



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“USO DE *Moringa oleífera* Y CARBÓN ACTIVADO PARA EL
MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL DE
LAVADO VEHICULAR EN EL DISTRITO DE SAN MARTÍN DE
PORRES – LIMA 2017”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AMBIENTAL**

AUTORA:

RIVERA ÑACARI, ANA CLAUDIA

ASESOR:

Dr. BENITES ALFARO, ELMER GONZALES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

LIMA – PERÚ

2017 – I

PAGINA DEL JURADO

Dr. Carlos Cabrera Carranza
Presidente

Dr. Jhonny Valverde Flores
Secretario

Dr. Elmer Benites Alfaro
Vocal

Dedicatoria

A mis padres por su esfuerzo, enseñanzas y apoyo. A mi novio por su comprensión, apoyo y dedicación. A mis amigos y compañeros, por la confianza, paciencia y por transmitirme la fortaleza para continuar cumpliendo mis objetivos, gracias.

Agradecimiento

Agradezco a mi familia, a mi asesor, a la Universidad César Vallejo Lima Norte y Lima Este. A mi novio, por contribuir con el cumplimiento de los objetivos y metas trazadas. A mis compañeros del trabajo por su apoyo y motivación que contribuyeron para desarrollar y culminar mi tesis, dando así el primer paso de mi vida como profesional.

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, Ana Claudia Rivera Ñacari con DNI N° 72696034, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, junio del 2017

Ana Claudia Rivera Ñacari

Presentación

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada "USO DE UN SISTEMA NATURAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAVADO VEHICULAR EN EL DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES – LIMA 2017", la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniera Ambiental.

La Autora.

ÍNDICE

PÁGINAS PRELIMINARES

PAGINA DEL JURADO.....	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento.....	iv
DECLARACION DE AUTENTICIDAD	v
Presentación	vi
ÍNDICE	vii
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	5
1.2. TRABAJOS PREVIOS.....	6
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	14
1.3.1. Calidad del agua.....	14
1.3.2. Aguas residuales	16
1.3.3. Principales contaminantes de las aguas residuales	18
1.3.4. Aguas residuales de lavado vehicular.....	18
1.3.5. Principales contaminantes del agua residual de lavado de autos	19
1.3.6. Tratamiento de aguas residuales.....	20
1.3.7. Partículas presentes en el agua.....	22
1.3.8. Proceso físico químico de Coagulación y floculación.....	23
1.3.9. Principales coagulantes.....	29
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	42
1.4.1. Problema General	42
1.4.2. Problemas Específicos	42
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	43
1.6. HIPÓTESIS	44
1.6.1. Hipótesis General	44
1.6.2. Hipótesis Específicas.....	44
1.7. OBJETIVOS	44
1.7.1. Objetivo General.....	44
1.7.2. Objetivos Específicos.....	45
II. MÉTODO.....	45

2.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	45
2.2. Variables, operacionalización	47
2.3. Población y muestra.....	48
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	49
2.5. Métodos de análisis de datos	52
2.6 Aspectos éticos	52
III. RESULTADOS.....	53
IV. DISCUSIÓN.....	73
V. CONCLUSIONES.....	75
VI. RECOMENDACIONES.....	77
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
ANEXOS	85
Anexo N° 01: Registro de datos de campo.	85
Anexo N° 02 – Registro de cadena de custodio.	86
Anexo N° 03 Recolección de datos de tratamiento con <i>Moringa oleífera</i> y carbón activado.....	87
Anexo N° 04 Matriz de Consistencia.	88
Anexo N°05 - Diagrama de tratamiento de aguas residuales de lavado vehicular.....	90
Anexo N° 06 Materiales y equipos utilizados para análisis en laboratorio.....	91
Anexo N° 07 – Recibo de consumo de agua potable de centro de lavado vehicular.....	93
Anexo N° 08 – Ubicación del centro de lavado vehicular.	94
Anexo N° 09 – Figuras del tratamiento con <i>Moringa oleífera</i> y carbón activado .	95
Anexo N° 10 – Validación de instrumento.....	98
Anexo N° 11 – Análisis de laboratotio.....	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Formación de Doble Capa en una Partícula coloidal.	23
Figura 2. Coagulación y floculación al añadir un coagulante-floculante.....	24
Figura 3. Neutralización de cargas de un coloide por adición de coagulante.	25
Figura 4. Representación de fuerzas de Atracción y Repulsión.	25
Figura 5. Formación de flóculos y consecuencia por exceso de coagulantes.	26
Figura 6. Formación de puente entre partículas en suspensión por adición de polímero.	27
Figura 7. Atrapamiento de partículas en un floc.....	27
Figura 8. Proceso de coagulación.	29
Figura 9. Detalle de hojas, semillas y frutos de <i>Moringa oleífera</i>	33
Figura 10. A la izquierda, semillas de <i>Moringa oleífera</i> con cáscara. A la derecha, endospermo de la semilla de <i>Moringa oleífera</i>	34
Figura 11. Formación de placas graníticas de carbonos.	37
Figura 12. Prueba de jarras con dosis de <i>Moringa oleífera</i> sin extracción de grasa.....	56
Figura 13. Prueba de jarras con dosis de <i>Moringa oleífera</i> con extracción de grasa. ..	58
Figura 14. Porcentaje de agua recuperada.....	60
Figura 15. Comparación de reducción de Turbidez después de realizar el filtrado con carbón activado con el agua tratada con <i>Moringa oleífera</i> sin extracción grasa.	61
Figura 16. Comparación de reducción de Turbidez después de realizar el filtrado con carbón activado con el agua tratada con <i>Moringa oleífera</i> con extracción grasa.	62
Figura 17. Porcentaje de Reducción de Turbidez.	62
Figura 18. Porcentaje de Reducción de Sólidos Suspendidos Totales.	63
Figura 19. Porcentaje de Reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅).	64
Figura 20. Porcentaje de Reducción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO).	64
Figura 21. Porcentaje de Reducción de Aceites y Grasas (A y G).	65
Figura 22. Porcentaje de Reducción de Hidrocarburos (HC).	65
Figura 23. Comparación de turbidez antes y después del uso de <i>Moringa oleífera</i> y carbón activado con la Organización Mundial de la Salud.	66
Figura 24. Comparación de Sólidos Suspendidos Totales antes y después del uso de <i>Moringa oleífera</i> y carbón activado con los Valores Máximos Admisibles.	67
Figura 25. Comparación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno antes y después del uso de <i>Moringa oleífera</i> y carbón activado con los Valores Máximos Admisibles.	67
Figura 26. Comparación de la Demanda Química de Oxígeno antes y después del uso de <i>Moringa oleífera</i> y carbón activado con los Valores Máximos Admisibles.	68
Figura 27. Comparación de Aceites y Grasas antes y después del uso de <i>Moringa oleífera</i> y carbón activado con los Valores Máximos Admisibles.	69
Figura 28. Comparación de reducción de Hidrocarburos (HC) con el agua residual después de realizar el filtrado con carbón activado.	69
Figura 29. Prueba de normalidad para <i>Moringa oleífera</i>	72
Figura 30. Ubicación del centro de lavado vehicular.	94
Figura 31. Toma de muestra de agua residual y medición de parámetros de campo. .	95
Figura 32. Tamizador y mortero en la izquierda y al lado derecho polvo de semilla a 500 µm.	95

<i>Figura 33.</i> Equipo Soxhlet extrayendo la grasa de las semillas de <i>Moringa oleífera</i> a la izquierda, a la derecha polvo de semilla desengrasado.	95
<i>Figura 34.</i> Diferentes cantidades de polvo de semilla a aplicar.....	96
<i>Figura 35.</i> Colocación de jarras en el equipo y adición de <i>Moringa oleífera</i>	96
<i>Figura 36.</i> Término de prueba de jarras.	96
<i>Figura 37.</i> Filtración con carbón activado granular, a la derecha utilizando la bomba de vacío. A la izquierda, filtración con embudos de vidrio.....	97
<i>Figura 38.</i> Comparación de agua residual, al extremo derecho, y en el centro y lado izquierdo después de la filtración con carbón activado.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Parámetros de caracterización de agua residual</i>	18
Tabla 2. <i>Productos naturales para la reducción de turbidez</i>	31
Tabla 3. <i>Clasificación y Origen de Moringa oleífera</i>	32
Tabla 4. <i>Decreto Supremo N°021-2009 VIVIENDA - Anexo N°01</i>	39
Tabla 5. <i>D.S. 001-2015 VIVIENDA - Anexo N°02</i>	40
Tabla 6. <i>Anexo del D.S. N° 003-2010-MINAM</i>	41
Tabla 7. <i>Requisitos para Toma de Muestras de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo</i>	42
Tabla 8. <i>Cuadro de operacionalización de variables</i>	47
Tabla 9. <i>Etapas de estudio</i>	49
Tabla 10. <i>Parámetros iniciales del agua residual</i>	53
Tabla 11. <i>Parámetros iniciales del agua analizados en laboratorio de Calidad de la Universidad César Vallejo – Lima Este</i>	53
Tabla 12. <i>Balance de masa por trituración y tamizado de semillas de Moringa oleífera</i>	53
Tabla 13. <i>Balance de masa al realizar la extracción de grasa del polvo de semillas de Moringa oleífera</i>	54
Tabla 14. <i>Pruebas de Moringa oleífera sin extracción de grasa</i>	55
Tabla 15. <i>Prueba de jarras con dosis de Moringa oleífera sin extracción de grasa</i>	56
Tabla 16. <i>Pruebas de semillas de Moringa oleífera con extracción de grasa</i>	57
Tabla 17. <i>Prueba de jarras con dosis de polvo de Moringa oleífera con extracción de grasa</i>	58
Tabla 18. <i>Resultados de recuperación de agua</i>	59
Tabla 19. <i>Resultados de agua residual después de realizar el filtrado con carbón activado</i>	60
Tabla 20. <i>Prueba de hipótesis para Moringa oleífera</i>	70
Tabla 21. <i>Prueba de hipótesis para carbón activado</i>	71
Tabla 22. <i>Prueba de normalidad</i>	72

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo principal determinar la remoción de contaminantes presentes en el agua residual de lavado vehicular mediante el uso de *Moringa oleífera* y carbón activado para mejorar la calidad del agua, y así pueda cumplir con la normativa vigente. Para ello se tomó una muestra representativa de un centro de lavado vehicular en el distrito de San Martín de Porres, realizando las mediciones de campo como el pH, temperatura y analizando los parámetros de campo y físico químicos de, turbidez, sólidos suspendidos totales (SST), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), aceites y grasas (A y G) e hidrocarburos (HC). Se determinó la dosis óptima de polvo de semillas de *Moringa oleífera* como coagulante natural teniendo como parámetro de referencia la turbidez, realizando la prueba de jarras con tres repeticiones por dosis, encontrando que la dosis de 140 mg/L fue la mejor con un 95% de reducción, para una la mezcla rápida de 120 RPM por 10 minutos, mezcla lenta de 60 RPM por 30 minutos y tiempo de sedimentación de 60 minutos. El siguiente proceso que se consideró fue la filtración con carbón activado, obteniendo eficiencia de reducción del tratamiento de 98% para turbidez con 2,5 NTU en promedio, 97% de SST, 98% de DBO₅, 97% de DQO, 99% de aceites y grasas y 63% de hidrocarburos, cumpliendo con los Valores Máximos Admisibles para descarga de aguas residuales no domésticas al alcantarillado. Además se consideró el porcentaje de agua recuperada en el tratamiento siendo en promedio 98% de agua. Concluyendo que la utilización de coagulante natural es una alternativa que no perjudica al medio ambiente generando contaminantes adicionales ni genera gran cantidad de lodo a diferencia por la utilización de coagulantes químicos, además se resalta el uso de carbón activado para la adsorción de contaminantes orgánicos presentes en el agua residual.

Palabras clave: agua residual de lavado vehicular, *Moringa oleífera*, carbón activado, coagulación, filtración, tratamiento de agua.

ABSTRACT

The main objective of this work was to determine the removal of contaminants present in the wastewater from vehicular washing through the use of *Moringa oleifera* and activated charcoal to improve water quality and comply with current laws. To do this a representative sample of a car wash center was taken in the district of San Martín de Porres, doing measurements such as pH, temperature and analyzing the chemical field and physical parameters of turbidity, total suspended solids (SST), biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), oils and greases (A and G) and hydrocarbons (HC). The optimum dose of *Moringa oleifera* seed powder as a natural coagulant was determined in function to turbidity as the reference parameter, and the test of jars with three replicates per dose was determined, finding that the dose of 140 mg / L was the best with 95% Of reduction, for a fast mix of 120 RPM for 10 minutes, slow mixture of 60 RPM for 30 minutes and sedimentation time of 60 minutes. The following process was considered with activated carbon filtration, obtaining treatment removal efficiency of 98% for turbidity with 2.5 NTU on average, 97% SST, 98% BOD, 97% COD, 99% Oils and greases and 63% of hydrocarbons, complying with the Maximum Admissible Values for discharge of non-domestic wastewater to the sewer. In addition, the percentage of water recovered in the treatment was considered, with an average of 98% of water. In conclusion, the use of natural coagulant is an alternative that does not harm the environment by generating additional pollutants or generating large amounts of sludge in contrast to the use of chemical coagulants. In addition, the use of activated carbon for the adsorption of organic pollutants present in the residual water.

Keywords: carwash wastewater, *Moringa oleifera*, activated carbón,coagulation, filtración, wáter treatment.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente uno de los principales problemas en la ciudad de Lima, es la disponibilidad del agua y el bajo porcentaje de tratamiento que reciben sus aguas residuales (SUNASS - Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2013), además de la preocupación por la escasez de este vital recurso. (Anderson, C., 2016)

El incremento de la demanda vehicular en el Perú registró un flujo vehicular de 468 mil unidades, ocupando así el segundo puesto a nivel de la Comunidad Andina. Este nivel marcó un 250% a comparación del año 2005. (Secretaría General de la Comunidad Andina, 2015). Para una gran flota vehicular del país, se evidencia también el incremento de centros de lavado vehicular, los cuáles utilizan como materia prima el agua y de manera no eficiente (Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2009). Para un lavado convencional de un vehículo en 25 minutos, se utilizan 400 litros de agua, siendo 8 veces más de lo que necesita un peruano de agua en un día. (Ministerio del Medio Ambiente, 2014).

La actividad de lavado de autos, consiste en realizar la primera limpieza con agua para eliminar la suciedad del polvo adherido, seguido del desengrasado con uso de solventes y tensioactivos para eliminar por completo la suciedad y por último el enjuague en el que se utiliza nuevamente agua y por último terminan colocando diversos tipos de cera para proteger el vehículo. En Suecia, el impacto ambiental de esta actividad, ha ocasionado que se realice mayores controles por parte de autoridades, referente a la descarga de aguas residuales al alcantarillado con contaminantes orgánicos, debido al uso de productos químicos representando un riesgo para el ambiente y sobre todo para la salud (Paxéus, N., 1996).

El resultado de la actividad de lavado vehicular son las aguas residuales con elevados contaminantes siendo la cantidad promedio para los parámetros de aceites y grasas, demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos suspendidos totales (SST) de 1100 mg/L, 4500 mg/L y 3500 mg/L respectivamente; las instalaciones de lavado con separadores de aceite, reducen la carga contaminante en un 80% siendo insuficiente para el cumplimiento de las normas

de descarga para alcantarillado y menos aún para su reutilización (Fall, C., 2007).

Además aceites y grasas, sólidos presentes en el agua residual de lavado de autos, destacan características organolépticas que presenta el agua. (Sastre, J., 2005).

Para el tratamiento de agua con tensioactivos, utilizados en la formulación de detergentes, los cuáles son la materia prima para el lavado vehicular, se han realizado estudios para su eliminación mediante el proceso de coagulación-floculación, utilizando sales de hierro resultando eficientes en un 99%. (Aboulhassan, M. et al, 2006)

Para reducir los sólidos suspendidos y coloides son usados dos procesos esenciales, la coagulación y la floculación, para reducir la turbidez en el agua, uno de los coagulantes químicos más utilizados es el sulfato de aluminio (Mera, C. et al, 2016); siendo de tipo inorgánico, siendo los lodos formados en los procesos igualmente de tipo inorgánico (Gutiérrez, J. et al, 2014), representando una desventaja tanto ambiental como económica, pero en busca de nuevas alternativas, se presenta un agente natural utilizado mundialmente como la *Moringa oleífera* por su gran capacidad como coagulante para la reducción de turbidez en agua. (Arcila, H. y Peralta, J., 2016)

Ante esta situación la presente investigación es una propuesta de un sistema natural que incluye la utilización de *Moringa oleífera* y carbón activado, para hacer posible el mejoramiento y recuperación de la calidad del agua usada en la actividad de lavado vehicular, consistente en la reducción de los contaminantes presentes en el agua cumpliendo con la normativa vigente y su consecuente reúso.

Asimismo se busca orientar a las autoridades en mejorar e implementar controles para el uso y aprovechamiento sostenible del agua, sin restar importancia al tratamiento de aguas residuales generadas en las actividades domésticas e industriales, contribuyendo en la gestión de este recurso tan importante como es el agua.

La investigación permite conocer que luego del tratamiento con la *Moringa oleífera* y carbón activado se mejora la calidad del agua en sus parámetros de turbidez, Sólidos Suspendidos Totales (SST), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), Demanda química de oxígeno (DQO), aceites y grasas (A y G) e hidrocarburos (HC), permitiendo su reuso en la misma actividad.

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

La actividad de lavado vehicular visto desde un enfoque ambiental resalta por el elevado consumo de agua potable utilizado al lavar un vehículo y la descarga de aguas contaminadas al alcantarillado sin ningún tipo de tratamiento (Cabral *et al*, 2012).

Una de las actividades económicas que se han incrementado en los últimos años son los centros de lavado de vehículos, los cuáles se diferencian en el uso de agua conforme a las tecnologías que empleen para el servicio, cuando se realiza un lavado profesional se llega a utilizar entre 50 – 380 litros de agua por vehículo aproximadamente (Fall, C., 2007).

En el año 2013, 70 mil negocios ubicados en Lima y Callao descargaban sus aguas residuales al alcantarillado incumpliendo los Valores Máximos Admisibles (SEDAPAL, 2013), las malas prácticas ambientales de vertimiento de aguas residuales que realizan las actividades comerciales e industriales afectan seriamente la red de alcantarillado, disminuyendo así la vida útil de las tuberías (SEDAPAL, 2014).

Ante esa situación, se presentan las normativas aplicables para la descarga de aguas residuales no domésticas, siendo el Decreto Supremo 021-2009-VIVIENDA y el Decreto Supremo 001-2015-VIVIENDA como su modificatoria, estableciendo los Valores Máximos Admisibles de descarga de las actividades no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, es decir, provenientes de la descarga de líquidos producidos en actividades económicas comerciales e industriales, el cumplimiento de la norma es obligatoria y a nivel nacional, en caso se superen los VMA, SEDAPAL está facultada a realizar el cobro respectivo señalado por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento - SUNASS. (SEDAPAL, 2009).

En los centros de lavado vehicular además de utilizar el agua, utilizan productos químicos como detergentes, dando como resultado la producción de aguas residuales las cuáles tienen una carga contaminante de aceites, grasas, sólidos, detergentes y otros productos de limpieza (Asociación de Sacramento para la Calidad de las Descargas de Aguas Pluviales., 2012) dañando la red de alcantarillado, implicando altos costos para su posterior reparación.

San Martín de Porres, perteneciente a la provincia de Lima, es un distrito que se ha urbanizado casi en su totalidad, alcanzando el segundo puesto en ser el segundo distrito en todo el Perú. (Municipalidad Distrital de San Martín de Porres, 2016) Conforme al crecimiento de la población en el transcurso de los años han surgido mayores actividades económicas en las que resalta la actividad de lavado vehicular, dentro de la categoría de otras actividades de servicios. (INEI, 2010)

El estudio se realizó en Car Wash Los Jardines, ubicado en la zona urbana de San Martín de Porres, cuenta con servicio de agua potable y alcantarillado por la empresa SEDAPAL y sus principales actividades económicas son el lavado y engrase de vehículos. El centro de lavado presenta un consumo promedio mensual de agua de 45 m³ y utiliza aproximadamente 55 litros de agua por lavado (ver Anexo 07), lo cual va a depender del tamaño y estado del vehículo, siendo así una cantidad de agua potable elevada para realizar la actividad de lavado y a la vez la cantidad de agua sin tratamiento descargada a la red de alcantarillado.

Para un país como el Perú en vías de desarrollo en los cuáles el factor económico es decisivo para la instalación o implementación de nuevas tecnologías en tratamiento de aguas los cuales tienen un alto costo, se tiene una alternativa de solución, la utilización sistemas que sean eficaces y con un menor costo.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

Según Mohamed, R. et al, (2014) en su estudio “*Moringa Oleifera* and *Strychnos Potatorum* Seeds as Natural Coagulant Compared with Synthetic Common Coagulants in Treating Car Wash Wastewater: Case Study 1” (Semillas de *Moringa Oleifera* y *Strychnos Potatorum* como coagulante natural en comparación con los coagulantes sintéticos comunes en el

tratamiento de aguas residuales de lavado de autos: Caso de Estudio 1), desarrollado en Universiti Tun Hussein en Malaysia, el cual tuvo como objetivo, evaluar la eficacia de los diferentes tipos de coagulantes, tanto químicos como naturales, en los que se trabajó con dos representantes de coagulantes químicos como el alumbre y sulfato ferroso; y dos coagulantes naturales como *Moringa Oleífera* y *Strychnos Potatorum*. Los autores realizaron análisis de pH, demanda química de oxígeno (DQO), fósforo, sólidos suspendidos Totales (SST) y turbidez para determinar las características iniciales del agua de lavado de autos. Para el desarrollo experimental con *Moringa oleífera*, utilizaron el polvo de las semillas, tamizadas a 50 mm, y a través de la prueba de jarras consideraron una concentración adecuada de 60mg/L por alcanzar un óptimo tiempo de sedimentación. Los investigadores concluyen resaltando la eficiencia de los coagulantes naturales a comparación a los coagulantes químicos, obteniendo con dosis baja de *Moringa Oleífera* (40mg/L – 80mg/L), la reducción de turbidez en 94%, demanda química de oxígeno (DQO) en 60% y fósforo en un 81%.

Rondón, M. et al (2017) en su artículo “**Empleo de semillas de *Moringa oleífera* en el tratamiento de residuales líquidos**”, el objetivo de la investigación consistió en utilizar semillas de *Moringa oleífera* como coagulante de origen natural debido a su menor costo respecto a los a los coagulantes químicos, para ello realizaron la extracción de aceite mediante el proceso sólido – líquido con el solvente hexano a 70°C. Para ello utilizaron la dosis de *Moringa oleífera* con agua destilada de 30 a 210 mg/L con un rango de 30 mg/L. Determinaron la mejor dosis de *Moringa oleífera*, siguiendo el diseño experimental Multi Nivel Factorial, considerando tres factores: dosis, tiempo de mezcla rápida y tiempo de mezcla lenta (41*22), con los parámetros de resultado o variables de respuesta: demanda química de oxígeno (DQO), turbidez y dureza total, conservando pH 10 para todos los tratamientos y temperatura de 28°C de Cuba. Se tomó con referente la mayor reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) obteniendo la mejor dosis de 69,70 mg/L para el modelo con tiempos de mezcla rápida y lenta de 2 y 30 minutos respectivamente, alcanzando aproximadamente un 90% de reducción para este parámetro, dureza en el rango de 82-89% y para turbidez una reducción de 33-45%. Para la turbidez se obtuvo una dosis de 210 mg/L, pero al incrementar la dosis encuentran la alteración de

la calidad del sobrenadante por exceso de coagulante natural. Finalmente la investigación concluye que las semillas de *Moringa oleífera* logrando una reducción superior a 90% de demanda química de oxígeno (DQO) y puede reducir los parámetros de fósforo, turbidez, carbono orgánico total (COT) y dureza, además de cumplir con la normativa de Cuba de Límites Máximos Permisibles Promedio para parámetros residuales líquidos.

Rodríguez et al. (2005), en su artículo “Empleo de un producto Coagulante Natural para Clarificar Agua”, tuvo como objetivo la obtención de un producto líquido en el que se conserve su característica coagulante propia de las semillas la *Moringa Oleífera Lam* cosechado en Cuba, realizando el análisis experimental de tres factores: dosis, velocidad y tiempo de agitación; considerando tres variables de respuesta como dureza total, alcalinidad total y pH, para lo que se tuvo como parámetros iniciales del agua 7,3 de pH, 50 NTU de turbidez, 248 mg/L de dureza total y 276 mg/L de alcalinidad total. La investigación obtuvo un óptimo de dosis de 89,5 mg/L, con un tiempo de mezcla rápida de 2 min; para el cual se obtiene una reducción cercana al 92% de turbidez. Concluyendo que las proteínas catiónicas de las semillas de *Moringa oleífera* son las que favorecen la coagulación, se descomponen a temperatura ambiente en un lapso de 2 días, pero pueden conservar su propiedad a 4°C por 3 meses.

Sivaranjani, S. y Rakshit, A. (2017), en su investigación “Study on Removal Efficiency of Blended Coagulants on Different Types of Wastewater” - (Estudio sobre la eficacia de la eliminación de coagulantes mezclados en diferentes tipos de aguas residuales), tuvo como objetivo caracterizar tres diferentes tipos de aguas residuales y evaluar el efecto de la *Moringa oleífera* de forma individual o combinada con un coagulante inorgánico sintético compararon la eficiencia de remoción de *Moringa oleífera*. Para determinar la eficacia de los coagulantes se analizaron los parámetros: pH, conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (TDS), dureza, oxígeno disuelto (DO) y COD del agua al inicio y fin, de aplicar las dosis de coagulante. Se trabajaron nueve tratamientos y un control, de los que se aplicaron dosis de 50, 100 y 150 mg/L, de sólo *Moringa oleífera*, alumbre y su combinación, realizando tres réplicas por tratamiento. El estudio concluye en el que las dosis de 50 y 100 mg/L de *Moringa*

y alumbre tuvieron resultados favorables, teniendo así una reducción de costos por el uso en menor cantidad de coagulante químico y por lodos producidos.

Mera, C. et al. (2016) en su investigación “**Efecto de la *Moringa oleífera* en tratamiento de aguas residuales en El Cauca, Colombia**”, tuvo por objetivo, evaluar el efecto del polvo de semilla de moringa, comparándolo con el sulfato de aluminio, para dos tipos de aguas residuales, del proceso de beneficio de café y del pelado químico de vegetales, con una turbidez inicial superior a 2000 NTU y 91,5 NTU, respectivamente. Determinaron la calidad del agua con los parámetros: turbidez, pH, conductividad eléctrica (C.E.), cloruros, sólidos suspendidos, coliformes totales y fecales. Los tratamientos se realizaron a una velocidad de 130 RPM y a una temperatura de 21,5°C, variando los tiempos de agitación para las dos tipos de aguas, de 30 y 15 minutos, considerando tres réplicas para los tratamientos y adicionalmente se calculó el porcentaje de recuperación del agua. Los autores concluyen que la mejor dosis de *Moringa oleífera* fue 4 g/600 mL, con 98% de remoción en agua residual de beneficio de café con una eficiencia del 80,9% y 0,15 g/600 mL de agua del pelado químico de vegetales con una eficiencia del 69% en agua de pelado químico e vegetales, estableciendo así que el polvo de semilla de moringa es un coagulante natural más efectivo para mejorar los parámetros estudiados.

Según Mazumder, D. y Mukherjee, S. (2011) en su estudio “**Treatment of Automobile Service Station Wastewater by Coagulation and Activated Sludge Process**”- (**Tratamiento de aguas residuales de estaciones de servicio de automóviles por coagulación y procesos de lodos activados**), el objetivo fue analizar la contaminación generada por una estación de servicio de automóviles en la India, la cual realiza lavado y la carga contaminante que va al alcantarillado. La primera etapa del estudio consistió en caracterizar el agua residual con los parámetros de pH, sólidos totales, sólidos suspendidos totales (SST), demanda química de oxígeno (DQO) y aceites y grasas; indicando que tanto Aceites y grasas y la demanda química de oxígeno (DQO) son los contaminantes de principal preocupación en el tratamiento. Para ello utilizaron cuatro coagulantes inorgánicos para una muestra de 300 y 600 mg/L de aceites y grasas se realizó el jar test, simulando los procesos de coagulación – floculación, utilizando dosis de alumbre de 100-400 mg/L resultando mayor que

la dosis de Sulfato ferroso (Fe_2SO_4) de 50-200 mg/L, pero casi similar a la dosis de Cloruro de calcio con bentonita con menor dosis (20 – 60 mg/L) cuando se utiliza alumbre y 1g de bentonita en polvo en una concentración de 600mg/L, logrando tener una alta remoción, superior al 66% de aceites y grasas e inclusive la eliminación utilizando altas dosis de coagulantes. El estudio concluye mencionando que el coagulante con una baja cantidad y eficaz para la eliminación de aceites y grasas es el sulfato ferroso,

Indica Mohamed, R. et al. (2014) en su artículo “Efficiency of Using and Natural Coagulants in Treating Car Wash Wastewater Treatment”- (Eficiencia del uso de coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales de lavado de autos), en el cual utilizaron muestras de agua de lavado de autos y las sometieron a diferentes cantidades a coagulantes como, alumbre, sulfato ferroso, *Moringa Oleífera* y *Strychnos Potatorum*, en dosis diferentes desde 30mg/L hasta 200mg/L, analizando los parámetros de: pH, fósforo, aceites y grasas, demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), total de sólidos disueltos (TDS) y turbidez. Se utilizó 10 g de semilla de *Moringa oleífera* triturada en 1 L de agua destilada y se pasó por papel filtro para extraer los componentes activos que permiten la coagulación; las mezclas se realizaron en pruebas de jarras considerando 10 min a 120 rpm (mezcla rápida), 30 min a 60 rpm (mezcla lenta) y sedimentación de 60 min. Luego se procedió a analizar el agua de la superficie, los parámetros de pH, turbidez, DQO y fósforo. La comparación en cuanto la eficiencia de eliminación de los coagulantes naturales resultó eficaz en comparación con las dosis de coagulantes químicos utilizados. Siendo así, que la *Moringa Oleífera* (50 – 80 mg/L) mostró 90% de turbidez, el 60% de DQO y 75% de fósforo. Conforme a su investigación, recomiendan la utilización de coagulantes naturales, como la *M. Oleífera* por ser amigable con el medio ambiente y por implicar menores costos por coagulantes químicos.

Indica Al-Gheethi et al. (2016) en su trabajo titulado “Treatment of Wastewater From Car Washes Using Natural Coagulation and Filtration System” - (Tratamiento de aguas residuales de lavados de automóviles usando el sistema de coagulación y filtración natural), teniendo como objetivo desarrollar un sistema para el tratamiento de agua residual de lavado de

autos por coagulación y floculación con *Moringa oleífera* y Sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) junto con un sistema de filtración natural. Las muestras de agua iniciales fueron: 6,96 pH, turbidez de 275,1 NTU, 2,55 mg/L de OD y 220 mg/L de demanda química de oxígeno (DQO), conforme a su normativa el oxígeno disuelto (OD) y la DQO sobrepasaban los límites, relacionando la turbidez con la presencia de SST y la DQO elevada debido a los detergentes utilizados. En el tratamiento integrado, se suministraron dosis de 35, 70, 105 y 140 mg/L de *M. oleífera* y sulfato ferroso, evaluando los mismos parámetros iniciales, para así ser comparado nuevamente con la ley de calidad ambiental de Malasia. Los resultados evidenciaron que 140 mg/L *Moringa oleífera* fue el mejor coagulante, ya que el pH no tuvo mayor variación, el OD inicial de 2,55 mg/L pasó a ser de 7,13 mg/L, la reducción de turbidez de 275,1 NTU a 8,42 NTU con, siendo efectiva en aproximadamente un 97%, para la DQO inicial de 220 mg/L pasó a ser de 143mg/L. Para lo cual se concluye que el uso del coagulante natural es más efectivo, y a través de la coagulación-floculación y la filtración natural se puede reutilizar el agua para el lavado de autos

Según Ramírez H. y Jaramillo, J. (2015) en la publicación “Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua”, mencionan que los procesos de coagulación y floculación para tratar aguas residuales, logran remover las partículas suspendidas y coloidales, los que favorecen la turbidez del agua, para ello se presentan dos especies con elevada capacidad como coagulantes en agua, como son la *Moringa oleífera* y diversas variedades de cactus, convirtiéndose en una alternativa sostenible para el medio ambiente y favorable para la reducción en costos por el uso de coagulantes químicos. Teniendo como precedente que las partículas orgánicas presentan carga negativa, esta carga interviene en su estabilidad quedando así en suspensión en el agua. Es así que los coagulantes naturales, como la *M. oleífera*, actúa mediante la adsorción luego de convertirse en un medio capaz de neutralizar la carga de las partículas y su capacidad es semejante al usar sulfato de aluminio.

Según Feria, J.; Bermúdez, J. y Estrada, A. (2014) en su investigación “Eficiencia de la semilla *Moringa oleífera* como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú”, tuvo como objetivo remover la turbidez del río Sinú con semillas de *M. Oleífera*, y evaluar su efecto sobre los parámetros

de pH y alcalinidad. El procedimiento consistió en seleccionar las semillas de *Moringa oleífera*, secarlas por una hora a temperatura de 105°C, luego las semillas se trituraron manualmente para luego ser tamizadas a 250 µm, en una malla, para obtener un polvo fino. Una vez pulverizadas las semillas, se tomaron 40 g de *M. oleífera*, para que se realice el desengrase por 24 horas mediante equipo de extracción Soxhlet. El polvo libre de grasa se secó en el horno a 105°C. Realizaron la preparación de la dosis, disolviendo 0,10 gr de polvo de la semilla desengrasada con 10 ml de solución salina al 1,0%, obteniendo una concentración final de 10,000 mg/L, luego pasó a la centrifugadora por 10 minutos a 6000 rpm, y por último, la solución pasó por una bomba de vacío para filtrar el líquido sobrante. También se utilizó el polvo de semilla sin desengrasar 0,10 g las dosis del coagulante oscilaron de 2,5 mg/L hasta 30,0 mg/L en la misma solución, las cuáles se aplicaron a las ocho muestras extraídas del río. Los resultados obtenidos con la dosis de coagulante entre 4,5 mg/L a 17,5 mg/L obtuvieron una remoción de turbidez superior al 90% para turbidezes iniciales de 230,0 NTU a 365,0 NTU y no se presentaron efectos resaltantes en cuanto al pH, ya que se mantuvieron en el rango de 7.5 y 8.2 unidades de pH y la alcalinidad. Concluyen que la extracción de grasas de las semillas no es obligatoriamente realizarla, ya que se obtuvieron también resultados favorables similares a las dosis de semillas desengrasadas.

Indica Brown, C. (2000) en su informe “Conservación del agua en la Industria Profesional de lavado de autos” las técnicas para conservar y recuperar el agua utilizado en el lavado de vehículos, con el fin de que se tenga una reducción considerable en el consumo del recurso principal, el agua. Cuando se hace referencia a recuperación del agua, ésta puede ser principalmente utilizada nuevamente en el lavado de vehículos, para ello se debe tener presente el tipo de tratamiento a emplear, ya que de lo contrario podría llevar a una mayor contaminación. En la actividad de lavado, el único contaminante que utiliza la industria es el detergente, los otros contaminantes del agua residual del agua, provienen de las superficies de los propios vehículos. Para el tratamiento de aguas, se incluyen categorías generales como: Separación, Oxidación, Filtración y Des-ionización. La separación, incluye separación de aceites y grasas y sólidos del agua, mediante tres tanques de separación, el primero que retenía aceites y

grasas, el segundo que actuaba como sedimentador y un tercero que se recuperaba el agua para su reutilización. La oxidación se utiliza para los problemas de olor y color a causa de crecimiento de bacterias, es por ello que al realizar la aireación ayuda a mejorar las características del agua. Para remover las partículas suspendidas se utiliza el filtrado; el uso del carbón activado se utiliza para la supresión de compuestos orgánicos disueltos como hidrocarburos, color y olores; para ello la floculación refuerza la filtración, permitiendo la remoción de partículas suspendidas. Se debe tener bastante atención con los filtros ya que de ellos depende la efectividad de reuso del agua.

Vera et al. (2016), en su investigación “**Evaluación de materiales filtrantes para el reuso en agricultura de aguas residuales tratadas provenientes de zonas áridas**”, detalla como objetivo la evaluación de sus materiales filtrantes para conocer el efecto que brinda reutilizar el agua residual para agricultura. Los materiales usados son la arena, el carbón activado y la zeolita. Se construyeron siete columnas de filtración con diferentes medios de filtración, en la que como resultado se obtuvo que el carbón activado es capaz de remover boro por debajo de 0,75 mg/L, pero después de dos semanas, el agua filtrada tenía valores superiores de C.E. así como pH de 8,4 unidades, afectando así su aplicación para riego de cultivos, por otro lado la zeolita fue mucho más favorable por no afectar los parámetros del agua.

Ramírez, J.; Martínez, O. y Fernández, L. (2013), es su investigación “**Remoción de contaminantes en aguas residuales industriales empleando carbón activado de pino pátula**”, evaluaron la adsorción del carbón activado derivado de pino pátula, para el agua residual de un laboratorio químico que contiene metales pesados como Cu, Mn, Fe y Zn, además de carga orgánica. Para evaluar la máxima remoción de cada contaminante sobre el agua residual, empleando seis diferentes cantidades de carbón activado (0.1, 0.2, 0.4, 0.55, 0.70 y 1.0 g) sobre 100mL de muestra. Mediante el modelo de isotermas de Freundlich, se obtuvo el comportamiento de cada contaminante encontrando una alta correlación de los parámetros evaluados, resultando remociones cercanas al 100% para el hierro, el cobre con una dosis superior a 0,2 g/100 mL y alta afinidad por la carga orgánica.

Niño, A. y Ortiz, R. (2008), en su tesis “**Evaluación de dos clases de carbón activado granular para su aplicación efectiva en la remoción de fenoles en los vertimientos de una empresa de jabones**”, para obtener el título de Ingeniero Ambiental y Sanitario, evaluaron el carbón activado granular (CAG) de origen vegetal y mineral, donde establecieron la efectividad de remover fenoles en los vertimientos de una empresa de jabones, por tener una concentración significativa, como objetivo. Los resultados fueron favorables del CAG vegetal para el tratamiento a diferencia del carbón mineral que presentó baja eficiencia.

Indica Méndez, J. et al. (2008) “**Eliminación del dodecilsulfonato sódico de las aguas mediante adsorción en carbones activados, ozonización catalizada y fotooxidación**” en su investigación sobre el uso de diferentes tipos de carbón activado, concluye que en el proceso de adsorción del SDBS sobre el carbón activado, existe mayor adsorción del carbón activado, cuando el volumen de los microporos presentan un tamaño superior de 0.8nm de diámetro y por la reducción de concentración de oxígeno en el medio.

Según Vidales, A.; Leos, M. y Campos M.(2010) en su investigación “**Extracción de Grasas y Aceites en los Efluentes de una Industria Automotriz**” en la que el objetivo principal fue la extracción de aceites y grasas en la industria automotriz mediante la utilización de goma arábica, cabello y resina epoxi, demostrando que la mayor eficiencia se obtuvo cuando se empleó 25 gr de cabello natural y artificial para una muestra de 1L de agua residual, para ello se mantuvo con 10 min de agitación y agitación cada hora mediante un tiempo de 12 horas; luego procedieron a filtrar la muestra y mediante la bomba de vacío agilizar la separación de aceites y grasas, y finalmente se analizó la muestra en el equipo Soxhlet para la determinación final de aceites y grasas.

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1. Calidad del agua

La determinación de la calidad de diferentes tipos de agua se ha estimado a partir de los parámetros físicos, químicos y biológicos, analizados de manera individual o en conjunto.

Los parámetros físicos-químicos brindan mayor información de los contaminantes y sus características presentes en el agua, además permiten realizar monitoreo frecuentes a diferencia de los parámetros biológicos (Samboni, N., Carvajal, Y. y Escobar, J., 2007).

Parámetros físicos del agua

-Temperatura

Es el parámetro más importante para los tratamientos a aplicar, una temperatura menor de 30°C no representa un problema mayor.

-Turbidez

Se relaciona con el color del agua, el cual se debe a la suspensión de partículas o coloides, su separación y filtración se hace compleja por las características del material suspendido en el agua. (Rigola, M, 1990)

La turbidez por debajo de 5 UNT es aceptable para consumo humano, variando a las condiciones de cada lugar. Este parámetro es importante para los tratamientos de agua mediante los procesos de coagulación, sedimentación y filtración. (Organización Mundial de la Salud, 2006)

-Sólidos Suspendidos Totales (S.S.T.)

Aquellos de tamaño menor a de 0.01mm presentes en el agua; son los más pequeños, considerados como sólidos no sedimentables, y aquellos con un tamaño superior a 0.01mm son en su mayoría son sedimentables. (Romero, J., 1996).

Los sólidos suspendidos totales se relacionan con los lodos generados en el tratamiento del agua. (Rigola, M, 1990)

Parámetros químicos del agua

- Potencial de hidrógeno (pH)

Expresa la concentración de iones hidrógeno [H⁺] e indica si la solución presenta condiciones ácidas o alcalinas, a una escala de 0 a 14, en donde 7 representa neutralidad. (Rigola, M, 1990)

-Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Es expresada en mg/L y representa la cantidad de oxígeno requerido para degradar los contaminantes presentes en las aguas residuales mediante oxidación biológica. Durante el ensayo por cinco días de incubación se consume alrededor del 70% de las sustancias biodegradables. (Secretariado Alianza por el Agua / Ecología y Desarrollo, 2008)

A una mayor demanda bioquímica de oxígeno le corresponde una mayor concentración de materia orgánica, lo cual se traduce en una menor cantidad de oxígeno disuelto, lo que a su vez provoca la reducción de la vida acuática.

-Demanda Química Oxígeno (DQO)

Parámetro usado por más de 25 años que estima los contenidos orgánicos en agua y agua residual. La DQO mide el oxígeno consumido para oxidar las sustancias orgánicas como inorgánicas presentes en el agua utilizando el reactivo dicromato de potasio en una solución de ácido sulfúrico. (Montsoriu, T. y De Dios, J., 1996).

Se expresa en mg/L, indicando la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar químicamente los contaminantes presentes en el agua. (Secretariado Alianza por el Agua / Ecología y Desarrollo, 2008)

-Aceites y grasas:

Denominadas sustancias orgánicas solubles al contacto de nafta, éter, benceno y cloroformo, conocidos como disolventes orgánicos, son insolubles en líquidos de menor densidad, como el agua, permaneciendo en la superficie y en algunos casos puede formarse espumas. (SEDAPAL, 2015)

Su análisis en agua, se realiza por adición de un disolvente orgánico, como el hexano para su posterior evaporación. (Secretariado Alianza por el Agua / Ecología y Desarrollo, 2008)

1.3.2. Aguas residuales

Son todas aquellas aguas alteradas por actividades humanas las cuáles requieren un tratamiento para su reúso o descarga a la red de alcantarillado.

En general, estas aguas constituyen de líquido y una parte sólida, conocido como lodo. (Reynolds, K., 2002)

Según su procedencia, se diferencian en:

- ✓ Aguas residuales industriales, provenientes de un proceso correspondiente a la producción en la que se incluye actividades de minería.
- ✓ Aguas residuales domésticas, resultado de la actividad humana en residencias o comercio, que contienen desechos fisiológicos y deben de disponerse apropiadamente.
- ✓ Aguas residuales municipales, son aquellas aguas que provienen de la actividad humana y que pueden contener efluentes de origen industrial con previo tratamiento y se conducen al sistema de alcantarillado de tipo combinado. (OEFA, 2014)

Las aguas residuales presentan contaminantes como, exceso de nutrientes inorgánicos (Nitrógeno, fósforo, potasio), contaminantes orgánicos como hidrocarburos, metales pesados, microorganismos perjudiciales para la salud, entre otros contaminantes en menor cantidad proveniente de productos utilizados comúnmente; los cuáles impactan al medio ambiente, la salud y traen consigo altos costos por su tratamiento. (UN-WATER Analytical Brief, 2015)

La reutilización del agua está siendo una alternativa conveniente económicamente, ya que al tratar el agua residual se aminoran los costos por uso de agua así cuando también, siempre y cuando se realice un correcto tratamiento, siendo el costo por contaminación mucho mayor. De esta manera se puede contribuir a la mejora de los ecosistemas, por la disminución del uso del recurso de fuentes naturales y reducción de descargas contaminantes. (UNESCO, 2017)

Reciclaje de agua

En la actividad de lavado, existe la posibilidad de reciclar el agua, teniendo como concepto que son aquellas aguas residuales que se han tratado convenientemente para volver a utilizar en el mismo uso del que provienen, para lo que deben cumplir las condiciones de no contener arena, SST menor a 5,0

mg/L, baja o nula concentración de aniones, agua blanda, bajas concentraciones de DQO, DBO y turbidez (MinAqua, 2016).

1.3.3. Principales contaminantes de las aguas residuales

Para determinar los efectos o impactos del agua residual hacia un cuerpo receptor o a la salud pública, se debe realizar una caracterización del agua, contemplando los siguientes parámetros:

Tabla 1. *Parámetros de caracterización de agua residual*

Análisis principal	Contaminante considerado	Efecto
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	Materia orgánica biodegradable	Abatimiento del oxígeno disuelto en cuerpo receptor. Crecimiento de microorganismos.
Demanda química de oxígeno (DQO) o Carbón orgánico total (COT)	Materia orgánica total	Mismos que DBO. Acumulación en cuerpo receptor. Riesgos de toxicidad.
Sólidos suspendidos totales (SST) Volátiles (SSV) y fijos (SSF)	Materia en suspensión sedimentable y no sedimentable (coloidal).	Sedimentación y azolvamientos en cuerpos receptores. Digestión y liberación de materia orgánica e inorgánica.
Nitrógeno total Kjeldhal (NTK), nitratos y nitritos (NO- 3 , NO- 2), fósforo total (Pt), ortofosfatos (PO3- 4)	Nitrógeno y fósforo	Nutrientes que provocan eutrofización en cuerpos de agua. Contaminación de acuíferos.
Grasas y aceites	Grasas y aceites	Acumulación en drenajes y cuerpos de agua. Reducen la transferencia de oxígeno a los cuerpos de agua. Flotación de lodos. Contaminación visual.
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	Sales inorgánicas	Restringen el uso de agua tratada
Coliformes fecales y huevos de helmintos	Patógenos y parásitos	Transmisión de enfermedades gastrointestinales.

Fuente: (NOYOLA, 2013)

1.3.4. Aguas residuales de lavado vehicular

La actividad de lavado, sí se encuentra incluida en la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU); en la sección "G", "Comercio al Por Mayor y al Por Menor, Reparación de Vehículos Automotores, Motocicletas, Efectos personales y Enseres Domésticos", División 50, "Venta, Mantenimiento y Reparación de Vehículos Automotores y Motocicletas; Ventas al por menor de combustible para automotores: - Lavado, lustramiento y remolque de vehículos, etcétera. (NACIONES UNIDAS, 2005)

Conforme al Decreto Supremo que aprueba el Código Técnico de Construcción Sostenible – D.S. N° 015-2015-VIVIENDA., en el título II.2 Eficiencia Hídrica, II.2.1.5 Requisitos Técnicos, II.2.1.5.1 Las edificaciones catalogadas como nuevas deben tener tecnología en sanitarios para ahorro de agua para concluir la entrega al propietario.

Para el servicio de lavado de vehículos deberá usarse sistemas de alta presión temporizados o sistemas automáticos de lavado para asegurar un óptimo uso del agua de 70 litros por vehículo.

En ese marco, las aguas residuales de los centros de lavado vehicular, corresponden a un efluente no doméstico, que corresponde a industrias y comercios que realizan sus descargas de aguas residuales a la red de alcantarillado, debiendo cumplir con la normativa que establece los Valores Máximos Admisibles.

1.3.5. Principales contaminantes del agua residual de lavado de autos

Según Fall, C. et al. (2007) en su investigación “Car Wash Wastewater: Characteristics, Volumes, and Treatability by Gravity Oil Separator” mediante su estudio realizado indican que las aguas residuales del lavado de autos presentan elevados contaminantes, siendo aproximadamente: 1100 mg/L de Aceites y grasas (A y G), 4500 mg/L de Demanda química de oxígeno (DQO) y 3500 mg/L de sólidos suspendidos totales (SST), en centros de lavado de Toluca, México, cuentan con separadores de aceites que en su mayoría presentan un 80% de eficiencia, lo cual no cumple con las normas de descarga a la red de alcantarillado ni para su reúso. Además para su estudio consideraron una muestra de agua de 1L / 2 min, (teniendo así la medición promedio de uso de agua por vehículo, para el caso de vehículos livianos sólo lavado exterior, se utilizaba 50 L por vehículo pequeño y por un vehículo mediano 170 L, en el caso de lavado completo, se utilizaban 170 L para un vehículo pequeño y 300 L para un vehículo mediano.)

Los contaminantes en las aguas residuales de lavado presentes son: Aceites y Grasa, detergentes, detergentes biodegradables, fosfatos, productos químicos, disolventes y otros productos utilizados en la actividad, conduciéndose a las

alcantarillas para lo cual se hace necesario tratar esta agua antes de su descarga, ya que caso contrario impactaría sobre la salud, la flora y fauna en caso de descarga a fuentes superficiales y subterráneas de aguas residuales sin tratamiento. (Illinois Environmental Protection Agency, 2002)

Las aguas residuales de los centros de lavado vehicular, contienen cargas contaminantes de detergentes, jabones y otros, los cuáles son sustancias orgánicas, con presencia de carbono en su composición química. El principal problema que radica en los detergentes, son los aditivos, que en mayor porcentaje, destacan los sulfatos. (Vera, A., 2016)

Además este tipo de aguas presentan impurezas como arena y polvo, aceite libre, grasa, carbono, sales, tensioactivos y materia orgánica descargados directamente en el alcantarillado de los municipios sin tratamiento, ante ello se puede reutilizar el agua mediante los tratamientos de coagulación y floculación incluyendo membranas de carbón activado pueden ser removidos los tensioactivos, sustancias oleosas y partículas de petróleo (Hamada, T. y Miyazaki, Y., 2004)

1.3.6. Tratamiento de aguas residuales

Tiene como objetivo la remoción del material contaminante tanto orgánico como inorgánico, los que pueden estar en forma de partículas suspendidas y/o disueltas; para ello se integra operaciones físicas y procesos químicos o biológicos, los cuáles serán aplicados dependiendo de las características del agua residual para cumplir con las normativas aplicables o según su disposición como su posible reutilización.

La “Ley de la Conservación de la Materia” debe estar presente en un sistema de tratamiento, debido a que descartando el material presente en el agua, se convertirá en residuos como lodos y generación de gases. Las características del agua residual están relacionadas con la cantidad de residuos generados. (Noyola, A., 2013)

Las etapas fundamentales para tratar aguas residuales son:

1. Pretratamiento—separación de los objetos dimensionados físicamente.

2. Deposición primaria— las partículas visibles y contaminantes adheridas se precipitan por gravedad.

3. Tratamiento secundario— Además de utilizar los lodos activados para fomentar el crecimiento de microorganismo también es factible el uso de los filtros de goteo.

La recuperación de aguas residuales no tiene por objetivo esterilizar el agua, es decir dejándola sin especies microbianas, sin embargo debe asegurar la reducción de microorganismos perjudiciales para su uso industrial o riego. (Reynolds, K., 2002)

Eficiencia de remoción

La eficiencia de remoción ayudará a tener los porcentajes de remoción de los contaminantes, para ello se empleará la siguiente fórmula que se empleó en un estudio de Mera, C. et al. (2016)

Fórmula 1: Cálculo de porcentaje de remoción

$$\% \text{ Remoción} = \frac{(\text{cantidad inicial} - \text{cantidad final})}{\text{Cantidad inicial}} * 100$$

Tratamiento de lodos

Durante los procesos de coagulación, floculación y sedimentación se generan residuos como lodos, compuestos de arenas y sólidos; los cuales según su cantidad y calidad se realizará un tratamiento específico o en su defecto será dispuesto en un relleno sanitario.

Su tratamiento empieza con la eliminación de sólidos de mayor grosor para luego mezclarlos con el resto de lodos generados para homogenizarlos. Durante la estabilización química con cal o biológica por digestión aerobia o anaerobia y compostaje busca eliminar olores y su posible putrefacción. (Noyola, A., 2013)

El lodo tratado, puede ser utilizado para incrementar nutrientes a los suelos como abono. Se debe tener presente la presencia de metales y contaminantes al momento de su tratamiento. (Reynolds, K., 2002)

1.3.7. Partículas presentes en el agua

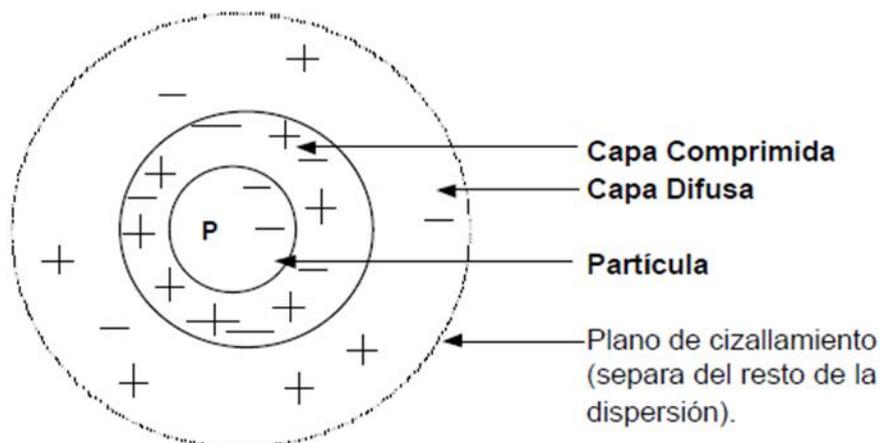
Son partículas muy pequeñas solubles y algunas de tipo coloidal, siendo estos últimos, son partículas estables en suspensión causantes de la turbidez y color en el agua.

Coloides

Los coloides pueden ser hidrofílicos al tener afinidad por el agua pueden dispersarse en ella, e hidrofóbicos que no pueden dispersarse en el agua. Éstos generalmente poseen una carga eléctrica negativa en su superficie.

Los iones catiónicos del agua tienden a adherirse a la superficie del coloide y generan atracción de otros iones negativos y para una mínima cantidad de iones positivos, efectúan la estabilización del coloide.

La Figura 1 presenta a la partícula (P) cargada negativamente y una capa de iones adherida fuertemente, llamada capa comprimida, la capa es rodeada por iones que se adhieren débilmente formando una capa difusa, un potencial electrostático entre la superficie del coloide y el agua, denominado “Potencial Zeta”.



Fuente: Andía, Y. .2000

Figura 1. Formación de Doble Capa en una Partícula coloidal.

Factores de estabilidad e inestabilidad de las partículas coloidales

- Fuerzas de atracción de Van der Waals: Aparecen por el movimiento continuo de las partículas, generando inestabilidad de las partículas.
- Fuerzas de repulsión electrostáticas: Ocasionan que se repelan las partículas y no se aglomeren, conllevando a su estabilidad en el medio.

1.3.8. Proceso físico químico de Coagulación y floculación

Se realizan los procesos de coagulación y floculación con el fin de eliminar las partículas en suspensión, como los coloides, los que pueden permanecer por un largo tiempo en el agua y aún pueden permanecer en una filtración muy fina. (Andía, Y., 2000)

Los procesos de coagulación y floculación son un método físico-químico ampliamente utilizado para tratar las aguas residuales, al resultar eficiente en la remoción de altas cargas contaminantes y que ha cobrado suma atención. (Mazumder, D. y Mukherjee, S., 2011).

Se requiere un tratamiento que integre como mínimo, dos procesos físico-químicos, teniendo en consideración los tiempos de acción, como la coagulación y floculación los cuáles hacen posible el tratamiento en un menor tiempo a diferencia de un tratamiento biológico. (Lorenzo, Y., 2006)

Ambos procesos de mezcla se distinguen por la velocidad o tipo de mezcla en el agua. (Stumm, W., y Morgan, J., 1996)



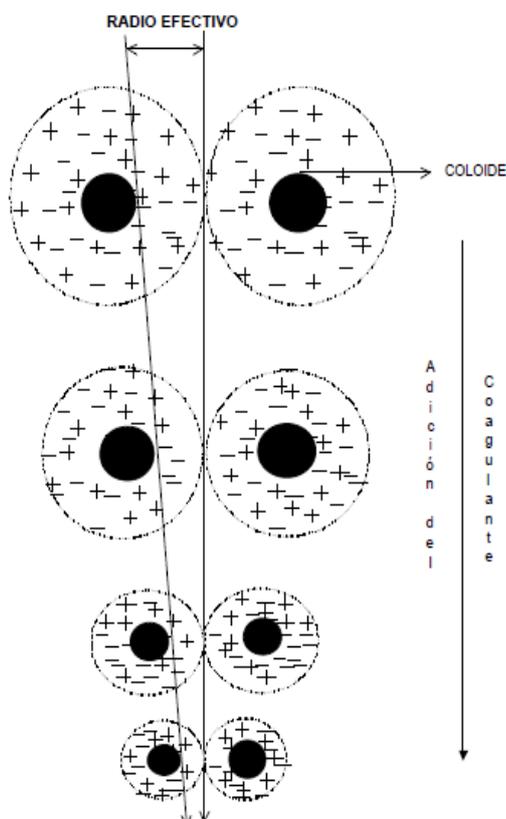
Fuente: Arcila, H. y Peralta, J., 2015.

Figura 2. Coagulación y floculación al añadir un coagulante-floculante.

Coagulación

Es el proceso realizado para el tratamiento de aguas, en el que se realiza la separación de partículas que se encuentran en el agua, debido a su pequeño tamaño permanecen en suspensión, para ello se forman agregados de mayor tamaño para así facilitar la separación de las partículas mediante sedimentación. (Aguilar et al, 2002)

El proceso se basa en desestabilizar las partículas y coloides, mediante la adición de coagulantes, originando agregados conocidos como flóculos de mayor tamaño, para luego realizar la filtración y eliminación de los flóculos. (GAO et al. 2002). Además de remover la turbidez, contribuye a la eliminación de materia orgánica y microorganismos. (Andía, Y., 2000)



Fuente: Andía, Y., 2000

Figura 3. Neutralización de cargas de un coloide por adición de coagulante.

Factores de la coagulación

Las partículas presentes en el agua pueden clasificarse, en suspensión y coloidales, se diferenciándose por su tamaño, siendo los coloides menores que aproximadamente $1 \mu\text{m}$. Al tener un peso menor, el tiempo de sedimentación será mucho mayor, convirtiéndose en partículas estables, requiriendo el uso de coagulantes para su eliminación.

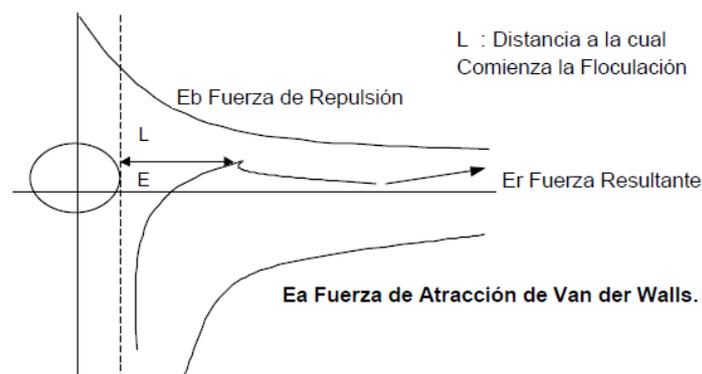
Las partículas en el agua, pueden clasificarse como hidrófobas e hidrófilas. La principal propiedad eléctrica de las partículas finas en el agua es la carga superficial, que contribuye a la estabilidad relativa, haciendo que las partículas permanezcan en suspensión. (Crittenden, J. et al., 2012)

Mecanismos de coagulación

Dentro de los principales mecanismos de coagulación para lograr la desestabilización de las partículas se encuentran:

a) Compresión de la doble capa

Al acercarse dos partículas con cargas similares se producirá repulsión (E) entre ambas, las cuales dependerán de la distancia que hay entre ambas (L) y hay fuerzas de atracción de los átomos que forman las partículas con la densidad de las mismas.



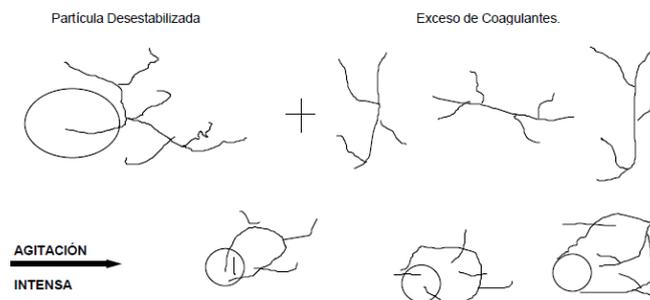
Fuente: Andía, Y., 2000

Figura 4. Representación de fuerzas de Atracción y Repulsión.

b) Adsorción y neutralización de la carga

Se relaciona con el mecanismo de doble capa (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004), en la que el potencia zeta es anulado por la adición de coagulantes, para lo que es requerido una energía adicional mediante la agitación mecánica o hidráulica. La mayoría de las partículas en el agua poseen cargas negativas y pueden ser desestabilizadas por adsorción de iones o polímeros cargados positivamente. (Andía, Y., 2000)

Al adicionar coagulante en exceso, se produce nuevamente la estabilización de la partícula.

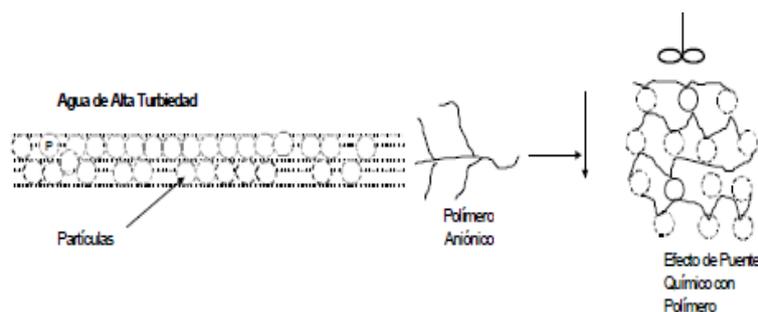


Fuente: Andía, Y., 2000

Figura 5. Formación de flóculos y consecuencia por exceso de coagulantes.

c) Adsorción e interconexión de puente

El puente polimérico es un fenómeno de adsorción; en consecuencia, en el que el polímero puede permanecer extendido en la solución y adsorber en sitios de superficie disponibles de otras partículas, dando como resultado una partícula de mayor tamaño que sedimentará fácilmente. (Andía, Y., 2000)

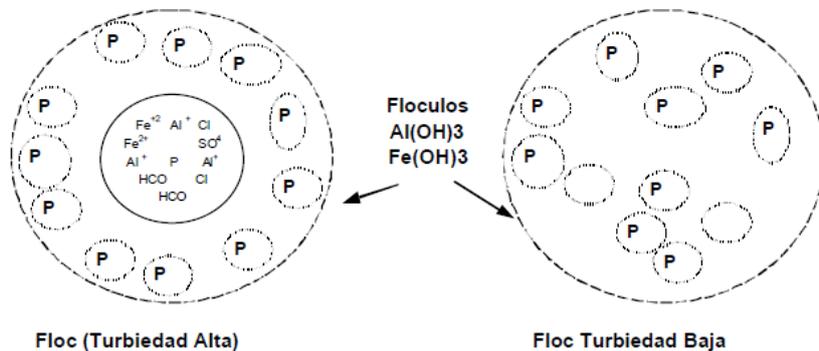


Fuente: (Andía, Y., 2000)

Figura 6. Formación de puente entre partículas en suspensión por adición de polímero.

d) Enmezclado y precipitado

A altas dosificaciones de coagulantes, pueden llevar a un crecimiento de un precipitado amorfo con el atrapamiento de partículas en esta estructura amorfa.



Fuente: (Andía, Y., 2000)

Figura 7. Atrapamiento de partículas en un floc.

Señalando que el mecanismo por compresión de la doble capa no es práctico para el tratamiento de agua. Resultando mejor, optar por la adsorción de iones o polímeros catiónicos, ya que en su mayoría las partículas se encuentran cargadas negativamente, es así que se puede usar sales metálicas y polímeros orgánicos para desestabilizar a las partículas mediante la neutralización de su carga aniónica. (HOWE et al. 2012)

Floculación

Es un proceso que favorece la aglomeración de las partículas en suspensión, mediante la reducción de fuerzas de repulsión entre ellas. (ROMERO, 1996). Por medio de la floculación, se hace posible el incremento del peso del flóculo conforme a su tamaño, el cual será eliminado mediante sedimentación por gravedad y / o filtración. (Andía, Y., 2000)

Floculación Pericinetica

Se realiza la aglomeración naturalmente entre el coagulante y las partículas en el agua, este movimiento es conocido como movimiento browniano.

Floculación Ortocinetica

La aglomeración de las partículas en el agua es ocasionada por una energía externa la misma que puede ser de origen mecánico o hidráulico.

Prueba de jarras – jar test

Es una técnica extensamente usada, para simular los procesos de coagulación, floculación y sedimentación a escala de laboratorio.

Los dispositivos más comunes incluyen mezcladores mecánicos e hidráulicos, mezcladores estáticos y mecánicos en línea, y chorros de agua presurizados. Para mezcla rápida en la coagulación por adsorción o desestabilización, los se utilizarán rangos de 3000 a 5000 segundos. Para unidades de mezcla rápida diseñadas para reacciones de coagulación de barrido, se tendrá rango de 600 a 1000 segundos. (HOWE, 2012)

La correcta ejecución de un jar-test permite la comparación y evaluación de la efectividad de una serie de coagulantes y floculantes, aplicados a un agua concreta (a potabilizar o a depurar) y en unas condiciones experimentales dadas y perfectamente acotadas. (MARIN, 1998)

En esta prueba resaltan los siguientes factores:

1. pH

Se debe tener presente el rango de acción de pH del coagulante, ya que de no cumplirse, se requerirá mayor dosis de coagulante. (Andía, Y., 2000)

2. Temperatura

Durante el proceso, se debe tener presente la temperatura; ya que de ella depende que las partículas puedan adherirse al coagulante, si la temperatura no es la adecuada, el proceso requerirá un mayor tiempo de acción, así

también si hay baja temperatura la dosis del coagulante aumenta. (Lorenzo, Y., 2006)

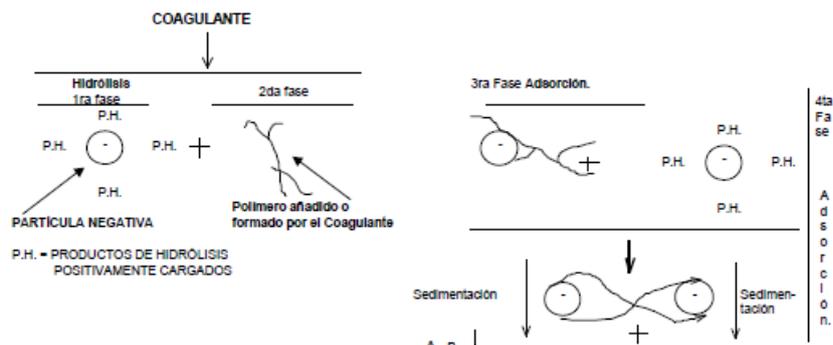
3. Dosis de coagulante

Mediante ella se puede obtener la dosis óptima y asegurar la eficiencia en el proceso, ya que una alta o muy baja dosis no contribuye a la remoción de la turbidez en el agua.

4. Grado de agitación

Debe asegurar una mezcla homogénea del coagulante en el agua para lograr la neutralización de cargas de las partículas en suspensión.

El tiempo de mezcla, es variable dependiendo del coagulante, la coagulación puede evidenciarse en menos de un segundo al realizarse el contacto del coagulante con las partículas en el agua. (Lorenzo, Y., 2006)



Fuente: Andía, Y., 2000

Figura 8. Proceso de coagulación.

5. Tiempo de sedimentación

Luego de realizada la mezcla, se debe dar un tiempo prudente para lograr la sedimentación de los flóculos.

Se debe tener presente que el proceso de coagulación es apropiada para eliminar determinados metales pesados y sustancias orgánicas de baja solubilidad, resultando con nulos resultados para la eliminación sustancias orgánicas que no cumplan con los requerido. (Organización Mundial de la Salud, 2006)

1.3.9. Principales coagulantes

La remoción de turbidez y color en el agua son primordiales en el tratamiento, se logra por la adición de coagulantes. La mayoría de coagulantes utilizados son de naturaleza química como las sales de hierro y aluminio. Se clasifican en inorgánicos, polímeros orgánicos sintéticos y coagulantes naturales. (Okuda et al., 1999)

Coagulantes químicos

Son aquellos productos de naturaleza química que al estar en el agua producen una reacción química de sus componentes químicos con las partículas del agua para así formar un precipitado voluminoso. Los coagulantes metálicos más utilizados son los que se componen de hierro y aluminio. (Lorenzo, Y., 2006).

Coagulantes naturales

Según Guzmán et al. (2013) en su estudio “Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión” indica uno de los principales procesos en el tratamiento del agua, es la coagulación, ya que remueve contaminantes en suspensión para ello revisaron sobre el uso de coagulantes naturales como alternativa de los coagulantes químicos. Los coagulantes naturales resultaron eficientes para la eliminación de turbidez, actuando en la coagulación a través de la adsorción y neutralización de cargas. Es así que la *Moringa oleífera*, resalta por ser el coagulante natural mayormente estudiado.

Así también en el Cuadro N°, se presentan los coagulantes naturales, resaltando la especie de *Moringa oleífera* por su porcentaje de remoción de turbidez el cual va de 94 – 96%, siendo el coagulante número respecto a otras especies.

Tabla 2. Productos naturales para la reducción de turbidez.

MATERIAL VEGETAL	TURBIDEZ INICIAL (NTU)	EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)	DOSIS ÓPTIMA (mg/L)	REFERENCIA
Coagulantes aniónicos Nirmali (Strychnos potatorum)	18 - 21; 38 - 42; 130 - 135	83 - 88	1,0 - 2,0	Babu & Chaudhuri, 2005
Coagulantes catiónicos <i>Moringa oleífera</i>	18 - 21; 38 - 42; 130 - 135	94,0 - 99,0	100 - 200	
Amorpha fruticosa (Falso Indigo Bush)	17,5; 30; 70	80; 70; 80	5; 5; 10	Sciban et al. 2005
Ceratonia siliqua (Carob)	17,5; 30; 70	100; 80; 80	20; 10; 10	
Robinia pseudoacacia (Black Locust)	17,5; 30; 70	60; 60; 60	5; 10; 10	
Phaseolus vulgaris (Cargamento)	17,5; 30; 70	80; 60; 65	5; 10; 10	
Cactaceous opuntia	176	90	30 - 50	Zhang et al. 2006
Polímero catiónico a base de Tanino (TBP) pH entre 4,0 y 7,0	100	85	0,15 - 0,30	Graham et al. 2008
Acacia siamea (exudado gomoso)	10 - 100	80 - 95	50	Fernández et a. 2008
Opuntia spp.	125	90 - 92	5 -15	Miller et al. 2008
<i>Moringa oleífera</i>	125	90 - 92	15	
Aesculus hyppocastanum (Castaño)	70; 35; 17,5	40 - 85	0,5	Sciban et al. 2005
Castanea sativa (Castaño común)	70; 35; 17,5	40 - 85	0,5	
Quercus robur (Roble común)	70; 35; 17,5	40 - 85	0,5	
Quercus cerris (Roble turco)	70; 35; 17,5	40 - 85	0,5	
Quercus rubra (Roble rojo)	70; 35; 17,5	40 - 85	0,5	Sciban et al. 2005
<i>Moringa oleífera</i>	49	96 ± 2	250	Pritchard et al. 2009
J. curcas	49	95 ± 1	50	
Schinopsis balansae (Quebracho)	123	80 - 95	0,25	Beltrán et al. 2010

Acacia mearnsii (Acacia Australiana)	200	75	12,5	Beltrán et al. 2011
Tanfloc (Coagulante a base de tarinos)	100	50 - 60	2	Sánchez et al. 2010a
Tanfloc (Coagulante a base de tarinos)	80	100	20	Sánchez et al. 2010b
<i>Moringa oleífera</i>	80	95	20	
<i>Silvafloc</i> (Coagulante a base de taninos)	80	85	20	
<i>Phaseolus vulgaris</i> (Frijol común)	35	72.3	0,7 - 1,0	Antov et al. 2010
<i>Moringa oleífera</i>	90 - 120	86,9	50	Asrafuzzaman et al. 2011
<i>Dolichos lablab</i>	90 - 120	84,5	50	
<i>Cicer arietinum</i>	90 - 120	93,8	50	
Coagulantes no iónicos				Pritchard et al. 2009
<i>Cyamopsis tetragonolobus</i> (Goma Guar)	49	90 <u>±</u> 2	50	

Fuente: Guzmán et al, 2013.

Moringa oleífera

Es un árbol de la familia Moringaceae originario del norte de la India (Richter *et al.*, 2003), del sur del Himalaya, Bangladesh, Afganistán y Pakistán; en América Central fue introducida en 1920 como planta ornamental (Foild *et al.*, 1999), actualmente puede encontrarse por todo del mundo ya que puede cultivarse y soportar zonas áridas y semiáridas, se caracteriza por su rápido crecimiento en corto tiempo, llegando a una altura de cuatro metros en un año. (Pérez *et al.* 2010)

Clasificación y origen

Tabla 3. Clasificación y Origen de *Moringa oleífera*

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Subclase:	Dilleniidae
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Capparidales
Familia:	Moringaceae

Género:	<i>Moringácea</i>
Especie:	<i>Moringa oleífera</i>
Nombre Científico:	<i>Moringa oleífera</i> Lam.
Varietades:	<i>M. arbórea</i> , <i>M. borziana</i> , <i>M. concanensis</i> , <i>M. drouhardii</i> , <i>M. hildebrandtii</i> , <i>M. longituba</i> , <i>M. ovalifolia</i> , <i>M. peregrina</i> , <i>M. pygmaea</i> , <i>M. rivaie</i> , <i>M. ruspoliana</i> , <i>M. stenopetala</i> .

Fuente: BALBIR, 2005

La familia Moringaceae comprende únicamente un género, *Moringácea*, siendo la especie más estudiada la *Moringa oleífera*. (Olson, M. y Fahey, J., 2011)

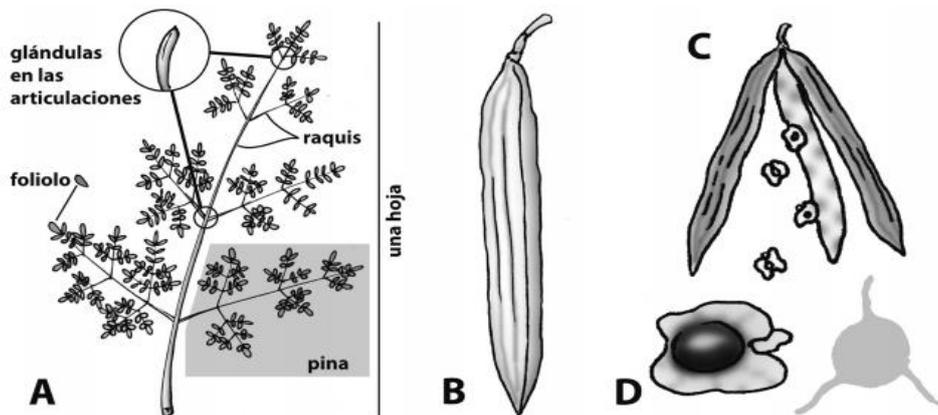


Figura 1. Identificación. La moringa (*Moringa oleifera*) es fácil de identificar por su combinación inconfundible de caracteres. A, hojas grandes, pinnadas, que pueden alcanzar unos 60 cm de longitud; están divididas en folíolos dispuestos sobre un raquis. En la articulación de cada raquis se encuentran pequeñas glándulas de 1 mm de longitud. B-D. Frutos y semillas. B, fruto, una cápsula ligera, leñosa y seca, que en la madurez mide de 10 a 30 o hasta 50 cm; C, el fruto se abre en 3 partes o valvas; D, semillas de 1.5-3 cm de diámetro con un centro de color café oscuro y 3 alas de color beige; la silueta muestra la configuración de las 3 alas. La moringa es la única planta en México con hojas pinnadas con glándulas en las articulaciones, frutos con 3 valvas y semillas con 3 alas.

Fuente: Olson, M. y Fahey, J., 2011

Figura 9. Detalle de hojas, semillas y frutos de *Moringa oleífera*.

A pesar de su utilidad ancestral, su aplicación ha sido más bien empírica y la mayor parte de la información existente proviene de la tradición oral o de publicaciones de carácter general. Solo a finales del siglo XX este árbol empezó a recibir mayor atención por parte de la comunidad científica. Durante las últimas dos décadas se han publicado numerosos reportes sobre la evaluación científica de los procesos de utilización de la planta, así como la identificación de principios

activos y mecanismos de acción, lo que ha permitido explicar muchos de los efectos beneficiosos previamente conocidos, optimizar su explotación y proponer nuevas aplicaciones. (Martin et al., 2013).

***Moringa oleífera* en tratamiento de aguas residuales**

El árbol en su totalidad posee diversas propiedades, de las cuáles resalta su uso para el tratamiento de aguas (Fuglie, L. y Fuglie, J., 2001). Las semillas proceden de una vaina alargada, de 20 y 45 cm de longitud, la misma que llega a la madurez en 3 meses. Las semillas son carnosas, cubiertas por una fina cáscara color café, su forma posee estructuras en forma de alas, de 2.5 a 3 mm de largo, el endospermo de la semilla, es de color blanquecino y muy aceitoso. (CONCYT, 2008)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. A la izquierda, semillas de *Moringa oleífera* con cáscara. A la derecha, endospermo de la semilla de *Moringa oleífera*.

La semilla de *M. oleífera* posee un 40% de aceite de su peso; siendo el perfil de ácido graso del aceite contenido, un 73% es de ácido oleico, el cual podría tener igual nivel de calidad que el aceite de oliva. (Folkard, G. y Sutherland, J., 1996).

Posee gran cantidad de materia proteínica, se estima, que un 1% de estas proteínas son polielectrolitos catiónicos activos, siendo las proteínas causantes de la desestabilización de los coloides, ya que en su mayoría son de carga

negativa y logran neutralizar las materias suspendidas para su posterior sedimentación. (Sánchez, J., Ghebremichael, K. y Beltrán, J., 2010)

Respecto a los componentes activos de las semillas de *Moringa oleífera* favorecedores de la coagulación, se debe a proteínas catiónicas solubles, densamente cargadas con un peso molecular de cercano a 13 KDa y punto isoeléctrico (carga eléctrica cero) a un pH de 10 - 11, siendo la adsorción y neutralización de cargas los mecanismos de coagulación. (Ndabigengesere, A., Narasiah, K., y Talbot, B., 1995).

La caracterización del componente activo presente en las semillas realizada por cromatografía líquida de alta resolución (HPCL), se obtuvo la presencia de 17 aminoácidos, siendo los aminoácidos hidrofílicos Glutámico (Glu) y Aspártico (Asp) aniónicos, y catiónicos: Histidina (His), Arginina (Arg) y Lisina (Lis), por lo cual el coagulante es un polielectrolito que favorece el contacto con las partículas causantes de la turbidez en el agua. (Campos, J. et al, 2003)

Su acción como coagulante se basa en la adsorción del material en suspensión y neutralización de cargas, su aplicación, es beneficiosa ya que no se genera grandes volúmenes de lodo en comparación del alumbre. (Ndabigengesere, A., Narasiah, K., y Talbot, B., 1995). La aplicación de moringa como coagulante es factible ya que no altera el pH, conductividad del agua y el lodo producido resulta ser inocuo. (Coelho, J., 2009)

En cuanto a la dureza del agua, la semilla de *M. oleífera* tiene la capacidad de eliminar iones de calcio, magnesio y otros cationes divalentes (Muyibi, S. y Evison, L., 1995), cuando el agua posee altas cantidades de sales, impide la acción de limpieza de jabones, detergentes y otros, es por ello que también se le considera para la eliminación de dureza en el agua.

El uso de la actividad floculante de *Moringa oleífera* ha sido probado en el proceso de coagulación-floculación para mejorar la calidad del agua y en algunos estudios inclusive han logrado la potabilización mediante su uso.

1.3.8. Sedimentación

Este proceso es complementario para la limpieza del agua en su totalidad. Su función básica radica en separar las partículas que se encuentran suspendidas

en el agua, trabajando sencillamente por acción de la gravedad, logrando que las partículas de mayor peso, sedimenten y las partículas más finas puedan ser retiradas mediante la acción de coagulantes.

Para la sedimentación, se recomienda que los tanques, tengan dimensiones que oscilen de 20 – 30m y 2m de profundidad.

1.3.9. Filtración

La filtración se realiza posterior a la coagulación y sedimentación por gravedad, en el que puede tenerse un tratamiento por adsorción con carbón activado granular para eliminar plaguicidas y otras sustancias orgánicas. (OMS, 2006)

Varios materiales pueden ser usados como medios de filtración para adsorción de compuestos durante el tratamiento de aguas residuales, entre los que se destacan la zeolita natural y el carbón activado (Iakovleva, E. y Sillanpää, M., 2013)

Por otro lado, el carbón activado es un producto comercial con superficie específica alta, de carácter microporoso y una alta capacidad de adsorción, por lo que elimina una amplia variedad de contaminantes orgánicos e inorgánicos y metales pesados presentes en medios acuosos. (Aghakhani, A., Mousavi, S. y Mostafazadeh-Fard, B., 2013)

Carbón activado

El carbón activado, es un compuesto covalente y, por lo tanto, muestra preferencia por moléculas covalentes; es decir, por moléculas que tienden a ser no iónicas y poco polares, como los compuestos orgánicos. Por lo tanto, el carbón activado se considera un adsorbente casi universal de moléculas orgánicas.

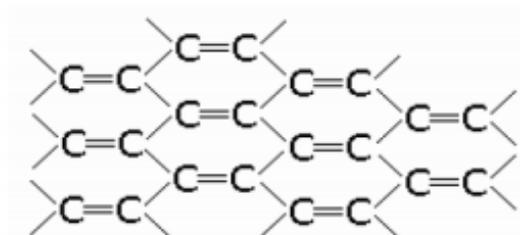
El carbón activado es carbón poroso que se produce artificialmente, que tiene características de elevado grado de porosidad, alta superficie interna y la naturaleza química de los átomos de carbono que lo conforman, le dan la propiedad de atraer y atrapar de manera preferencial ciertas moléculas del fluido que rodea al carbón.

La capacidad de adsorción del carbón activado, puede verse afectada por la cantidad de contaminante adsorbido, para reactivarlo se debe quemar as sustancias orgánicas presentes. El carbón activado granular se utiliza también para eliminar características como sabor y olor. (Organización Mundial de la Salud, 2006).

Adsorción del carbón activado

Se debe a un desequilibrio de fuerzas que se genera en toda superficie formada por átomos de carbono, el cual es ocasionado por sus átomos cuando forman sus cuatro enlaces perfectamente distribuidos. Sus átomos tienden a formar enlaces de atracción otras moléculas.

Los carbonos se encuentran combinados en forma de placas graníticas, las mismas que están separadas y tienen distintas orientaciones, por lo que existen espacios entre ellas, a los que se les denominan poros.



Fuente: U. SEVILLA, 2013.

Figura 11. Formación de placas graníticas de carbonos.

Se utiliza para la remoción de impurezas que le dan color, olor y sabor al agua potable, en los sistemas de tratamiento de aguas, el CAG se utiliza en una operación de columna y la corriente del líquido se pasa en un flujo descendente. (Niño, I. y Ortiz, D., 2008)

Características

Se caracteriza por su elevada capacidad de eliminación de sustancias, debido a la alta superficie interna que posee y su baja selectividad de retención

Porosidad

De acuerdo a su tamaño, se diferencian en:

- Microporos le conceden la elevada superficie y capacidad de retención
- Mesoporos
- Macroporos

Los dos últimos necesarios para retener moléculas de gran tamaño, como pueden ser colorantes o coloides, favoreciendo su acceso y rápida difusión de las moléculas a la superficie interna del sólido. (U. SEVILLA, 2013)

Tipos de carbones activados

Los carbones activados pueden clasificarse atendiendo al tamaño de las partículas:

- carbón activado en polvo (CAP), presentan tamaños < 100 μ m, tamaños típicos entre 15 y 25 μ m
- carbón activado granular (CAG), con tamaño medio de partícula entre 1 y 5 mm.

Los CAG pueden dividirse en dos categorías:

- 1) carbón activado troceado (o sin forma), se obtienen por molienda, tamizado.
- 2) carbón activado conformado (o con una forma específica), pueden obtenerse por aglomeración de carbón en polvo mezclado con distintos tipos de aglomerantes.

Carbón activado en tratamiento de aguas residuales

La adsorción en CAG (carbono activo granular) se emplea como tratamiento terciario de aguas residuales municipales e industriales (tratamiento físico-químico seguido de tratamiento secundario) o como un paso en el tratamiento fisicoquímico (coagulación, decantación, filtración, adsorción CAG) en lugar del tratamiento secundario. En caso de ser aplicado como tratamiento terciario, el CAG se emplea fundamentalmente para adsorber moléculas orgánicas que no son eliminadas por el tratamiento biológico. Normalmente requiere un pretratamiento, como precipitación con cal seguida de una filtración rápida.

En tratamiento de aguas industriales, el CAG puede ser utilizado para cumplir con estándares de pretratamiento para vertido a los sistemas de aguas residuales municipales o para cumplir con los estándares de vertido a medio natural.

Marco Legal

Valores Máximos Admisibles – D.S. N° 001-2015-VIVIENDA

Se modifican diversos artículos del Decreto Supremo N° 021-2009 VIVIENDA, que aprobó los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario así como de su Reglamento, aprobado mediante Decreto Supremo N° 003-2011 VIVIENDA y modificado por el Decreto Supremo N° 010-2012-VIVIENDA.

“Artículo 2.- Aprobación de los Valores Máximos Admisibles (VMA) para el sector saneamiento Apruébese los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario, establecidos en los Anexos N° 1 y N° 2 que forman parte integrante de la presente norma.

Los usuarios no domésticos cuyas descargas sobrepasen los valores contenidos en el Anexo N° 1, deberán efectuar el pago adicional por exceso de concentración, conforme a lo establecido por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento - SUNASS, pudiéndose llegar en los casos que se establezca en el Reglamento, incluso a la suspensión del servicio de alcantarillado sanitario.

Los parámetros contenidos en el Anexo N° 2 no pueden ser sobrepasados. En caso se sobrepase dichos parámetros, el usuario será sujeto de suspensión del servicio.”

Tabla 4. Decreto Supremo N°021-2009 VIVIENDA - Anexo N°01.

Parámetro	Unidad	Expresión	VMA para descargas al sistema de alcantarillado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	DBO5	500

Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales (S.S.T.)	mg/L	S.S.T.	500
Aceites y grasas	mg/L	A y G	100

Fuente: D.S. 021-2009-VIVIENDA

Tabla 5. D.S. 001-2015 VIVIENDA - Anexo N°02.

Parámetro	Unidad	Expresión	VMA para descargas al sistema de alcantarillado
<i>Aluminio</i>	<i>mg/L</i>	<i>Al</i>	10
<i>Arsénico</i>	<i>mg/L</i>	<i>As</i>	0.5
<i>Boro</i>	<i>mg/L</i>	<i>B</i>	4
<i>Cadmio</i>	<i>mg/L</i>	<i>Cd</i>	0.2
<i>Cianuro</i>	<i>mg/L</i>	<i>CN</i>	1
<i>Cobre</i>	<i>mg/L</i>	<i>Cu</i>	3
<i>Cromo hexavalente</i>	<i>mg/L</i>	<i>Cr6</i>	0.5
<i>Cromo total</i>	<i>mg/L</i>	<i>Cr</i>	10
<i>Manganeso</i>	<i>mg/L</i>	<i>Mn</i>	4
<i>Mercurio</i>	<i>mg/L</i>	<i>Hg</i>	0.02
<i>Níquel</i>	<i>mg/L</i>	<i>Ni</i>	4
<i>Plomo</i>	<i>mg/L</i>	<i>Pb</i>	0.5
<i>Sulfatos</i>	<i>mg/L</i>	<i>(SO4)2</i>	1000
<i>Sulfuros</i>	<i>mg/L</i>	<i>S2</i>	5
<i>Zinc</i>	<i>mg/L</i>	<i>Zn</i>	10
<i>Nitrógeno Amoniacal</i>	<i>mg/L</i>	<i>NH</i>	80
<i>pH</i>	<i>unidad</i>	<i>pH</i>	6-9
<i>Sólidos Sedimentables</i>	<i>ml/L/h</i>	<i>S.S.</i>	8.5
<i>Temperatura</i>	<i>°C</i>	<i>T</i>	< 35

Fuente: D.S. 001-2015-VIVIENDA.

Organización Mundial de la Salud

Recomienda que un valor de 5 NTU es aceptable para el parámetro de turbidez para la calidad de agua. (OMS, 1998).

Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – Decreto Supremo N° 003-2010- MINAM

Se presenta el Anexo de LMP establecidos, a continuación:

Tabla 6. Anexo del D.S. N° 003-2010-MINAM.

Parámetros	Unidad	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	200
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.5 - 8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	150
Temperatura	°C	< 35

Fuente: D.S. N° 003-2010-MINAM.

Resolución Ministerial N° 273–2013–VIVIENDA Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – PTAR.

La toma de muestras cumplió con el Anexo N° III - Requisitos para Toma de Muestras de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo, según el cuadro que se muestra a continuación:

Tabla 7. Requisitos para Toma de Muestras de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo.

Determinación/Parámetro	Recipiente	Volumen mínimo de muestra (1)	Preservación y concentración	Tiempo máximo de duración
Fisicoquímico				
Temperatura	P,V	1000 mL	No es posible	15 min
pH (2)		50 mL	No es posible	15 min
DBO ₅ (3)	P,V	1000 mL	Refrigerar a 4°C	48 horas
DQO (3)	P,V	100 mL	Analizar lo más pronto posible, o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2; refrigerar a 4°C	28 días
Aceites y grasas	V, ámbar boca ancha calibrado	1000 mL	Agregar HCl hasta pH<2, refrigerar a 4°C	28 días
Sólidos suspendidos Totales (SST)	P,V	100 mL	Refrigerar a 4°C	7 días
Microbiológico				
Coliformes termotolerantes (NMP)	V, esterilizado	250 mL	Refrigerar a 4°C Agregar tiosulfato en plantas con cloración	6 horas

Fuente: RM N° 273–2013–VIVIENDA

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1. Problema General

¿El uso de *Moringa oleífera* y carbón activado permitirá el mejoramiento de la calidad del agua residual de lavado vehicular según los Valores Máximos Admisibles?

1.4.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es la calidad del agua residual de lavado vehicular según los Valores Máximos Admisibles?
- ¿Cuál es la calidad del agua residual de lavado vehicular tratada con *Moringa oleífera* y carbón activado según Valores Máximos Admisibles?
- ¿Cuál es el porcentaje de agua recuperada por el uso de la *Moringa oleífera* y el carbón activado?

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El impacto de la actividad de lavado vehicular, es ocasionado por el uso de detergentes y gran cantidad de agua potable como materia prima, además de realizar la descarga de aguas residuales sin ningún tratamiento a la red de alcantarillado, afectando directamente el tratamiento del agua por el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado (SEDAPAL) y el deterioro de las tuberías por los contaminantes presentes en las aguas residuales. (SEDAPAL, 2014)

El lavado profesional de un vehículo utiliza un promedio de 50 L de agua potable por un automóvil, siendo una cantidad equivalente a lo necesario que utilizaría una persona en el Perú para cubrir sus necesidades básicas. (Ministerio del Ambiente, 2014), considerando que al día pueden realizarse 30 lavados, la cantidad de agua potable requerida es de 1500 L aproximadamente, las cuáles dan como resultado la generación de aguas residuales con un alto contenido de aceites y grasas y de carga orgánica (Mazumder, D. y Mukherjee, S., 2011)

Para realizar un tratamiento al agua residual se han presentado estudios los cuáles han demostrado el uso de las semillas de *Moringa oleífera* es efectiva en los procesos de coagulación y floculación, así también la acción coagulante resalta principalmente por reducir la turbidez pero el tratamiento se complementa por el uso de carbón activado granular el cual es ideal para reducir la cantidad de contaminantes orgánicos.

Las aguas residuales requieren de un tratamiento para evitar impactos en el medio ambiente, la salud pública y en la economía, desde el punto de vista ambiental, se aplican los procesos de coagulación, floculación y filtración (C-F-F) para la reducción de parámetros contaminantes del agua, así también el empleo recursos como la *Moringa oleífera* por su acción como coagulante natural y el carbón activado. Además, los datos obtenidos servirán de referencia para otras investigaciones que se realice en el tema, asimismo se contribuye para que las autoridades realicen una gestión adecuada en base al tratamiento de efluentes a través de un sistema de C-F-F, mitigando el impacto de la actividad por descarga de efluentes contaminantes y el uso desmedido del agua.

Ante esta situación, la investigación se fundamenta al presentarse como una alternativa de solución en el tratamiento del agua por el uso de semillas de

Moringa oleífera y carbón activado ya que se logra obtener una reducción de los parámetros contemplados en la normativa superiores al 95% , permitiendo el mejoramiento de la calidad del agua residual, cumpliendo con los parámetros establecidos en el Anexo 1 los Valores Máximos Admisibles y obtener la recuperación del agua, la misma que puede ser utilizada en la actividad.

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1. Hipótesis General

El uso de la *Moringa oleífera* y carbón activado permite el mejoramiento de la calidad del agua residual de lavado vehicular cumpliendo los Valores Máximos Admisibles.

1.6.2. Hipótesis Específicas

- Los parámetros físico-químicos (Turbidez, SST, DBO₅, DQO, A y G e HC) del agua residual antes de usar *Moringa oleífera* y carbón activado superan los Valores Máximos Admisibles.
- Los parámetros físico-químicos (Turbidez, SST, DBO₅, DQO, A y G e HC) del agua residual tratada con *Moringa oleífera* y carbón activado cumplen con los Valores Máximos Admisibles.
- El agua recuperada por el uso de la *Moringa oleífera* y el carbón activado alcanzo porcentaje >80%.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. Objetivo General

Evaluar el uso de *Moringa oleífera* y carbón activado para el mejoramiento de la calidad de agua residual de lavado vehicular según Valores Máximos Admisibles.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Evaluar los parámetros fisicoquímicos (Turbidez, SST, DBO₅, DQO, A y G e HC) del agua residual del lavado vehicular según los Valores Máximos Admisibles
- Evaluar los parámetros fisicoquímicos (Turbidez, SST, DBO₅, DQO, A y G e HC) del agua residual del lavado vehicular tratada con *Moringa oleífera* y carbón activado según los Valores Máximos Admisibles
- Determinar el porcentaje de agua recuperada por el uso de la *Moringa oleífera* y el carbón activado.

II. MÉTODO

2.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

-Tipo de estudio

Es un estudio **Cuantitativo**, por la naturaleza de los datos, ya que se realiza la medición de la variable antes y después del tratamiento.

-Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue de tipo **Pre Experimental**, Según Cook y Campbell (1979) en el que se realizó la medición previa de la variable dependiente (pre test), la aplicación de la variable independiente (tratamiento) y la medición de la variable independiente después del tratamiento (post test).

Localización de la zona de estudio

El centro de lavado vehicular, Car Wash Los Jardines, con dirección Av. Fray Bartolomé de las Casas N° 490 se ubica en el distrito de San Martín de Porres en el departamento de Lima, en el Anexo 08 se encontrará la ubicación.

2.2. Variables, operacionalización

Tabla 8. Cuadro de operacionalización de variables.

	Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicador	Unidades	Escala de medición
INDEPENDIENTE	Uso de <i>Moringa oleífera</i> y carbón activado	La <i>Moringa oleífera</i> posee acción coagulante, la misma que se basa en la adsorción del material en suspensión y neutralización de cargas, su aplicación, es beneficiosa ya que no se genera grandes volúmenes de lodo en comparación del alumbre. ((Ndabigengesere, A., Narasiah, K., y Talbot, B., 1995). La aplicación de moringa como coagulante es factible ya que no altera el pH, conductividad del agua y el lodo producido resulta ser inocuo. ((Coelho, J., 2009). El carbón activado remueve impurezas que le dan color, olor y sabor al agua (Niño, I., & Ortiz, D.)	El uso de <i>Moringa oleífera</i> y carbón activado será medido con los tipos de prueba de <i>Moringa oleífera</i> , cantidad de carbón activado por unidad y la reducción de contaminantes después del tratamiento.	Tipos de prueba con <i>Moringa oleífera</i> por unidad	Turbidez	NTU	Razón
				Reducción de carga contaminante	Valores Máximos Admisibles	mg/L	Razón
DEPENDIENTE	Mejoramiento de Agua Residual	Las aguas residuales de los centros de lavado vehicular, contienen carga contaminante de detergentes, jabones y otros, los cuáles son sustancias orgánicas, con presencia de carbono en su composición química. El principal problema que radica en los detergentes, son los aditivos que contienen tales como blanqueadores, abrillantadores ópticos, perfumes y agentes espumantes. Los aditivos que contienen en mayor proporción son los sulfatos. (Vera A., 2012)	El mejoramiento del agua residual de lavado vehicular será calculado mediante los parámetros de calidad de agua antes y después del tratamiento con <i>M. oleífera</i> y carbón activado y el porcentaje de agua recuperada.	Parámetros de Calidad del agua inicial y final.	Turbidez	NTU	Razón
					SST	mg/L	
					DBO ₅	mg/L	
					DQO	mg/L	
					Aceites y Grasas	mg/L	
				HC	mg/L		
Agua recuperada	Porcentaje de agua libre de contaminante	%	Razón				

Fuente: elaboración propia.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

Según SILVA (2011), la población, representada por la letra N, atribuye al conjunto de todos los individuos que comparten una o más características en común, que se busca investigar.

La población de la presente investigación, fue el total de agua residual proveniente del centro de lavado vehicular, Car Wash Los Jardines ubicado en el distrito de San Martín de Porres.

2.3.2. Muestra

Según TOMÁS-SÁBADO (2010), refiere que la muestra es un subconjunto de la población, la cual brinda información del objeto de estudio.

La muestra fue de 40 litros de agua residual del centro de lavado vehicular, en el que parte del volumen fue utilizado para el análisis inicial de los parámetros de calidad del agua y para la realización de las pruebas de jarras.

2.3.3. Muestreo

Según CANAL (2006), en el muestreo no probabilístico, no se utilizan métodos probabilísticos para que el individuo forme parte de la muestra.

Se aplicó el tipo de muestreo no probabilístico debido a que se utilizó el muestreo por conveniencia y puntual. Se tomó la muestra de agua residual antes de ser descargada al alcantarillado, en el que se consideró la ***RM N° 273–2013–VIVIENDA: Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – PTAR.***

2.3.4. Criterios de selección

Muestreo realizado por su accesibilidad, teniendo las siguientes consideraciones:

- Que el centro de lavado esté ubicado en zona urbana.
- Que el centro de lavado tenga mayor afluencia.
- Que sus aguas residuales sean conducidas a la red de alcantarillado.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 9. Etapas de estudio

ETAPA	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTO	RESULTADOS
Recolección y caracterización de las muestras	Car Wash Los Jardines	Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales - RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 273-2013 VIVIENDA	Registro de cadena de custodia	Muestras de agua residual de lavado vehicular
	Valores Máximos Admisibles – D.S. N° 001-2015-VIVIENDA			

	Laboratorio ECOLAB SRL.	Análisis físico químico del agua residual de lavado vehicular	Métodos: <ul style="list-style-type: none"> • Aceites y Grasas: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 22nd Ed. 2012. Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method. • Demanda Bioquímica de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test. Azide Modification. • Demanda Química de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method. 	Caracterización físico-química del agua residual de lavado vehicular
	Laboratorio de Calidad Ambiental -UCV LIMA ESTE.	Análisis físico químico del agua residual de lavado vehicular	Métodos: <ul style="list-style-type: none"> • Turbidez: SM 2130 B.Turbidity. Nephelometric Methods. (2012) • Sólidos Suspendidos Totales: APHA-AWWA-WEF (2012) 2540 D • Hidrocarburos: EPA - METHOD 9071A 	Caracterización físico-química del agua residual de lavado vehicular
Obtención de semilla de <i>Moringa oleífera</i>	Mohamed, R. et al. (2014) Feria, J., Bermúdez, S., y Estrada, A. (2014)	Descascarar la semilla de <i>Moringa oleífera</i> , triturarla y tamizarla. Desengrase de polvo de semilla	Método manual y uso de equipo Soxhlet para el desengrase de las semillas de moringa con hexano en un extractor tipo Soxhlet.	Polvo de semilla con y sin y extracción de grasa.
Coagulación, floculación con polvo de semillas de	Mohamed, R. et al. (2014).	Adición de coagulante al agua residual, considerando diferentes dosis, tiempo de mezcla, pH y temperatura.	Prueba de Jarras - Jar test Turbidez: SM 2130 B.Turbidity. Nephelometric Methods. (2012)	Reducción porcentual de turbidez del agua residual. Dosis con mayor reducción de turbidez.

Moringa oleífera y sedimentación	Feria, J., Bermúdez, S., y Estrada, A. (2014)		<p>% Reducción = (T1 - T2) / T1</p> <p>T1: Turbidez inicial T2: Turbidez final</p>	
	Valores Máximos Admisibles – D.S. N° 001-2015-VIVIENDA		<p>% Reducción = (P1 - P2) / P1</p> <p>P1: Parámetro inicial P2: Parámetro final</p>	
Filtración con Carbón activado	Niño, A. y Ortiz, R. (2008)	Filtrar agua residual con mayor reducción de turbidez en carbón activado y determinar la reducción de parámetros físico químicos	<p>Métodos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aceites y Grasas: EPA 1664 (1999). • Demanda Bioquímica de Oxígeno: APHA-AWWA-WEF (2012) APHA 5210 B • Demanda Química de Oxígeno: APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B • Turbidez: SM 2130 B. Turbidity. Nephelometric Methods. (2012) • Sólidos Suspendidos Totales: APHA-AWWA-WEF (2012) 2540 D • Hidrocarburos: EPA - METHOD 9071A 	Reducción porcentual de los parámetros físicos y químicos del agua residual.

Fuente: Elaboración propia.

2.4.2. Validez y confiabilidad del instrumento

Se cumplió con el requisito de validación del instrumento con expertos de investigación, a quienes se les pidió que evaluaran por separado los ítems de la presente investigación, las mismas que se encuentran el Anexo 10.

2.5. Métodos de análisis de datos

Mediante Microsoft Excel, se procesaron los datos antes y después del tratamiento al agua residual, se realizó una evaluación estadística, para la obtención de resultados, conforme a los datos obtenidos in situ, mediante el software IBM SPSS Statistic V.22.

-Análisis de prueba de hipótesis.

-Análisis de normalidad.

2.6 Aspectos éticos

El investigador se compromete a respetar la propiedad intelectual de los estudios de investigación consultados, la confiabilidad de los datos recopilados durante la investigación que se presenta y la veracidad de los resultados.

III. RESULTADOS

3.1. Parámetros iniciales

Se obtuvieron los datos del Análisis de la calidad del agua residual de lavado vehicular en el laboratorio ECOLAB, siendo los resultados los siguientes:

Tabla 10. *Parámetros iniciales del agua residual.*

Parámetros iniciales del agua residual					
Temperatura	pH	DBO ₅	DQO	A y G	
°C	Und.	mg/L	mg/L	mg/L	
25	8.25	1343,8	2681,9	7169,3	
V.M.A.	< 35	6 - 9	500	1000	100

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. *Parámetros iniciales del agua analizados en laboratorio de Calidad de la Universidad César Vallejo – Lima Este.*

Parámetros iniciales del agua residual			
Turbidez	S.S.T.	HC	
NTU	mg/L	mg/L	
186	162	15.606	
O.M.S. / V.M.A.	5	500	-

Fuente: Elaboración propia

De las Tablas 10 y 11 se observan los resultados iniciales del agua residual del centro de lavado vehicular los cuáles serán comparados con los Valores Máximos Admisibles, presentes en el Anexo I, referente a los parámetros de DBO₅, DQO, SST y Aceites y grasas.

3.2. Molienda y tamizado de la *Moringa oleífera*

Como primer paso, se procedió a retirar la cubierta de la semilla, para luego triturar con un mortero y tamizar manualmente a un tamaño de 500 μ m el endospermo, para ello se trabajó con 40 semillas enteras, siendo su balance de masa.

Tabla 12. *Balance de masa por trituración y tamizado de semillas de Moringa oleífera.*

	Entrada (g)	Salida (g)	% pérdida
Trituración	8,0	6,1	24
Tamizado	6,1	4,5	26

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 12, se observa que durante la trituración de las semillas de *Moringa oleífera* se pierde el 24% de masa, con un peso inicial de entrada de 8,0 gramos al realizar una trituración manual con mortero, obteniendo 6,1 gramos de polvo de semillas de *Moringa oleífera*; al realizar el tamizado en una malla de 500 μm , la pérdida de masa es de 26%, teniendo un polvo de semilla de Moringa tamizada de 4,5 gramos.

3.3. Extracción de grasa de las semillas *Moringa oleífera*

Adicionalmente se realizó el triturado y tamizado, obteniendo 10 g de semilla en polvo para realizar la extracción de grasas.

Tabla 13. Balance de masa al realizar la extracción de grasa del polvo de semillas de *Moringa oleífera*.

	Entrada (g)	Salida (g)	% pérdida
Extracción	10,0	6,9	31

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 13, se observa que al extraer de grasas de la *Moringa oleífera* se obtiene una pérdida del de 31% de masa respecto a la cantidad inicial de 10,0 gramos a 6,9 gramos.

3.4 Dosis de semillas de *Moringa oleífera* en polvo

Se realiza inicialmente la Prueba de Jarras, para encontrar la dosis óptima de coagulante natural, considerando el rango de 40 – 300 mg/L según los casos de estudios revisados.

Tabla 14. Pruebas de *Moringa oleífera* sin extracción de grasa.

Uso de <i>Moringa oleífera</i> sin extracción de aceites y grasas									
Coagulación y floculación					Sedimentación	Turbidez		Agua	
Pruebas	Dosis (mg)	Agua residual (mL)	Tiempo Mezcla lenta (min)	Tiempo Mezcla rápida (min)	Tiempo (h)	Inicial (NTU)	Final (NTU)	Agua recuperada (mL)	
1	120	40	1000	10	30	1	183	27.9	985
		40	1000	10	30	1	190	28.4	985
		40	1000	10	30	1	185	28.6	990
2	180	60	1000	10	30	1	183	27.1	985
		60	1000	10	30	1	190	27.3	985
		60	1000	10	30	1	185	27.6	980
3	240	80	1000	10	30	1	183	21.1	990
		80	1000	10	30	1	190	22.1	990
		80	1000	10	30	1	185	22.2	985
4	300	100	1000	10	30	1	183	16.1	989
		100	1000	10	30	1	190	16.1	990
		100	1000	10	30	1	185	16.1	995
5	360	120	1000	10	30	1	183	12.9	995
		120	1000	10	30	1	190	13.0	990
		120	1000	10	30	1	185	13.1	980
6	420	140	1000	10	30	1	183	9.1	985
		140	1000	10	30	1	190	8.7	980
		140	1000	10	30	1	185	8.3	980
7	600	200	1000	10	30	1	183	29.4	980
		200	1000	10	30	1	190	30.7	980
		200	1000	10	30	1	185	31.0	990
8	750	250	1000	10	30	1	183	35.7	990
		250	1000	10	30	1	190	35.2	980
		250	1000	10	30	1	185	33.3	985
9	900	300	1000	10	30	1	183	34.3	980
		300	1000	10	30	1	190	39.5	990
		300	1000	10	30	1	185	30.7	980

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 14 se presentan las 9 pruebas de *Moringa oleífera* sin realizar la extracción de grasa, las dosis consideradas fueron de 40, 60, 80, 100, 120, 140, 200, 250 y 300 mg/L, en las que se realizó 3 veces la prueba de jarras para cada dosis, considerando un tiempo de mezcla rápida de 120 RPM, mezcla lenta 60 RPM y tiempo de sedimentación y temperatura de 21°C.

Así también en la Tabla 14, se puede observar el porcentaje de reducción de turbidez, teniendo en cuenta el valor inicial del agua residual de 190, 185 y 183 NTU, siendo los porcentajes de reducción favorables que van desde 85% hasta un 96%, siendo el valor máximo de reducción de turbidez de 8,3 NTU,

representando un 96%, en la dosis 7, 8 y 9 de 200 mg/L, 250 mg/L y 300mg/L respectivamente, el porcentaje de reducción es menor del 85%.

Moringa oleífera sin extracción de grasa

Tabla 15. Prueba de jarras con dosis de *Moringa oleífera* sin extracción de grasa.

N° Prueba	Dosis (mg/L)	Turbidez (NTU)	% de reducción
1	40	28.3	85
2	60	27.3	85
3	80	21.8	88
4	100	16.1	91
5	120	13.0	93
6	140	8.7	95
7	200	30.4	84
8	250	34.7	81
9	300	34.8	81

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 15, se presentan los porcentajes de reducción de turbidez en el agua residual con nueve dosis de *Moringa oleífera* sin extracción de grasa, evidenciando que al continuar incrementando la dosis, la turbidez se ve afectada, convirtiéndose en una tendencia inversa.

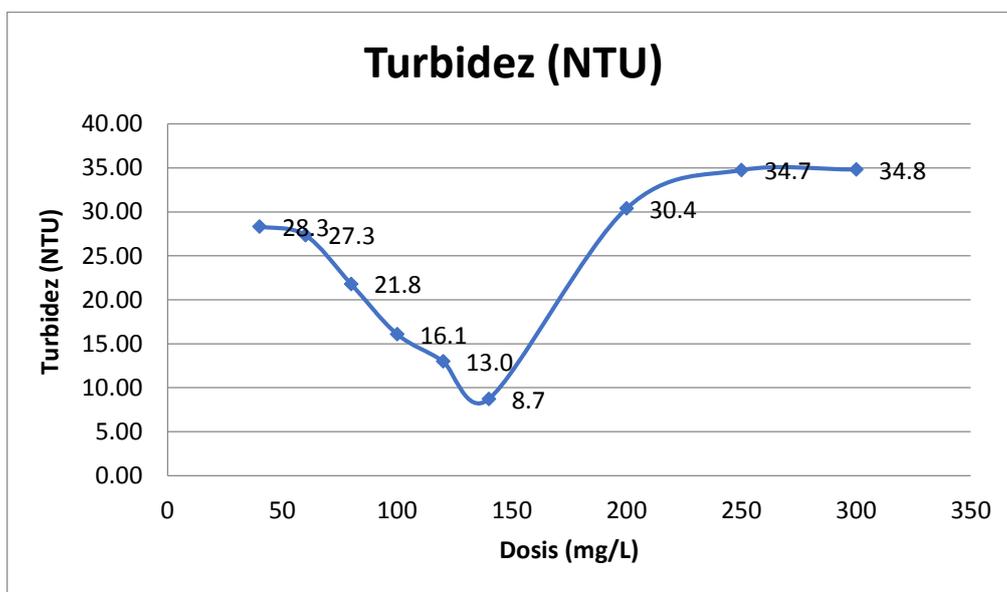


Figura 12. Prueba de jarras con dosis de *Moringa oleífera* sin extracción de grasa.

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la Figura 12, se observa una tendencia de reducción de turbidez desde la aplicación de la dosis de 40 hasta 140 mg/L, obteniendo un valor de 8,7 NTU con una mayor reducción del 95%, respecto al valor inicial.

Tabla 16: Pruebas de semillas de *Moringa oleífera* con extracción de grasa.

Uso de Moringa oleífera con extracción de aceites y grasas									
Coagulación y floculación					Sedimentación	Turbidez		Agua	
Pruebas	Dosis (mg)	Agua residual (mL)	Tiempo Mezcla lenta (min)	Tiempo Mezcla rápida (min)	Tiempo (h)	Inicial (NTU)	Final (NTU)	Agua recuperada (mL)	
1	120	40	1000	10	30	1	183	35.2	985
		40	1000	10	30	1	190	36.0	985
		40	1000	10	30	1	185	36.4	990
2	180	60	1000	10	30	1	183	33.2	985
		60	1000	10	30	1	190	34.1	985
		60	1000	10	30	1	185	33.0	980
3	240	80	1000	10	30	1	183	30.4	990
		80	1000	10	30	1	190	32.3	990
		80	1000	10	30	1	185	32.4	985
4	300	100	1000	10	30	1	183	25.9	989
		100	1000	10	30	1	190	26.0	990
		100	1000	10	30	1	185	26.2	995
5	360	120	1000	10	30	1	183	23.2	995
		120	1000	10	30	1	190	26.4	990
		120	1000	10	30	1	185	27.1	980
6	420	140	1000	10	30	1	183	17.5	985
		140	1000	10	30	1	190	18.5	980
		140	1000	10	30	1	185	19.0	980
7	600	200	1000	10	30	1	183	35.8	980
		200	1000	10	30	1	190	36.4	980
		200	1000	10	30	1	185	37.7	990
8	750	250	1000	10	30	1	183	34.7	990
		250	1000	10	30	1	190	35.9	980
		250	1000	10	30	1	185	36.2	985
9	900	300	1000	10	30	1	183	48.4	980
		300	1000	10	30	1	190	49.2	990
		300	1000	10	30	1	185	49.9	980

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 16, se presentan las 9 pruebas de semillas de *Moringa oleífera* con extracción de grasas, se trabajaron con dosis de 40, 60, 80, 100, 120, 140, 200, 250 y 300 mg/L, para la reducción de turbidez, realizándose 3 veces la prueba

de jarras por dosis, considerando un tiempo de mezcla rápida de 120 RPM, mezcla lenta 60 RPM y tiempo de sedimentación y temperatura de 21°C.

Moringa oleífera con extracción de grasa

Tabla 17: Prueba de jarras con dosis de polvo de *Moringa oleífera* con extracción de grasa.

N° Prueba	Dosis (mg/L)	Turbidez (NTU)	% de reducción
1	40	35.9	81
2	60	33.4	82
3	80	31.7	83
4	100	26.0	86
5	120	25.6	86
6	140	18.3	90
7	200	36.6	80
8	250	35.6	81
9	300	49.2	74

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 17, se presentan los porcentajes de reducción de turbidez en el agua residual con las nueve dosis de Moringa con extracción de grasa, evidenciando que al continuar incrementando la dosis, la turbidez se ve afectada, convirtiéndose en una tendencia inversa.

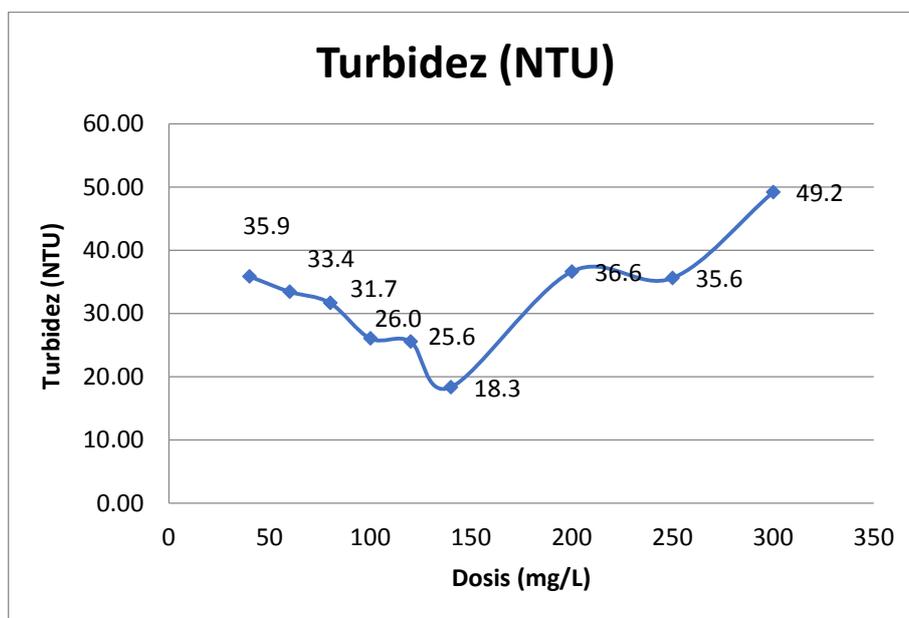


Figura 13. Prueba de jarras con dosis de *Moringa oleífera* con extracción de grasa.

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la Figura 13, se obtuvo un valor máximo de reducción de turbidez de 18.3 NTU con una dosis de 140 mg/L. Así también al continuar incrementando la dosis, la turbidez se ve afectada. En la Tabla 17, este valor máximo representa un 90% de reducción respecto a la turbidez inicial del agua residual.

Filtración de agua tratada con 140 mg/L de polvo de semillas de *Moringa oleífera*.

Se continuó el tratamiento del agua con el agua tratada con 140 mg/L de semillas de *Moringa oleífera* con y sin extracción de grasa para la reducción de turbidez, ya que representaron un valor máximo de reducción de ese parámetro.

Tabla 18: Resultados de recuperación de agua.

	ingreso (mL)	coagulación (mL)	filtración (mL)	% recuperada
MS1	1000	985	980	98%
MS2	1000	980	975	98%
MS3	1000	980	975	98%
MC1	1000	980	975	98%
MC2	1000	985	980	98%
MC3	1000	985	980	98%

Fuente: Elaboración propia.

Conforme a la Tabla 18, se puede evidenciar los resultados de recuperación de agua por los procesos de tratamiento, para coagulación con una recuperación de 980 y 985 después de aplicar a dosis de 140 mg/L y luego de pasar por el filtro con carbón activado, teniendo un 98% de agua recuperada final.

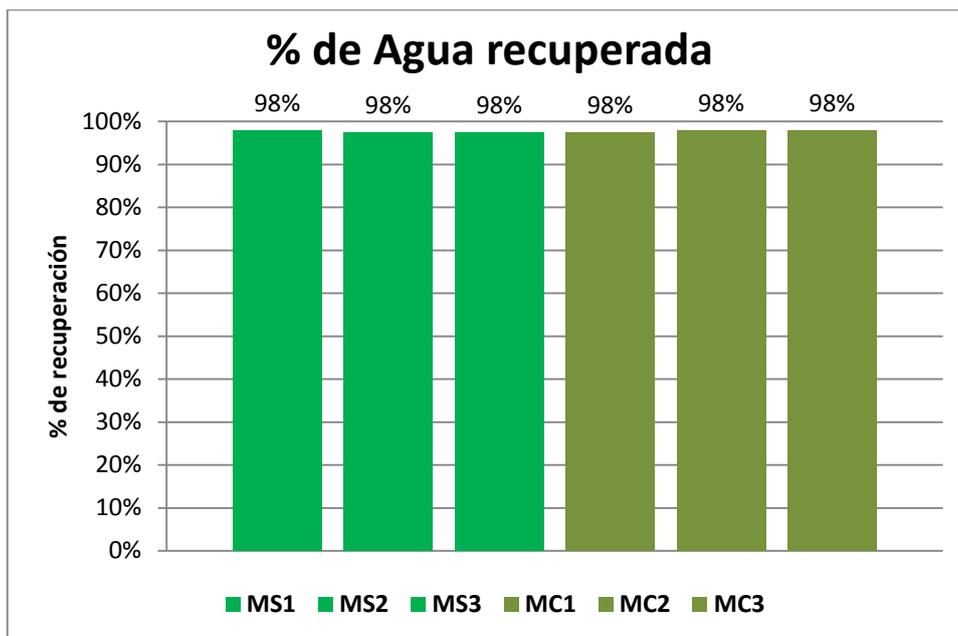


Figura 14. Porcentaje de agua recuperada.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver en la Figura 14, el porcentaje de recuperación de agua en promedio es de 98%, la pérdida se debe a los lodos producidos en la coagulación por los sólidos que se encontraban en suspensión sedimentaron, ocasionando que quede un 2% del material con parte del agua tratada. Así también se puede observar en la Tabla 18, el ingreso y salida del agua por los procesos de coagulación y filtración.

Tabla 19: Resultados de agua residual después de realizar el filtrado con carbón activado.

Parámetro	Unidad	Agua residual	Agua residual tratada con <i>Moringa</i> oleífera y carbón activado			
		Inicial	MS	%	MC	%
pH	Und.	8.25	7		7	
T°	°C	25	21		21	
Turbidez	NTU	186	3	98.6%	4	98.0%
SST	mg/L	162	4	97.3%	5	96.7%
DBO ₅	mg/L	1343.8	17	98.7%	21	98.4%
DQO	mg/L	2681.9	71	97.3%	107	96.0%
AyG	mg/L	7169.3	7	99.9%	6	99.9%
HC	mg/L	15.606	6	61.0%	5	65.5%

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 19, se puede evidenciar los resultados del tratamiento del agua residual al utilizar *Moringa oleífera* sin extracción de grasa (MS) con carbón activado y *Moringa oleífera* con extracción de grasa (MC) con carbón activado y su influencia en la notable reducción de los parámetros evaluados, los cuáles son superiores al 95% a excepción de los hidrocarburos, con una reducción de 65.5%.

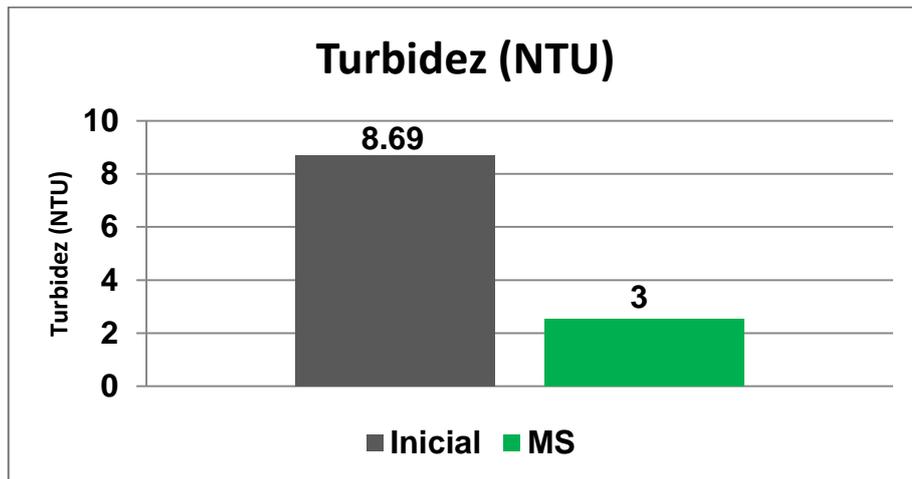


Figura 15. Comparación de reducción de Turbidez después de realizar el filtrado con carbón activado con el agua tratada con *Moringa oleífera* sin extracción grasa.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa en la Figura 15, la considerable reducción de turbidez después de realizar la filtración con carbón activado seguido del proceso de coagulación con semilla sin extracción de grasa, siendo la turbidez inicial de 8,69 NTU y final de 3,0 NTU.

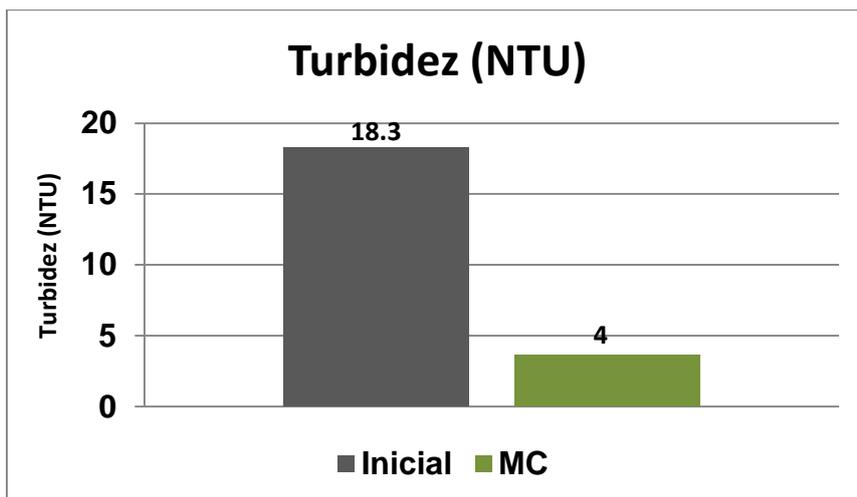


Figura 16. Comparación de reducción de Turbidez después de realizar el filtrado con carbón activado con el agua tratada con *Moringa oleífera* con extracción grasa.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa en la Figura 16, la reducción de la de turbidez después de realizar la filtración con carbón activado seguido del proceso de coagulación con semilla con extracción de grasa, siendo la turbidez inicial de 18,3 NTU y final de 4,0 NT.

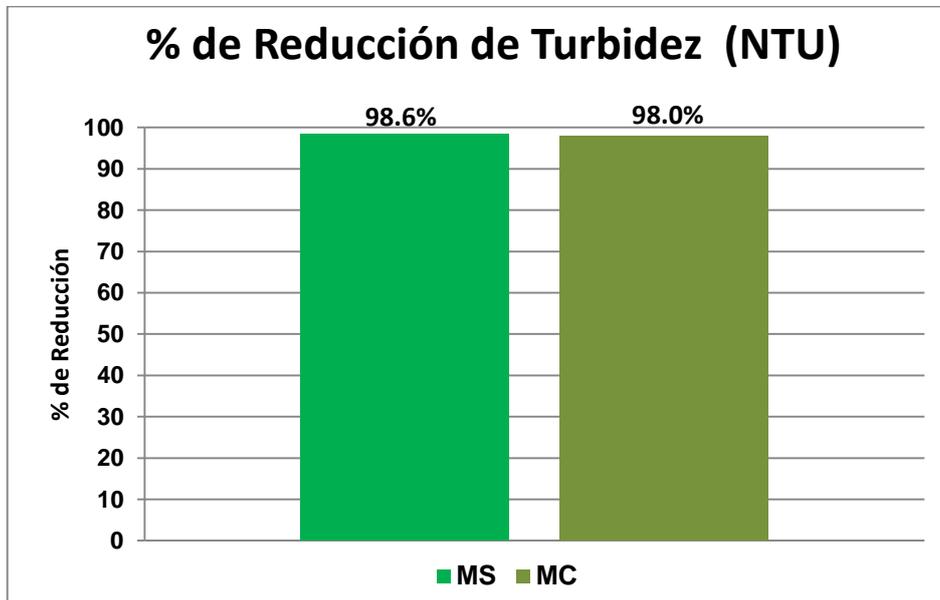


Figura 17. Porcentaje de Reducción de Turbidez.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede evidenciar en la Figura 17, la reducción de turbidez para el tratamiento con polvo de semillas de *Moringa oleífera* sin extracción de grasa (MS) y con extracción de grasa (MC) es de 98.6% y de 98.0% respectivamente.

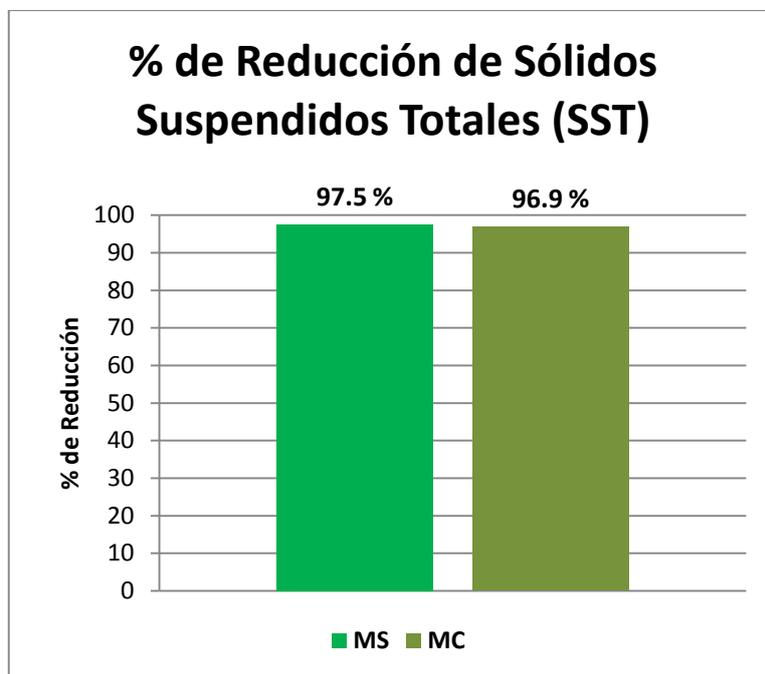


Figura 18. Porcentaje de Reducción de Sólidos Suspendidos Totales.

Fuente: Elaboración propia.

Como se presenta en la Figura 18, el porcentaje de reducción de sólidos suspendidos totales es de 97.5% y 96.9%% para el tratamiento con polvo de semillas de *Moringa oleífera* sin extracción de grasa (MS) y con extracción de grasa (MC), con carbón activado para ambos tratamientos.

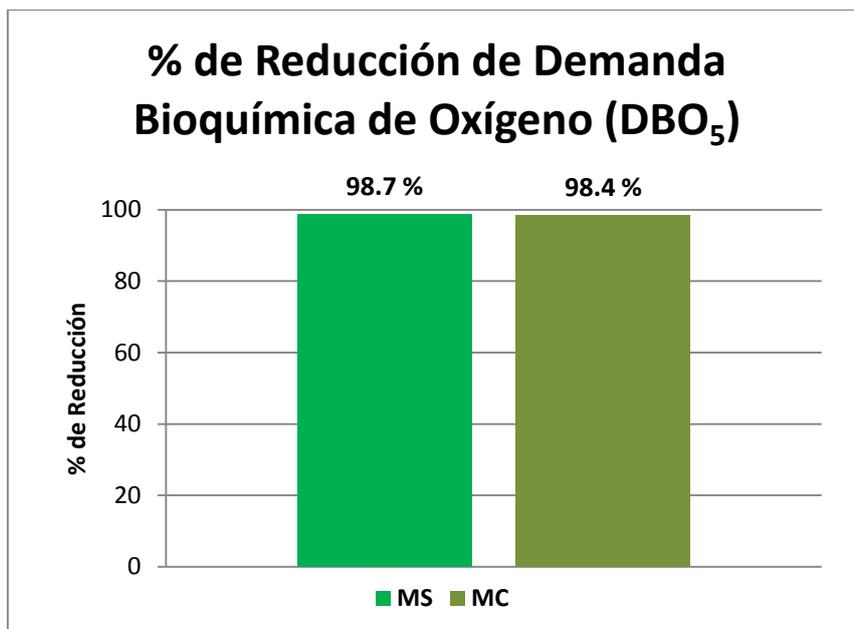


Figura 19. Porcentaje de Reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅).

Fuente: Elaboración propia.

Como se presenta en la Figura 19, el porcentaje de reducción de la demanda bioquímica de oxígeno para las semillas sin extracción de grasa (MS) y carbón activado es de 98.7% y para las semillas con extracción de grasa (MC) y luego de la filtración con carbón activado es de 98.4%.

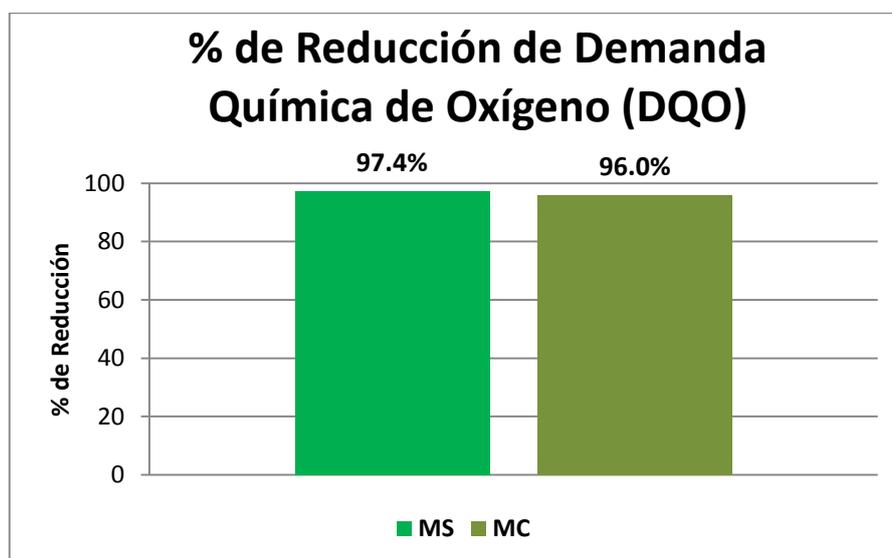


Figura 20. Porcentaje de Reducción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede evidenciar en la Figura 20, el porcentaje de reducción para el polvo de semillas de *Moringa oleífera* sin extracción de grasa (MS) y carbón activado es de 97.4%; para el tratamiento con polvo de semillas con extracción de grasa (MC) es de 96.0%.

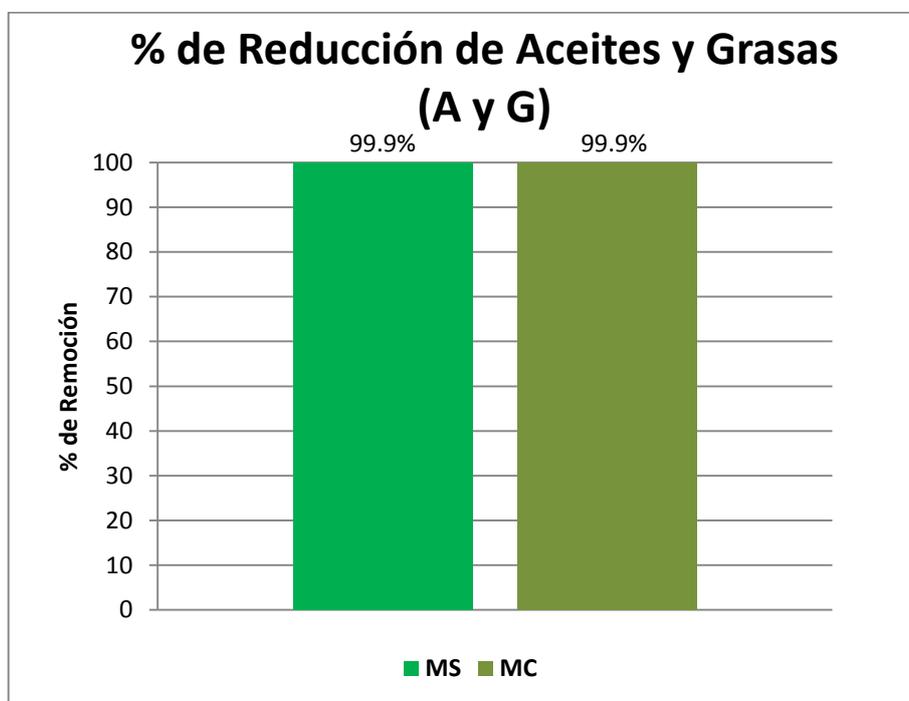


Figura 21. Porcentaje de Reducción de Aceites y Grasas (A y G).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 21, se puede observar que para ambos tratamientos con semillas de *Moringa oleífera* y carbón activado el porcentaje de reducción es de 99.9%.

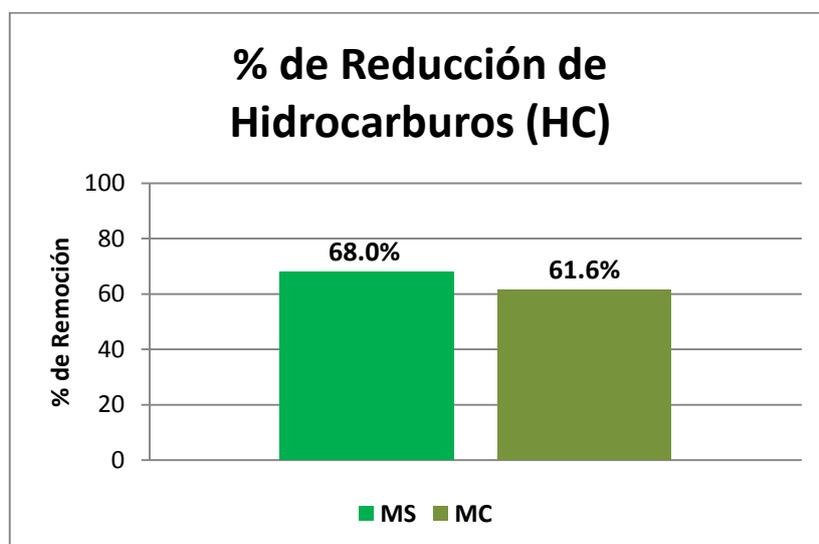


Figura 22. Porcentaje de Reducción de Hidrocarburos (HC).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 22, se puede observar un mayor porcentaje de reducción para el tratamiento con semillas sin extracción de grasa y carbón activado de 68.0%, mientras que para las semillas con extracción de grasa y carbón es de 61.6%.

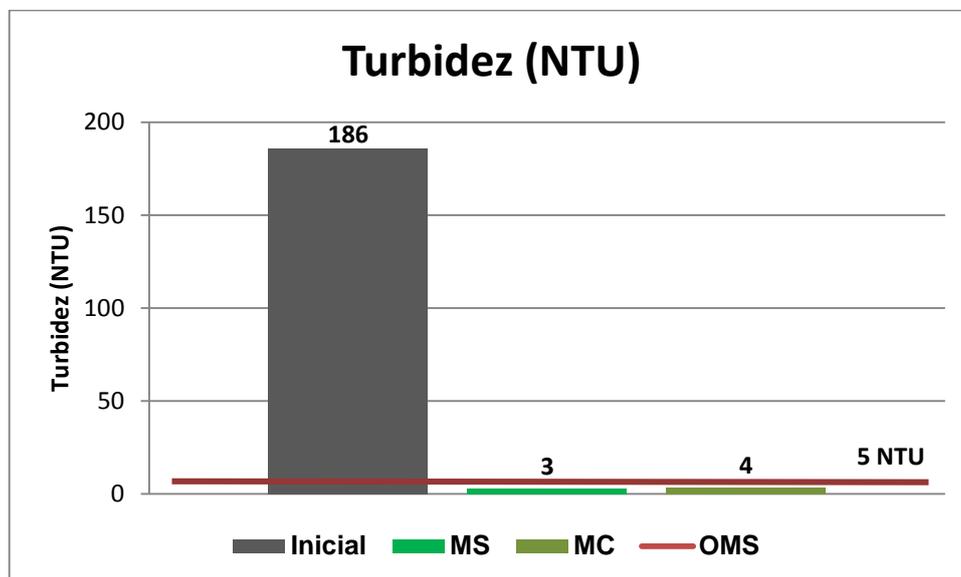


Figura 23. Comparación de turbidez antes y después del uso de *Moringa oleifera* y carbón activado con la Organización Mundial de la Salud.

Fuente: Elaboración propia.

Conforme a la Figura 23, se realiza la comparación con la norma establecida por el Organización Mundial de la Salud (2006) al no considerar la turbidez en los VMA, evidenciando que la muestra inicial superaba la norma de 5,0 NTU, mientras que después del tratamiento los resultados cumplieron la norma con los valores de 3,0 NTU y 4,0 NTU.

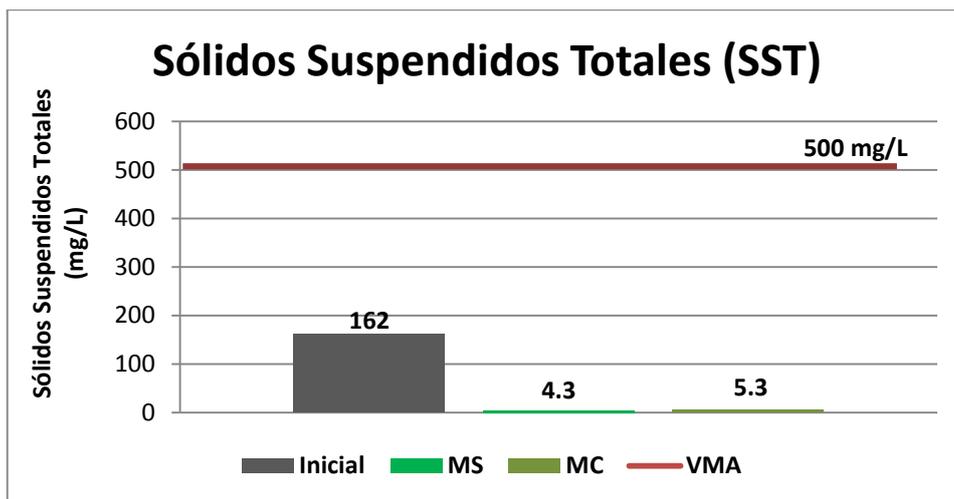


Figura 24. Comparación de Sólidos Suspendidos Totales antes y después del uso de *Moringa oleífera* y carbón activado con los Valores Máximos Admisibles.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 24, se puede observar que la muestra inicial de agua presenta 162 mg/L y al realizar el tratamiento con semillas de *Moringa oleífera* sin extracción de grasa y carbón activado es de 4,3 mg/L mientras que las semillas con extracción de grasa y carbón activado se tuvo una concentración de 5,3 mg/L de Sólidos Suspendidos Totales cumpliendo con el Valor Máximo Admisible de 500 mg/L para antes y después del tratamiento del agua.

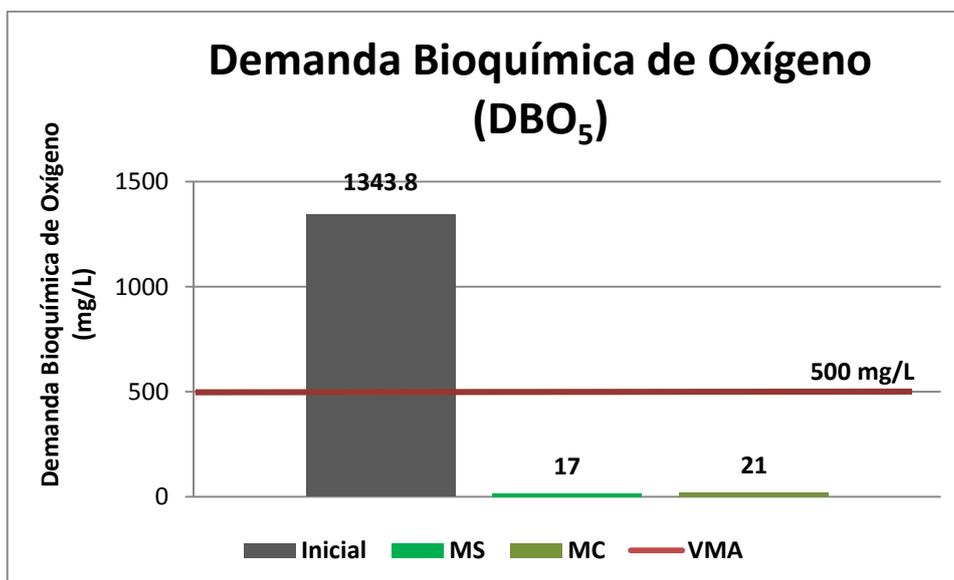


Figura 25. Comparación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno antes y después del uso de *Moringa oleífera* y carbón activado con los Valores Máximos Admisibles.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en la Figura 25, la elevada concentración inicial de 1343,8 mg/L de materia orgánica biodegradable, y la notable reducción para el agua tratada con *Moringa oleífera* sin extracción y con extracción de grasa obteniendo valores de 17 y 21 mg/L respectivamente, cumpliendo con el VMA aplicable.

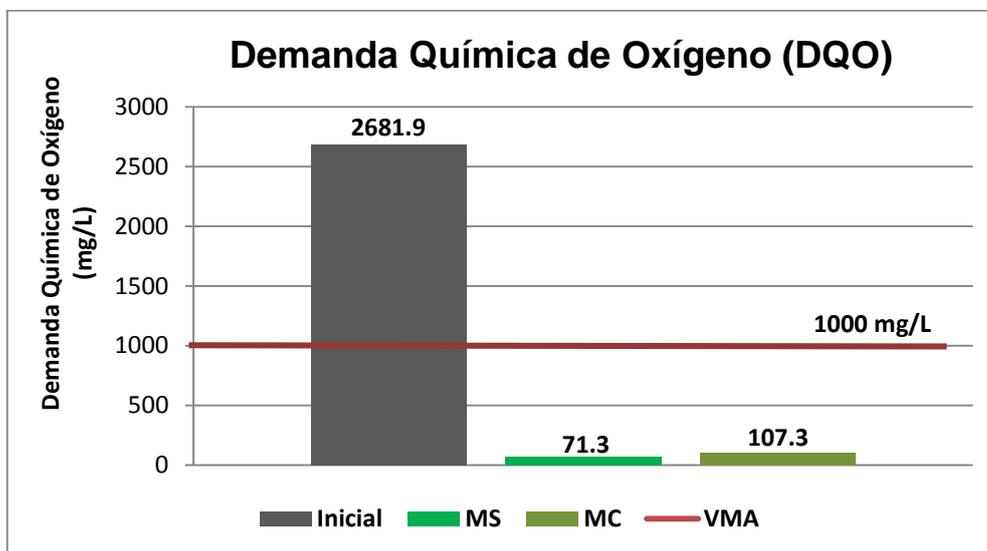


Figura 26. Comparación de la Demanda Química de Oxígeno antes y después del uso de *Moringa oleífera* y carbón activado con los Valores Máximos Admisibles.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en la Figura 26, la elevada concentración inicial de 2681,9 mg/L de materia orgánica e inorgánica presente en el agua residual de lavado vehicular, y la notable reducción para el agua tratada con *Moringa oleífera* sin extracción y con extracción de grasa y carbón activado, obteniendo valores de 71,3 y 107,3 mg/L respectivamente, cumpliendo con el VMA de 1000 mg/L.

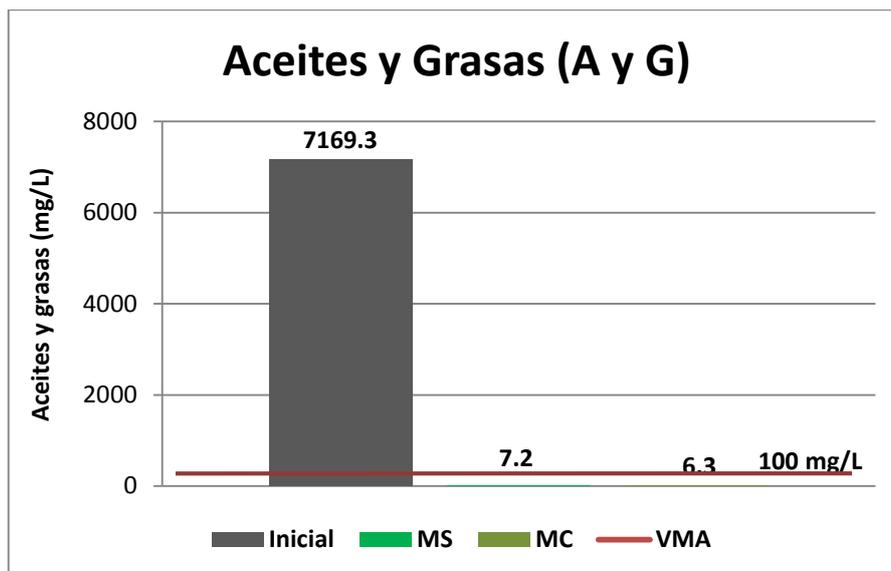


Figura 27. Comparación de Aceites y Grasas antes y después del uso de *Moringa oleífera* y carbón activado con los Valores Máximos Admisibles.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en la Figura 27, la elevada concentración inicial de 7169,99 mg/L de aceites y grasas presentes en el agua residual de lavado vehicular, debido por los detergentes utilizados en el lavado vehicular, así también resalta la notable reducción para el agua tratada con *Moringa oleífera* sin extracción y con extracción de grasa obteniendo valores de 7 y 6 mg/L respectivamente, cumpliendo con el VMA.

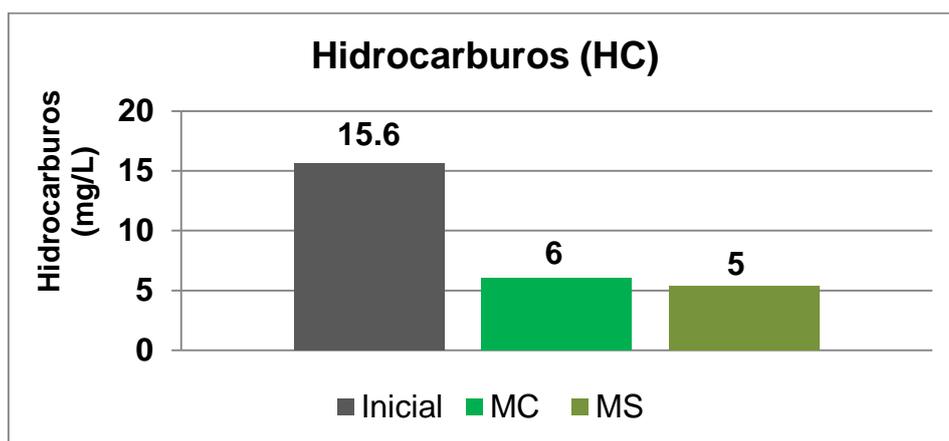


Figura 28. Comparación de reducción de Hidrocarburos (HC) con el agua residual después de realizar el filtrado con carbón activado.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en Figura 28, la concentración inicial de 15,60 mg/L de hidrocarburos presentes en el agua residual de lavado vehicular, así también resalta la notable reducción con carbón activado para el agua tratada con *Moringa oleífera* sin extracción y con extracción de grasa obteniendo valores de 6 y 5 mg/L respectivamente

Comprobación de hipótesis

La comprobación de hipótesis se hizo con la prueba de T para una muestra, la cual se utiliza en variables independientes, en este caso se comprobó que el tratamiento del Agua Residual del lavado vehicular con *moringa oleífera* y carbón activado mejoran la calidad del agua alcanzando niveles de aceptación de los Valores Máximos Admisibles, eficiencia en el caso de la *moringa oleífera* >80% y carbón activado >90%

En el caso de las hipótesis de análisis con la *Moringa oleífera*, se utilizaron 27 datos obtenido de los 9 niveles de experimentación del proceso de evaluación del Agua Residual del lavado vehicular.

Se analizaron el contraste de criterio de confiabilidad del (0,95) y el análisis del nivel de significancia (0,05).

El grado de significancia (P) cuando es mayor que 0,05 se asume que la H_0 se aprueba. $P \leq \alpha$: No rechazar H_0 a nivel de α

La hipótesis nula (H_0): “La *Moringa oleífera* alcanza una eficiencia de reducción de turbidez >80%”.

Hipótesis alterna (H_1): “La *Moringa oleífera* alcanza una eficiencia de reducción de turbidez <80%”.

Tabla 20. Prueba de hipótesis para *Moringa oleífera*.

	Valor de prueba = 80			
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
Moringa Oleífera	1,431	26	,164	148,148

Fuente: SPSS.

De acuerdo a la Tabla 20, el grado de significancia (P), es de 0,164 lo cual es mayor a 0,05, concluyendo en aceptar la hipótesis nula, en la cual la *Moringa oleífera* alcanza una eficiencia de reducción de turbidez superior al 80%.

Para el análisis de hipótesis con el carbón activado se utilizaron 6 datos obtenido de los 9 niveles de experimentación del proceso de evaluación del Agua Residual del lavado vehicular.

Se analizaron el contraste de criterio de confiabilidad del (0,95) y el análisis del nivel de significancia (0,05).

El grado de significancia (P) cuando es mayor que 0.05 se asume que la H1 se aprueba. $P \leq \alpha$: No rechazar H1 a nivel de α

La hipótesis nula (H₀): “El carbón activado alcanzó una eficiencia >90%”.

Hipótesis alterna (H₁): “El carbón activado alcanzó una eficiencia <90%”.

Tabla 21. Prueba de hipótesis para carbón activado.

	Valor de prueba = 90			
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
Carbón Activado	1,574	5	,176	216,667

Fuente: SPSS.

En la Tabla 21, se evidencia que de acuerdo al grado de significancia (P), es de 0,176 lo cual es mayor a 0,05, concluyendo en aceptar la hipótesis nula, en que el carbón activado alcanzó una eficiencia superior a 90%”.

Prueba de normalidad

Para la realización de la prueba de normalidad, se fijará un nivel de significancia del 5% (0,05).

La hipótesis nula (H₀): Los datos se distribuyen normal.

La hipótesis alterna (H₁): Los datos no se distribuyen normal.

Tabla 22. Prueba de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Prueba con <i>Moringa Oleífera</i>	,169	27	,045	,923	27	,046

Fuente: SPSS

En la Tabla 22, se muestra el procesamiento estadístico IBM SPSS, indica que no hay una distribución normal entre los valores, ya que la significancia es menor a 0,05.

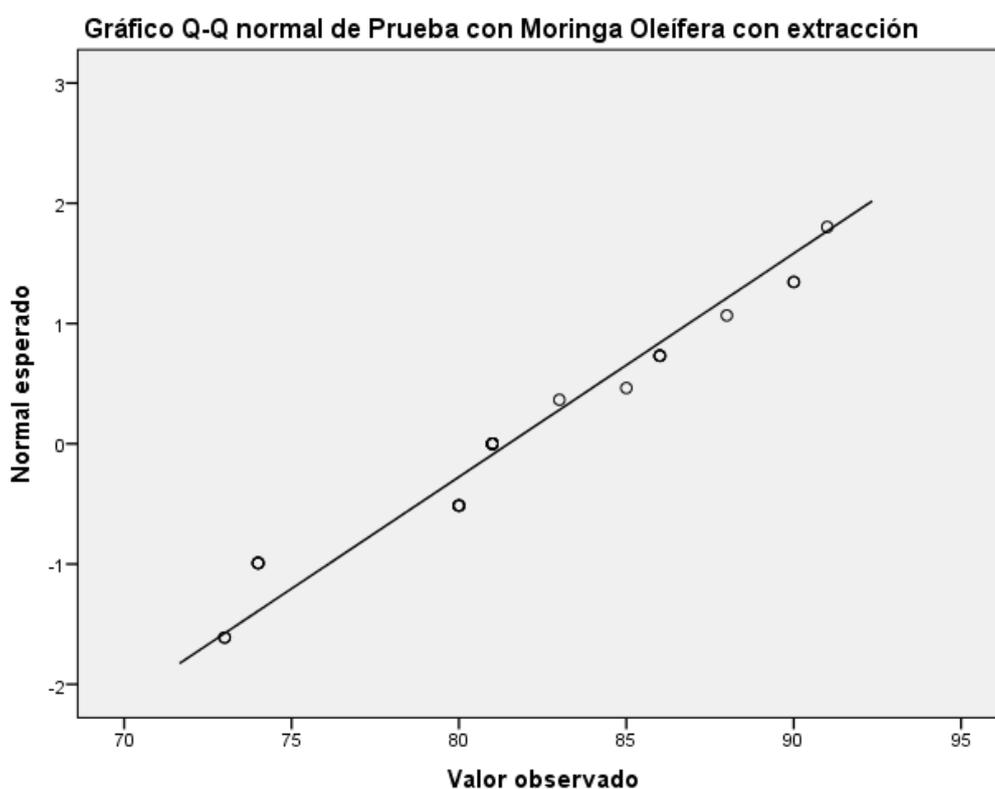


Figura 29. Prueba de normalidad para Moringa oleífera.

Fuente: SPSS.

La Figura 29 evidencia que los datos están dispersos, pero cercanos a la línea de distribución normal (línea azul), donde los puntos rojos representan los valores las dosis aplicadas a las aguas residuales de lavado vehicular, en este caso al ser el nivel de significancia menor a 0,05, se rechaza la H_0 .

IV. DISCUSIÓN

- El polvo de semillas de *Moringa oleífera* utilizados para reducir la turbidez del agua tuvo un porcentaje de reducción de 95% para el polvo de semillas sin extracción de grasa y de 90% para el polvo de semillas con extracción de grasa, por lo cual se corrobora que en su estado natural al presentar 40% de aceite en peso, según mencionado por Folkard, G. y Sutherland, J. (1996). favorecieron para la formación de aglomerados durante la coagulación, con una dosis de 140 mg/L. Además de poseer proteínas catiónicas solubles que actúan durante la coagulación con el mecanismo de adsorción y neutralización de cargas, indicado por Ndabigengesere, A., Narasiah, K., y Talbot, B. (1995).
- En el estudio de Mohamed, R. et al. (2014) los resultados obtenidos para turbidez con dosis bajas de 40-80 mg/L de *Moringa oleífera* fueron eficaces en un 94%, siendo superior a los valores encontrados en la presente investigación ya que con las mismas dosis se obtuvo una reducción de 86%, alcanzando una reducción de 95% con la dosis de 140 mg/L, esto es debido a las diferentes condiciones de pH y temperatura. De acuerdo a lo indicado por Lorenzo, Y. (2006). la temperatura del agua a medida que es más baja se incrementa la utilización de dosis del coagulante. En la investigación de Al-Gheethi et al (2016), sí se concuerda al obtener una dosis óptima de 140 mg/L de polvo de semilla sin extracción de grasa para el tratamiento de agua residual de lavado vehicular, teniendo así una reducción efectiva de 97%, similar a lo encontrado para el presente trabajo.
- Los resultados obtenidos en el proceso de coagulación con las semillas de *Moringa oleífera* con y sin extracción de grasa, se obtuvieron porcentajes de reducción de 81 - 90% y de 85 – 95%, siendo en la

investigación de Feria, J., Bermúdez, S., y Estrada, A. (2014), que la extracción de grasa de las semillas no es indispensables, ya que también se obtuvieron resultados favorables. Se resalta la efectividad de la aplicación de *Moringa oleífera* para el tratamiento de aguas, resaltando que se debe realizar pruebas previas para encontrar un óptimo ya que no siempre al aumentar la dosis, la turbidez reducirá, como lo demuestran las dosis superiores de 200 – 300 mg/L, este parámetro se ve afectando, teniendo una disminución de remoción, tal como lo precisa Rondón, M. et al. (2017), en la que la calidad del agua se ve afectada por un exceso de coagulante natural, explicado este proceso por Andía, Y. (2000), el efecto de estabilización de carga de las partículas en suspensión al existir exceso de coagulante.

- De acuerdo a los resultados obtenidos para los parámetros de SST, DBO, DQO, Aceites y Grasas e hidrocarburos, se pudo comprobar la alta capacidad de adsorción del carbón activado indicado por, Aghakhani, A., Mousavi, S. y Mostafazadeh-Fard, B. (2013) al reducir los contaminantes presentes en el agua residual de lavado vehicular, lo que permite cumplir con la norma aplicable, el D.S. 001-2015 VIVIENDA de Valores Máximos Admisibles de descarga de aguas residuales no domésticas a la red de alcantarillado.

V. CONCLUSIONES

- El uso de *Moringa oleífera* y carbón activado lograron reducir los parámetros físicos y químicos del agua residual de lavado vehicular cumpliendo los Valores Máximos Admisibles. La dosis de moringa de 140 mg/L presentó mayor nivel de reducción de turbidez, su acción fue complementada con carbón activado presentando así una reducción superior al 90% en los parámetros de sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y aceites y grasas. Siendo el parámetro de hidrocarburos el que presentó un porcentaje de reducción del 65%.
- Los parámetros físicos y químicos del agua residual de lavado vehicular presentaron valores de 1343.8 mg/L de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), 2681.9 mg/L de demanda química de oxígeno (DQO) y 7169.3 mg/L aceites y grasas (A y G), superando ampliamente los de Valores Máximos Admisibles, para los parámetros mencionados siendo de 500 mg/L, 1000 mg/L y 100 mg/L respectivamente. El parámetro de sólidos suspendidos totales registró 162 mg/L cumpliendo con el VMA de 500 mg/L.
- Los parámetros físicos y químicos del agua residual de lavado vehicular tratada con *Moringa oleífera* sin y con extracción de grasa junto con carbón activado presentaron valores de 17 y 21mg/L de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) teniendo una reducción superior al 98%, para la demanda química de oxígeno (DQO) 71,3 y 107,3 mg/L , representando una reducción del 96% y para aceites y grasas (A y G) valores de 7,2 y 6,3 mg/L, con una reducción del 99.9% , cumpliendo significativamente los Valores Máximos Admisibles. El parámetro de sólidos suspendidos totales registró 162 mg/L cumpliendo con el VMA de 500 mg/L, representando una reducción de 96%. Al no contemplar la turbidez en la normativa nacional, se comparó con lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) con un valor de 5 NTU, para

lo cual el tratamiento dio como resultados de 2,5 y 3,6 NTU, estando dentro del marco recomendado, representando una reducción de 98%.

- Se puede concluir que el tratamiento del agua residual de lavado vehicular mediante el uso de *Moringa oleífera* y carbón activado permite obtener un agua la cual cumple con la normativa aplicable y además se puede recuperar un 98% del agua, representando 980 mL en promedio, para una cantidad inicial de 1 L o 1000 mL.

VI. RECOMENDACIONES

- Debido al resultado obtenido del tratamiento con *Moringa oleífera* y carbón activado, el agua tratada al mejorar su calidad hace posible su recuperación para lo cual se recomienda el reuso en la actividad de lavado, siempre que se cumplan con las condiciones del agua para su reuso o reciclaje con bajas cantidades de sólidos suspendidos totales, bajas concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno y de demanda química de oxígeno.
- Se recomienda la utilización de coagulantes naturales como la semilla de *Moringa oleífera* para el tratamiento de aguas residuales ya que no produce efectos negativos con el medio ambiente, los lodos producidos resultan ser biodegradables e inoctrinos además de ser económicamente más factible a diferencia de los coagulantes químicos.
- La aplicación de carbón activado granular se recomienda en la etapa de filtración de aguas residuales porque hace posible la reducción considerable de la carga contaminante orgánica, tal como lo presenta el agua residual de lavado vehicular.
- Las condiciones de temperatura y pH se deben de tener presentes para el tratamiento de aguas, ya que en la coagulación a menor temperatura del agua, se tendrá una mayor demanda de coagulante, así también resaltar que la extracción de grasa de la *Moringa* no se hace indispensable ya que presenta también se obtienen resultados óptimos para la reducción de turbidez.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOULHASSAN, M. A., et al. Removal of surfactant from industrial wastewaters by coagulation flocculation process. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 3 (4): 327-332, september, 2006.

ISSN: 1734-1472

AL-GHEETHI, A. A., et al. Treatment of wastewater from car washes using natural coagulation and filtration system. En *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2016. p. 012- 046.

ISSN: 1757-899X

AGHAKHANI, Abbas; MOUSAVI, Sayed-Farhad; MOSTAFAZADEH-FARD, Behrouz. Desalination of saline water with single and combined adsorbents. *Desalination and Water Treatment*, 2013, vol. 51, no 7-9, p. 1928-1935.

ISSN: 1944-3994

AGUILAR, M. I., et al. Nutrient removal and sludge production in the coagulation–flocculation process. *Water Research*, 2002, vol. 36, no 11, p. 2910-2919.

ANDERSON, C. (23 de Junio de 2016). Comentario del economista Carlos Anderson. (R. P. (RPP), Entrevistador)

ARCILA, Hildebrando y PERALTA, Jhoan. Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 11 (2): 136-153., 2016.

ISSN 1900-4699

CABRAL, Bruno Farias, et al. Impactos socioambientais dos lava jatos da cidade de Palmas–TO. Palmas. Disponível em:< [http://www.catolica to. edu. br/pdf](http://www.catolica.to.edu.br/pdf)>. Acesso em,. 28 (10), 2012.

CAMPOS, Jubisay, et al. Caracterización del agente coagulante activo de las semillas de Moringa oleifera mediante HPLC. Boletín del centro de investigaciones biológicas, 2003, vol. 37, no 1.

ISSN: 0375-538X

COELHO, Juliene S., et al. Effect of Moringa oleifera lectin on development and mortality of Aedes aegypti larvae. Chemosphere, 2009, vol. 77, no 7, p. 934-938.

ISSN: 0045-6535

CRITTENDEN, John C., et al. MWH's water treatment: principles and design. John Wiley & Sons, 2012.

ISBN: 978-0-470-40538-3

FALL, C., et al. Carwash wastewaters: characteristics, volumes, and treatability by gravity oil separation. Revista Mexicana de Ingeniería Química, 6 (2), 2007.

ISSN: 0043-1354

FERIA DÍAZ, Jhon Jairo; BERMÚDEZ ROA, Sixto; ESTRADA TORDECILLA, Ana María. Eficiencia de la semilla Moringa Oleífera como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú. Producción+ Limpia, 2014, vol. 9, no 1, p. 9-22.

FOLKARD, Geoff, et al. Moringa oleifera: a tree and a litany of potential. Agroforestry Today, 8 (3): 5-8, 1996

ISSN: 1013-9591

FUGLIE, Lowell J.; FUGLIE, J. The miracle tree: The multiple attributes of Moringa. 2001.

GUTIÉRREZ ROSERO, Johnatan Alberto, et al. Tratamiento de lodos generados en el proceso convencional de potabilización de agua. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 13 (25): 13-27, 2014

ISSN 1692 – 3324

GUZMÁN, Luis, et al. Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión. Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica, 2013, vol. 16, no 1, p. 253-262.

IAKOVLEVA, Evgenia; SILLANPÄÄ, Mika. The use of low-cost adsorbents for wastewater purification in mining industries. Environmental Science and Pollution Research, 2013, vol. 20, no 11, p. 7878-7899.

PMID: 23436121

LORENZO-ACOSTA, Yaniris. Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 2006, 40 (2): 10-17.

HAMADA, Toyozo; MIYAZAKI, Yasumitsu. Reuse of carwash water with a cellulose acetate ultrafiltration membrane aided by flocculation and activated carbon treatments. Desalination, 2004, vol. 169, no 3, p. 257-267.

MARTÍN, C., et al. Potenciales aplicaciones de Moringa oleifera. Una revisión crítica. Pastos y Forrajes, 2013, vol. 36, no 2, p. 137-149.

MAZUMDER, Debabrata y MUKHERJEE, Somnath. Treatment of automobile service station wastewater by coagulation and activated sludge process. International Journal of Environmental Science and Development, 2011, vol. 2, no 1, p. 64.

ISSN: 2010-0264

MAZUMDER, Debabrata; MUKHERJEE, Somnath. Treatment of automobile service station wastewater by coagulation and activated sludge process. International Journal of Environmental Science and Development, 2011, vol. 2, no 1, p. 64.

ISSN: 2010-0264

MERA, Carlos, et al. Efecto de la Moringa oleífera en tratamiento de aguas residuales en El Cauca, Colombia. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14 (2): 100-109, 2016

ISSN: 1692-3561

Ministerio del Medio Ambiente. Montaña: Fuente de Vida. MINAM, Esta no es una revista más sobre medio ambiente, 4-5. [en línea]. 2014. [Fecha de consulta: 20 de abril de 2017].

Disponible en: https://issuu.com/minam_peru/docs/revista_minam05

MOHAMED, Radin, et al. Efficiency of using commercial and natural coagulants in treating car wash wastewater treatment. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2014, vol. 8, no 16, p. 227-234.

ISSN: 1991-8178

MOHAMED, Radin, et al. Moringa Oleifera and Strychnos Potatorum Seeds as natural coagulant compared with synthetic common coagulants in treating car wash wastewater: Case Study 1. *Asian Journal of Applied Sciences*, 2 (5): 693-700, octubre 2014.

ISSN: 2321-0893

MONTSORIU, Trillo, et al. Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización. Metcalf & Eddy., 1996.

MUYIBI, Suleyman A.; EVISON, Lilian M. Moringa oleifera seeds for softening hardwater. *Water Research*, 1995, vol. 29, no 4, p. 1099-1104.

ISSN: 0043-135

NDABIGENGESERE, Anselme; NARASIAH, K. Subba; TALBOT, Brian G. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using Moringa oleifera. *Water research*, 29 (2): 703-710, february1995.

ISSN: 0043-1354

NIÑO, I.; ORTIZ, D. Evaluacion de dos clases de carbon activado granular para su aplicacion efectiva en la remocion de fenoles en los vertimientos de una empresa de jabones. 2008. Tesis Doctoral. Tesis de grado, Universidad De La Salle

NOYOLA, A. M. (2013). Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales: Guía de apoyo para ciudades pequeñas y medianas . México: IIUNAM.

OKUDA, T. B., NISHIJIMA, W., & OKADA, M. (1999). Improvement of extraction method of coagulation active components from Moringa oleifera seed. *Water Research*, 3373–3378.
ISSN: 0043-1354

OLSON, Mark E.; FAHEY, Jed W. Moringa oleifera: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Revista mexicana de biodiversidad*, 2011, vol. 82, no 4, p. 1071-1082.
ISSN 1870-3453

PAXÉUS, Nicklas. Organic pollutants in the effluents of large wastewater treatment plants in Sweden. *Water Research*, 30 (5): 1115-1122, 1996.

REYNOLDS, Kelly A. Tratamiento de aguas residuales en Latinoamérica. *Latinoamérica*, 2001, p. 48-49.

RICHTER, Nahid; SIDDHURAJU, Perumal; BECKER, Klaus. Evaluation of nutritional quality of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture*, 2003, vol. 217, no 1, p. 599-611.
ISBN: 0044-8486

RIGOLA LAPEÑA, Miguel. Tratamiento de aguas industriales. *Aguas de proceso y residuales*, 1990.
ISBN: 84-267-0740-8

RODRÍGUEZ, Susana, et al. Empleo de un producto coagulante natural para clarificar agua. Revista CENIC. Ciencias Químicas [en línea]. 2005. [Fecha de consulta: 12 de junio de 2017].

Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/1816/181620511037/>

ISSN: 1015-8553

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Acuíquímica, Escuela Colombiana de Ingeniería, Editorial Presencia, 1ª Edición, Bogota, Colombia, 1996.

ISBN: 970-15-0405-4

RONDÓN, Maylín, et al. Empleo de semillas de Moringa oleífera en el tratamiento de residuales líquidos. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 38 (2): 87-101, mayo 2017.

ISSN: 1815-591X

SAMBONI RUIZ, Natalia Eugenia; CARVAJAL ESCOBAR, Yesid; ESCOBAR, Juan Carlos. Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. Ingeniería e investigación, . 27:3, 2007.

ISSN: 0120-5609

SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; GHEBREMICHAEL, K.; BELTRÁN-HEREDIA, J. Comparison of single-step and two-step purified coagulants from Moringa oleifera seed for turbidity and DOC removal. Bioresource technology, 2010, vol. 101, no 15, p. 6259-6261.

ISBN: 6259-6261

SASTRE, Juan Antonio Sainz. Tecnologías para la sostenibilidad: procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales. EOI Esc. Organiz. Industrial, 2005.

ISBN: 978-84-88723-58-1

Secretaría General de la Comunidad Andina. (2015). Parque Vehicular en la Comunidad Andina.

SIVARANJANI, S.; RAKSHIT, A. Study on Removal Efficiency of Blended Coagulants on Different Types of Wastewater. *Nature Environment and Pollution Technology*, 16 (1): p. 107-114, 2017.

ISSN: 0972-6268

SUNASS - Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2013). *Las EPS y su desarrollo 2013. Informe N° 172-2013/SUNASS-120-F.*

STUMM, W.; MORGAN, J. J. Particle-particle interaction: Colloids, coagulation, and filtration. *Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters*, 3rd, New York, NY, USA, 1996, p. 818-871.

WATER, U. N. *Wastewater Management-A UN-Water Analytical Brief.* World Meteorological Organization in Geneva, Switzerland, 2015, p. 1-52.

ISBN: 978-92-3-100071-3

VERA, A. (25 de Julio de 2012). *Impacto ambiental de detergentes y jabones.* México.

VERA PUERTO, Ismael Leonardo, et al. Evaluación de materiales filtrantes para el reúso en agricultura de aguas residuales tratadas provenientes de zonas áridas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 2016, vol. 26, no 1.

VIDALES OLIVO, Amelia; LEOS MAGALLANES, Marina Yasabel; CAMPOS SANDOVAL, María Gabriela. *Extracción de Grasas y Aceites en los Efluentes de una Industria Automotriz.* *Conciencia tecnológica*, 2010, no 40.

ANEXOS

Anexo N° 01: Registro de datos de campo.

Nombre del Centro de lavado vehicular:				
EFLUENTE				
Denominación del punto de monitoreo:				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Caudal efluente(*)
Eventuales observaciones al punto de monitoreo				
Características del agua residual				

(*) Caudal de efluente en el momento del monitoreo

.....,dedel 20...

Anexo N° 02 – Registro de cadena de custodio.

Nombre del Centro de Lavado vehicular:														
Muestra No.	Efluente	Fecha	Hora toma de muestra	Tipo de frasco	Volumen	Reactivos preservación	Parámetro a ser medido							Observaciones
							AyG	DBO	DQO	SST	CTT			
Hora de entrega al medio de transporte														

Operador del muestreo		Custodio de la muestra		Recepción en laboratorio				
Nombre y apellidos	Firma	Nombre y apellidos	Firma	Nombre y apellidos	Institución	Firma	Hora	Fecha

Ana Claudia Rivera Ñacari

Responsable de Monitoreo

Anexo N° 03 Recolección de datos de tratamiento con Moringa oleífera y carbón activado.

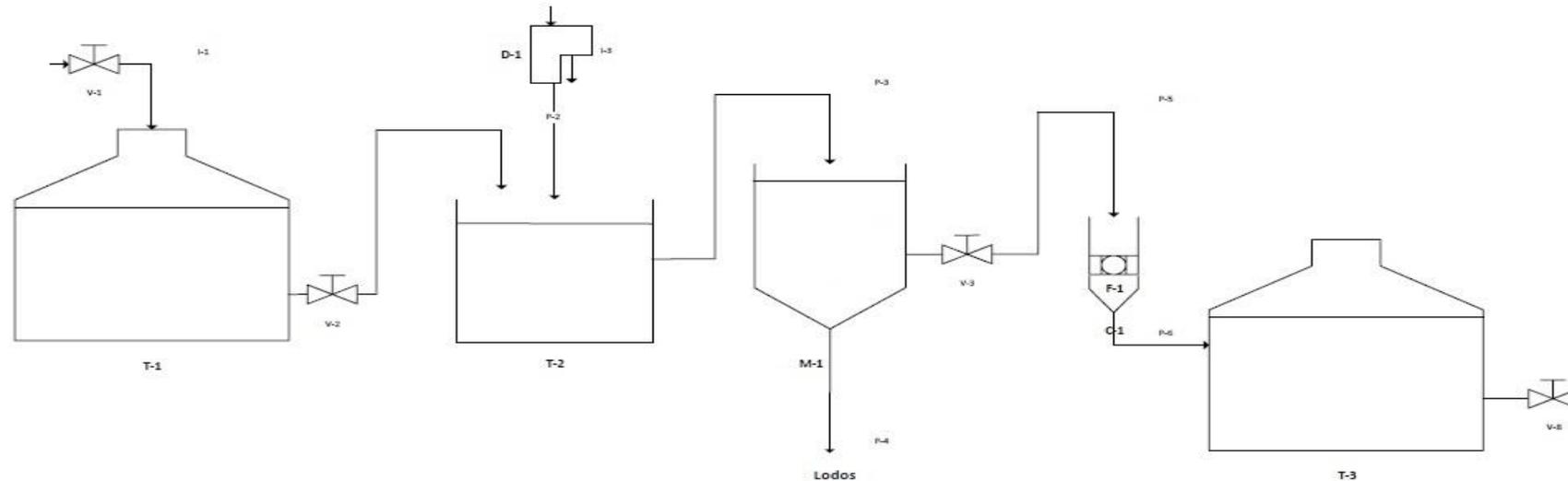
Uso de Moringa oleífera sin extracción de aceites y grasas									Uso de Moringa oleífera con extracción de aceites y grasas								
Coagulación y floculación					Sedimentación	Turbiedad		Agua	Coagulación y floculación					Sedimentación	Turbiedad		Agua
Pruebas	Dosis (mg)	Agua residual (mL)	Tiempo Mezcla lenta (min)	Tiempo Mezcla rápida (min)	Tiempo (h)	Inicial (NTU)	Final (NTU)	Agua recuperada (mL)	Pruebas	Dosis (mg)	Agua residual (mL)	Tiempo Mezcla lenta (min)	Tiempo Mezcla rápida (min)	Tiempo (h)	Inicial (NTU)	Final (NTU)	Agua recuperada (mL)
1									1								
2									2								
3									3								
4									4								
5									5								
6									6								
7									7								
8									8								
9									9								
		Carbón Activado	Parámetros							% de reducción							
Moringa (mg)	Tipo	Peso de Carbón Activado (g)	Turbidez	SST	DBO5	DQO	AyG	HC	pH	T°	% turbiedad	% SST	%DBO	%DQO	% A y G	%HC	
	Moringa sin extracción																
	Moringa con extracción																

Anexo N° 04 Matriz de Consistencia.

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
Uso de <i>Moringa oleífera</i> y carbón activado para el mejoramiento de la calidad de agua residual de lavado vehicular				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL: ¿El uso de <i>Moringa oleífera</i> y carbón activado permitirá el mejoramiento de la calidad del agua residual de lavado vehicular según los Valores Máximos Admisibles?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL: Evaluar el uso de <i>Moringa oleífera</i> y carbón activado para el mejoramiento de la calidad de agua residual de lavado vehicular según Valores Máximos Admisibles.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL: El uso de la <i>Moringa oleífera</i> y carbón activado permite el mejoramiento de la calidad del agua residual de lavado vehicular cumpliendo los Valores Máximos Admisibles.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Uso de <i>Moringa Oleífera</i> y Carbón Activado.</p> <p><u>Indicadores</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · Tipos de prueba con <i>Moringa oleífera</i> por unidad · Cantidad de carbón activado por unidad · Reducción de carga contaminante 	<p>Enfoque: cuantitativo Diseño: Experimental. Población: Total de agua residual proveniente de un centro de lavado vehicular ubicado en el distrito de San Martín de Porres. Muestra: Se realizará toma de muestras antes y después del tratamiento del agua residual de lavado vehicular mediante el uso de <i>Moringa oleífera</i> y carbón activado.</p>

<p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</p> <p>¿Cuál es la calidad del agua residual de lavado vehicular según los Valores Máximos Admisibles?</p> <p>.</p> <p>¿Cuál es la calidad del agua residual de lavado vehicular tratada con <i>Moringa oleifera</i> y carbón activado según Valores Máximos Admisibles?</p> <p>.</p> <p>¿Cuál es el porcentaje de agua recuperada por el uso de la <i>Moringa oleifera</i> y el carbón activado?</p>	<p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</p> <p>Evaluar los parámetros fisicoquímicos (Turbidez, SST, DBO₅, DQO, A y G e HC) del agua residual del lavado vehicular según los Valores Máximos Admisibles.</p> <p>.</p> <p>Evaluar los parámetros fisicoquímicos (Turbidez, SST, DBO₅, DQO, A y G e HC) del agua residual del lavado vehicular tratada con <i>Moringa oleifera</i> y carbón activado según los Valores Máximos Admisibles.</p> <p>.</p> <p>Determinar el porcentaje de agua recuperada por el uso de la <i>Moringa oleifera</i> y el carbón activado.</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</p> <p>Los parámetros fisicoquímicos (Turbidez, SST, DBO₅, DQO, A y G e HC) del agua residual del lavado vehicular superan los Valores Máximos Admisibles.</p> <p>.</p> <p>Los parámetros fisicoquímicos (Turbidez, SST, DBO₅, DQO, A y G e HC) del agua residual del lavado vehicular tratada con <i>Moringa oleifera</i> y carbón activado cumplen con los Valores Máximos Admisibles.</p> <p>.</p> <p>El agua recuperada por el uso de la <i>Moringa oleifera</i> y el carbón activado alcanzo porcentaje >80%.</p>	<p>Variable Dependiente:</p> <p>Mejoramiento del agua residual de lavado vehicular</p> <p><u>Indicadores</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · Parámetros de Calidad · Agua Recuperada 	<p>Técnicas de muestreo: Se utilizó el protocolo de Monitoreo para plantas de tratamiento, considerando la ubicación del lugar de muestreo, cadena de custodia y resultados del análisis de los parámetros del agua residual.</p> <p>Instrumentos: Se utilizó, ficha de registro de datos para el seguimiento del tratamiento, materiales y equipos de campo, para el procesamiento de datos: Microsoft Excel y SPSS. Técnica de procesamiento de datos: Mediante el programa Microsoft Excel, se plasmaran los resultados obtenidos y la elaboración de gráficas. El procesamiento estadístico se realizó en SPSS, para la obtención de la prueba de hipótesis mediante t-student, prueba de normalidad, validez y correlación de datos.</p>
--	--	--	--	--

Anexo N°05 - Diagrama de tratamiento de aguas residuales de lavado vehicular.



- V-1: Válvula de ingreso de agua residual.
- T-1: Tanque de almacenamiento de agua residual.
- V-2: Válvula de salida de agua residual.
- D-1: Dosificador de coagulante natural.
- P-2: Pase de coagulante natural a tanque de coagulación.
- T-2: Tanque de coagulación.
- P-3: Conducto de ingreso de agua a tercer tanque.

- M-1: Tanque de sedimentación.
- P-4: Salida de lodos.
- V-3: Válvula de pase de agua sin lodos.
- P-5: Conducto de ingreso de agua a filtración.
- F-1: Columna de filtrado con carbón activado.
- C-1: Salida de agua con remoción de carga orgánica.
- P-6: Ingreso a tanque de almacenamiento de agua tratada.

Anexo N° 06 Materiales y equipos utilizados para análisis en laboratorio.

INSUMOS
Semillas de <i>Moringa oleífera</i>
Carbón activado granulado
Agua destilada
Papel filtro
Fibra de vidrio

REACTIVOS
Hexano
Ácido sulfúrico
Sulfato de sodio
Reactivos para DBO
Reactivos para DQO
Tiosulfato de sodio

MUESTREO EN CAMPO	
MATERIALES	EQUIPOS
Ficha de control	Multiparámetro
Hoja de Campo	TDS
Guantes de látex	pHmetro
Envases de plástico estériles de 1L	
Envases de vidrio estériles de 1L	
Etiquetas	
Marcador / Lapicero	
Bolsas plásticas	
Papel tissue	
Piseta con agua destilada	
Balde de plástico de 16 L	
Balde de plástico de 8 L	
Jarra de plástico	
Cámara	

ANÁLISIS EN LABORATORIO	
MATERIALES	EQUIPOS
SopORTE metálico	Estufa
Embudos de vidrio / cónico	Desecador
Embudos de decantación	Balanza analítica
Vasos de precipitado 1L	Turbidímetro HANNA
Beaker	Floculador programable
Probeta	pHmetro
Mortero	Equipo Soxleth
Tamiz 500 um	Colorímetro
Placa petri	Incubador
Frasco de vidrio	Campana extractora de gases
Piseta con agua destilada	
Pipeta (5-10 mL)	
Propipeta	
Pinza metálica	
Espátula	
Cuchara metálica	
Termómetro	
Matraz	
SopORTE metálico	
Gradilla	
Viales de digestión	

Anexo N° 07 – Recibo de consumo de agua potable de centro de lavado vehicular.



www.sedapal.com.pe
Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima
Autopista Ramiro Prialé 210
El Agustino – Lima
RUC. 20100152356

OROSCO PFOCCORI CASILDA
AV FRAY BARTOLOME DE LAS CASAS D1-19 LECT
URB JARDINES 2DA ET. LOS
SAN MARTIN DE PORRES



019457
031-0023-1920

Sector: 079
OC.: AV BELAUDE OESTE, VICTOR A 500 COMAS

INFORMACIÓN GENERAL

Titular de la conexión:
OROSCO PFOCCORI CASILDA

Dirección del suministro:
AV FRAY BARTOLOME DE LAS CASAS D1-19 LECT

Distrito:
SAN MARTIN DE PORRES

Tipo de facturación:
LECTURA

Tarifa:
COMERCIAL

Unidad de Uso:
1

Actividad:
SERVICIO DE LAVADO Y ENGRASE

Frecuencia de facturación:
Mensual

Categoría:
NO RESIDENCIAL

Tipo de descarga:
NO DOMESTICO

INFORMACIÓN DE PAGO

Fecha de emisión:
03/07/2017

Ref. de cobro:
38159462092

Mes facturado:
Julio 2017

Periodo de consumo:
02/06/2017 - 01/07/2017

N° de recibo:
09255462-12211201707

Fecha de vencimiento:
18/07/2017

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Estructura Tarifaria (15/01/2017)

Tarifa	Rango	Agua	Alcant.
COMERCIAL	0 a 1000	5.013	2.263
	1000 a mas	5.378	2.427

Horario de abastecimiento
Código : SAN005 00
Frecuencia: DIARIO
De : 00:00 hrs.
Hasta : 24:00 hrs.
Diámetro Conex: 15 mm.

LECTURA DE MEDIDOR

Medidor:	Anterior:	Actual:	Consumo (m3):
E116996055	127	180	53

DETALLE DE FACTURACIÓN

Concepto:	Importe:
Volumen de Agua Potable	53.00 m3
Servicio de Alcantarillado	119.94
Cargo Fijo	5.04
I.G.V. 390.67 x 18%	70.32
Consumo del mes	460.99

Importe total a pagar: S/.*****460.99

 **Gracias por la puntualidad en sus pagos**

Este recibo adquiere valor solamente si posee certificación de cobro. Su pago no cancela deudas anteriores. CANCELAR SOLO EN LUGARES AUTORIZADOS. EN NINGÚN CASO AL MENSAJERO.

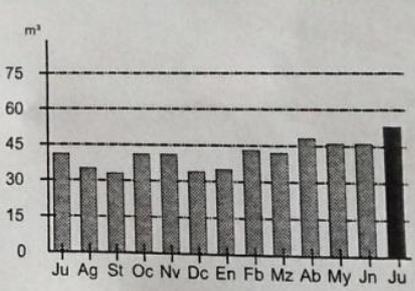
MENSAJES

- ☑ Porque tú cuentas para el Perú, este 2017 el INEI realizará los Censos Nacionales: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.
- ✓ A partir de Julio-2017 se implementará la nueva estructura tarifaria establecida por SUNASS, basada en la focalización de subsidios para las familias, establecidas por el SISFOH (MIDIS), donde Ud. NO ha sido seleccionado como Beneficiario.

Cálculo por exceso de concentración en descarga de aguas residuales

VMA	DB05 500	DQ0 1000	SST 500	Aceltes y Grasas 100
Valor Obtenido	0	0	0	0
Factor Individual	0	0	0	0
Costo Análisis	0,00	0,00	0,00	0,00
Factor Ajuste	0%			

EVOLUCIÓN DE SU CONSUMO DE AGUA



Para tus consultas y requerimientos llámanos al
317 8000 de Aquafono



38159462090000000004609964

Anexo N° 08 – Ubicación del centro de lavado vehicular.

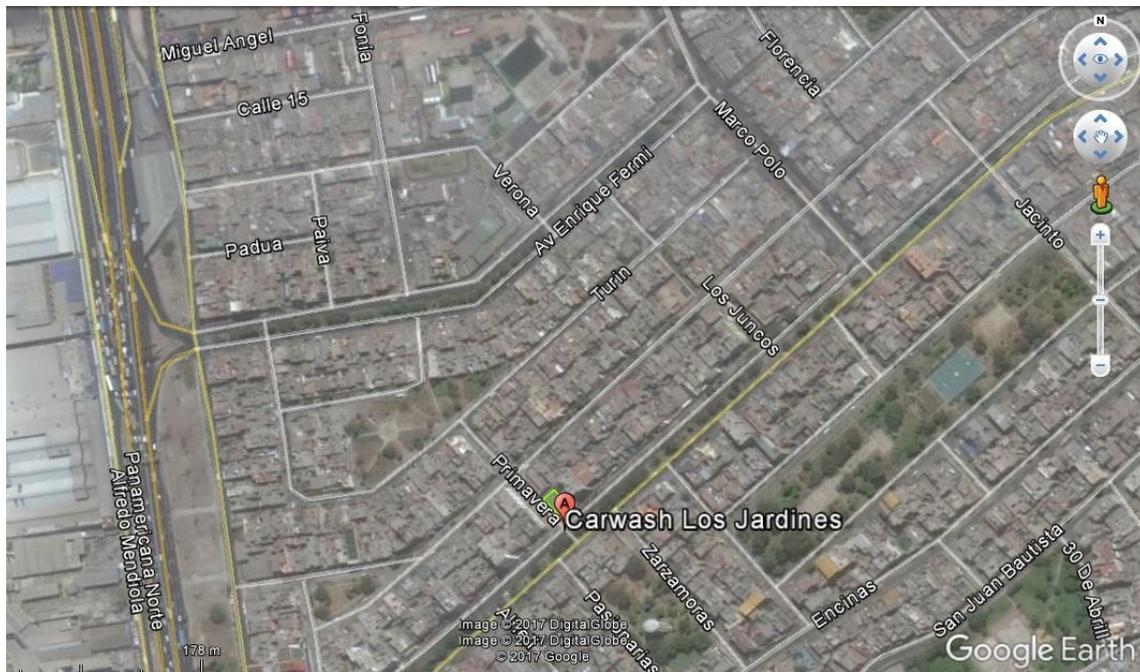


Figura 30. Ubicación del centro de lavado vehicular.

Fuente: Google Earth.

Anexo N° 09 – Figuras del tratamiento con *Moringa oleifera* y carbón activado



Figura 31. Toma de muestra de agua residual y medición de parámetros de campo.



Figura 32. Tamizador y mortero en la izquierda y al lado derecho polvo de semilla a 500 μm .



Figura 33. Equipo Soxhlet extrayendo la grasa de las semillas de *Moringa oleifera* a la izquierda, a la derecha polvo de semilla desengrasado.



Figura 34. Diferentes cantidades de polvo de semilla a aplicar.



Figura 35. Colocación de jarras en el equipo y adición de *Moringa oleífera*.

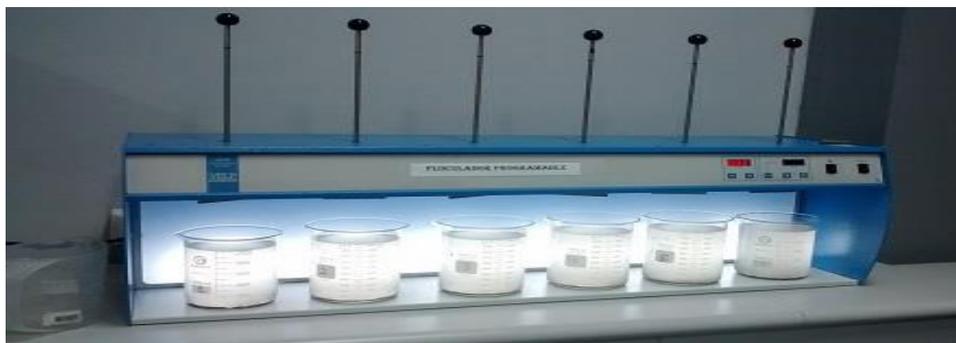


Figura 36. Término de prueba de jarras.



Figura 37. Filtración con carbón activado granular, a la derecha utilizando la bomba de vacío. A la izquierda, filtración con embudos de vidrio.



Figura 38. Comparación de agua residual, al extremo derecho, y en el centro y lado izquierdo después de la filtración con carbón activado.

Anexo N° 10 – Validación de instrumento.



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: MUNNE CERON RUBEN
 1.2. Cargo e institución donde labora: DTC - UCV - Ins. Ambiental
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA DE CONTROL
 1.4. Autor(A) de Instrumento: ANA CLAUDIA RIVERA NACARI

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 21 de Noviembre del 2016


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 19889810 Telf.: 964538375

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ventura Pajuelo Jaime Edgard
 1.2. Cargo e institución donde labora: Razona Consultora S.A.
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Control
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Ama Claudia Rimosa Gacai

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, del 2016


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 42395241 Telf.: 985 312439

JAMÉ EDGARD
 VENTURA PAJUELO
 INGENIERO AMBIENTAL Y
 DE RECURSOS NATURALES
 Reg. CIP N° 143589

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: CABELLO TORRES RITA
 1.2. Cargo e institución donde labora: DTC - UCV - Ing. Ambiente
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA DE CONTROL
 1.4. Autor(A) de Instrumento: ANA CLAUDIA RIVERA NALVIZ

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, del 2016


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

 DNI No. 0894796 etf.

Anexo N° 11 – Análisis de laboratotio

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-017**

INFORME DE ENSAYO: SE-0368-17

Ciente : ANA CLAUDIA RIVERA ÑACARI.
Dirección : Av. Fray Bartolomé de las Casas N° 490 - San Martín de Porres.
Tipo de muestra : Producto declarado por el cliente: Agua Residual.
Cantidad de muestras : Es 01 muestra en frascos de plásticos y vidrio.
Muestreo y procedencia : Muestra y fecha proporcionada por el cliente.
Fecha de muestreo : 2017-04-12, 12:12 horas.
Lugar de recepción de las muestras : Calle Beta N° 135, Callao.
Fecha de recepción de las muestras : 2017-04-12.
Fecha de ejecución del ensayo : Del 2017-04-12 al 2017-04-21.

Resultados:

Descripción de la muestra	Determinaciones		
	Aceites y Grasas mg/L	Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L	Demanda Química de Oxígeno mgO ₂ /L
F-SMP1	7 169,3	1 343,8	2 681,9

Métodos de ensayo:

- Aceites y Grasas: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 22nd Ed. 2012. Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test. Azide Modification.
- Demanda Química de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.

El presente informe es redactado íntegramente en ECOLAB SRL, su autorización o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regido por las disposiciones civiles y penales en la materia, no podrá ser reproducido parcial o totalmente salvo autorización escrita de ECOLAB SRL; solo es válido únicamente a las muestras ensayadas. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El periodo de custodia de la muestra está definido por 30 días calendario de ingresado la muestra al laboratorio, excedido el tiempo a menos días será eliminado en función de las características evaluadas inicialmente en el producto así como su perechibilidad.

Callao, 25 de Abril de 2017.

Página 1 de 3