

**EVALUACIÓN DE UN FILTRO DE PIEDRA PÓMEZ, EN EL TRATAMIENTO  
DEL AGUA RESIDUAL DEL LAVADERO “EL DANGOND” EN VALLEDUPAR – CESAR**

**AUTOR (ES):**

BREIFER ABERTO LIÑÁN CATAÑO  
RICARDO ANDRES RAMIREZ SOTO

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
VALLEDUPAR - CESAR  
2022-2**



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**EVALUACIÓN DE UN FILTRO DE PIEDRA PÓMEZ, EN EL TRATAMIENTO  
DEL AGUA RESIDUAL DEL LAVADERO “EL DANGOND” EN VALLEDUPAR – CESAR**

**AUTOR (ES):**

BREIFER ABERTO LIÑÁN CATAÑO  
RICARDO ANDRES RAMIREZ SOTO

**DIRECTOR / ASESOR:**

LUIS FRANCISCO RAMIREZ

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
VALLEDUPAR - CESAR  
2022-2**



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



### **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo al amor continuo que recibo de mi madre, Neyra Yaneth Soto Zarate QEPD, pues, aunque desde el cielo me mira, siento a diario el amor de sus abrazos, el apoyo y la constancia de mi padre, Quintiliano de Jesús Ramírez, hombre de valores rectos y principios inquebrantables, su apoyo ha sido incondicional y su ejemplo motivó cada día uno a uno mis esfuerzos, esto es por ellos.

*Ricardo Ramírez.*

Está tesis va dedicada con todo mi corazón a mis padres, Antonia Cataño Oñate y Heriberto Liñán Raudales y al gran amor de mi vida, Brenda M. Liñán Cataño. Para ellos que cada día han sacado fuerzas de dónde nadie más podría, me motivaron con su amor, su apoyo y su ejemplo, para hoy poder brindar este trabajo como ofrenda por su paciencia y sacrificio durante todo este tiempo.

*Breifer Liñán*





**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



### **AGRADECIMIENTOS**

A todas y cada una de las personas que se interesaron en nosotros y no tuvieron reparo alguno en brindarnos apoyo, familiares como Breiner Liñán y Quintiliano Ramírez, esenciales en cada uno de los aspectos que se presentaron en los momentos que menos se esperaron, amigos como Laura Gómez, llena de paciencia y compromiso con este proyecto, docentes y demás amigos que saben que su aporte fue esencial, queremos agradecerles porque siempre hubo en quien confiar y con quién contar, gracias a todos por ayudar a que esta meta se materialice.





**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



### **RESUMEN Y ABSTRACT**

Las aguas de los lavaderos son altas en parámetros como grasas y aceites, DBO, DQO, tensoactivos, pH, entre otros, ya que los detergentes empleados tienen altas concentraciones químicas, y los vehículos traen residuos de aceites y combustibles que generan iridiscencia en estas aguas, las cuales son vertidas al alcantarillado generando un impacto negativo a las fuentes receptoras. La investigación tenía por objeto evaluar un filtro de piedra pómez, en el tratamiento del agua residual del lavadero “El Dangond” en Valledupar – Cesar. Se realizó por medio de tres fases: la primera, caracterizar las grasas y aceites, DBO, DQO, Ph, Sólidos Totales y Tensoactivos del agua residual, la segunda fase: dimensionar el sistema del filtro de piedra pómez y el filtro convencional de arena, en su aspecto técnico, y por último, determinar la eficiencia en la remoción de contaminantes, obtenida por el filtro de piedra pómez y el filtro convencional. Los resultados arrojados por el estudio demuestran que la piedra pómez ayuda a reducir notablemente las concentraciones de contaminantes del DQO y DBO5, pero con los resultados obtenidos se verifica que las aguas tratadas con arena presentan mayor remoción de contaminación que el primero, a causa de su estructura y funcionalidad. Para esto, se determinó la eficiencia de remoción de cada parámetro de acuerdo con el filtro usado. Para todos los parámetros el filtro de arena presentó mayores resultados y mayor eficiencia de remoción.

*Palabras claves: Agua residual, contaminación del agua, efluente, afluente, lavadero de carros.*





**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



### **ABSTRACT**

The water from the sinks is high in parameters such as fats and oils, BOD, COD, surfactants, pH, among others, since the detergents used have high chemical concentrations, and the vehicles bring oil and fuel residues that generate iridescence in these waters. which are discharged into the sewage system, generating a negative impact on receiving sources. The purpose of the research was to evaluate a pumice stone filter, in the treatment of wastewater from the laundry "El Dangond" in Valledupar - Cesar. It was carried out through three phases: the first, to characterize the fats and oils, BOD, COD, Ph, Total Solids and Surfactants of the residual water, the second phase: to size the pumice stone filter system and the conventional sand filter, in its technical aspect, and finally, to determine the efficiency in the removal of contaminants, obtained by the pumice stone filter and the conventional filter. The results of the study show that the pumice stone helps to significantly reduce the concentrations of COD and BOD5 contaminants, but with the results obtained, it is verified that the waters treated with sand present a greater removal of contamination than the first, due to its structure and functionality. For this, the removal efficiency of each parameter was determined according to the filter used. For all parameters, the sand filter presented better results and higher removal efficiency.

*Keywords: Residual water, water contamination, effluent, tributary, car wash.*





Contenido

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>4</b>
<b>RESUMEN Y ABSTRACT .....</b>	<b>5</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>13</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>15</b>
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1 OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>17</b>
<b>4. MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>18</b>
<b>4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>18</b>
<b>5.2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>21</b>
<b>4.3. MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>37</b>
<b>4.4. MARCO CONTEXTUAL.....</b>	<b>38</b>
<b>4.5. MARCO LEGAL.....</b>	<b>40</b>
<b>4.6. MARCO INSTITUCIONAL .....</b>	<b>43</b>
<b>5. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>45</b>
<b>5.1 LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>45</b>
<b>5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>45</b>
<b>5.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>45</b>
<b>5.4 POBLACIÓN DE ESTUDIO .....</b>	<b>45</b>
<b>5.5 MUESTRA POBLACIONAL .....</b>	<b>45</b>
<b>5.6 DESARROLLO METODOLÓGICO .....</b>	<b>45</b>



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



<b>5.7 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>48</b>
<b>6. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....</b>	<b>49</b>
<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>68</b>
<b>8. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>70</b>
<b>9. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>76</b>



### LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Composición de las aguas residuales generadas en lavaderos.....	267
<b>Tabla 2</b> Filtro lento de arena.....	346
<b>Tabla 3</b> Dimensiones estándar de los filtros lentos.....	356
<b>Tabla 4</b> Normatividad ambiental.....	401
<b>Tabla 5</b> Normatividad específica.....	434
<b>Tabla 6</b> Parámetros de análisis.....	467
<b>Tabla 7</b> Resultado de parámetros analizados.....	513
<b>Tabla 8</b> Procedimiento realizado para la caracterización.....	601
<b>Tabla 9</b> Resultados obtenidos en la caracterización.....	612
<b>Tabla 10</b> Resultados de remoción de los parámetros.....	635
<b>Tabla 11</b> Diseño experimental.....	638
<b>Tabla 12</b> Prueba de normatividad.....	638





### LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Filtro lento de arena .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 2</b> Ubicación geográfica de Valledupar .....	38
<b>Figura 3</b> Ubicación lavadero el Dangond.....	39
<b>Figura 4</b> Esquema de fases metodológicas.....	46
<b>Figura 5</b> Muestreo de aguas residuales .....	49
<b>Figura 6</b> Transporte de muestras con hielo .....	50
<b>Figura 7</b> Caracterización de las muestras .....	55
<b>Figura 8</b> Material recolectado.....	55
<b>Figura 9</b> Filtro de piedra pómez .....	55
<b>Figura 10</b> Tamizado de arena .....	55
<b>Figura 11</b> Filtro de arena.....	58
<b>Figura 12</b> Caracterización del efluente y afluente.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 13</b> Eficiencia de remoción de filtros de arena y piedra pómez.....	64





## **INTRODUCCIÓN**

Las aguas residuales producidas en el ámbito municipal requieren el tratamiento apropiado, previo a su reuso o disposición final, con la finalidad de proteger el ambiente y la salud de la población, así como es crucial para lograr beneficios de salud pública, mejorar el medio ambiente y la calidad de vida (Banco Mundial de la Salud, 2022).

Las aguas residuales provenientes del lavado de carros contienen altas cargas contaminantes de aceites y grasas, DQO, DBO5, sólidos suspendidos y un nivel de acidez (pH) muy elevado (Huybrechts, De Baere, Van Espen, Wellens, & Dijkmans, 2002), (Belmont et al., 2004), (Tavera Garcia & Torres Burgos, 2015). La presencia de estos parámetros contaminantes en niveles superiores a los límites máximos permitidos por la ley, nos indica que el agua debe pasar un por un tratamiento adecuado para su disposición final. La meta de un tratamiento aplicado a este tipo de aguas nunca ha sido obtener un producto estéril, sin especies microbianas, sino reducir el nivel de microorganismos dañinos a niveles más seguros, para que el agua pueda ser reutilizada o descargada al sistema de alcantarillado con el fin de minimizar los riesgos tanto para el medio ambiente como para las poblaciones (Reynolds, 2002b), (Agua, 2008), (Ministerio del Ambiente, 2015).

En la ciudad de Valledupar existen alrededor de 100 establecimientos comerciales para el lavado de automóviles, estos son espacios dedicados a su limpieza, ya sea como un servicio brindado por empleados del lugar o bien por los propios usuarios. Para dar cumplimiento a esta función, los lavaderos requieren grandes volúmenes de agua a presión (m<sup>3</sup> de agua/ día) en las actividades diarias. Así mismo, el agua es mezclada con detergentes y vertidos en el sistema de alcantarillado cuya disposición final se realiza en el río Cesar, lo que provoca alteración de los ecosistemas acuáticos de diferentes animales y de mayor importancia para el hombre (Barrios, 2017).

La presente investigación pretende evaluar un filtro de piedra pómez, para el tratamiento de las aguas residuales provenientes del lavadero “El Dangond” En Valledupar – Cesar, con la finalidad de mitigar los impactos ambientales negativos asociados al vertimiento de aguas de este tipo al sistema de alcantarillado por medio de una alternativa de alta eficacia y bajos costos de construcción, operación y mantenimiento, el cual será comparado con un



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



filtro de arena. Por otra parte, mediante la comparación de estos medios filtrantes, se determinó qué tan conveniente es la implementación del filtro con piedra pómez para el tratamiento de las aguas residuales del lavadero “El Dangond”, destacando sus ventajas y desventajas en diseño e implementación.

La investigación se estructura en nueve capítulos, divididos de la siguiente manera: en el capítulo número uno, se realiza la descripción del planteamiento del problema, el capítulo número dos detalla la importancia del desarrollo de la investigación. El capítulo número tres menciona los objetivos de la investigación. Posteriormente, encontramos el marco referencial. El capítulo número cinco, hace referencia al marco metodológico, en el que se encuentra la descripción de la línea, sublínea, tipo, nivel, población y muestra que requiere el desarrollo de la investigación. Adicionalmente, se encuentra el desarrollo metodológico. El capítulo sexto se titula resultados y análisis. Posteriormente, en el capítulo séptimo se encuentran las conclusiones que se recopilan en la investigación, seguido por el capítulo octavo, recomendaciones y por último la bibliografía.



## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El crecimiento continuo de la población en las zonas urbanas exige que la ciudad incremente sus servicios de transporte público y privado, estos medios de transporte requieren limpieza y mantenimiento en las estaciones de lavado (Reynolds, 2002). En Latinoamérica se producen 225.000 toneladas de residuos sólidos por día generados por 300 millones de habitantes. Menos del 5% de las aguas residuales que recolecta el sistema de alcantarillado es tratado, lo que genera riesgos para la salud humana, animales y contaminación del medio ambiente (Reynolds, 2002a) esto debido al acelerado y desordenado crecimiento industrial, que es la primera causa de la contaminación del agua, y a la falta del cumplimiento de la política de conservación de los cuerpos receptores se tienen graves problemas medio ambientales (Cabrera et al., 2012).

Las empresas de lavado se han incrementado debido al alto índice de crecimiento del parque automotor en los últimos años en el país. (Carrasquero, et. al, 2015). El lavado de vehículos ocasiona impactos ambientales negativos al medio ambiente, por el hecho de un elevado consumo de agua potable en las actividades realizadas y la descarga de aguas residuales al sistema de alcantarillado doméstico o cuerpos receptores, sin un tratamiento previo o control de ningún tipo. (Carrasquero et al., 2015).

En el proceso de lavado se utilizan agentes desengrasantes, ácidos y alcalinos que se utiliza para limpiar la suciedad y el polvo, el uso de brillo para proteger al vehículo de la abrasión, además del uso de aceites, grasas, detergentes, compuestos orgánicos, compuestos de fósforo, compuestos de nitrógeno y el polvo de los frenos, que vertidos al sistema de alcantarillado puede traer consecuencias graves en la distribución y transporte del residual hasta la planta de tratamiento y como consecuencia puede colapsar la misma; además, estos contaminantes pudieran terminar en cuerpos de agua, alterando el ecosistema marino. (Kiran, Arthanareeswaran, Thuyavan, & Ismail, 2015).

Las aguas de los lavaderos, son altas en parámetros como grasas y aceites, DBO, DQO, tensoactivos, pH, entre otros, ya que los detergentes empleados tienen altas concentraciones químicas, y los vehículos traen residuos de aceites y combustibles que generan iridiscencia en estas aguas, las cuales son vertidas al alcantarillado generando un impacto negativo a las fuentes receptoras, de hecho, parte de las afectaciones que hoy se

tienen en el río Cesar es producto de los vertimientos de los lavaderos de autos y motos (Barrios, 2017).

En la ciudad de Valledupar existen alrededor de 100 establecimientos comerciales para el lavado de automóviles, estos son espacios dedicados a su limpieza, ya sea como un servicio brindado por empleados del lugar o bien por los propios usuarios. Para dar cumplimiento a esta función, los lavaderos requieren grandes volúmenes de agua a presión (m<sup>3</sup> de agua/ día) en las actividades diarias. Así mismo, el agua es mezclada con detergentes y vertidos en el sistema de alcantarillado cuya disposición final se realiza en el río Cesar, lo que provoca alteración de los ecosistemas acuáticos de diferentes animales y de mayor importancia para el hombre (Barrios, 2017).

Los principales contaminantes de las aguas residuales generadas por los lavaderos de vehículo son: Los sólidos suspendidos totales, que disminuyen la transparencia del agua generando turbiedad (Albarracín, 2018), los tensoactivos, que generan fenómenos como es la producción de espumas, toxicidad para microorganismos, contaminación de acuíferos, inhibición en el crecimiento de algas, entre otros, la DBO, DQO y pH, cuyos valores si no son óptimos limitan la vida acuática y generan contaminación ambiental y las grasas y aceites, que disminuyen el oxígeno en el agua y afectan la actividad fotosintética. Todos los anteriores contaminantes son peligrosos, debido a sus efectos potenciales en la calidad del agua, razón por la cual se hace necesario el tratamiento de este tipo de aguas residuales, con una alternativa biológica de bajo costo, que permita una correcta eliminación de dichos contaminantes, por lo que el presente proyecto pretende dar solución a esta problemática, mediante la evaluación de la eficiencia de remoción de contaminantes del agua residual del lavadero “El Dangond” en Valledupar – Cesar, utilizando un filtro de piedra pómez.

### **1.1 Formulación de la pregunta problema**

¿Qué tan efectiva resulta la aplicación de un filtro de piedra pómez, en el tratamiento del agua residual del lavadero “El Dangond” en Valledupar – Cesar?

## 2. JUSTIFICACIÓN

Las aguas residuales producidas en el ámbito municipal requieren el tratamiento apropiado, previo a su reuso o disposición final, con la finalidad de proteger el ambiente y la salud de la población, así como es crucial para lograr beneficios de salud pública, mejorar el medio ambiente y la calidad de vida (Banco Mundial de la Salud, 2022).

La resolución 0631 de 2015, establece los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos hídricos y a sistemas de alcantarillado público, procedentes de actividades de lavado, incluyendo en estas los lavaderos de carros, con la finalidad de mitigar los impactos ambientales a los sistemas de alcantarillado y a los cuerpos hídricos.

En la actualidad el tratamiento de las aguas residuales provenientes del lavado de carros es muy común teniendo resultados impresionantes, algunos de estos tratamientos son: el uso de membranas con coagulantes (Kiran et al., 2015), (Gil, Soto, Usma, & Gutiérrez, 2012) y (Patiño, Díaz, & Ordóñez, 2014). El uso de filtros biológicos con diferentes materiales (Higuera Cobos, Arroyave Londoño, & Flórez García, 2009), (Ruiz Arango, 2004). El uso de procesos biológicos como plantas acuáticas (el Jacinto, la lenteja, el buchón de agua, etc.) (Hidalgo, Montano, & Sandoval, 2005), (METCALF, 1995), (Rodríguez-Miranda, Gómez, Garavito, & López, 2010), semillas como la Moringa, entre otros.

El uso de filtros para el tratamiento del agua residual ha cobrado importancia en los últimos años. Los procesos de filtración son económicos en comparación con tratamientos químicos, de fácil mantenimiento, infraestructura particularmente sencilla, gran capacidad de tratamiento y su impacto ambiental es moderado respecto a los procesos anaerobios que generan metano (de impacto negativo si se libera a la atmósfera) (Martínez, 2019).

Por otro lado, se ha demostrado que la piedra pómez es un material importante para el tratamiento de aguas residuales, debido a que tiene la capacidad de retener la materia suspendida y dejar pasar el agua; posee características como la porosidad, alta rugosidad, composición química favorable (consorcio de bacterias depuradoras de la materia orgánica) (Kuslu & Sahin, 2013), aspectos ideales para su uso en tareas de purificación de aguas,



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



que en comparación con la de un soporte sintético comercial, tiene costos muy bajos (Wesley, 2001).

La presente investigación evaluó un filtro de piedra pómez, para el tratamiento de las aguas residuales provenientes del lavadero “El Dangond” En Valledupar – Cesar, con la finalidad de mitigar los impactos ambientales negativos asociados al vertimiento de aguas de este tipo al sistema de alcantarillado por medio de una alternativa de alta eficacia y bajos costos de construcción, operación y mantenimiento, el cual fue comparado con un filtro de arena. Mediante la comparación de estos medios filtrantes, se determinó qué tan conveniente es la implementación del filtro con piedra pómez para el tratamiento de las aguas residuales del lavadero “El Dangond”.

Así mismo, esta investigación sirvió para que los propietarios de los establecimientos de lavado de vehículos cumplieran con la normatividad e vertimientos de agua residual del gobierno Colombiano por medio de estrategias amigables al medio ambiente, reduciendo costos y disminuyendo los impactos que en sus espacios se generan.





### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar un filtro de piedra pómez, en el tratamiento del agua residual del lavadero “El Dangond” en Valledupar – Cesar.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar las grasas y aceites, DBO, DQO, Ph, Sólidos Totales y Tensoactivos del agua residual del lavadero de vehículos “El Dangond” de la ciudad de Valledupar.
- Dimensionar el sistema del filtro de piedra pómez y el filtro convencional de arena, en su aspecto técnico.
- Determinar la eficiencia en la remoción de contaminantes, obtenida por el filtro de piedra pómez y el filtro convencional, del agua residual del lavadero.



## **4. MARCO REFERENCIAL**

### **4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Cornejo (2015). Determinación de la eficiencia de Remoción de la DBO de agua residual doméstica mediante la utilización de un biofiltro de Piedra Pómez. Esta investigación se realizó para optar por el título de Ingeniero Ambiental en la Universidad Nacional de Trujillo – Perú, en donde se desarrolló un proceso para la reducción de la DBO5 de Agua Residual Doméstica, permitiendo así mejorar la calidad del agua, para lo cual se construyó un sistema de Biofiltración a escala laboratorio en el cual se emplearon Hongos del tipo levadura de la especie *Saccharomyces cerevisiae*, adheridas a un soporte de piedra pómez. Se contaminó agua con desperdicios de un hogar común, sin considerar la contaminación fecal, para simular un Agua Residual Doméstica. Para los efectos y a fin de evaluar la eficiencia del sistema de un Biofiltro, se comenzó con el acondicionamiento y la adaptación del hongo con solución azucarada, se midieron directamente las concentraciones de Oxígeno Disuelto, utilizando el método Winkler, pH, sólidos totales y en un periodo de 4 días se obtuvieron remociones de OD=17.41%, pH=8.97%, ST=38.49%. Para verificar la eficiencia del Biofiltro, el Agua Residual Doméstica sin coliformes fecales, se ensayó 5 días continuos por cada mes durante un trimestre para obtener la DBO5, pH, ST. Los resultados que se obtuvieron permitieron tener eficiencias de remoción promedio DBO5= 73.79%, pH= 34.55%, ST=85.65%. El sistema de biofiltración estudiado demostró que tiene eficiencias altas en remoción de materia orgánica, dentro del rango óptimo del pH de la muestra, con reducción de los sólidos totales.

Izquierdo (2016). Efecto de un biofiltro de piedra pómez en la remoción del material orgánico del efluente agroindustrial Casa grande. Esta Investigación consiste en una tesis para obtener el título profesional de ingeniero ambiental, en la Universidad César Vallejo, Trujillo – Perú, en donde se evaluó el efecto de un biofiltro de piedra pómez en la remoción del material orgánico del efluente agroindustrial Casa Grande, analizando el oxígeno disuelto. Para realizar el proceso del oxígeno disuelto, se analizó los distintos tratamientos que se obtuvieron al utilizar 3 pesos de piedra pómez (250gr, 500gr y 750 gr) y 3 de levadura (150gr, 200 gr y 250gr), obteniendo 9 muestras y realizando 3 repeticiones con un total de



27 muestras. De los resultados obtenidos se determinó que el incremento del biofiltro (peso de la piedra pómez y levadura) en el proceso de análisis del material orgánico. El mayor promedio de remoción de la materia orgánica que se obtuvo fue de 3437mgO<sub>2</sub>/L, a 250 gr de levadura y 750 gr de piedra pómez. El biofiltro sobre la remoción del material orgánico mediante análisis de la BDO<sub>5</sub> se confirma mediante un análisis de varianza para un nivel de confianza de 95%, por lo que se concluye que el biofiltro influye significativamente en la remoción del material orgánico.

Morales, Medina, Bolívar y Paredes (2017). Biofiltración sobre Cama de Turba, para el Tratamiento de Aguas Residuales Provenientes del Lavado de Jeans. Esta investigación de la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, se realizó con el fin de verificar la eficiencia de depuración de los siguientes parámetros: Demanda Biológica de Oxígeno DBO<sub>5</sub>, Demanda Química de Oxígeno DQO, Sólidos Totales ST y Biodegradabilidad; mediante la utilización de un biofiltro vertical construido a base de una cama de turba, arena de río lavada y piedra pómez. consta de 4 capas principales de los materiales antes descritos separadas con malla plástica. El diseño de este biofiltro consta de 4 capas, primero, la capa de viruta sirve como material de distribución del caudal de entrada del agua residual; segundo, la capa de turba es la capa de filtración cuyas propiedades (adsorción, absorción, intercambio iónico, porosidad), ayudan a la depuración del agua residuales provenientes del lavado de jeans. La tercera y cuarta capa constan de arena y piedra pómez respectivamente, y sirven de material de soporte de la turba y para permitir una mejor descarga del agua residual. Para este efecto, se realizó el monitoreo del biofiltro durante 36 días, con análisis continuos de los parámetros antes mencionados. Al final, se obtuvo una eficiencia de DBO<sub>5</sub> de 75.27% y de DQO de 79.69%, una relación de biodegradabilidad DBO<sub>5</sub>/DQO de 0.78, y también, una reducción de sólidos totales ST del 57.33%. Con estos resultados, este estudio demostró el potencial de aplicación del biofiltro propuesto para el tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de jeans.

Sánchez (2017). Análisis de la cama de turba como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora y lubricadora de autos "Lavauto" ubicada en la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi. Este proyecto tuvo como finalidad evaluar la eficiencia de la turba como material filtrante de los efluentes producidos en la lavadora de



autos “Lavauto” ubicada en el cantón Latacunga, Ecuador. Para el diseño del modelo del filtro se tomó como parámetro fundamental el concepto de Tiempo de Retención Hidráulica (TRH). El tiempo de análisis del filtro fue de 90 días, con un caudal de ingreso de 0.105 lts/seg. El material utilizado fue turba rubia esfagnácea canadiense al 100% de pureza. El caudal de agua promedio diario de consumo en la industria fue de 1320 lts/día, utilizando 120 litros por cada lavado de auto. Se tomó una muestra sin filtrar y 9 muestras procesadas, una cada 10 días aproximadamente para su análisis en base a los parámetros de DBO5, DQO y Aceites y Grasas. Desde los primeros días, la turba tuvo una eficiencia instantánea, la cual se mantiene casi constante durante los 90 días de análisis. Alrededor de los 80 días de funcionamiento, el filtro de turba tiene su máxima eficiencia de remoción, llegando casi al 100%. La eficiencia de la turba rubia esfagnácea canadiense para la remoción del DBO5, DQO y aceites y grasas en el efluente de esta industria fue notoria, alcanzando niveles de contaminación por debajo de lo establecido en la normativa TULSMA, incluso llegando a eliminar los contaminantes casi por completo.

Vásconez (2017). Análisis de la piedra pómez como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes del centro de faenamiento Ocaña del cantón Quero. Esta investigación se realizó para optar por el título de ingeniero civil en la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Dicho proyecto tuvo como finalidad, evaluar la eficiencia de la piedra pómez para el tratamiento de aguas residuales provenientes del Centro de Faenamiento Ocaña. En el diseño del filtro se utilizó 35 lt de piedra pómez como elemento filtrante, la cual se tamizó, obteniendo un tamaño de partículas entre 9.5-12.7mm. El material filtrante se colocó dentro de un recipiente plástico de dimensiones 570x420x340mm. El Biofiltro fue abastecido por un tanque de PVC con capacidad para 55gal, el mismo que descansa sobre una estructura metálica. A una altura de 15cm desde la base del tanque, sale una tubería de PVC de diámetro 1/2”, la cual recorre en sentido horizontal 0.60m y en sentido vertical 1m, unido al extremo de la tubería descansa un aparato que permite distribuir el agua residual por todo el filtro, con un caudal de salida de 0.105lt/min. El biofiltro se instaló en el camal y estuvo en funcionamiento durante tres meses, en los cuales, se tomó nueve muestras de agua residual filtrada, y una muestra de agua cruda para ser estudiadas. Se realizó análisis de los siguientes parámetros: Demanda química de oxígeno (DQO),



Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y Sólidos Totales, ya que son los indicadores más representativos para conocer la calidad de este tipo de aguas residuales. Luego de monitorearse las características de biodegradabilidad del agua residual, se determinó que el filtro permite disminuir los contaminantes presentes en el agua. La mejor eficiencia de la DBO5 es de 60.68% observada en la semana 4, la DQO es de 59.21% en la semana 10, la de Sólidos totales de 44.30% en la semana 4.

## **5.2. MARCO TEÓRICO**

### **5.2.1. Aguas residuales**

Las aguas residuales, según los autores García y López (2010), se pueden definir como aquellas que, por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos. Además, estos autores proponen la siguiente clasificación.

#### **5.2.1.1. Clasificación de las aguas residuales**

**Aguas Residuales Industriales:** proceden de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales.

**Aguas residuales domésticas o aguas negras:** proceden de las heces y orina humanas, de la cocina y de la limpieza de la casa. Suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas.

**Aguas grises:** se originan a partir del aseo personal, lavadora, etc.

**Aguas residuales comerciales:** proceden de las actividades comerciales como restaurantes, tiendas y limpieza de estas.

**Agua de escorrentía:** procedente de las lluvias y pueden contener desperdicios de las calles, fugas de vehículos y otras fuentes contaminantes.

### **5.2.2. Características de las aguas residuales**

Algunas de las características de las aguas residuales, son las siguientes:

#### **5.2.2.1. Demanda biológica de oxígeno (DBO)**



Se entiende como la dosis de oxígeno necesaria para que la población microbiana pueda desintegrar a la materia orgánica que se puede degradar presente en el agua gris. La demanda biológica de oxígeno es uno de los indicadores de gran importancia en la investigación y clasificación de las aguas no consumibles. La medición de demanda biológica de oxígeno a parte de mostrar la biodegradabilidad y presencia del material orgánico in situ, es un método que se utiliza para hallar la cantidad de oxígeno que se requiere para equilibrar el carbono orgánico y para determinar con qué efectividad este compuesto se metabolizará por las bacterias que generalmente se sitúan en las aguas grises (Sánchez & Cardona, 2008).

#### **5.2.2.2. Demanda química de oxígeno (DQO)**

Mide la cantidad de materia orgánica del agua, mediante la determinación del oxígeno necesario para oxidarla, pero en este caso proporcionado por un oxidante químico como el permanganato o el dicromato potásicos. Este parámetro no puede ser menor que la DBO, ya que es mayor la cantidad de sustancias oxidables por vía química que por vía biológica (García & López, 2010).

#### **5.2.2.3. PH**

El pH es una unidad de medida de alcalinidad o acidez de un compuesto. Este parámetro es la cantidad de cationes o iones hidrógeno [H<sup>+</sup>] encontradas en ciertas soluciones. Su sigla se entiende como "potencial de hidrógeno" (Ramírez, et. al., 2016). Siendo indispensable este como parámetro para diversos análisis de agua.

El pH se mide en una escala logarítmica entre 1 a 14 niveles. El agua tiene un pH de 7 el cual es un valor neutro entre acidez y alcalinidad, cualquier valor de pH mayor a 7 se expresa como tendencia a la alcalinidad mientras que un valor de Ph menor a 7 se expresará como tendencia a la acidez. El pH es un parámetro que nos permite conocer la calidad del agua, el cual debe estar entre 6 a 9 para que sea apto para el consumo humano y doméstico (Mansilla, 2013).

#### **5.2.2.4. Sólidos totales**

Los sólidos totales son los residuos de material que quedan suspendidos, disueltos, o asentados dentro de un líquido, luego de la disipación de un compuesto y en condiciones de una temperatura establecida entre los 103 a 105°C (Gere, 2014).

Estos se definen como la materia que permanece luego de la evaporación de una muestra, incluyen tanto el material disuelto y no disuelto (sólidos suspendidos). Los sólidos totales permiten estimar los contenidos de materias disueltas y suspendidas presentes en el agua. Su determinación se basa en una medición cuantitativa del incremento de peso que experimenta una cápsula previamente tarada tras la evaporación de una muestra y secado a peso constante a 103°C (Universidad Tecnológica de Panamá, 2006).

#### **5.2.2.5. Tensoactivos**

Los tensoactivos, tensoactivos o surfactantes son agentes de tensión superficial, los cuales reducen dicha tensión entre líquido y líquido o líquido y sólido. Conforman una amplia gama de compuestos químicos que son utilizados por sus características y propiedades ligadas a la detergencia, resistencia a la dureza del agua, solubilidad, dispersión, emulsión y humectación. Normalmente, son de naturaleza anfífilica donde se integran dos estructuras formadas por un grupo cabeza referido al grupo hidrofílico y una cola hidrofóbica conformada por una cadena hidrocarbonada.

**Efectos ambientales de los tensoactivos:** Aunque el mercado, uso y producción de tensoactivos trae consigo ventajas principalmente a la economía, producción industrial y sanitaria de las sociedades, existe un factor transversal primordial que cada vez adquiere mayor peso: los efectos e impactos ambientales que implica su uso (Ríos, 2014). Desde luego, como se ha visto hasta el momento, el uso de tensoactivos está encabezado principalmente en la limpieza y lavado de ropas o uso doméstico, lo que ha convertido en un contaminante de aguas (Willing, et. al., 2004). Esto, debido a que cuando son utilizados va directamente a depositarse a las estaciones depuradoras que son arrastrados por las aguas residuales o en muchos casos son vertidos a los suelos y aguas superficiales (Romero et. al, 2016). En el proceso de tratamiento de las aguas excedentes se lleva a cabo la eliminación de grandes cantidades de compuestos a través de la biodegradación y adsorción de partículas, sin embargo, los metabolitos que se producen en dichos procesos se liberan en diversos compartimientos ambientales (Ying, 2006). Dentro de los efectos más importantes de los tensoactivos en el recurso hídrico, se tienen:

1. Incrementan el pH de aguas residuales elevando sus niveles modificando el ciclo de vida de especies acuáticas.



2. Ocasionan incremento de nutrientes en los cauces de ríos que reciben las aguas residuales, produciendo incremento descomunal de algas y malos olores por la acumulación de grandes cantidades de fósforo.
3. Los fosfatos se sustituyen por sustancias como Ácido Nitrilotriacético NTA o Ácido Etilendiaminotetraacético EDTA que no minimizan los efectos de la eutrofización, contienen iones pesados los cuales se disuelven en el agua y pueden ser ingeridos por la población.
4. Mercurio, plomo y cromo que son metales pesados pueden disolverse en agua causando alteración de la cadena trófica o perjuicios de tipo genético en especies.
5. Cloro y compuestos organoclorados pueden alcanzar aumento en su concentración convirtiéndose en una amenaza por sus efectos mutagénicos y cancerígenos.
6. La demanda de oxígeno para llevar a cabo la descomposición de compuestos de origen orgánico originados por los detergentes produce condiciones de anoxia provocando la muerte de flora y fauna acuática.
7. Ciertos tensoactivos son tóxicos alterando las condiciones de vida de microorganismos y organismos superiores.
8. Tienen impacto directo en los procesos de sedimentación, floculación y coagulación sobre las plantas que permiten y facilitan la depuración.
9. Contamina las aguas subterráneas.
10. Generan grandes cantidades de espuma en aguas induciendo cambio en los términos de dilución de oxígeno, a su vez afecta el atributo atractivo del paisaje (Karpinská & Moskal, 2004).

#### **5.2.2.6. Grasas y Aceites**

Son sustancias orgánicas lipofílicas e hidrofóbicas, es decir son insolubles en agua y por ello, solubles en disolventes orgánicos. Su descomposición por acción bacteriana resulta difícil, ya que es un compuesto orgánico con gran estabilidad. La presencia de aceites y grasas en el agua residual tiende a provocar problemas tanto en la red de

alcantarillado como en la planta de tratamiento, ya que estas sustancias tienden a solidificarse y adherirse a las líneas de desagüe (García, 2010).

### **5.2.3. Proceso de lavado de vehículos.**

En el lavado de vehículos se pueden considerar cuatro etapas generales según Brown (2002a), las cuales se presentan a continuación:

- **Prelavado:** Durante el prelavado, el vehículo se rocía con productos desincrustantes. Estos están especialmente destinados a deshacer la suciedad más incrustada, como pueden ser mosquitos, defecaciones de aves, etc., que en fases posteriores serán eliminados con la ayuda mecánica de los cepillos o del lavado de alta presión. También, en función del programa de limpieza, se aplica un producto para las llantas. Después de rociar con el producto desincrustante, se aplica agua a presión. El objetivo de esta fase es dejar el vehículo preparado para el siguiente paso (es decir, dejar la superficie húmeda y preparada para la aplicación de detergentes). En esta fase, una parte importante de la suciedad de más volumen ya queda eliminada.
- **Lavado:** El vehículo se rocía con una solución de agua y champú a través de los rociadores. Su función, además de limpiadora, es suavizar la superficie de la pintura, maximizando la posterior acción mecánica de los cepillos y previniendo las raspaduras. A menudo, también se aplica otro producto detergente (conocido como espuma activa) que tiene por finalidad crear una espuma densa que cubra completamente la pintura. La espuma asegura la acción limpiadora extrayendo poco a poco la suciedad que queda en la superficie, lo que facilita el posterior aclarado.
- **Acabado:** El acabado incluye un aclarado con agua limpia después del lavado y el encerado. La aplicación de ceras es opcional, pero es una fase ampliamente extendida en todos los lavados, y se aplica, habitualmente, a través de la maquinaria del lavado y en frío. Se pueden utilizar varias ceras, según la finalidad. Si es así, primero, se suele aplicar una cera abrillantadora que tiene la función de cubrir las raspaduras que pueda tener la pintura,



proporcionando una superficie lisa. La deja en las mejores condiciones posibles para aplicar una cera protectora o secante que, gracias a su carácter hidrófobo, reduce la tensión superficial del agua del aclarado. La lámina de agua se fragmenta formando grandes gotas que son fácilmente eliminadas (ya sea por el efecto de una fase de secado con turbo ventiladores o por la gravedad).

- Secado: La última fase del proceso de lavado es el secado del vehículo. Esta es una fase opcional que se ofrece sobre todo en los lavados tipo túnel. Generalmente se hace a través de sopletes o turbo ventiladores que arrastran las gotas de agua que han quedado en la superficie del vehículo.

#### **5.2.3.1. Características de aguas residuales de lavaderos**

Uno de los principales efluentes generados en las instalaciones de lavado de vehículos es el agua sucia. Según la cantidad de agua que se haya consumido (dependiendo del tipo de instalación y del número de vehículos lavados), se genera un flujo de agua residual de dimensiones similares. El flujo de agua residual será ligeramente inferior al consumo de agua de la instalación de lavado, ya que puede haber pérdidas del orden de 10 L en coches y 25-30 en camiones, por evaporación y arrastre por parte de los vehículos lavados (Huybrechts et al., 2002).

La composición de las aguas residuales del lavado de vehículos es muy variable (depende de factores como la ubicación de la instalación, la temporada, a carga de vehículos lavados, etc.). En la Tabla 1 se muestra un resumen de valores encontrados en la literatura (Huybrechts et al., 2002) siendo estos obtenidos en invierno y antes del decantador y separador de hidrocarburos.

**Tabla 1**

Composición de las aguas residuales generadas en lavaderos.

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Agua residual de lavaderos (Huybrechts et al., 2002)</b>
-------------------	---------------	---



Sólidos en Suspensión (MES)	mg/L	310 – 5400
Demanda Química de Oxígeno (DQO) sin decantar	mg/L O <sub>2</sub>	20 – 1450
Cloruros	mg/L	81 – 695
Nitrógeno Kjeldhal	mg/L	<2 – 22
Amonio	mg/L	<1 – 7,7
Nitratos	mg/L	0,7 – 1,6
Fósforo total	mg/L	0,7 – 5,9

Fuente: Huybrechts et al., 2002.

#### **4.2.4. Sistemas de tratamiento de aguas residuales**

##### **4.2.4.1. Tratamientos preliminares:**

**Cribado:** Rejas o rejillas de barras metálicas paralelas e igualmente espaciadas. Su función es retener sólidos gruesos que floten o que se encuentren suspendidos en el agua. Pueden ser de limpieza manual (gruesas) o de limpieza mecánica (finas) (Collazos, 2008).

**Tamices estáticos:** Es un filtro utilizado para la separación sólido-líquida en Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (E.D.A.R.). Este equipo se instala como pretratamiento en aguas industriales, con luces de 0,5 a 1 mm, para eliminar los gruesos en industrias papeleras, textiles, de curtidos, lavaderos, conserveras, mataderos y lácteas.

El tamiz estático también se emplea como tratamiento primario en aguas urbanas, con luces de malla de 1 a 1,5 mm (Aguilar, 2002).

**Trituradores de canal:** Reduce los sólidos de aguas servidas con sus poderosos trituradores dobles y una avanzada tecnología de barrido. Se emplean para triturar los sólidos gruesos con objeto de mejorar las operaciones y procesos que se llevan luego a cabo y para eliminar los problemas que producen los diferentes tamaños de los sólidos presentes en el agua residual. Los sólidos se Trituran para conseguir partículas de tamaño

menor y más uniforme. Su empleo resulta especialmente ventajoso en las estaciones de bombeo para la protección de las bombas frente a problemas de obstrucciones producidas por objetos de gran tamaño, y para evitar tener que manejar y eliminar manualmente residuos (Lizarazo & Orjuela, 2013).

**Homogenización o tanques de igualación:** Son tanques que sirven para regular o disminuir los efectos de la variación del flujo o de la concentración de las aguas residuales. Estos tanques son indispensables en el tratamiento de las aguas residuales industriales y a veces se utilizan en las instalaciones municipales. Un tanque de igualación es un depósito con capacidad suficiente para contener el flujo de agua que sobrepasa un determinado valor (Lizarazo & Orjuela, 2013).

**Desarenadores:** Estructuras destinadas a remover arenas y otros guijarros presentes en las aguas residuales. Los desarenadores pueden ser rectangulares o circulares; de flujo horizontal o helicoidal; aireados o no; de limpieza manual o mecánica. Tienen como función prevenir la abrasión de equipos mecánicos, evitar la sedimentación de arenas en tuberías, canales y tanques ubicados aguas abajo (Lizarazo & Orjuela, 2013).

#### **4.2.4.2. Tratamientos primarios:**

El proceso de tratamiento primario toma el desagüe crudo o de ingreso y retira entre el 40 y el 60 por ciento de sólidos arrastrados. El tratamiento que tiene lugar en esta parte del proceso es puramente mecánico. Los procesos posteriores son mecánicos, biológicos y químicos (Belzona, 2010).

**Sedimentación:** La sedimentación es un proceso físico que aprovecha la diferencia de densidad y peso entre el líquido y las partículas suspendidas. Los sólidos, más pesados que el agua, se precipitan produciéndose su separación del líquido. La sedimentación primaria aplica para partículas floculentas (con o sin coagulación previa). Los sedimentadores pueden ser circulares o rectangulares (Lizarazo & Orjuela, 2013).

**Flotación:** Es un proceso utilizado para la separación de partículas sólidas o líquidas en un medio líquido. En el tratamiento de las aguas residuales se utiliza para remover aceites y grasas y también para aglutinar sólidos suspendidos. La separación se consigue por flotación simple o introduciendo burbujas muy finas de aire en la masa líquida para que arrastren las partículas suspendidas hacia la superficie (DAF) (Collazos, 2008).



**Coagulación:** Es el proceso por el que los componentes de una suspensión o dilución estables son desestabilizados por suspensión de las fuerzas que mantienen su estabilidad, por medio de coagulantes químicos (Aguilar, 2002).

#### **4.2.4.3. Tratamientos Secundarios:**

Consiste en la remoción de la DBO soluble y de sólidos suspendidos que no son removidos en los procesos anteriores; aproximadamente el 85% de DBO y SS, aunque la remoción de nutrientes, nitrógeno, fosforo, metales pesados y patógenos es baja. Las reacciones que generan estos procesos son generalmente biológicas (Aldana et. al., 2011).

Sistema de biomasa en suspensión –Lodos activados-: Desarrollado por Arden y Lockett en Inglaterra en 1914. El nombre del proceso se deriva de la formación de una masa de “microorganismos activos” capaz de estabilizar un desecho orgánico bajo en condiciones aerobias. El ambiente aerobio se logra mediante aireación difusa o mecánica en un tanque de aireación. Después de tratado el residuo en el tanque de aireación, la biomasa es separada en un sedimentador secundario (Collazos, 2008). En esencia es la agitación y aireación de una mezcla de agua residual y lodos biológicos, a medida que las bacterias reciben el oxígeno, consumen la materia orgánica del agua residual y la transforma en sustancias más simples. Este caldo bacteriano recibe el nombre de lodo activado. La mezcla de lodos activados y agua residual recibe el nombre de licor mezclado que se lleva a un tanque de sedimentación para su purga (Aldana et. al., 2011).

Sistema de biomasa adherida: Los microorganismos se encuentran pegados a un medio de soporte que puede ser de plástico, piedra o cualquier otro material inerte. Dependiendo de las condiciones ambientales que rodean el medio de soporte, los sistemas de biomasa adherida pueden ser aerobios o anaerobios (Collazos, 2008).

#### **5.2.4.4. Tratamiento Terciario:**

La finalidad de los tratamientos terciarios es eliminar la carga orgánica residual y aquellas otras sustancias contaminantes no eliminadas en los tratamientos secundarios, como, por ejemplo, los nutrientes, fósforo y nitrógeno (Belzona, 2010). Según el mismo autor, algunos tratamientos son los siguientes:

**Adsorción:** consiste en la captación de sustancias solubles en la superficie de un sólido. Un parámetro fundamental en este caso será la superficie específica del sólido, dado



que el compuesto soluble a eliminar se ha de concentrar en la superficie del mismo. Se utiliza para eliminar fenoles, hidrocarburos aromáticos nitrados, derivados clorados, etc., así como para eliminar olor, color y sabor. El adsorbente más utilizado en el tratamiento de aguas es el carbón activo.

**Ósmosis Inversa:** Consiste en aplicarle a la disolución concentrada una presión superior a la osmótica, produciéndose el paso de disolvente (agua) desde la disolución más concentrada a la más diluida hasta alcanzar un nuevo equilibrio. Usando esta técnica, se elimina la mayor parte del contenido en sales del agua.

**Desinfección:** Este proceso es el paso final antes de distribuir las aguas residuales ya tratadas al ambiente, y es para matar microorganismos que pueden representar un peligro para la salud. Este proceso, llamado desinfección puede ser alcanzado agregando cloro, exponiendo el agua residual a rayos ultravioletas o mediante la ozonización.

#### **4.2.5. Sistemas de filtración.**

##### **4.2.5.1. Filtración lenta de arena**

Para el agua cruda:

Norgi = Concentración de nitrógeno orgánico, generalmente en mg/l

NNH3i = Concentración de nitrógeno amoniacal, generalmente en mg/l

PO4i = Concentración de fosfatos totales, generalmente en mg/l Para el agua tratada:

Norge = Concentración de nitrógeno orgánico, generalmente en mg/l

NNH3e = Concentración de nitrógeno amoniacal, generalmente en mg/l

PO4e = Concentración de fosfatos totales, generalmente en mg/l

##### **4.2.5.1.3. Reactor batch**

Según Fogler (2008), un reactor tipo batch es un reactor donde no existe flujo de entrada ni de salida, es simplemente un reactor con un agitador que homogeniza la mezcla. Las ventajas del reactor residen en su flexibilidad. Un solo recipiente puede realizar una secuencia de diversas operaciones sin necesidad de romper la contención. Esto es particularmente útil cuando se procesan tóxicos o componentes altamente potentes.

##### **4.2.5.1.4. Piedra pómez**

Es una roca ígnea volcánica vítrea, con baja densidad (flota en el agua) y muy porosa, de color blanco o gris. Cuando se refiere a la piedra pómez en lo que respecta a

sus posibles aplicaciones industriales, también puede ser conocida como puzolana. En su formación, la lava proyectada al aire sufre una gran descompresión. Como consecuencia de esta se produce una desgasificación quedando espacios vacíos separados por delgadas paredes de vidrio volcánico. (Jackson et. al, 2005). Es un material neutro al PH, no se descompone ni se quema, su densidad varía entre 0.4 a 0.9 g/cm<sup>3</sup>. Es una roca de grano fino que tiene una porosidad media del 90% permitiéndole flotar sobre el agua. Es muy utilizada en la fabricación de filtros (Vásconez, 2017).

#### **4.2.5.1.5. Levadura**

La levadura biológica está básicamente compuesta por hongos de la especie *Saccharomyces cerevisiae*, es un tipo de hongo capaz de producir dióxido de carbono a partir de los azúcares presentes en las masas como parte de su ciclo vital. La actividad de estos hongos sobre una masa es lo que se conoce como fermentación. La fermentación, por tanto, es el proceso por el cual estos hongos actúan sobre los azúcares de una masa convirtiéndolos en dióxido de carbono y alcohol. Esta liberación de gas produce una acción leudante en la masa. Las levaduras son hongos unicelulares que pueden estar aislados o unidos entre sí formando cadenas. A veces pueden estar revestidos por una capsula formada por heteropolisacaridos, con dimensiones que varían de 1 a 5  $\mu\text{m}$  x 5 a 30  $\mu\text{m}$ , inmóviles, no contienen celulosa, contienen solo 1 plásmido y 18 cromosomas con más de 6000 genes. La levadura responde a las distintas temperaturas como:

Hasta 1°C permanece inactiva. Es la temperatura para su conservación.

- De 1°C a 20°C permanece activa pero su progreso es lento.
- De 20°C a 32°C es la temperatura ideal para su máxima actividad.
- Por encima de los 38°C sobrevive, pero su capacidad disminuye.
- Por encima de los 50°C muere.

La levadura se alimenta del azúcar, tanto del que se añade a la masa como del que se produce de la ruptura del almidón por las enzimas presentes en la harina (Scragg, 2000). La levadura *Saccharomyces cerevisiae* es de color crema o blanco, de apariencia húmeda y brillante, además presentan bordes irregulares, su temperatura optima es de 22°C - 30°C (Fajardo & Sarmiento, 2007).



#### **4.2.5.2. Filtración convencional**

En el caso de que la fuente de abastecimiento de agua es una fuente de agua subterránea, el suelo a través del cual pasa ésta en el acuífero actúa como un filtro natural que remueve la mayor parte de los sedimentos suspendidos acarreados por la lluvia. Para el caso de las aguas superficiales, es necesaria la filtración convencional que puede ser efectuada como primer paso en el tratamiento o hasta después de una serie de procesos. Los métodos de filtración pueden ser a través de filtros de arena rápidos o lentos, filtros de tierras diatomáceas, filtración directa o filtración empacada. Los procesos convencionales de filtración están precedidos por coagulación, floculación y sedimentación. Sin embargo, puede ser que el agua se someta a filtración directamente después de la coagulación y floculación y que los flóculos sean removidos directamente por los filtros. La filtración es una combinación de procesos químicos y físicos. La filtración mecánica remueve las partículas suspendidas porque las atrapa entre los granos del medio filtrante (por ejemplo, arena). La adhesión juega un papel importante dado que parte del material suspendido se adherirá a la superficie de los granos filtrantes o a material previamente depositado. Existen diversos sistemas de filtración, como son: filtros lentos de arena, filtros de tierras diatomáceas, filtros directos, filtros empacados, filtros de membrana y filtros de cartuchos (Leal, 2005).

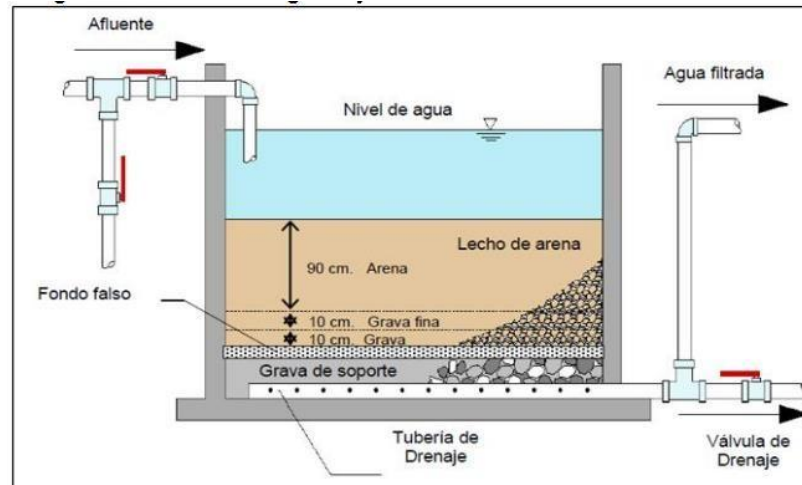
##### **4.2.5.2.1. Filtros de arena:**

El filtro de arena (ver figura 2), consta de un tanque de lámina o plástico, empacado con una capa de arena fina de entre 0.50 y 1.00 metro de grosor sobre una cama de grava de 30 cm de altura y un sistema de drenado (APA, 1989). La profundidad del lecho puede variar, pudiendo el filtro operar con un espesor mínimo de 0.30 m. Opcionalmente puede llevar una capa intermedia de carbón vegetal. Trabaja a flujo descendente y la biocapa del lecho de arena necesita agua y alimento continuo y la arena debe mantenerse húmeda, por lo tanto, el filtro debe preferentemente funcionar sin interrupción. La tasa de filtración debe ser constante en la medida de lo posible y dentro del rango de 0.01 a 0.1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-hr. Cuando la turbiedad sea mayor a 10 UTN pero menor a 30, es conveniente colocar un lecho de gravilla sobre una malla o charola perforada que actúe como pre-filtro encima de la arena. Estos filtros lentos de arena caseros pueden proporcionar de 25 litros por hora de agua

filtrada, razón por lo cual se debe almacenar en tanques para tener una reserva (González, 2006).

### Figura 1

Filtro lento de arena.



Fuente: Cardozo, 2017.

En el caso de los filtros lentos de arena, también son importantes los procesos biológicos, ya que los filtros forman una película delgada de microorganismos quienes atrapan y destruyen algas, bacterias y materia orgánica, incluso antes de que el agua llegue a los filtros propiamente dichos. Sus ventajas residen en que son de bajo costo, confiables, pueden remover algunos microorganismos hasta en 99,9% y la operación y control de proceso son muy sencillas. Sus limitaciones principales son que no pueden remover turbiedades elevadas y que requieren de grandes superficies pues se operan bajo velocidades pequeñas (APA, 1989).

Los filtros lentos de arena reducen drásticamente el número de virus (total), bacterias (99 - 99.9%), protozoarios o huevos de nematodos (hasta 99.99%) dañinos para la salud. La turbiedad del efluente en un filtro bien diseñado y operado puede llegar a 1 UTN (Ávila & Moreno, 2016). La remoción de carbono orgánico biodegradable se logra hasta en un 50%, y se lleva a cabo por la actividad biológica que se genera en los lechos. Con el fin de alcanzar largas carreras de filtración, el agua que alimenta los filtros debe tener



turbiedades promedio menores a 10 UTN, logradas con ayuda de los filtros gruesos (Wegelin et al, 1998).

- a) Especificación para el soporte de arena: La arena usada en los filtros lentos debe ser relativamente fina y tener un diámetro efectivo entre 0,15 y 0,35 mm (tal como se observa en la tabla 2) y un coeficiente de uniformidad menor a 5, preferiblemente entre 2 y 3,5 (Blacio & Palacios, 2011); el medio filtrante debe estar compuesto por granos de arena duros y redondeados, libres de arcilla y materia orgánica. Por otro lado, la velocidad de filtración varía entre los 0.1 y 0.2 m/h dependiendo de la calidad del agua cruda. A mayor contaminación del agua afluyente menor velocidad de filtración. La altura del agua sobre el lecho filtrante puede variar entre 1.0 y 1.50 m (CEPIS, 2005).

**Tabla 2**

Granulometría del lecho filtrante de arena

<b>Criterios de Diseño</b>	<b>Valores Recomendados</b>
<b>Altura de arena (m)Inicial</b>	<b>1.00</b>
<b>Mínima</b>	<b>0.50</b>
<b>Diámetro efectivo (mm)</b>	<b>0.15 - 0.35</b>
<b>Coeficiente de uniformidadAceptable</b>	<b>&lt; 3</b>
<b>Deseable</b>	<b>1.8 – 2.0</b>
<b>Altura del lecho de soporte, incluye drenaje (m)</b>	<b>0.1 – 0.3 L</b>

Fuente: CEPIS, 2005.

**b. Especificación para el soporte de grava:** La capa superior del soporte de grava no debe permitir paso de arena del lecho de arena, además ninguna grava de un nivel debe pasar a un nivel inferior. La capa de fondo no debe permitir la entrada de gravas hacia los



orificios del drenaje inferior. Además, el ancho mínimo de las capas de grava debe ser 5-7 cm para el material más fino y 8-12 cm para el material más grueso. Hazen hace el caso que solo tres capas de grava graduada es necesario, con un ancho total de 15 cm (Blacio & Palacios, 2011).

A continuación, en la tabla 3, se presentan los valores estándar de los filtros lentos de arena:

**Tabla 3**

Dimensiones estándar de los filtros lentos

<b>Parámetros de diseño</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valores</b>	<b>Rangos</b>
Velocidad de filtración	m/h	0.15	0.10 - 0.30
Área máxima de cada unidad	M <sup>2</sup>	145.6	10 - 200
Número de unidades	-	2	2
Borde Libre	m	0.3	0.20 - 0.30
Altura de agua sobre lecho filtrante	m	1	1.0 - 1.5
Altura del lecho filtrante	m	0.8	0.80 - 1.00
Diámetro efectivo de la arena	mm	0.25	0.15 - 0.35
Altura de capa soporte	m	0.25	0.10 - 0.30
Granulometría grava	mm	-	1.5 - 40
Altura de drenaje	m	0.2	0.10 - 0.25

Fuente: CEPIS, 2005.

#### **4.2.5.2.2. Filtros de tierras diatomáceas:**

Los filtros de tierras diatomáceas o filtros de diatomitas forman una capa de medio centímetro de altura en un filtro puesto a presión o al vacío. Este filtro es muy adecuado cuando el agua presenta conteos bajos de bacterias y poca turbiedad (menor a 10 unidades nefelométricas de turbiedad), lo que representa sus principales limitantes, así como que es potencialmente difícil mantener el grosor de la capa de tierra diatomácea en el interior de los filtros. Cuando se cuenta con filtros directos, el agua es procesada directamente de la fuente con coagulantes para aumentar la retención de material, pero no incluye una etapa

de sedimentación. En ese caso, la remoción de virus puede llegar a ser de 90 a 99%. Este proceso se usa a presión para mantener la presión en la línea y evitar el rebombeo después de la filtración. Este sistema es aplicable sólo en sitios donde el agua posee una alta calidad y la turbiedad no se incrementa más allá de 10 unidades y un color máximo de alrededor de 30 unidades (Leal, 2005).

#### **4.2.5.2.3. Filtros empacados:**

Los filtros empacados contienen todas las etapas de la filtración montadas en una unidad: adición de reactivos, floculación, sedimentación y filtración. Se utiliza mucho para tratar agua superficial para la remoción de turbiedad, color y organismos coliformes. Sus ventajas residen en el tamaño compacto de las plantas, efectividad de costo / beneficio, relativa facilidad de uso y operación. Su principal desventaja es que, si la turbiedad del influente varía mucho con respecto al tiempo, es necesario que el operador esté atento a ello y tenga la suficiente capacitación para responder a los cambios de calidad del agua entrante. En todas las variedades de sistemas de filtración antes mencionadas, las ventajas de estos sistemas es la sencillez del manejo, la eficiencia en remoción de partículas suspendidas y hasta el 90% de la flora bacteriana que lleve el agua. Las principales desventajas que presentan es que no retienen sustancias orgánicas o metales disueltos en el agua y requieren áreas grandes para la filtración (APA, 1990).

#### **4.2.5.2.4. Filtros de carbón:**

Los filtros de carbón activado son utilizados cuando se desean remover malos olores, sabores o color desagradable del agua, compuestos orgánicos volátiles, plaguicidas e incluso radón. El carbón activado tiene una gran área superficial y por lo tanto alta capacidad de adsorción de compuestos, que quedan adheridos a la superficie de este. Estos filtros son económicos, fáciles de mantener y operar, por lo que su uso es muy común. Entre las limitaciones que presentan es que deben recibir mantenimiento frecuente y periódico para evitar obstrucción de tuberías. Es difícil percibir cuándo un filtro ha dejado de funcionar adecuadamente, por lo que una de sus limitaciones es que pueden haber dejado de funcionar y que el usuario no se haya percatado de ello. Otras limitaciones están relacionadas a que no remueven bacterias, metales, nitratos, pero principalmente que generan un residuo el carbón ya saturado- que no es de fácil disposición, especialmente si



el agua contiene compuestos orgánicos tóxicos que son retenidos en el filtro de carbón activado (APA, 1998).

#### **4.3. MARCO CONCEPTUAL**

**Afluente:** Agua residual o de otro tipo que ingresa a un reservorio o un proceso de tratamiento.

**Aguas residuales (RAS, 2000):** Agua que contiene material disuelto y en suspensión, luego de ser utilizado por una comunidad o industria.

**Análisis:** Examen del agua, agua residual o lodos, efectuado por un laboratorio

**Demanda bioquímica de oxígeno:** Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica carbonácea y nitrogenada por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura específicos.

**Demanda química de oxígeno:** Medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando un agente químico como dicromato de potasio.

**Depuración:** Consiste en la eliminación de suciedad, impurezas o sustancias nocivas de una cosa en este caso del agua.

**Eficiencia:** Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración en el afluente, para un proceso, planta de tratamiento o parámetro específico; normalmente se expresa en porcentaje.

**Efluente:** Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

**Materia orgánica:** conjunto de células animales y vegetales descompuestas total o parcialmente por la acción de microorganismos.

**Medios filtrantes:** Cualquier material permeable sobre el cual, o en el cual, son separados los sólidos del fluido durante el proceso de filtración.

**Lavadero de vehículos (SDA 2010):** La actividad de servicio automotriz comprende varios subsectores, de las cuales el servicio de lavado de vehículos se encuentra inmersa dentro de las actividades de mantenimiento vehicular, perteneciente a actividades de lavado y lustrado de vehículos automotores y de establecimientos de servicio, lavado, engrase y cambio de aceite.



**Tiempo de retención hidráulica:** Tiempo medio teórico que se demoran las partículas de agua en un proceso de tratamiento. Usualmente se expresa como la razón entre el caudal y el volumen útil.

#### **4.4. MARCO CONTEXTUAL**

El presente proyecto se realizará el lavadero “El Dangond”, ubicado en la ciudad de Valledupar (Ver figura 3), que se encuentra en el departamento del Cesar, al norte de Colombia. La ciudad se encuentra a una altitud que oscila entre los 220 m al norte y 150 m al sur, con una altitud media de 168 m; una latitud de 10°27'47" N, una longitud de 73°15'11" O y con una extensión de 4.493 km<sup>2</sup>. Limita al norte con el departamento de la Guajira y Magdalena, al sur con Norte de Santander y Santander, al este con la Republica de Venezuela y el departamento de Norte de Santander y al oeste con Bolívar y Magdalena.

La ciudad de Valledupar cuenta con un clima de Bosque Tropical Seco, su temperatura media anual es de 28,4 °C, con mínimas y máximas de 22 °C y 34 °C respectivamente. El mes más caluroso es abril con un promedio de 30 °C y el más fresco es octubre con 26 °C. Las precipitaciones son moderadas en torno a 1.000 mm anuales, repartidos entre abril y noviembre con máximas en mayo y octubre. Cabe destacar que pertenece a la clasificación climática.

#### **Figura 2**



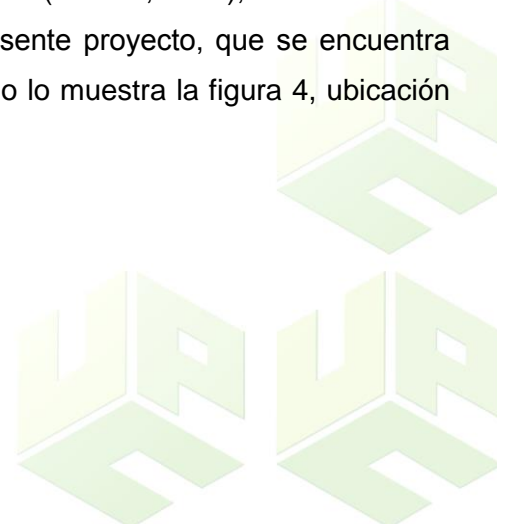
Ubicación geográfica de Valledupar



Fuente: Google Earth, 2022

En la ciudad y, según el secretario de Tránsito de Valledupar, Roberto Daza (2020), en la actualidad existen 94.000 vehículos matriculados de los cuales 48.000 son motocicletas, además, hay más de 100 lavaderos formales (Barrios, 2017), uno de ellos es el lavadero de vehículos “El Dangond”, objeto del presente proyecto, que se encuentra ubicado en la Diagonal 20 con transversal 18d, tal como lo muestra la figura 4, ubicación del lavadero según Google Maps.

**Figura 3**





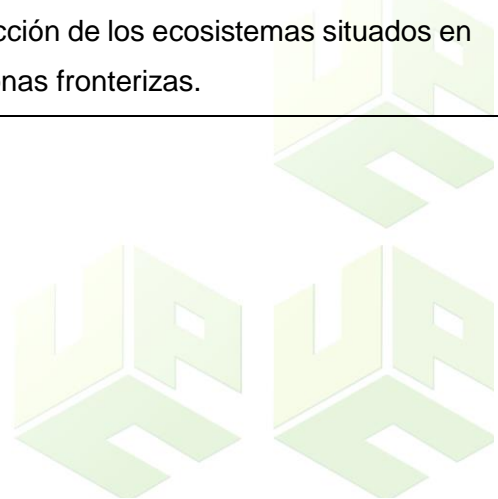


---

**Constitución Política De Colombia**

**Artículo 79.** Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

**Artículo 80.** El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.





---

**Ley 23 de 1973**

Por el cual se conceden facultades extraordinarias al presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Ambiente y se dictan otras disposiciones. Es objeto de la presente ley prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente, y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional.

**Ley 2811 de 1974**

Código Nacional de los Recursos Naturales, en donde se desarrolla el manejo y como y preservación de los recursos naturales.

**Ley 9 de 1979, Código Sanitario Nacional**

A partir del Código Sanitario Nacional, se establecieron las disposiciones generales para el correcto manejo, uso, disposición y transporte, con base en los problemas detectados en la salud pública y el medio ambiente.



**Ley 99 de 1993**

Ley Orgánica del Medio Ambiente encargada del sector público por medio del Sistema Nacional de Ambiente (SINA), establece la conservación y gestión del medio ambiente.

Fuente: Constitución política de Colombia, 1991

**Tabla 5**

Normatividad específica

**NORMATIVA ESPECÍFICA**

Decreto 3930 de 2010

Actualiza el decreto 1594 de 1984. Permitirá el control de las sustancias contaminantes que llegan a los cuerpos de agua vertidas por 73 actividades productivas presentes en ocho sectores económicos del país.

Decreto 2667 de 2012

Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones.

Resolución 0631 de 2015

Parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.

Fuente: Constitución política de Colombia, 1991

**4.6. MARCO INSTITUCIONAL**

El lavadero de autos “El Dangond” presta servicio de lavado express, lavado completo (lavado de chasis y motor), aspirado del interior, cambios de aceite, lavado de



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



accesorios y más. Todos los servicios mencionados se centran en su gran mayoría en autos livianos, ya que, por motivos de las instalaciones e infraestructura, los autos pesados no pueden tener dichos servicios.

El establecimiento cuenta con un modelo de estructura de organización básico y lineal en la cual la toma de decisiones se concentra en el propietario, luego el administrador asigna y distribuye el trabajo a los empleados, quienes a su vez lo reportan a él. El administrador informa de los resultados al propietario. Cada operario tiene un salario diario de \$10.000 y el establecimiento cuenta con horario de atención de domingo a domingo de 07:00 am a 07:00 pm.

Se encuentra en suelo de uso residencial; es un establecimiento que se dedica a la prestación de los servicios de lavado de autos y motos manual, parqueadero, cafetería y cambio de aceite. Cuenta con un área administrativa, área de cafetería, área de lavado de vehículos, área de cambio de aceite y secado, área de parqueadero, y área de baños. Este lavadero está caracterizado por la poca organización en sus áreas; los vehículos y motos a medida que van llegando se les van asignando un turno de forma informal, un operario se encarga de lavar manualmente un vehículo realizando el enjuague general y jugado.



## **5. MARCO METODOLÓGICO**

### **5.1 LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

El presente proyecto, perteneció a las siguientes líneas de investigación del programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria.

Línea de investigación: Sostenibilidad y Gestión Ambiental

Sublínea de investigación: Gestión integral del recurso hídrico.

### **5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación de la presente investigación fue de tipo descriptivo (Hernández, 2014), ya que por medio de esta se determinó la eficiencia de remoción de contaminantes del agua residual de un lavadero; especificando sus propiedades y sometiéndola a un análisis de caracterización de parámetros como las grasas y aceites, DBO, DQO, Ph, Sólidos Totales y Tensoactivos del agua, por medio de dos filtros uno de piedra pómez y otro de arena.

### **5.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

Este estudio es de tipo explicativo y longitudinal, es decir, se recolectó la información en tiempos determinados para obtener indicadores y consecuencias de la variable dependiente, por lo tanto, se pudo identificar la relación causa-efecto o fenómeno que se genera en el proceso de filtración, refutando o verificando la hipótesis planteada (Hernández, 2014).

### **5.4 POBLACIÓN DE ESTUDIO**

Corresponde al efluente del Lavadero “El Dangond”, en la ciudad de Valledupar, Cesar.

### **5.5 MUESTRA POBLACIONAL**

La muestra para el presente estudio se denominó muestra probabilística aleatoria simple, dado que cada uno de los elementos muestrales tiene la misma probabilidad de ser elegido y a todas las muestras se les caracterizaron los parámetros de grasas y aceites, DBO, DQO, Ph, Sólidos Totales y Tensoactivos.

### **5.6 DESARROLLO METODOLÓGICO**

Esta investigación se realizó en cuatro fases metodológicas, según lo muestra la figura 5, con el fin de cumplir con los objetivos propuestos. La primera fue la fase de

recopilación de información, la segunda, la fase de caracterización, posteriormente la fase de dimensionamiento y, por último, la fase de evaluación

**Figura 4**

Esquema de fases metodológicas



Fuente: Autores, 2022

### 5.6.1 Fase 1: Recopilación de información

**Actividad 1.1:** Búsqueda de información: Se realizó una completa investigación del tema, Se buscaron, seleccionaron y analizaron artículos técnicos, capítulos de libros y recursos informáticos, tanto de información primaria como secundaria, sobre las propiedades y características de agua residuales, lavadero y filtro, así como las propiedades de la piedra pómez y el filtro de arena, también se identificaron y se estudiaron la normatividad ambiental vigente nacional e internacional sobre el tema.

### 5.6.2 Fase 2: Fase de caracterización

**Actividad 2.1:** Caracterización de parámetros: Se caracterizaron las grasas y aceites, DBO<sub>5</sub>, DQO, Ph, Sólidos Totales y Tensoactivos del agua residual del lavadero de vehículos “El Dangond” de la ciudad de Valledupar de la siguiente manera (Tabla 3):

**Tabla 6**

Parámetros de análisis.

Parámetro	Nombre de la técnica	Método analítico
Aceites y Grasas	Método Soxhlet	5520 B SM
DBO <sub>5</sub>	Incubación 5 días	SM 5210 B/ EPA 360,3
DQO	Titulométrico	5220 C SM
Ph	Potenciómetro	4500-H+B SM
ST	Gravimétrico	2540 D SM

---

Tensoactivos	Tensoactivos aniónicos en agua	SAAM
--------------	-----------------------------------	------

---

Fuente: Autores, 2020.

### **5.63 Fase 3: Fase de dimensionamiento**

En esta etapa se dimensionó el sistema del filtro de piedra pómez y el filtro convencional de arena, en su aspecto técnico.

#### **Actividad 3.1.** Elaboración del filtro de piedra pómez y arena

El procedimiento se realizó basándose en la metodología realizada por Moncada (2017).

Para la construcción del filtro se utilizó un recipiente de plástico, de forma rectangular con 20 litros de volumen, una altura de 37 cm, un ancho de 31 cm y largo de 24cm. La carga hidráulica superficial se determinó a partir del área y caudal a filtrar, esto mediante la ecuación establecida por Padilla (2015) para calcular carga hidráulica superficial. El filtro tiene un área media de flujo de 0,0744 m<sup>2</sup>; dado a su forma rectangular, fue calculada mediante la fórmula establecida para dicho cuerpo geométrico.

$$\text{Área media de flujo} = \text{lado} * \text{ancho}$$

### **5.6.4 4: Fase de Determinación:**

#### **Actividad 4.1. Determinación de la eficiencia del filtro:**

En esta fase, teniendo en cuenta los parámetros analizados, se procedió a determinar la eficiencia del filtro de piedra pómez en la remoción de contaminantes del agua residual del lavadero, evaluando su eficiencia y operación con base en el porcentaje de remoción del contaminante, y de las óptimas condiciones de la calidad del agua según las características analizadas y la normatividad ambiental vigente, comparando dichos resultados con los obtenidos en el filtro convencional de arena.

Una vez obtenidos los resultados, se verificará la eficiencia del filtro en la reducción de los parámetros utilizando la ecuación 6:

#### **Ecuación 6.**



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



Eficiencia del filtro

$$EF = \frac{(\text{contaminante } I - \text{Contaminante } F)}{\text{contaminante } I} * 100$$

Ef = eficiencia del filtro

Contaminante I = valor del contaminante tomado en la muestra inicial sin tratar.

Contaminante F = valor del contaminante de cada muestra tomada luego de pasar por el filtro.

La anterior ecuación será utilizada en el cálculo de los parámetros de grasas y aceites, DBO, DQO, pH, Tensoactivos y ST, para ambos filtros.

### **5.7 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Para esta investigación el tipo de Diseño experimental escogido es el de un solo factor, teniendo una variable dependiente: remoción de la carga contaminante, y dos variables independientes: los dos sistemas de filtros.



## **6. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

### **6.1 Recopilación de información**

#### **6.1.1 Revisión bibliográfica documental**

Se realizó la revisión bibliografía en páginas como Scielo, Science Direct, tesis de pregrado y maestría, entre otras, con la finalidad de recopilar información acerca de las propiedades sobre las propiedades y características de agua residuales, lavadero y filtros, así como las propiedades de la piedra pómez y el filtro de arena, también se identificaron y se estudiaron la normatividad ambiental vigente nacional e internacional sobre el tema.

Los documentos recopilados y revisados permitieron conocer e identificar las propiedades de la piedra pómez como potencial uso de filtros en el tratamiento de las aguas residuales, tomando como guía las recomendaciones y conclusiones obtenidas en la bibliografía.

#### **6.2 Fase de caracterización**

##### **6.2.1 Toma de muestras de agua**

Para realizar el procedimiento de las tomas de muestra de agua residual provenientes del lavadero de carros, se siguió las recomendaciones de la guía del IDEAM (2015): “Protocolo para el muestreo de aguas residuales”.

Las muestras tomadas fueron puntuales, se ubicaron en la sombra y se taparon para evitar alteraciones en las características de las muestras por elementos extraños.

Antes de llenar el envase con la muestra, se lavó 3 veces el recipiente con el agua que va a ser recolectada cada uno.

Se realizó la toma con cuidado para garantizar que los resultados analíticos representen la composición real.

Se llevó un registro con la información suficiente, que debe contener: nombre de quién toma la muestra, fecha, hora, localización, temperatura del agua, condiciones meteorológicas, nivel del agua. Por último, se refrigeró la muestra una vez recolectada

La toma de muestras de agua se realizó el día 1 de julio de 2022 a las 8:30 am. La figura a continuación permite evidenciar el muestreo realizado.

### **Figura 5**

### Muestreo de aguas residuales



Fuente: Autores, 2021

Una vez tomadas las muestras de agua, estas se trasladaron al laboratorio de la Universidad Popular del Cesar, donde se realizó la caracterización fisicoquímica, para esto, se acondicionó las muestras con hielo para garantizar su preservación en el trayecto.

### Figura 6

Transporte de muestras con hielo



Fuente: Autores, 2021

### **6.2.2 Caracterización de las muestras de agua**

La caracterización de las muestras de agua residual se realizó en el Laboratorio de la Universidad Popular del Cesar. Se caracterizaron las grasas y aceites, y los siguientes parámetros: DBO, DQO, Ph, Sólidos Totales del agua residual del lavadero de vehículos “El Dangond” de la ciudad de Valledupar.

Para la caracterización se tomó una muestra compuesta de las tres botellas tomadas de manera que esta representara las condiciones iniciales del agua del lavadero.

En el caso del parámetro de Tensoactivos, este se realizó en el laboratorio Nancy Flórez de la ciudad de Valledupar debido a la falta de implementos en el laboratorio de la Universidad.

### **Figura 7**

Caracterización de las muestras



Fuente: Autores, 2022

Los resultados se evidencian en la tabla a continuación.

### **Tabla 7**

Resultado de parámetros analizados



<b>Parámetro</b>	<b>Nombre de la técnica</b>	<b>Método analítico</b>	<b>Resultado obtenido</b>	<b>Comparación con la Resolución 0631 de 2015</b>
<b>Aceites y Grasas</b>	Método Soxhlet	5520 B SM	0,05	15
<b>DBO5</b>	Incubación 5 días	SM 5210 B/ EPA 360,3	340	75
<b>DQO</b>	Título métrico	5220 C SM	400	225
<b>pH</b>	Potenciómetro	4500-H+B SM	7,72	6 – 9
<b>ST</b>	Gravimétrico	2540 D SM	0,8268	75
<b>Tensoactivos</b>	Tensoactivos aniónicos en agua	SAAM	0,171	Análisis y reporte

Fuente: Autores, 2020.

**Nota:** para realizar la comparación con la normatividad 0631 del 2015 se tuvo en cuenta el artículo 15 el cual define los parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (ARND) para las actividades industriales, comerciales o de servicios diferentes a las contempladas en los capítulos v y vi con vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales, sin embargo, como el vertimiento se realiza es al alcantarillado de Valledupar, fue necesario multiplicar las concentraciones establecidas en el artículo 15 con el factor multiplicador establecido en el artículo 16 de la misma resolución, obteniendo así el resultado presente en la última columna.

De acuerdo con la tabla 8, las grasas y aceites se encuentran por encima de la normatividad ambiental permitida, dado que esta como valor máximo permisible es 15 mg/l y se tuvo como resultado 101 mg/l. Por otro lado, el DBO5 también se encontró por encima de la norma con un valor de 433 mg/l, y lo permitido por la norma es de 75 mg/l; en cuanto a la DQO el parámetro tuvo un valor de 467, mientras que lo permitido fue de 225 mg/l de



manera que también se encuentra por encima de la norma. Por su parte, el pH es el único parámetro que se encuentra dentro de la normatividad con un resultado de 6,24, aunque el agua no es neutra se ubica en el rango permitido con valores de 6 – 9.

Asimismo, de acuerdo con Esquivel (2008) los sólidos suspendidos provocan turbidez en el agua lo cual dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos y obstruyen ríos. Partículas como arcillas, limo y otras, aunque no lleguen a estar disueltas, son arrastradas por el agua de dos maneras: en suspensión estable (disoluciones coloidales); o en suspensión que sólo dura mientras el movimiento del agua las arrastra.

### **6.3 Fase de dimensionamiento**

#### **6.3.1. Dimensionamiento del filtro de piedra pómez**

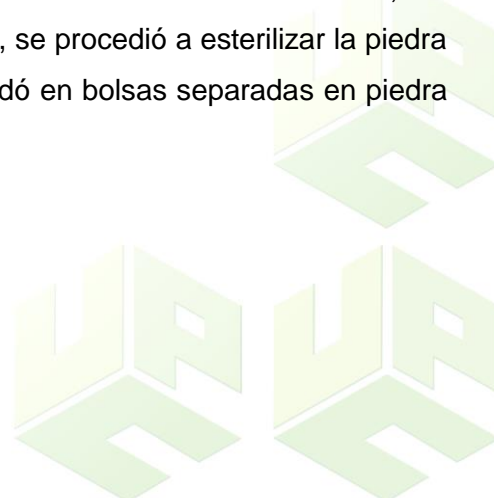
Para el dimensionamiento de los demás criterios, se tuvo en cuenta la metodología empleada por el ingeniero López, (2017), DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN FILTRO DE ARENA PÓMEZ, de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, ERIS.

##### **6.3.1.1 Preparación del material granular para filtro de piedra pómez**

La piedra pómez fue adquirida en un depósito de construcción en la ciudad de Valledupar. Antes del proceso de tamizaje fue necesario la trituración de la piedra pómez, para facilitar el proceso. Luego se molió la piedra pómez. Se utilizó el tamiz N° 35 con mallas de 0,5 mm de abertura para piedra pómez gruesa, y el tamiz N° 120 con mallas de 0,125 mm de abertura para piedra pómez fina. Posteriormente, se procedió a esterilizar la piedra pómez de forma que no contenga impurezas y, se guardó en bolsas separadas en piedra pómez fina y gruesa.

#### **Figura 8**

Material recolectado





Fuente: Autores, 2022

Para la construcción del filtro se utilizó un recipiente de plástico, de forma rectangular con 20 litros de volumen, una altura de 37 cm, un ancho de 31 cm y largo de 24cm. La carga hidráulica superficial se determinó a partir del área y caudal a filtrar, esto mediante la ecuación establecida por Padilla (2015) para calcular carga hidráulica superficial. El filtro tiene un área media de flujo de 0,0744 m<sup>2</sup>; dado a su forma rectangular, fue calculada mediante la fórmula establecida para dicho cuerpo geométrico.

$$\text{Area media de flujo} = \text{lado} * \text{ancho}$$

$$\text{Area media de flujo} = 0,31\text{m} * 0,24\text{m}$$

$$\text{Area media de flujo} = 0,0744\text{m}^2$$

Para la adaptación del recipiente para el filtro, se perforó el recipiente en la parte de abajo, a 5 centímetros del fondo, para la salida del agua filtrada.

Se estableció el caudal de  $q=130$  ml/min, área de filtro=0,0744 m<sup>2</sup>, y la carga hidráulica superficial de  $\text{CHS} = 0,105\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{hora}$ , basados en la metodología empleada por el ingeniero López, (2017), DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN FILTRO DE ARENA PÓMEZ, de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, ERIS.

Se ensambló la tubería de agua filtrada con material en PVC, para lo cual se utilizó tubería de ½ pulgada de diferentes longitudes, además 5 conexiones (TEE), 3 codos de 90°, adaptadores con empaque para evitar que existan pérdidas en el efluente a través de las uniones y 2 tapones lisos para el cierre interno.

Se construyó una estructura que se ajustara al fondo del recipiente y abarcara la mayor proporción de área posible, con perforaciones de 5 milímetros de diámetro cada 2 centímetros en los tubos y conexiones, los tapones fueron para cada orificio de salida de los tubos TEE, y luego se ensambló la tubería utilizando las conexiones.

Se elaboró una estructura recta, en la cual se utilizó un tubo largo de 10 centímetros unido a los adaptadores, que sirvieron de soporte entre cada lado del recipiente para que no haya pérdida en el efluente que se distribuye a través del filtro.

Se ubicó la conexión recta a través del orificio de salida, luego se colocó la tubería colectora en el fondo del tanque, tomando en cuenta que los orificios queden hacia abajo; y por último se unieron estas dos conexiones con los adaptadores y su respectivo empaque.

En la parte del tubo que sale del tanque, se instaló una llave para disponer en un recipiente el agua filtrada. Se selló las conexiones con teflón con el fin de evitar pérdidas de efluente

Por último, se estableció la altura de los lechos del material filtrante de la siguiente manera:

- Arena fina = 12 cm
- Arena gruesa = 5cm
- Grava de soporte = 10 cm

### **Figura 9**

Filtro de piedra pómez





Fuente: Autores, 2022

### **6.3.2 Dimensionamiento del filtro de arena**

A continuación se describe el procedimiento realizado para el dimensionamiento del filtro de arena. El procedimiento se realizó basándose en la metodología realizada por Moncada (2017).

Para la construcción del filtro se utilizó un recipiente de plástico, de forma rectangular con 20 litros de volumen, una altura de 37 cm, un ancho de 31 cm y largo de 24cm. La carga hidráulica superficial se determinó a partir del área y caudal a filtrar, esto mediante la ecuación establecida por Padilla (2015) para calcular carga hidráulica superficial. El filtro tiene un área media de flujo de 0,0744 m<sup>2</sup>; dado a su forma rectangular, fue calculada mediante la fórmula establecida para dicho cuerpo geométrico.

$$\text{Area media de flujo} = \text{lado} * \text{ancho}$$

$$\text{Area media de flujo} = 0,31\text{m} * 0,24\text{m}$$

$$\text{Area media de flujo} = 0,0744\text{m}^2$$

Para la adaptación del recipiente para el filtro, se perforó el recipiente en la parte de abajo, a 5 centímetros del fondo, para la salida del agua filtrada.

#### **6.3.1.1 Preparación del material granular para filtro de arena**

La arena fue obtenida en un depósito de materiales de construcción en la ciudad de Valledupar, teniendo esta una granulometría apropiada para luego ser procesada por el tamiz. Se utilizó el tamiz N° 35 con mallas de 0,5 mm de abertura para arena gruesa, y el tamiz N° 120 con mallas de 0,125 mm de abertura para arena fina, esto con base a la investigación realizada por Moncada (2017). Se procedió a esterilizar la arena de forma que no contenga impurezas y, posteriormente el material recolectado se guardó en bolsas, separado en arena fina y gruesa.

#### **Figura 10**

Tamizado de arena



Fuente: Autores, 2022

Para la adaptación del recipiente para el filtro, se perforó el recipiente en la parte de abajo, a 5 centímetros del fondo, para la salida del agua filtrada.

Se estableció el caudal de  $q=130$  ml/min, área de filtro= $0,0744$  m<sup>2</sup>, y la carga hidráulica superficial de  $CHS=1,05$ m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>\*hora, basados en la metodología empleada por el ingeniero López, (2017), DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN FILTRO



DE ARENA PÓMEZ, de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, ERIS.

Se ensambló la tubería de agua filtrada con material en PVC, para lo cual se utilizó tubería de ½ pulgada de diferentes longitudes, además 5 conexiones (TEE), 3 codos de 90°, adaptadores con empaque para evitar que existan perdidas en el efluente a través de las uniones y 2 tapones lisos para el cierre interno.

Se construyó una estructura que se ajustara al fondo del recipiente y abarcara la mayor proporción de área posible, con perforaciones de 5 milímetros de diámetro cada 2 centímetros en los tubos y conexiones, los tapones fueron para cada orificio de salida de los tubos TEE, y luego se ensambló la tubería utilizando las conexiones.

Se elaboró una estructura recta, en la cual se utilizó un tubo largo de 10 centímetros unido a los adaptadores, que sirvieron de soporte entre cada lado del recipiente para que no haya perdida en el efluente que se distribuye a través del filtro.

Se ubicó la conexión recta a través del orificio de salida, luego se colocó la tubería colectora en el fondo del tanque, tomando en cuenta que los orificios queden hacia abajo; y por último se unieron estas dos conexiones con los adaptadores y su respectivo empaque.

En la parte del tubo que sale del tanque, se instaló una llave para disponer en un recipiente el agua filtrada. Se selló las conexiones con teflón con el fin de evitar pérdidas de efluente

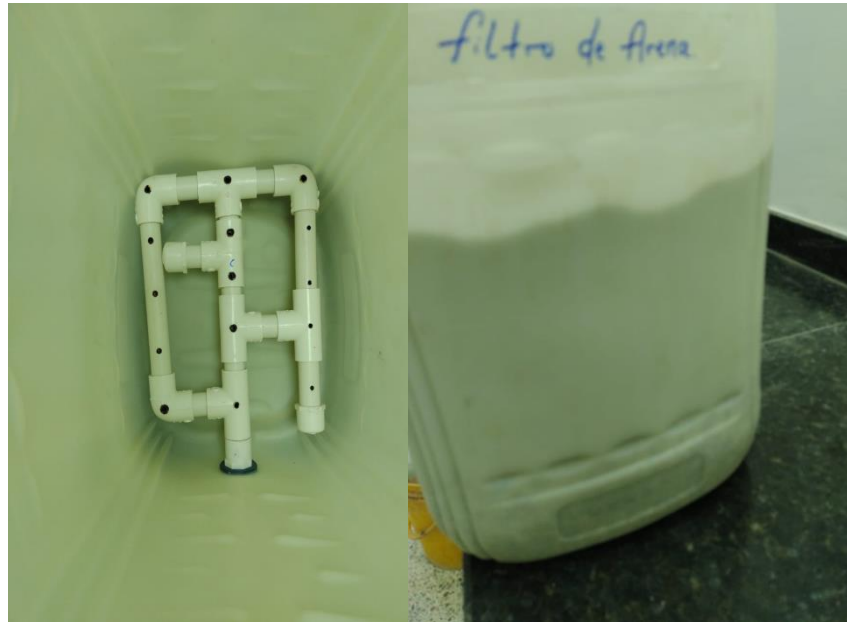
Por último, se estableció la altura de los lechos del material filtrante de la siguiente manera:

- Pómez fina = 12 cm
- Pómez gruesa = 5cm
- Grava de soporte = 10 cm

**Figura 11**



Filtro de arena



Fuente: Autores, 2022

#### **6.4 Determinación de la eficiencia del filtro de piedra pómez**

Se procedió a determinar la eficiencia del filtro de piedra pómez en la remoción de contaminantes del agua residual del lavadero, evaluando su eficiencia y operación con base en el porcentaje de remoción del contaminante, y de las óptimas condiciones de la calidad del agua según las características analizadas y la normatividad ambiental vigente, comparando dichos resultados con los obtenidos en el filtro convencional de arena.

Para realizar la determinación de la eficiencia del filtro de piedra pómez, en primer lugar, se realizó la caracterización del efluente y afluente y se comparó con la normatividad colombiana.

##### **6.4.1 Caracterización del efluente y afluente del filtro de piedra pómez**

Para la toma de muestras de agua se siguió el mismo procedimiento realizado en la primera fase, se siguió las recomendaciones de la guía del IDEAM (2015): "Protocolo para el muestreo de aguas residuales".

La caracterización se realizó por medio de análisis fisicoquímicos que fueron realizados en la Universidad Popular del Cesar. Se analizaron los siguientes parámetros: DBO5, DQO, SST, pH, y aceites y grasas.



Por otra parte, cabe resaltar que, se realizó el procedimiento para los dos filtros, tanto el de piedra pómez, como el de arena, de esta forma se realizó la comparación entre ambos.

La tabla a continuación resume los procedimientos realizados en cada parámetro fisicoquímico.

**Tabla 8**

Procedimiento realizado para la caracterización

<b>Parámetro analizado</b>	<b>Procedimiento realizado</b>
<b>DBO5</b>	Se realizó por el método más común: Una botella especial para DBO se llena al borde con la prueba de agua. La prueba se deja 5 días a una temperatura constante de 20°C en la oscuridad. Después de los 5 días se mide el contenido de oxígeno en comparación con el valor original, el consumo de oxígeno durante este periodo indica la demanda de oxígeno del agua.
<b>DQO</b>	En el método de titulación para determinar el DQO, el excedente de dicromato reacciona con un agente reductor, sulfato de amonio ferroso (FAS); al añadir el sulfato lentamente, el excedente de dicromato se convierte en su forma trivalente
<b>pH</b>	Para la determinación del pH de las muestras se realizó el pHmetro. Se ingresó el instrumento en las muestras de agua y se registró el valor obtenido para cada filtro.
<b>SST</b>	Se realizó por un método gravimétrico que se basa en la retención de las partículas sólidas en un filtro de fibra de vidrio a través del cual se hace pasar una muestra homogénea; el residuo que queda retenido se seca a 103-105°C. El incremento en el peso del filtro representa la cantidad de sólidos suspendidos totales.

### Aceites y grasas

Para la determinación de los SST se realizó el pesaje de los filtros con las diferentes muestras.

El método de extracción Soxhlet para la determinación de grasas y aceites es aplicable para determinar lípidos biológicos, hidrocarburos ya sea fracciones pesadas o relativamente polares del petróleo y cuando los niveles de grasas no volátiles pueden alterar el límite de solubilidad del solvente. El método es aplicable en aguas residuales o afluentes tratados que contengan estos materiales, aunque la complejidad de la muestra puede producir resultados desviados a causa de la falta de especificidad.

Fuente: Autores, 2022

Para el caso de los tensoactivos, estos se determinaron por medio del laboratorio Nancy Flórez. Los soportes de estos se pueden observar en los anexos.

Una vez realizada la caracterización se obtuvo los resultados de los filtros de piedra pómez y arena. Los resultados se plasman en la siguiente tabla, la cual hace la comparación de la normatividad ambiental y establece el nivel de porcentaje de remoción de cada parámetro para los filtros establecidos.

**Tabla 9**

Resultados obtenidos en la caracterización

Parámetro	Resultado filtro de piedra pómez	Resultado filtro de arena	Resultado antes de usar filtros (lavadero)	Normatividad 0631 del 2015
SST	0,0835	0,0504	0,8268	75
DBO5	110	90	340	75
DQO	140	120	400	225
pH	7,2	7,36	7,72	6-9
Aceites y grasas	0,022	0,019	0,05	15



---

<b>Tensoactivos</b>	0,109	0,119	0,171	-
---------------------	-------	-------	-------	---

---

Fuente: Autor, 2022

Como se puede evidenciar en la tabla, para ambos filtros, tanto arena como piedra pómez, así como el lavadero, en cuanto a los parámetros de sólidos suspendidos totales ninguno supera los límites máximos permisibles por la Resolución 0631 de 2015, sin embargo, la DBO5, en las tres fuentes superan los valores exigidos. Para el caso del pH, los tres están dentro del rango exigido que corresponde de 6 a 9, por otra parte, los aceites y grasas también se encuentran dentro del valor permitido según la normatividad ambiental colombiana. Por último, en el caso del lavadero solo este supera el valor del DQO según la resolución 0631 de 2015.

En el caso de la DBO5, el único parámetro que supero los valores máximos permitidos por la normatividad ambiental en sus tres fuentes se puede determinar que esta se debe al grado de contaminación de las aguas residuales, si bien, Martínez (2018), menciona que: La DBO es un proceso biológico y por lo tanto es delicado y requiere mucho tiempo. Como el proceso de descomposición depende de la temperatura, se realiza a 20°C durante 5 días de manera estándar, denominándose DBO5. Con carácter general, cuanto más contaminación, más DBO, es por esta razón que, en el lavadero se observa un mayor valor que en los dos filtros realizados.

En el caso de los tensoactivos, estos son compuestos orgánicos capaces de alterar significativamente la tensión superficial o interfacial de un sistema; interfieren en el intercambio de gas en los cuerpos de agua y alteran el sistema hormonal de organismos acuáticos (Ivanković y Hrenović 2010, Lee y Saylor 2010), se logra evidenciar que, tanto en el lavadero como en el filtro de arena este es mayor que en el filtro de piedra pómez, debido a que, su baja densidad y porosidad lo hacen ideal para la eliminación de estos.

Como se puede evidenciar en la tabla anterior, los resultados obtenidos en los parámetros del filtro de arena son más favorables que los del filtro de piedra pómez, excepto los tensoactivos.

El aumento de pH después del proceso de descontaminación del agua problema, se pudo relacionar directamente con la presencia de iones monovalentes contenidos en las partículas de arena que, al reaccionar con el agua, causaron un aumento de este indicador,



la cual mantuvo el lecho filtrante húmedo y como consecuencia se presentó la disolución de las sustancias monovalentes.

Los resultados arrojados por el estudio demuestran que la piedra pómez ayuda a reducir notablemente las concentraciones de contaminantes del DQO y DBO5, pero con los resultados obtenidos se verifica que las aguas tratadas con arena presentan mayor remoción de contaminación que el primero, a causa de su estructura y funcionalidad. Para esto, se determinó la eficiencia de remoción de cada parámetro de acuerdo con el filtro usado.

#### **6.4.2 Determinación de la eficiencia de remoción de los filtros de piedra pómez y arena**

La tabla a continuación permite conocer los resultados obtenidos a partir de la remoción de los filtros usados.

**Tabla 10**

Resultados de remoción de los parámetros

<b>Parámetro</b>	<b>Porcentaje de remoción filtro de piedra pómez</b>	<b>Porcentaje de remoción filtro de arena</b>
<b>Tensoactivos</b>	36%	30%
<b>SST</b>	73%	77%
<b>DBO5</b>	68%	74%
<b>DQO</b>	65%	70%
<b>Aceites y grasas</b>	56%	62%

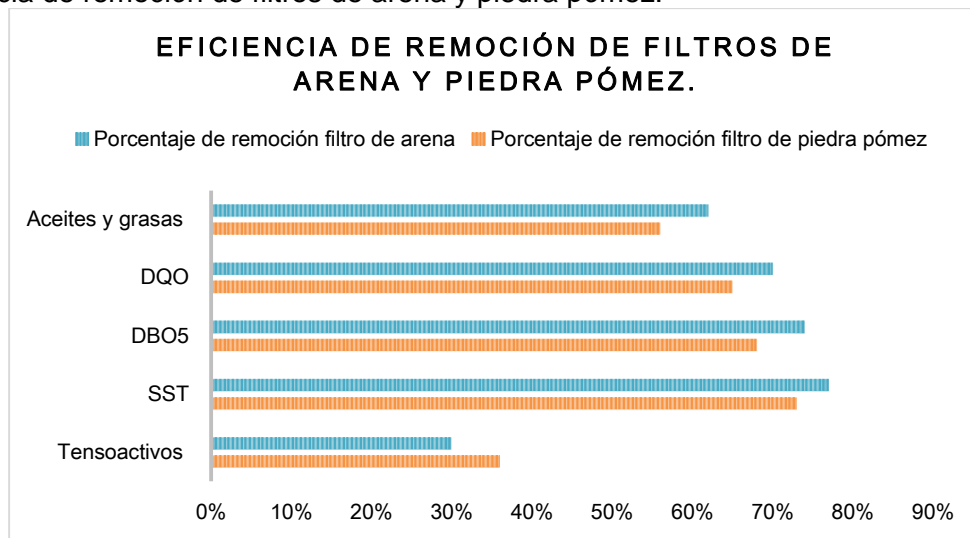
Fuente: Autor, 2022

Según la tabla anterior, para todos los parámetros el filtro de arena presentó mayores resultados y mayor eficiencia de remoción, lo que podría explicarse debido a que, la filtración lenta de arena es un proceso de tratamiento puramente físico. A medida que el agua fluye a través de varias capas de arena y grava de grano grueso, las partículas relativamente grandes se retienen con seguridad (VAN DIJK & OOMEN 1978). El proceso

se lleva a cabo en el medio filtrante donde quedan adsorbidas las partículas sólidas y está determinado por dos principios físicos básicos. En primer lugar, las partículas suspendidas relativamente grandes se atascan entre los granos de arena cuando pasan por el medio filtrante, es decir, esfuerzo mecánico. En segundo lugar, las partículas más pequeñas se adhieren a la superficie de los granos de arena causados por el efecto de las fuerzas de van der Waals, o sea, adsorción física.

**Figura 12**

Eficiencia de remoción de filtros de arena y piedra pómez.



Fuente: Autores, 2022

El principio básico del proceso es muy simple. El agua contaminada fluye a través de una capa de arena, donde no sólo se filtra físicamente, sino que se trata biológicamente. De esta manera, se eliminan tanto los sedimentos como los patógenos. Este proceso se basa en la capacidad de los organismos para eliminar patógenos.

Además, la arena ha sido el medio filtrante comúnmente empleado. A pesar de producir un efluente de mejor calidad, la arena de granulometría menor presenta una carrera de filtración más corta que la de granulometría mayor. En todo caso, la estratificación de la arena se da en un filtro lento como consecuencia del lavado en contracorriente, con los granos de menor tamaño en las capas superiores y los de mayor

tamaño en las inferiores. La estratificación, por lo tanto, favorece la retención de la mayor parte de partículas en las capas superiores (CEPIS, 2000).

La filtración lenta en arena es un tipo de sistema de purificación de agua centralizado o semicentralizado. Un filtro de arena lento bien diseñado y debidamente mantenido elimina eficazmente la turbiedad y los organismos patógenos a través de diversos procesos biológicos, físicos y químicos en un único paso de tratamiento. Según la OMS, este es un método simple pero altamente efectivo y considerablemente asequible que puede contribuir a un sistema sostenible de gestión del agua, bastante prometedor para comunidades rurales pequeñas y medianas que tengan una calidad buena de la fuente de agua superficial inicial.

Sin embargo, según algunas investigaciones como la de Segovia (2017): *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, Arena Y Algas*, establecen que la piedra pómez presenta una mayor eficiencia de remoción que el filtro de arena. Esto se debe a que su nivel de extracción de partículas es muy alto, a su baja densidad y su versatilidad; por ende, posee gran cantidad de celdillas las cuales permiten los diversos métodos de filtraje.

Por otra parte, esto podría debatirse, debido a que, según la CEPIS (2000), el medio filtrante debe seleccionarse de acuerdo con la calidad que se desea para el agua filtrada. Adicionalmente, debe tenerse en cuenta la duración de la carrera de filtración (capacidad de retención) y la facilidad de lavado. Un medio filtrante ideal es aquel de granulometría determinada y cierto peso específico, que requiere una cantidad mínima de agua para ser lavado de manera eficiente y que es capaz de remover la mayor cantidad posible de partículas suspendidas, para producir un efluente de buena calidad. Por lo que, el medio filtrante de arena podría ser ideal para el tratamiento de aguas residuales contaminadas por aguas de lavado de autos, en comparación con el filtro de piedra pómez, el cual es más recomendado para realizar filtraciones de agua potable, siendo su principal uso en la fabricación de filtros para acuarios.

Finalmente, se decidió realizar el diseño experimental de la investigación por medio de la prueba de Tuckey, con un solo factor, teniendo una variable dependiente: remoción

de contaminantes, y dos variables independientes: los dos sistemas de filtros, que en este caso corresponden a el filtro de piedra pómez y el filtro de arena. La tabla a continuación permite conocer los resultados obtenidos:

**Tabla 11**

Diseño experimental de la investigación

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F CALCULADA	F tabulada	
					0,05	0,01
<b>Tratamiento:</b>						
<b>filtro piedra pómez</b>	3	2,235	745	0,983	2,96	4,6
<b>Tratamiento:</b>						
<b>filtro arena</b>	3	2,873	763	0,998	2,25	3,15
<b>Bloque</b>	9	16,404	1826,66	2,41*		
<b>Error</b>	27	20,465	757,96			
<b>Total</b>	39	39,104				

Fuente: Autor, 2022

Como se observa, dado que  $F$  calculada  $2,41 > 2,25$  rechazamos  $H_0$  y concluimos que los tratamientos difieren en sus medias. Lo anterior permite deducir que los tratamientos si presentan diferencias en cuanto a remoción de contaminantes con intervalos de confianza del 95% según los datos de prueba de Tuckey donde  $p > 0,05$ . Por ende, el tratamiento de piedra pómez muestra un porcentaje de remoción del 66%, mientras que, el filtro de arena presenta un porcentaje de remoción cercano al 71%, siendo este de mayor eficiencia entre los tratamientos empleados.

Sin embargo, se realizó la prueba de normatividad con la finalidad de corroborar la diferencia significativa entre las medias de los tratamientos y se obtuvo los siguientes resultados:

**Tabla 12**

Prueba de normatividad



Variable independiente	Tratamiento	GL	Media	Desviación estándar	Desviación promedio de error
Remoción de materia orgánica	Tratamiento filtro piedra pómez	3	36,1775	18,8967	7,7145
	Tratamiento filtro de arena	3	33,5183	17,6111	6,1896

Fuente: Autores, 2022

La tabla anterior muestra los resultados obtenidos en la Prueba de normatividad obteniéndose un valor de significancia de 0,043 para el análisis de igualdad de varianzas frente a  $\alpha=0,05$ , con lo cual se establece que las varianzas son diferentes al ser  $0,043 < 0,05$ . Con base a esto, se desaprueba la hipótesis nula de que no existe diferencia significativa entre las medias de remoción entre tratamientos, ya que el valor de significancia para la prueba de normatividad (0,043) es menor a  $\alpha=0,05$ , evidenciándose que el tratamiento con filtro de arena es de mayor eficiencia con aproximadamente 71% en la remoción de la carga contaminante.





## **7. CONCLUSIONES**

En el caso de la fase correspondiente a la toma de muestras y caracterización se logra concluir que, para realizar el procedimiento de las tomas de muestra de agua residual provenientes del lavadero de carros, se siguió las recomendaciones de la guía del IDEAM (2015): “Protocolo para el muestreo de aguas residuales. Se caracterizaron las grasas y aceites, y los siguientes parámetros del agua residual del lavadero de vehículos “El Dangond” de la ciudad de Valledupar: DBO, DQO, Ph, Sólidos Totales en el laboratorio de la Universidad Popular del Cesar y los Tensoactivos en el laboratorio Nancy Flórez García. De acuerdo con los resultados las grasas y aceites se encuentran dentro de la normatividad ambiental permitida, dado que esta como valor máximo permisible es 15 mg/l y se tuvo como resultado 0,05 mg/l. Por otro lado, el DBO5 se encontró por encima de la norma con un valor de 340 mg/l, y lo permitido por la norma es de 75 mg/l; en cuanto a la DQO el parámetro tuvo un valor de 400, mientras que lo permitido fue de 225 mg/l de manera que también se encuentra por encima de la norma. Por su parte, el pH es el único parámetro que se encuentra dentro de la normatividad con un resultado de 7,72, aunque el agua no es neutra se ubica en el rango permitido con valores de 6 – 9.

En cuanto a la fase de dimensionamiento de los filtros de piedra pómez y arena, se tuvo en cuenta para el dimensionamiento del primero la metodología empleada por el ingeniero López, (2017), DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN FILTRO DE ARENA PÓMEZ, de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, ERIS. Se realizó el cálculo del caudal por medio del método volumétrico, profundidad del lecho filtrante, área superficial, longitud y ancho de la unidad, y se determinó la porosidad del medio filtrante. La piedra pómez y la arena fueron adquiridas en un depósito de construcción en la ciudad de Valledupar. Antes del proceso de tamizaje fue necesario la trituración de la piedra pómez, para facilitar el proceso. Luego se molió la piedra pómez. Se utilizó el tamiz N° 35 con mallas de 0,5 mm de abertura para piedra pómez gruesa, y el tamiz N° 120 con mallas de 0,125 mm de abertura para piedra pómez fina. Para el caso de los filtros de arena y pómez, se utilizaron un valde de plástico con 27 litros de volumen, con forma rectangular y dimensiones de 37 cm de altura, 31cm de largo y 24cm de ancho. La arena utilizada fue



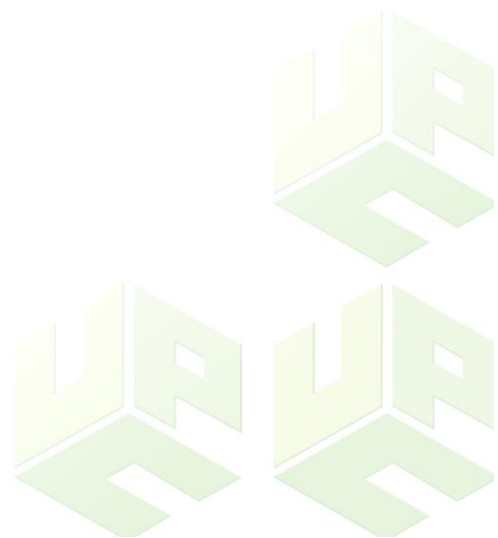
**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



sometida al mismo tamizaje que la piedra pómez para lograr uniformidad en los lechos filtrantes. La carga hidráulica superficial se determinó a partir del área y caudal a filtrar, esto mediante la ecuación establecida por Padilla (2015) para calcular carga hidráulica superficial. Los filtros tienen un área media de flujo de  $0,0744 \text{ m}^2$ ; debido a su forma rectangular.

Por último, para la fase de determinación de la eficiencia de remoción, en primer lugar, se realizó la caracterización del efluente y afluente y se comparó con la normatividad colombiana. La caracterización se realizó por medio de análisis fisicoquímicos que fueron realizados en la Universidad Popular del Cesar. Se analizaron los siguientes parámetros: DBO5, DQO, SST, pH, y aceites y grasas, y los tensoactivos fueron realizados en el laboratorio Nancy Flórez. Para los filtros, así como el lavadero, en cuanto a los parámetros de SST ninguno supera los límites máximos permisibles por la Resolución 0631 de 2015, sin embargo, la DBO5, en las tres fuentes superan los valores exigidos. Para el caso del pH, los tres están dentro del rango exigido, cabe destacar que los resultados muestran una gran reducción en la DQO, de tal manera que el agua resultante de los filtros contiene valores aceptables de DQO por la normatividad colombiana. Los resultados arrojados por el estudio demuestran que la piedra pómez ayuda a reducir notablemente las concentraciones de contaminantes del DQO y DBO5, pero con los resultados obtenidos se verifica que las aguas tratadas con arena presentan mayor remoción de contaminación que el primero, a causa de su estructura y funcionalidad.





**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



## **8. RECOMENDACIONES**

Se recomienda ampliar las investigaciones en cuanto al uso de medios filtrantes, de manera que se pueda determinar la efectividad del filtro con piedra pómez con otros medios, así como el uso de agua residual de otro origen, para comprobar su efectividad en comparación con los filtros de arena. Adicionalmente, evaluar la efectividad de este con otros parámetros fisicoquímicos, tales como metales pesados que son ampliamente investigados.

Se recomienda cubrir los filtros durante la época de invierno para que el agua de lluvia no altere las propiedades del agua que se quiera tratar y de esta manera no afectar los resultados de las caracterizaciones de los afluentes y efluentes.

Se recomienda realizar la toma de mínimo 3 muestras de agua, de manera que estas puedan ser representativas al agua objeto de estudio, que en este caso corresponde al agua de lavado de carros.

Dotar los laboratorios de la Universidad Popular del Cesar con el fin que los estudiantes puedan realizar estos estudios, incentivando a la investigación de distintos tipos de alternativas que ofrezcan altos rangos de eficiencia y bajos costos, de manera que se logre un mayor aporte al estudio y conocimiento y alcance de estos.





## **9. BIBLIOGRAFIA**

- Albarracín, H. (2018). Sistema de tratamiento de Agua Residual “Autolavado Samiwall” (Tesis de Tecnólogo). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C., Colombia.
- Aldana, M., Zuluaga, N. y Arredondo, S. (2011). Manejo integrado del agua: Tratamiento de aguas residuales. Seminario en la Universidad de Manizales. Manizales, Colombia.
- Aguilar, M. (2002). Tratamiento fisicoquímico de aguas residuales: Coagulación- Floculación. Seminario en la Universidad de Murcia, España.
- Ávila, I. y Moreno, M. (2016). Diseño, propuesta e implementación de un filtro para tratamiento de aguas de uso doméstico en tanques de reserva en la población del casco urbano de la inspección de san antonio de anapoima. (Tesis de Postgrado). Universidad Libre. Bogotá D.C., Colombia.
- Barrios, M. (03 de noviembre de 2017). Cierran 14 lavaderos de carros en Valledupar. El Heraldo. Recuperado de: <https://www.elheraldo.co/cesar/cierran-14-lavaderos-de-carros-en-valledupar-418764>
- Belzona INC. (2010). Tratamiento de Aguas Residuales. Recuperado de: [https://www.belzona.com/es/solution\\_maps/wastewater/money\\_map.pdf](https://www.belzona.com/es/solution_maps/wastewater/money_map.pdf)
- Betancourth, M., Botero, J. y Rivera, S. (2004). Revista Colomb MedBiopelículas, una comunidad microscópica en desarrollo. Universidad del Valle Cali, Colombia. Volumen N° 35: pp. 34 – 39. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28335907>
- Blacio, D. y Palacios, J. (2011). Filtros biológicos para la potabilización del agua, posibilidades de uso de FLA (filtros lentos de arena) con agua superficial de la región de Cuenca (Tesis de Postgrado). Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Brown, C. (2002a). Water Use in the Professional Car Wash Industry. A report for the International Carwash Association.
- Cardozo, J. (2017). Diseño de una planta de tratamiento de aguas, para lavado automotor, para la empresa Translogam S.A.S. (Tesis de pregrado). Fundación Universidad de América, Bogotá, Colombia.



CEPIS. (2005). Guía para diseño de sistemas de tratamiento de Filtración en múltiples etapas.

Lima, Perú.

Collazos, C. (2008). Tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales. Cátedra internacional. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Cornejo, D. (2015). Determinación de la eficiencia de remoción de la DBO de agua residual doméstica mediante la utilización de un biofiltro de piedra pómez (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.

Daza, R. (9 de marzo de 2020). Valledupar, un caos en materia de movilidad. Semanario La Calle. Recuperado de: <https://semanariolacalle.com/valledupar-un-caos-en-materia-de-movilidad/#:~:text=Seg%C3%BAAn%20el%20secretario%20de%20Tr%C3%A1nsito,ca%C3%B3ticas%20de%20la%20regi%C3%B3n%20Caribe>.

Environmental Protection Agency – APA. (1989). Technologies for Upgrading existing or desingning new drinking water treatment facilities, EPA/625/4-89/023, 209.

Environmental Protection Agency – APA. (1990). Environmental pollution control alternatives: Drinking water treatment for small communities, EPA/625/5-90/025, 82.

Environmental Protection Agency – APA. (1998). Small systems compliance technology list for the surface water treatment rule and total Coliform, EPA/815/R/98/001, 82.

Espinoza, A. (2017). Disminución de la DBO, DQO y STD del agua residual domestica de Santiago de Chuco empleando un biofiltro de piedra pómez (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú.

Fajardo, E. & Sarmiento, S. (2007). Evaluación de melaza de caña como sustrato para la producción de Saccharomyces cerevisiae. Tesis de Pregrado. Bogotá: Facultad de Ciencias Básicas microbiología Industrial..

García, N. (2010). “Efecto de la concentración de la biomasa y la presencia de aceites vegetales, aceites vegetales quemados, sales e hidrocarburos en los lodos activados”.

Gómez, M. (Marzo del 2000). Diseño de biofiltros y análisis de sensibilidad: tratamiento de aguas residuales. Ciencia y Conciencia: compromiso nacional con el medio ambiente. Congreso



llevado a cabo por la Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, México, D.C.

González A., Martín A., & Figueroa R., (2006), Tecnologías de tratamiento y desinfección de agua para uso y consumo humano. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México, Pp 17.

HERNÁNDEZ, R. (2014). Metodología de la Investigación. México, Mc Graw Hill.

Huisman, L. y Wood, W. (1974). Slow sand filtration. Recuperado de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/ssf9241540370.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/ssf9241540370.pdf)

Huybrechts D.; De Baere P.; Van Espen L. et al. (2002). Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor car- en truckwash. Eindrapport. Centre d'estudis VITO. Disponible només en holandès. Recuperado de: <https://emis.vito.be/nl/bbt-stu-die-car-en-truckwash>

Jackson, J.A., Mehl, J. & Neuendorf, K. (2005). Glossary of Geology American Geological Institute, Alexandria, Virginia: pp.1000.

Kuslu, Y. & Sahin, U. (2013). "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.

Leal, M. (2005). Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus Limitaciones. Editorial CIEMAT, Madrid, España. Recuperado de: [https://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/libro/04\\_Capitulo\\_04.pdf](https://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/libro/04_Capitulo_04.pdf)

Lee D., Lau A. & Pinder K.. (2001). Revista: Air and Waste Manage Assoc, Development and performance of an alternative biofilter system. Volumen N° 51: pp. 78-85

Legiscomex. (2015). Jabones y detergentes en Colombia. Recuperado el 5 de abril de 2020, de: <https://www.legiscomex.com/Documentos/informe-sectorial-sector-jabones-colombia-2016-rci306>

Lizarazo, J. & Orjuela, M. (2013). Sistemas de plantas de tratamiento de aguas residuales en colombia (Tesis de postgrado). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

Mansilla, C. "Potencial De Hidrogeniones- pH," (2013). Rev. Actual. Clínica, vol. 40, pp. 2076-2082.

- Márquez (2010). Diseño de un sistema de biofiltración para la eliminación de olores”. Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Temuco, Tesis doctoral, Temuco: pp.64
- Martín, V., De la Habana, N., Ventosa, A., Congiub, E., Ortega, J., Moyá, M. (2014). Colloidal and biological properties of cationic single-chain and dimeric surfactants. *Colloid and surfaces: Biointerfaces*, 114.
- Méndez, J., Sánchez, M., Rivera, J. & Bautista, M. (2008). Eliminación del dodecilsulfonato sódico de las aguas mediante adsorción en carbones activados, ozonización catalizada y fotooxidación. Departamento de Química Inorgánica de la Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. Avda. Fuentenueva S/N, 18071-Granada
- Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. Resolución 689 de 2016. [en línea]. [Recuperado el 4 de abril de 2020]. Disponible en:  
<http://www.andi.com.co/Uploads/Resoluci%C3%B3n%200689.pdf>
- Morales, F., Molina, W., Bolivar, E. (2017). Biofiltración sobre Cama de Turba, para el Tratamiento de Aguas Residuales Provenientes del Lavado de Jeans. *Revista Publicando*, 4 No 10. (2). 2017, Pr-1-Pr-12. ISSN 1390-9304
- Orduz, K. & Pinto, L. (2016). Formulación de una guía sectorial para el manejo de los residuos líquidos industriales generados en el laboratorio Ambiental Antek S.A.S. Universidad Libre. Bogotá.
- Parker, P. (1997). *World Scenario on Surfactants. On Fats, Oleochemicals and Surfactants, Challenges in the 21st century*. Science Publishers, Inc. India, p.180.
- RAS (2000). Agua residual, Tratamiento de aguas residuales municipales, disponible en:  
<http://www.cra.gov.co>
- Reinoso, J. C., & Serrano, C. Y., & Orellana, D. F. (2017-12). Contaminantes emergentes y su impacto en la salud. *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas*. Volúmen 35 no .2. Diciembre 2017. Universidad de Cuenca.
- Ríos, F. (2014). Comportamiento ambiental de tensioactivos comerciales: biodegradabilidad, toxicidad y ozonización. Tesis doctoral. Programa de Doctorado en Química. Editorial universidad de granada.



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



- Rodriguez, B. (2016). "Reuse of car wash wastewater by chemical coagulation and membrane bioreactor treatment processes," *Int. Biodeterior. Biodegrad.*, vol. 113, pp. 44–48.
- Romero, T., Rodríguez F., Humberto, A. (2016). Caracterización de las aguas residuales generadas en una industria textil cubana. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 37(3), 46-58
- Scragg (2000) *Biotecnología para ingenieros*. Editorial Limusa, México: pp. 410.

Secretaria Distrital de Ambiente (2010). Guía para la gestión y manejo integral de residuos- Servicio de lavado de vehículos, disponible en: <http://www.ambientebogota.gov.co>

Universidad Tecnológica de Panamá. (2006). Centro de Investigaciones Hidráulicas e, Hidrotécnicas, and Laboratorio de Sistemas Ambientales, "Medición de Sólidos Totales," vol. 1, p. 5.

Wegelin M., Galvis G. y Latorre J. (1998) La filtración Gruesa en el Tratamiento de Agua de Fuentes Superficiales, Instituto de Investigación y Desarrollo en Agua Potable, Saneamiento Básico y Conservación del Recurso Hídrico (Cinara). Publicación SANDEC No. 4/98, Caps. 3, 4, 5 y 8.



**ANEXOS**



**Laboratorio Ambiental y de Alimentos  
Nancy Flórez García**  
Confiable a toda prueba



**IDEAM**  
INSTITUTO DE ACREDITACIÓN  
NCT 2000 MUESTREO

COD: RO-104 Ver: 10 del 11 de Abril de 2022

**INFORME DE ENSAYOS**  
N° 67693

<b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b>		
EMPRESA :	BREIFER ALBERTO LIÑAN CATAÑO	
DIRECCIÓN :	CRA 5 # 6-42	
CONTACTO :	BREIFER LIÑAN	NIT :
CARGO :	ESTUDIANTE	CIUDAD :
		TELÉFONO :
		1119839634
		URUMITA
		3156047604

<b>INFORMACIÓN DE LA MUESTRA</b>		
NOMBRE :	AGUA RESIDUAL NO DOMESTICA	HORA MUESTRA :
LUGAR DE MUESTREO :	U.P.C	MUESTREO :
PUNTO DE MUESTREO :	FILTRO ARENA	RECEPCIÓN :
TIPO DE MUESTRA :	SIMPLE	INICIO ENSAYOS :
PLAN DE MUESTREO :	N.S	FINAL ENSAYOS :
PROC. DE MUESTREO :	N.S	INFORME :
	REGISTRO INVIMA : N.A	16:00
	REGISTRO INVIMA : N.A	2022/07/11
	REGISTRO INVIMA : N.A	2022/07/11
	REGISTRO INVIMA : N.A	2022/07/16
	REGISTRO INVIMA : N.A	2022/07/19
	REGISTRO INVIMA : N.A	2022/07/19

ANÁLISIS	Fisicoquímico		LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
	MÉTODO - TÉCNICA				
Surfactantes aniónicos mg SAAM/L (A)	SM 5540 C - Fotométrico		0,100	2022/07/12	0,119

**NOTA :**  
La muestra a la que se refieren los resultados que figuran en este informe de ensayos, excepto la fecha de recepción, fecha de inicio de ensayo, fecha final de ensayos y fecha de informe han sido proporcionados por el cliente o un tercero de conformidad con las directivas del cliente. En consecuencia, los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la muestra y por tanto se refieren única y exclusivamente a dicha muestra. El Laboratorio no es responsable del origen o la fuente de donde ha sido extraída la muestra.

N.A: No Aplica    N.S: No Suministrado    N.R: Parametro no requerido por la especificación    (SNA) Subcontratado No Acreditado  
(A): Acreditado    (S): Subcontratado    (LCM): Limite de cuantificación del método

Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.  
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.  
El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.  
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.  
Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no le ha suministrado en el certificado de análisis entregado  
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumplen en cada caso los tiempos establecidos en el método.  
Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros indicados con (A) según Resolución N° 0398 de 02 de mayo 2019 \* por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCÍA SAS, para producir información cuantitativa, física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionado con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.  
La información consignando en los campos de Información del Cliente e Información de la Muestra (Lugar de Muestreo, Punto de Muestreo, Tipo de Muestra y Fecha de Muestra) es definida por el cliente. Adicionalmente para la matriz agua envasada además los campos Lote y Registro Sanitario.  
Para los informes de ensayo que conlleven declaración de conformidad, esta será realizada basado en la regla de decisión "Declaración Binaria para una Regla de Aceptación Simple" conforme a lo descrito en la Guía para Establecer Reglas de Decisión en la Declaración de Conformidad ILAC-G8:09/2019.

**Autorizó Informe de Ensayos**







Laboratorio Ambiental y de Alimentos  
**Nancy Flórez García**  
Confiable a toda prueba



COD: RO-104 Ver: 10 del 11 de Abril de 2022

**INFORME DE ENSAYOS**  
Nº 67692

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**  
EMPRESA : BREIFER ALBERTO LIÑAN CATAÑO  
DIRECCIÓN : CRA 5 # 6-42  
CONTACTO : BREIFER LIÑAN  
CARGO : ESTUDIANTE

NIT : 1119839634  
CIUDAD : URUMITA  
TELÉFONO : 3156047604

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA**  
NOMBRE : AGUA RESIDUAL NO DOMESTICA  
LUGAR DE MUESTREO : LAVADERO  
PUNTO DE MUESTREO : REJILLA  
TIPO DE MUESTRA : SIMPLE  
PLAN DE MUESTREO : N.S  
PROC. DE MUESTREO : N.S

CODIGO : 220795205  
LOTE : N.A  
REGISTRO INVIMA : N.A

HORA MUESTRA : 09:00  
MUESTREO : 2022/07/11  
RECEPCIÓN : 2022/07/11  
INICIO ENSAYOS : 2022/07/16  
FINAL ENSAYOS : 2022/07/19  
INFORME : 2022/07/19


Fisicoquímico				
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
Surfactantes aniónicos mg SAAM/L (A)	SM 5540 C - Fotométrico	0,100	2022/07/12	0,171

**NOTA :**  
La muestra a la que se refieren los resultados que figuran en este informe de ensayos, excepto la fecha de recepción, fecha de inicio de ensayo, fecha final de ensayos y fecha de informe han sido proporcionados por el cliente o un tercero de conformidad con las directrices del cliente. En consecuencia, los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la muestra y por tanto se refieren única y exclusivamente a dicha muestra. El Laboratorio no es responsable del origen o la fuente de donde ha sido extraída la muestra.

N.A: No Aplica    N.S: No Suministrado    N.R: Parámetro no requerido por la especificación    (SNA) Subcontratado No Acreditado  
(A): Acreditado    (S): Subcontratado    (LCM): Límite de cuantificación del método

Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.  
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.  
El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.  
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.  
Cuando se coloque la sigla N.S en la fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no le ha suministrado en el certificado de análisis entregado.  
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los ensayos. La fecha de finalización cumple en cada caso los tiempos establecidos en el método.  
Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros indicados con (A) según Resolución Nº 0398 de 02 de mayo 2019 por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLÓREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLÓREZ GARCÍA SAS, para producir información cuantitativa, física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.  
La información consignando en los campos de Información del Cliente e Información de la Muestra (Lugar de Muestreo, Punto de Muestreo, Tipo de Muestra y Fecha de Muestreo) es definida por el cliente. Adicionalmente para la matriz agua emvasada además los campos Lote y Registro Sanitario.  
Para los informes de ensayo que contienen declaración de conformidad, esta será realizada basado en la regla de decisión "Declaración Binaria para una Regla de Aceptación Simple" conforme a lo descrito en la Guía para Establecer Reglas de Decisión en la Declaración de Conformidad TLAC-G8-09/2019.

**Autorizó Informe de Ensayos**

  
DANIEL GOMEZ GALINDO

  
YORLENIS FRAGOZO CASTILLA





Laboratorio Ambiental y de Alimentos  
**Nancy Flórez García**  
Confiable en toda prueba

**IDEAM**  
INSTITUTO DE NORMAS TÉCNICAS  
Y ESTÁNDARES

COD: RO-104 Ver: 10 del 11 de Abril de 2022

**INFORME DE ENSAYOS**  
N° 67691

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**  
EMPRESA : BREIFER ALBERTO LIÑAN CATAÑO  
DIRECCIÓN : CRA 5 # 6-42  
CONTACTO : BREIFER LIÑAN  
CARGO : ESTUDIANTE

NIT : 1119839634  
CIUDAD : URUMITA  
TELÉFONO : 3156047601

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA**  
NOMBRE : AGUA RESIDUAL NO DOMESTICA  
LUGAR DE MUESTREO : U.P.C  
PUNTO DE MUESTREO : FILTRO POMEZ  
TIPO DE MUESTRA : SIMPLE  
PLAN DE MUESTREO : N.S  
PROC. DE MUESTREO : N.S

CODIGO : 220795207  
LOTE : N.A  
REGISTRO INVIMA : N.A

HORA MUESTRA : 16:00  
MUESTREO : 2022/07/11  
RECEPCIÓN : 2022/07/11  
INICIO ENSAYOS : 2022/07/16  
FINAL ENSAYOS : 2022/07/19  
INFORME : 2022/07/19

ANÁLISIS	Fisicoquímico		LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
	MÉTODO - TÉCNICA				
Sulfatos aniónicos mg SAAM/L (A)	SM 5540 C - Potimétrico		6,100	2022/07/12	0,199

**NOTA :**  
La muestra a la que se refieren los resultados que figuran en este informe de ensayos, excepto la fecha de recepción, fecha de inicio de ensayo, fecha final de ensayos y fecha de informe han sido proporcionados por el cliente o un tercero de conformidad con las directrices del cliente. En consecuencia, los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la muestra y por tanto se refieren única y exclusivamente a dicha muestra. El Laboratorio no es responsable del origen o la fuente de donde ha sido extraída la muestra.

N.A: No Aplica    N.S: No Suministrado    N.R: Parametro no requerido por la especificación    [SNA] Subcontratado No Acreditado  
(A): Acreditado    (S): Subcontratado    (LCM): Límite de cuantificación del método  
Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.  
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.  
El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.  
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.  
Cuando se colique la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indicar que el Laboratorio Subcontratado no le ha suministrado en el certificado de análisis entregado.  
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumplen en cada caso los tiempos establecidos en el método.  
Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros indicados con (A) según Resolución 07 0398 de 02 de mayo 2019 " por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLÓREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLÓREZ GARCÍA SAS., para producir información científica, física, química y biológica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.  
La información consignada en los campos de Información del Cliente e Información de la Muestra (Lugar de Muestreo, Punto de Muestreo, Tipo de Muestra y Fecha de Muestreo) es definida por el cliente. Adicionalmente para la matriz agua emvasada además los campos Lote y Registro Sanitario.  
Para los informes de ensayo que contienen declaración de conformidad, esta será realizada basando en la regla de decisión "Declaración Binaria para una Regla de Aceptación Simple" conforme a lo descrito en la Guía para Establecer Reglas de Decisión en la Declaración de Conformidad ILAC-G8-09/2019.

**Autorizó Informe de Ensayos**

DANIEL GOMEZ GALINDO  
TP: RO-07031  
Coordinador Técnico de Laboratorio

YORLENIS FRAGOZO CASTILLA  
Jefe de Informes



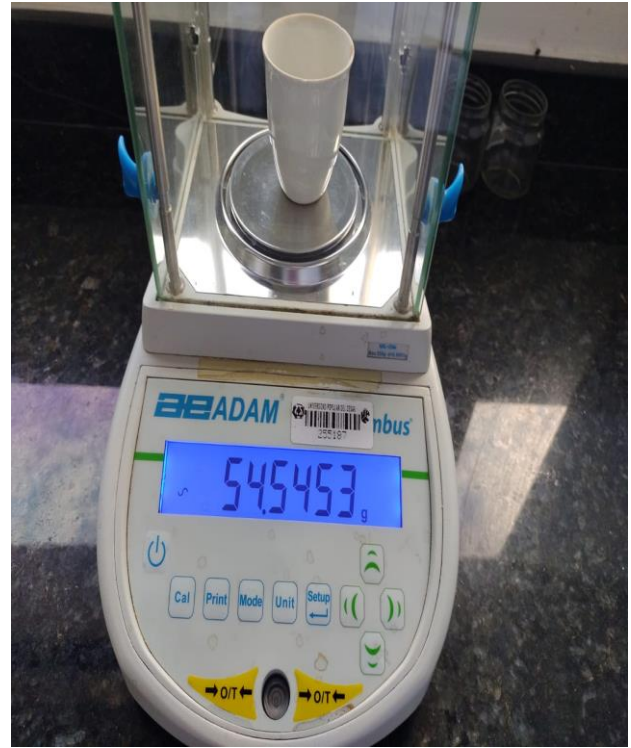
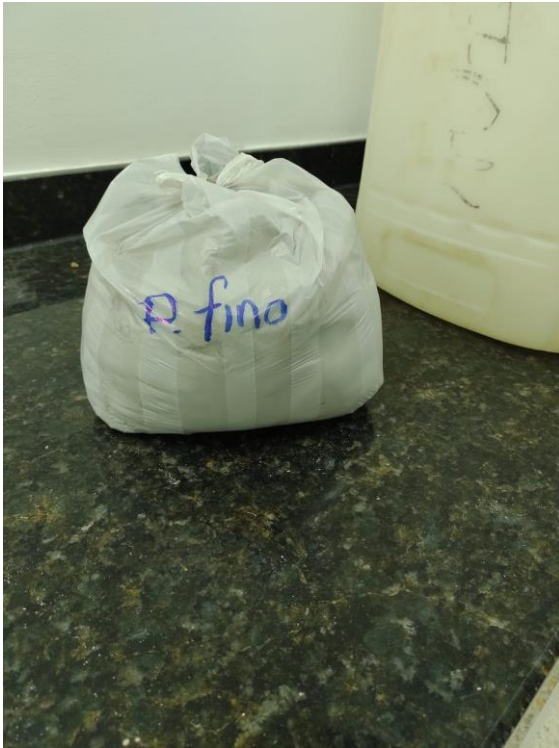


**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**Ingeniería  
Ambiental y Sanitaria**



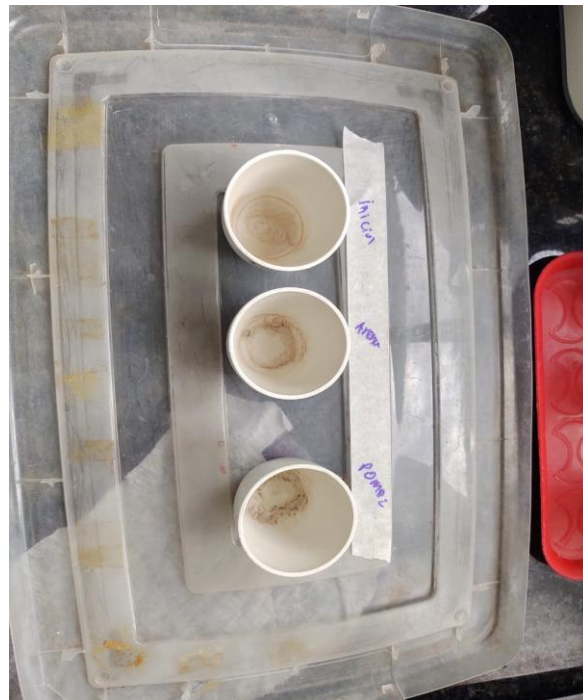
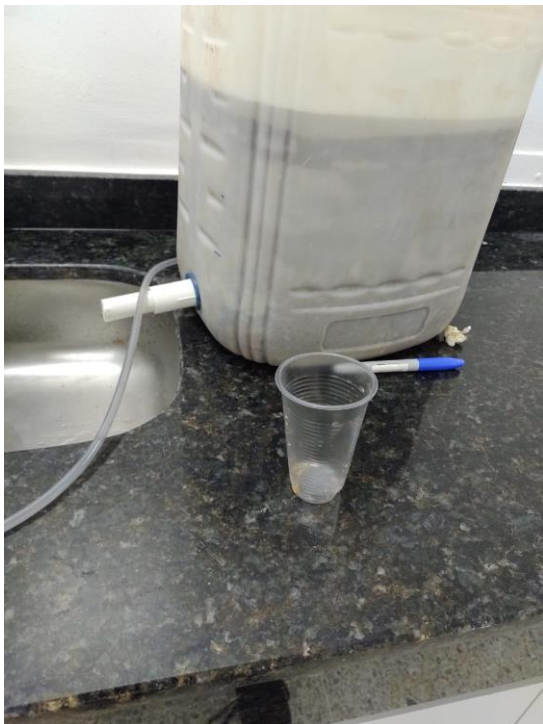


**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**Ingeniería  
Ambiental y Sanitaria**



[www.unicesar.edu.co](http://www.unicesar.edu.co)  
Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129  
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380  
Valledupar Cesar Colombia