez concluido el proceso de filtración y toma de muestras del agua residual no tratada y filtrada proveniente de la industria de lavadora de autos “City Wash” y posteriormente analizadas en un laboratorio, se aprecia claramente que la concentración de contaminantes que conforman este tipo de efluentes disminuyó con la implementación del filtro teniendo como único material filtrante la piedra pómez.

En consecuencia, nos permite ratificar que la hipótesis alternativa del presente proyecto experimental si se cumple, ya que el material filtrante contribuyó con una reducción considerable en sus parámetros, con un nivel de remoción a los 40 días en cuanto al DBO<sub>5</sub> de 55.50%, DQO 50.91%, mientras que el parámetro Aceites y Grasas presentes en el efluente se redujo en un 64.58%.

## 5. CAPÍTULO V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### 5.1. Conclusiones

- Durante el periodo de investigación se determinó que la industria cuenta con un sistema de descarga de aguas residuales óptimo ayudando a reducir las cargas contaminantes presentes, y en consecuencia satisfacer con los requerimientos establecidos para la descarga de efluentes hacia un sistema de alcantarillado.
- Se determinó en base a datos obtenidos que la industria en el proceso de lavado consume una cantidad de 101 litros por vehículo.
- Mediante los resultados obtenidos de los análisis físicos-químicos realizados al agua cruda durante los 40 días de tratamiento, se evidenció los altos niveles de contaminación, debido a su gran contenido de DBO<sub>5</sub> (710 mg/l), DQO (1398 mg/l), Aceites y Grasas (24 mg/l)
- Los análisis físicos-químicos obtenidos del efluente filtrado permite deducir que en aceites y grasas la piedra pómez fue eficientemente mayor con un porcentaje promedio de remoción del 38.87%. Así mismo en parámetros de DBO<sub>5</sub> y DQO su eficiencia promedio de remoción son 34.42% y 35.66% respectivamente, logrando así disminuir la concentración de contaminantes y al mismo tiempo llegar a obtener valores que estén acordes con los requerimientos máximos establecidos por el TULSMA.
- La piedra pómez como material filtrante podría ser empleado como una opción idónea en pretratamientos de efluente generados por lavadoras de autos, ya que en este caso particular logró disminuir en cada parámetro el grado de contaminación.

## 5.2. Recomendaciones

- En este tipo de proyectos experimentales es de suma importancia los resultados que se vaya a obtener de la toma de muestras de efluentes, debido a esto es necesario cumplir con las normas establecidas para el mismo y así evitar alteraciones de valores y por último garantizar la confiabilidad de los resultados.
- Para futuras investigaciones se recomienda la combinación de la piedra pómez con otro tipo de material filtrante que contribuya a la disminución de los agentes contaminantes presente en estas aguas residuales y en consecuencia alcanzar una mayor eficiencia de remoción con respecto al presente estudio.

## MATERIALES DE REFERENCIA

### 1. BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. P. Segovia Sampedro, “Evaluación de un filtro artesanal de efluentes generados por una lubricadora en la ciudad de Latacunga, a base de piedra volcánica, piedra pómez, carbonato de calcio y algas.,” Universidad Técnica de Ambato, 2017.
- [2] F. Thalasso and R. Pineda Olmedo, “Biofiltración: tratamiento biológico de aire contaminado.,” *Av. y Perspect.*, vol. 21, pp. 325–327, 2002.
- [3] J. C. Charris and A. Caselle-Osorio, “Eficiencia de eliminación de contaminantes del agua residual doméstica con humedales construidos experimentales plantados con *Cyperus ligularis* (Cyperaceae) y *Echinochloa colonum* (Poaceae),” *Tecnol. y Ciencias del Agua*, vol. VII, pp. 93–103, 2016.
- [4] H. Casierra-Martínez, J. Casalins-Blanco, X. Vargas-Ramírez, and A. Caselles-Osorio, “Desinfección de agua residual doméstica mediante un sistema de tratamiento acoplado con fines de reúso,” *Tecnol. y ciencias del agua*, vol. 7, no. 4, pp. 97–111, 2016.
- [5] J. J. Feria Diaz, A. E. Escobar Aguado, and J. A. Martinez, “Tratamiento de aguas residuales de origen químico mediante electrocoagulación,” *Av. Investig. en Ing.*, vol. 11, no. 1, pp. 65–69, 2014.
- [6] M. A. Garzón-Zúñiga, G. Buelna, and G. E. Moeller-Chávez, “La biofiltración sobre materiales orgánicos , nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias,” *Tecnol. y Ciencias del agua*, vol. 3, pp. 153–161, 2012.
- [7] I. Gallego-Alarcón and D. García-Pulido, “Remoción de nitrógeno amoniacal total en un biofiltro : percolador-columna de arena,” *Tecnol. y Ciencias del agua*, vol. VIII, pp. 81–93, 2017.
- [8] A. Galindo, E. Toncel, and N. Rincón, “Evaluación de un filtro biológico como unidad de post-tratamiento de aguas residuales utilizando conchas marinas como material de soporte,” *ION*, vol. 29, pp. 39–50, 2016.

- [9] R. CHACÓN-PEÑA, B. MONTERO-MUNDO, M. Y. DE LEÓN-TEJADA, and R. SIBAJA-HERNÁNDEZ, “Diseño de filtros basados en clorita para el tratamiento de aguas residuales,” vol. 1, no. 2, pp. 300–304, 2015.
- [10] C. García Santana and S. Gonzáles Martínez, “Desempeño de un filtro biológico combinado e indicadores biológicos en el tratamiento de aguas residuales,” p. 9, 2015.
- [11] Y. Kuslu and U. Sahin, “A comparison study on the removal of suspended solids from irrigation water with pumice and sand–gravel media filters in the laboratory scale,” *Desalin. Water Treat.*, vol. 51, no. 10–12, pp. 2047–2054, 2013.
- [12] S. I. Abou-Elela, M. E. Fawzy, and A. S. El-Gendy, “Potential of using biological aerated filter as a post treatment for municipal wastewater,” *Ecol. Eng.*, vol. 84, no. July, pp. 53–57, 2015.
- [13] G. M. Araújo, I. E. Lima Neto, A. L. C. Araújo, and M. E. R. da Silva, “Avaliação experimental e modelagem matemática de filtros anaeróbios como alternativa de baixo custo para remoção de algas de efluentes de lagoas de estabilização,” *Eng. Sanit. e Ambient.*, vol. 21, no. ahead, pp. 687–696, 2016.
- [14] I. A. Sánchez, D. M. Revelo, A. E. Burbano, R. García, and C. Guerrero, “Eficiencia de consorcios microbianos para tratamiento de aguas residuales en un sistema de recirculación acuícola,” *Biotecnol. en el Sect. Agropecu.*, vol. 11, no. 1, pp. 245–255, 2013.
- [15] J. Martelo and J. A. Lara Borrero, “Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado de arte,” *Ing. y Ciencia. ing. cienc. ISSN 1794-9165*, vol. 8 (15), pp. 221–243, 2012.
- [16] M. A. L. Rubim, P. R. Isolino Sampaio, and P. Parolin, “Biofilter efficiency of *Eichhornia crassipes* in wastewater treatment of fish farming in Amazonia,” *Phyton-International J. Exp. Bot.*, vol. 84, no. 1, pp. 244–251, 2015.
- [17] A. A. R. da Silva, C. A. P. da Camara, I. Lobo, I. S. Scarmínio, and J. C. Alves, “Otimização dos parâmetros operacionais de eletrocoagulação aplicada à recuperação de efluentes de lavagem de veículos,” *Eng. Sanit. e Ambient.*, vol. 22, no. 1, pp. 179–186, 2017.
- [18] C. A. García Ubaque, M. C. García Vaca, and M. L. Vaca Bohórquez, “Encapsulamiento de lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales de la industria automotriz en matrices de arcilla,” *Tecnura*, vol. 17, no. 38, pp. 26–36, 2013.

- [19] F. Márquez and F. Pucuna, “Análisis de los desechos sólidos y líquidos que generan las lavadoras de automóviles y su incidencia en el medio ambiente en el cantón Milagro,” Universidad Estatal de Milagro, 2015.
- [20] M. Moreta, “213 locales afectan al río Ambato | El Comercio,” 2009. [Online]. Available: <http://www.elcomercio.com/actualidad/213-locales-afectan-al-rio.html>. [Accessed: 03-Sep-2017].
- [21] “Contaminación del agua,” 2013. [Online]. Available: <http://www.ecologiahoy.com/contaminacion-del-agua>. [Accessed: 04-Oct-2017].
- [22] O. Sarango and J. Sanchez, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE 2 BIOFILTROS CON *Eichhornia crassipes* Y *Lemna minor* PARA LA EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE CONTAMINANTES EN AGUAS RESIDUALES DE LA EXTRACTORA RÍO MANSO EXA S.A. “PLANTA LA COMUNA”, QUININDÉ,” ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, 2016.
- [23] F. Morales, S. Medina, and E. Paredes, “Biofiltración sobre Cama de Turba, para el Tratamiento de Aguas Residuales Provenientes del Lavado de Jeans,” *Rev. Publicando*, no. 10, pp. 1–12, 2017.
- [24] E. J. Cunalata, “ANÁLISIS DEL PIROCLASTO VOLCÁNICO COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA ‘APROLEQ’ UBICADA EN EL CANTÓN QUERO PROVINCIA DE TUNGURAHUA.,” UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2017.
- [25] SINIA, *Aprovechamiento y Reuso de Aguas Residuales Parte 2.*, vol. 2. 2013.
- [26] T. Asano, F. L. Burton, H. L. Leverenz, R. Tsuchihashi, and G. Tchobanoglous, *WATER REUSE ISSUES, TECHNOLOGIES, AND APPLICATIONS*. 2007.
- [27] B. Lesikar and J. Enciso, “Sistemas individuales para el tratamiento de aguas negras,” *Texas Water*, pp. 1–4, 2002.
- [28] A. Alves Vielo *et al.*, “LA FILTRACION EN ARENA, ALCANCES Y POSIBILIDADES DE APLICACION EN LA ORINOQUIA COMO SOLUUCION INDIVIDUAL,” *Rev. Bras. Geriatr. e Gerontol.*, vol. 9, 2006.
- [29] M. Molina, “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,” UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2016.
- [30] V. Yactayo Maldonado, *Plantas de filtración rápida Manual I: Teoría Tomo I*. 2004.
- [31] J. C. Crittenden, R. R. Trussell, D. W. Hand, K. j. Howe, G. Tchobanoglous, and J. H. Borchardt, *MWH 's Water Treatment Principles and Design*. 2012.
- [32] E. Costa, “Protección Respiratoria y Métodos de Filtración de Partículas.”
- [33] D. P. Carangui Fernández, ““DESARROLLO DE UN PLAN PARA EVALUACION DEL SISTEMA DE FILTRACION RAPIDA DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE LA JUNTA DE AGUA POTABLE DE BAYAS.”” 2016.
- [34] E. Aymat, “DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO TERCIARIO DE EFLUENTES DE LA INDUSTRIA TEXTIL BASADO EN LA ADSORCIÓN DE COLORANTES,” Escola Tècnica Superior d’Enginyeria Industrial de Barcelona, 2017.
- [35] D. Ortiz, “Manual de Tratamientos Biológicos de Aguas Residuales para poblaciones medianas de la Región Sur del Ecuador,” UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA, 2011.
- [36] N. G. Rojas, P. Villanueva Díaz, E. Campos, M. Alma, and V. Rodríguez, “Análisis de la adsorción como método de pulimiento en el tratamiento de aguas residuales,” *Quivera Año*, vol. 14, pp. 109–129, 2012.
- [37] A. Castaño, “Diferencia entre adsorción y absorción - Diferencias.eu,” 2017. [Online]. Available: <https://diferencias.eu/entre-adsorcion-y-absorcion/>. [Accessed: 18-Jan-2018].
- [38] a Malekian, K. S. Homonlo, G. D. Moghanolo, and M. Dastoori, “Evaluation of Appropriate Technique To Improve Soil Characteristics and Crop Production,” *Int. J. Food, Agric. Vet. Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 26–31, 2012.
- [39] P. Vargas Samboni, “Evaluación de la influencia de propiedades físicas y morfológicas de agregados livianos, en la microestructura de la Zona de Transición Interfacial (ITZ), en concretos,” Universidad Nacional de Colombia, 2016.
- [40] E. Mayorga-Llerena and D. . Carrera-Villacrés, “Diseño de reactores biológicos para tratamiento de aguas de canales de riego,” pp. 30–36, 2015.
- [41] Igme, “Panorama Minero 2016,” *IGME Panor. Min.*, pp. 448–453, 2016.

- [42] METCALF & EDDY, *INGENIERIA DE AGUAS RESIDUALES*. 1995.
- [43] Ministerio del Ambiente, “Anexo 1 Del Libro Vi Del Texto Unificado De Legislacion Secundaria Del Ministerio Del Ambiente: Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes Al Recurso Agua,” *Norma Calid. Ambient. Y Descarga Efluentes Recur. Agua*, pp. 1–37, 2014.
- [44] I. E. de Normailización, “NTE INEN 2 169,” 1998.

## 2. ANEXOS

### 2.1. Anexos fotográficos



Material filtrante piedra pómez



Colocación de soporte para el material



Bandeja contenedora del material filtrante



Instalación de la piedra pómez



Instalación del filtro



Abastecimiento de agua residual



Recolección de Muestras de efluente



Diferencia entre material filtrante del inicio con el final



Tanque de almacenamiento de agua



Rampas de acceso para el lavado de autos



Pozo de trampa de grasas

## 2.2 Diseño del filtro



### FICM -UPICIC -2017



#### 1. REFERENCIAS PARA EL MODELO DE FILTRO

Para el diseño del modelo del medio filtrante se ha tomado como parámetro fundamental el concepto de Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) utilizado en el diseño de Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente (FAFA) y filtros anaerobios convencionales. Este TRH permitirá representar los fenómenos de remoción de contaminantes en el modelo de manera similar a la que se estaría presentando en la vida real y/o prototipo.

#### TULSMA

Los valores de TRH recomendado por el TULSMA para el diseño de filtros considera dos casos especiales, el primero cuando se cuenta con características físicas y mecánicas del medio filtrante, y el segundo cuando se considera que el material se encuentra empacado.

- TRH = 0.5 días = 12 horas, cuando se toma en cuenta características del material filtrante, como:
  - Porosidad,
  - Volumen de vacíos,
  - Granulometría, etc.
- TRH = 5.25 horas, cuando el material se encuentra totalmente empacado y se omite las características del material, por la variedad de materiales usados, cada uno con sus respectivas características, se redujo la mayor cantidad de vacíos al momento de la conformación del filtro para hacer uso del presente criterio. (granulometría realizada).

[1]

**Ecuación No. 1**

$$TRH = \frac{V}{Q} = \frac{35lt}{0.105 \text{ lt/min}} = 333,33 \text{ min} \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} = 5,55 \text{ horas} = 0.23 \text{ días}$$

**MANUAL DE AGUA POTABLE ALANTARILLADO Y SANEAMIENTO - FAFA**

**Tabla 1.** Criterios de diseño para filtros anaerobios aplicables para el post tratamiento de efluentes de reactores anaerobios

Parámetro de diseño	Rango de valores como una función del gasto		
	Q promedio	Q máximo diario	Q máximo horario
Medio de empaque	Piedra	Piedra	Piedra
Altura del medio filtrante (m)	0.8 a 3.0	0.8 a 3.0	0.8 a 3.0
Tiempo de residencia hidráulica (horas)	5 a 10	4 a 8	3 a 6
Carga hidráulica superficial (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d)	6 a 10	8 a 12	10 a 15
Carga orgánica volumétrica (kg BDO/m <sup>3</sup> d)	0.15 a 0.50	0.15 a 0.50	0.15 a 0.50
Carga orgánica en el medio filtrante (kg BDO/m <sup>3</sup> d)	0.25 a 0.75	0.25 a 0.75	0.25 a 0.75

Fuente: Chemicharo de Lemos, 2007

Se ha elegido el uso de un TRH = FAFA = 5 – 10 horas correspondiente a un gasto promedio.

Por facilidad constructiva se ha asumido un volumen de medio filtrante igual a 35 lt. reduciendo mayor cantidad de vacíos para poder tomar como referencia el valor de TRH de un medio filtrante empacado citada anteriormente.

$$TRH = \frac{V}{Q} = \frac{35}{Q}$$

$$Q = \frac{35}{TRH}$$

TRH = Se ha tomado un valor de la Ecuación 1 de 5,55 horas

### Ecuación 2

$$Q = \frac{35\text{lt}}{5,55\text{horas}} = 6,30 \frac{\text{lt}}{\text{h}} = 0,105 \text{ lt}/\text{min}$$

Se ha considerado valores de TRHs de alrededor de 5 horas, que se encuentran en el rango inferior de los recomendados para simular las condiciones más críticas durante el funcionamiento del filtro y ver cuál es su eficiencia bajo estas condiciones.

### TANQUE DE ABASTECIMIENTO – HOMOGENEIZACION

El volumen del tanque de abastecimiento del filtro ha sido dimensionado de tal manera que éste pueda almacenar el volumen y proveer al filtro el caudal calculado en la sección anterior durante 24 horas. Adicionalmente, se prevé un volumen adicional que sirva como factor de seguridad para que el filtro se encuentre siempre en funcionamiento.

#### TANQUE DE 55 GALONES



Gráfico 1. Tanque de 55 galones

55 galones garantizan un volumen durante las 24 horas del día

$$Q = 0,105 \frac{\text{lt}}{\text{min}} = \frac{60\text{min}}{1 \text{ h}} = \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}}$$

Caudal en 24 horas:

$$Q = 151.2 \frac{lt}{día} = \frac{1 gal}{3,78 lt} = 40 \frac{gal}{día}$$

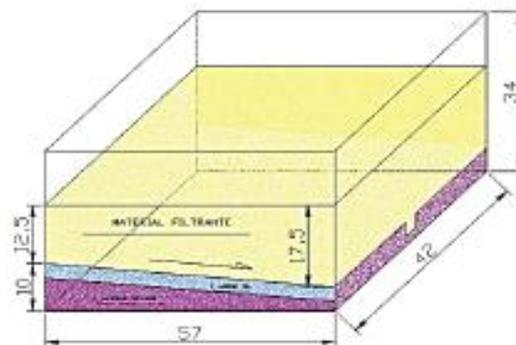
+ 15 gal para garantizar que alrededor de que 1/3 del tanque este lleno, esto para que no se quede sin agua el filtro y no deje de funcionar.

Ecuación 3

$$V_{tanque} = 40 + 15 = 55 \text{ galones}$$

**DIMENSIONES DEL FILTRO**

**MEDIDAS DEL MEDIO FILTRANTE**



**Gráfico 2. Medidas**

Asumimos el trapecio lateral donde:

AT= Área Trapecio

VT = Volume trapecio

Base = 57 cm

Lado menor = 12,5cm

Lado mayor= 17,5 cm

$$AT = 57x \frac{(12,5 + 17,5)}{2}$$

Ecuación 4

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

$$VT = 855 \times 42$$

Ecuación 5

$$VT = 35910 \text{ cm}^3 \cong 35.91 \text{ lt}$$

En el filtro debemos mantener un volumen de **35 lt** como un valor mínimo.

Por facilidades constructivas y a la vez porque esta etapa de proyecto consiste en el análisis del material filtrante mas no del diseño del filtro se tomó las medidas comerciales de un recipiente plástico “GUARDAMOVIL GRANDE” con dimensiones (57x 42 x34) cm.

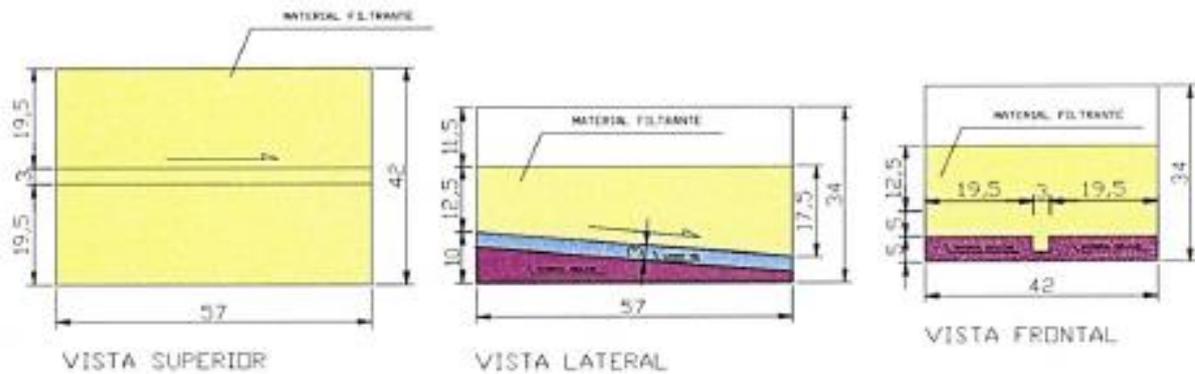


Gráfico 3. Guardamovil grande

En cuyo interior está dividido en dos partes:

1. Material filtrante a analizar.

2. Material de soporte utilizado como relleno sin contacto con el material.



**Gráfico 4.** Especificaciones

Estas dos capas están divididas por una bandeja de recolección de tol según diseño en el Gráfico 3. Especificaciones que sirve como soporte y sistema de recolección de las aguas tratadas.

Ing. MEng. Lenin Maldonado  
DOCENTE - FICM-UTA - Proyecto "Aguas Residuales" UPICIC



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Comisión Nacional del Agua , Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Mexico: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales , 2015.
- [2] "Registro Oficial 387," Norma 387, Noviembre miércoles, 2015.

### 2.3 Esquema de registro diario del funcionamiento del filtro

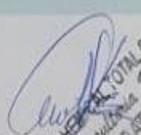
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>FICHA #1 DE REGISTRO DE ACTIVIDADES</b>		
<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b>		
<b>INVESTIGADOR:</b>		
<b>TUTOR:</b>		
<b>UBICACIÓN DEL PROYECTO:</b>		
<b>FECHA:</b>	<b>HORA:</b>	
<b>REGISTRO FOTOGRAFICO:</b>		
<b>INSPECCIÓN VISUAL:</b>		
<b>VERIFICACIÓN DE CAUDAL:</b>		
<b>FUNCIONAMIENTO DEL FILTRO:</b>		
<b>ESTADO DEL MATERIAL:</b>		
<b>INVESTIGADOR:</b>	<b>TUTOR:</b>	
_____ <b>FIRMA</b>	_____ <b>FIRMA</b>	

## 2.4 Informes de resultados de análisis físicos-químicos

Cliente: José Vinicio Nata Llamuca  
No. Contacto:  
Responsable Muestreo : José Vinicio Nata Llamuca  
Proyecto: Lavadora de autos "CITY WASH"

Muestra Recibida: 16/10/2017 16:00:pm  
Tipo de muestra: Agua  
No. Reporte TCh: Q102,2 2017

Rotulación cliente	Muestra 1 : agua cruda	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	16-oct-17	
pH	7,56	Electroquímico
Conductividad mS/cm	1,21	Electroquímico
DQO mg O <sub>2</sub> /l	882	Colorimétrico UV.VIS
DBO 5 mg/l	410	Winkler
Aceites y Grasas.mg/l (Sustancias solubles en hexano)	18,00	Gravimétrico



TOTAL CONSULTING  
Química Ambiental  
CALLE 10 - QUITO - ECUADOR

**Responsable Técnico**

Quím. Anita Lucia Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza unicamente de los análisis  
Los resultados corresponden unicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

Cliente: José Vinicio Nata Llamuca  
No. Contacto:  
Responsable Muestreo : José Vinicio Nata Llamuca  
Proyecto: Lavadora de autos "CITY WASH"

Muestra Recibida: 16/10/2017 16:00:pm  
Tipo de muestra: Agua  
No. Reporte TCh: Q102,3 2017

Rotulación cliente	Muestra 1 : agua filtrada	Metodo de Ensayo
Fecha de Muestreo	16-oct-17	
pH	7,56	Electroquímico
Conductividad ms/cm	1,21	Electroquímico
DQO mg O <sub>2</sub> /l	747	Colorimétrico UV.VIS
DBO 5 mg/l	360	Winkler
Aceites y Grasas mg/l (Sustancias solubles en hexano)	16	Gravimétrico

  
TOTAL CONSULTING  
Total Química Total  
QUITO - ECUADOR  
**Responsable Técnico**

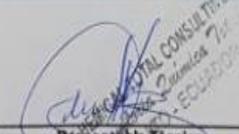
Quim. Anita Lucia Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza únicamente de los análisis  
Los resultados corresponden únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

Cliente: José Vinicio Nata Llamuca  
 No. Contacto:  
 Responsable Muestreo : José Vinicio Nata Llamuca  
 Proyecto: Lavadora de autos "CITY WASH"

Muestra Recibida: 20/10/2017 1 6:00:pm  
 Tipo de muestra: Agua  
 No. Reporte TCh: Q102,4 2017

Rotulación cliente	Muestra 2 : agua cruda	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	20-oct-17	
pH	8,07	Electroquímico
Conductividad ms/cm	11,26	Electroquímico
DQO mg O <sub>2</sub> /l	1398	Colorimétrico UV.VIS
DBO 5 mg/l	710	Winkler
Aceites y Grasas mg/l (Sustancias solubles en hexano)	18	Gravimétrico

  
 RESPONSABLE TÉCNICO

Quím. Anita Lucía Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza unicamente de los análisis  
 Los resultados corresponden unicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

Cliente: José Vinicio Nata Llamuca  
No. Contacto:  
Responsable Muestreo : José Vinicio Nata Llamuca  
Proyecto: Lavadora de autos "CITY WASH"

Muestra Recibida: 20/10/2017 16:00:pm  
Tipo de muestra: Agua  
No. Reporte TCh: Q102,5 2017

Rotulación cliente	Muestra 2 : agua filtrada	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	20-oct-17	
pH	7,49	Electroquímico
Conductividad ms/cm	1,38	Electroquímico
DQO mg O2/l	898	Colorimétrico UV.VIS
DBO 5 mg/l	420	Winkler
Aceites y Grasas mg/l (Sustancias solubles en hexano)	17	Gravimétrico



LABORATORIO TOTAL CONSULTING  
Química y Física  
Calle 5, 2017

Responsable Técnico

Quím. Anita Lucía Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza únicamente de los análisis  
Los resultados corresponden únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

Cliete: José Vinicio Nata Llamuca  
No. Contacto:  
Responsable Muestreo : José Vinicio Nata Llamuca  
Proyecto: Lavadora de autos "CITY WASH"

Muestra Recibida: 23/10/2017 1 6:00:pm  
Tipo de muestra: Agua  
No. Reporte TCh: Q102,5,1 2017

Rotulación cliente	Muestra 3 : agua cruda	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	23-oct-17	
pH	7,5	Electroquímico
Conductividad ms/cm	1,12	Electroquímico
DQO mg O2/l	1048	Colorimétrico UV VIS
DBO 5 mg/l	425	Winkler
Aceites y Grasas: mg/l (Sustancias solubles en hexano)	20	Gravimétrico

CHEMICAL TOTAL CONSULTING  
Química Total  
ANEXO - ECUADOR  
Responsable Técnico

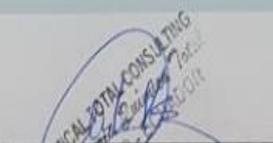
Quím. Anlita Lucia Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza unicamente de los análisis  
Los resultados corresponden unicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

Cliente: José Vinicio Nata Llamuca  
No. Contacto:  
Responsable Muestreo : José Vinicio Nata Llamuca  
Proyecto: Lavadora de autos "CITY WASH"

Muestra Recibida: 23/10/2017 1 6:00:pm  
Tipo de muestra: Agua  
No. Reporte TCh: Q102,5 2017

Rotulación cliente	Muestra 3 : agua filtrada	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	23-oct-17	
pH	7,82	Electroquímico
Conductividad ms/cm	1,12	Electroquímico
DQO mg O2/l	882	Colorimétrico UV.VIS
DBO 5 mg/l	385	Winkler
Aceites y Grasas mg/l (Sustancias solubles en hexano)	14	Gravimétrico

  
**Responsable Técnico**  
Quim. Anita Lucía Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza unicamente de los análisis  
Los resultados corresponden unicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

Cliente: José Vinicio Nata Llamuca  
No. Contacto:  
Responsable Muestreo : José Vinicio Nata Llamuca  
Proyecto: Lavadora de autos "CITY WASH"

Muestra Recibida: 27/10/2017 16:00:pm  
Tipo de muestra: Agua  
No. Reporte Tch: Q102,7 2017

Rotulación cliente	Muestra 4 : agua cruda	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	27-oct-17	
pH	7,76	Electroquímico
Conductividad ms/cm	1,19	Electroquímico
DQO mg O2/l	998	Colorimétrico UV.VIS
DBO 5 mg/l	460	Winkler
Aceites y Grasas mg/l (Sustancias solubles en hexano)	22.50	Gravimétrico

  
**Responsable Técnico**

Quim. Anita Lucia Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza unicamente de los análisis  
Los resultados corresponden unicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

Cliente: José Vinicio Nata Llamuca  
No. Contacto:  
Responsable Muestreo : José Vinicio Nata Llamuca  
Proyecto: Lavadora de autos "CITY WASH"

Muestra Recibida: 27/10/2017 16:00:pm  
Tipo de muestra: Agua  
No. Reporte TCh: Q102,6 2017

Rotulación cliente	Muestra 4 : agua filtrada	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	27-oct-17	
pH	7,95	Electroquímico
Conductividad msi/cm	1,08	Electroquímico
DQO mg O2/l	748	Colorimétrico UV.VIS
DBO 5 mg/l	340	Winkler
Acidos y Grasas.mg/l (Sustancias solubles en hexano)	16	Garavimétrico

CHEMICAL TOTAL CONSULTING  
Química Total  
EQUADOR

Responsable Técnico

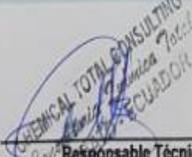
Quím. Anita Lucía Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza unicamente de los análisis  
Los resultados corresponden unicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

Cliente: José Vinicio Nata Llamuca  
No. Contacto:  
Responsable Muestreo : José Vinicio Nata Llamuca  
Proyecto: Lavadora de autos "CITY WASH"

Muestra Recibida: 30/10/2017 1 6:00:pm  
Tipo de muestra: Agua  
No. Reporte TCh: Q102,8 2017

Rotulación cliente	Muestra 5 : agua cruda	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	30-oct-17	
pH	7,76	Electroquímico
Conductividad ms/cm	1,19	Electroquímico
DOO mg O2/l	248	Colorimétrico UV.VIS
DBO 5 mg/l	110	Winkler
Aceites y Grasas mg/l (Sustancias solubles en hexano)	20	Gravimétrico

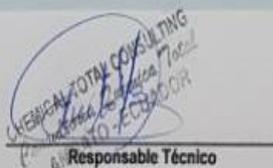
  
**Responsable Técnico**  
Quím. Anita Lucía Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza unicamente de los análisis  
Los resultados corresponden unicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

Cliente: José Vinicio Nata Llamuca  
 No. Contacto:  
 Responsable Muestreo : José Vinicio Nata Llamuca  
 Proyecto: Lavadora de autos "CITY WASH"

Muestra Recibida: 30/10/2017 1 6:00:pm  
 Tipo de muestra: Agua  
 No. Reporte TCh: Q102,9 2017

Rotulación cliente	Muestra 5 : agua filtrada	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	30-oct-17	
pH	7,94	Electroquímico
Conductividad ms/cm	1,28	Electroquímico
DQO mg O2/l	165	Colorimétrico UV.VIS
DBO 5 mg/l	90	Winkler
Aceites y Grasas.mg/l (Sustancias solubles en hexano)	7,5	Gravimétrico


  
**Responsable Técnico**

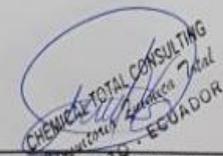
Quim. Anita Lucía Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza unicamente de los análisis  
 Los resultados corresponden unicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

Cliente: José Vinicio Nata Llamuca  
 No. Contacto:  
 Responsable Muestreo : José Vinicio Nata Llamuca  
 Proyecto: Lavadora de autos "CITY WASH"

Muestra Recibida: 06/11/2017  
 Tipo de muestra: Agua  
 No. Reporte TCh: Q102,10 2017

Rotulación cliente	Muestra 6 : agua cruda	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	06-nov-17	
pH	7,89	Electroquímico
Conductividad ms/cm	1,11	Electroquímico
DQO: mg O <sub>2</sub> /l	465	Colorimétrico UV VIS
DBO 5 mg/l	200	Winkler
Aceites y Grasas mg/l (Sustancias solubles en hexano)	17	Gravimétrico

  
**Responsable Técnico**  
 Quim. Anita Lucía Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza unicamente de los análisis  
 Los resultados corresponden unicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

Cliente: José Vinicio Nata Liamuca  
 No. Contacto:  
 Responsable Muestreo : José Vinicio Nata Liamuca  
 Proyecto: Lavadora de autos "CITY WASH"

Muestra Recibida: 06/11/2017  
 Tipo de muestra: Agua  
 No. Reporte TCh: Q102,11 2017

Rotulación cliente	Muestra 6 : agua filtrada	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	06-nov-17	
pH	7,88	Electroquímico
Conductividad ms/cm	1,10	Electroquímico
DQO mg O2/l	230	Colorimétrico UV-VIS
DBO 5 mg/l	90	Winkler
Aceites y Grasas mg/l (Sustancias solubles en hexano)	8,5	Gravimétrico

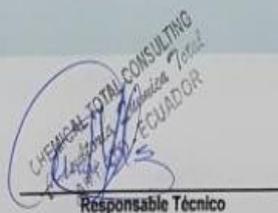
  
**Responsable Técnico**  
 Quím. Ag. Lucía Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza unicamente de los análisis  
 Los resultados corresponden unicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

Cliente: José Vinicio Nata Llamuca  
 No. Contacto:  
 Responsable Muestreo : José Vinicio Nata Llamuca  
 Proyecto: Lavadora de autos "CITY WASH"

Muestra Recibida: 10/11/2017  
 Tipo de muestra: Agua  
 No. Reporte TCh: Q102,13 2017

Rotulación cliente	Muestra 7 : agua cruda	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	10-nov-17	
pH	8,08	Electroquímico
Conductividad mS/cm	1,51	Electroquímico
DQO mg O2/l	532	Colorimétrico UV.VIS
DBO 5 mg/l	180	Winkler
Aceites y Grasas mg/l (Sustancias solubles en hexano)	16	Gravimétrico


  
**Responsable Técnico**

Quím. Anita Lucía Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza unicamente de los análisis  
 Los resultados corresponden unicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

Cliente: José Vinicio Nata Llamuca  
No. Contacto:  
Responsable Muestreo : José Vinicio Nata Llamuca  
Proyecto: Lavadora de autos "CITY WASH"

Muestra Recibida: 10/11/2017  
Tipo de muestra: Agua  
No. Reporte TCh: Q102,12 2017

Rotulación cliente	Muestra 7 : agua filtrada	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	10-nov-17	
pH	8,06	Electroquímico
Conductividad ms/cm	1,50	Electroquímico
DQO mg O <sub>2</sub> /l	315	Colorimétrico UV.VIS
DBO 5 mg/l	140	Winkler
Acetes y Grasas.mg/l (Sustancias solubles en hexano)	9,5	Gravimétrico



Responsible Técnico

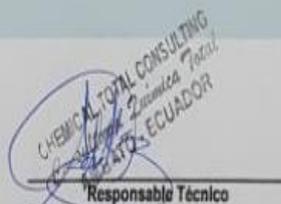
Quím. Anita Lucía Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza unicamente de los análisis  
Los resultados corresponden unicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

Cliente: José Vinicio Nata Llamuca  
 No. Contacto:  
 Responsable Muestreo : José Vinicio Nata Llamuca  
 Proyecto: Lavadora de autos "CITY WASH"

Muestra Recibida: 17/11/2017  
 Tipo de muestra: Agua  
 No. Reporte TCh: Q102,15 2017

Rotulación cliente	Muestra 8 : agua cruda	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	17-nov-17	
pH	7,43	Electroquímico
Conductividad ms/cm	0,43	Electroquímico
DQO mg O <sub>2</sub> /l	648	Colorimétrico UV-VIS
DBO 5 mg/l	350	Winkler
Aceites y Grasas mg/l (Sustancias solubles en hexano)	20	Gravimétrico


 CHEMICAL TOTAL CONSULTING  
 Químicas Total  
 QUITO - ECUADOR  
 Responsable Técnico

Quim. Anita Lucia Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza unicamente de los análisis  
 Los resultados corresponden unicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

Ciente: José Vinicio Nata Llamuca  
No. Contacto:  
Responsable Muestreo : José Vinicio Nata Llamuca  
Proyecto: Lavadora de autos "CITY WASH"

Muestra Recibida: 17/11/2017  
Tipo de muestra: Agua  
No. Reporte TCh: Q102,142017

Rotulación cliente	Muestra 8 : agua filtrada	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	17-nov-17	
pH	7,95	Electroquímico
Conductividad ms/cm	0,83	Electroquímico
DQO mg O2/l	332	Colorimétrico UV.VIS
DBO 5 mg/l	154	Winkler
Aceites y Grasas mg/l (Sustancias solubles en hexano)	10	Gravimétrico

  
Responsable Técnico

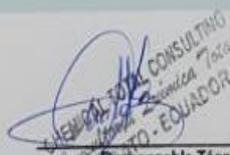
Quim. Anita Lucia Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza unicamente de los análisis  
Los resultados corresponden unicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

Cliente: José Vinicio Nata Llamuca  
No. Contacto:  
Responsable Muestreo : José Vinicio Nata Llamuca  
Proyecto: Lavadora de autos "CITY WASH"

Muestra Recibida: 20/11/2017  
Tipo de muestra: Agua  
No. Reporte TCh: Q102,17 2017

Rotulación cliente	Muestra 9 : agua cruda	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	20-nov-17	
pH	7,46	Electroquímico
Conductividad ms/cm	0,38	Electroquímico
DQO mg O2/l	832	Colorimétrico UV.VIS
DBO 5 mg/l	410	Winkler
Acetes y Grasas mg/l (Sustancias solubles en hexano)	22	Gravimétrico

  
CONSULTING  
Química Total  
QUITO - ECUADOR  
Responsable Técnico  
Quím. Anita Lucia Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza unicamente de los análisis  
Los resultados corresponden unicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

Cliente: José Vinicio Nata Llamuca  
No. Contacto:  
Responsable Muestreo : José Vinicio Nata Llamuca  
Proyecto: Lavadora de autos "CITY WASH"

Muestra Recibida: 20/11/2017  
Tipo de muestra: Agua  
No. Reporte TCh: Q102,16 2017

Rotulación cliente	Muestra 9 : agua filtrada	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	20-nov-17	
pH	7,72	Electroquímico
Conductividad ms/cm	0,69	Electroquímico
DQO mg O2/l	498	Colorimétrico UV.VIS
DBO 5 mg/l	210	Winkler
Aceites y Grasas mg/l (Sustancias solubles en hexano)	12	Gravimétrico

Responsable Técnico

Quim. Anita Lucia Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza unicamente de los análisis  
Los resultados corresponden unicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

Cliente: José Vinicio Nata Llamuca  
No. Contacto:  
Responsable Muestreo : José Vinicio Nata Llamuca  
Proyecto: Lavadora de autos "CITY WASH"

Muestra Recibida: 24/11/2017  
Tipo de muestra: Agua  
No. Reporte TCh: Q102,19 2017

Rotulación cliente	Muestra 10 : agua cruda	Método de Ensayo
Fecha de Muestreo	24-nov-17	
pH	7,37	Electroquímico
Conductividad ms/cm	0,73	Electroquímico
DQO mg O2/l	882	Colorimétrico UV.VIS
DBO 5 mg/l	400	Winkler
Acetes y Grasas mg/l (Sustancias solubles en hexano)	24	Gravimétrico

*CHEMICAL TOTAL CONSULTING*  
*Consultoría Química Total*  
*AMBAATO - ECUADOR*

Responsable Técnico

Quím. Anita Lucía Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza únicamente de los análisis  
Los resultados corresponden únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

Cliente: José Vinicio Nata Llamuca  
 No. Contacto:  
 Responsable Muestreo : José Vinicio Nata Llamuca  
 Proyecto: Lavadora de autos "CITY WASH"

Muestra Recibida: 24/11/2017  
 Tipo de muestra: Agua  
 No. Reporte TCh: Q102,18 2017

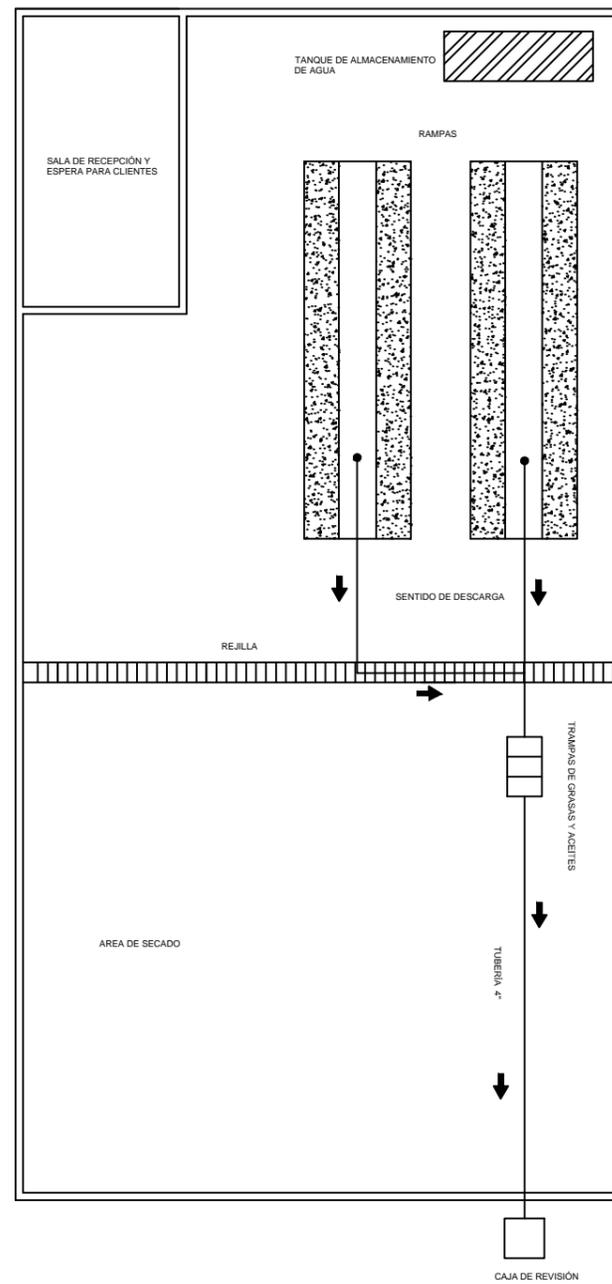
Rotulación cliente	Muestra 10 : agua filtrada	Metodo de Ensayo
Fecha de Muestreo	24-nov-17	
pH	7,65	Electroquímico
Conductividad ms/cm	0,73	Electroquímico
DQO mg O2/l	433	Colorimétrico UV VIS
DBO 5 mg/l	176	Winkler
Aceites y Grasas mg/l (Sustancias solubles en hexano)	8,5	Gravimétrico

  
 Responsable Técnico  
 Quím. Ana Lucia Velasco

Total Chemistry Se responsabiliza unicamente de los análisis  
 Los resultados corresponden unicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha

## **2.5 Diagrama de funcionamiento de la industria “City Wash”**

# DIAGRÁMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA INDUSTRIA



## LAVADORA Y LUBRICADORA "CITY WASH"

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
ANÁLISIS DE PIEDRA PÓMEZ EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA LAVADORA Y LUBRICADORA DE AUTOS "CITY WASH" UBICADA EN LA CIUDAD DE AMBATO, PROVINCIA DE TINGURAHUA		
		
CONTIENE: DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA INDUSTRIA		
DISEÑO	ESCALA: S/E	LÁMINA: 1/1
ELABORADO POR:		TUTOR:
NATA LLAMICA JOSÉ VINICIO		Ing. Mg. Morales Fiallos Fabián