



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

ANÁLISIS DEL PRETRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAVANDERÍAS MEDIANTE FILTROS ORGÁNICOS DE COCO PARA LOGRAR UN SISTEMA SOSTENIBLE

Línea de investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar el Grado Académico de Doctor en Ingeniería Civil

Autor

Paccha Rufasto, Cesar Augusto

Asesor

Soto Vásquez, Duber Enrique

ORCID: 0000-0001-5855-7045

Jurado

Malpartida Canta, Rommel

Infantes Rivera, Pedro Ricardo

García Urrutia Olavarria, Roque Jesus Leonardo

Lima - Perú

2025

ANALISIS DEL PRETRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAVANDERIAS MEDIANTE FILTROS ORGANICOS DE COCO PARA LOGRAR UN SISTEMA SOSTENIBLE

INFORME DE ORIGINALIDAD

27%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

12%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	2%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	2%
4	www.scribd.com Fuente de Internet	2%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	1%
10	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
11	repository.unimilitar.edu.co Fuente de Internet	<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

ANÁLISIS DEL PRETRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE
LAVANDERÍAS MEDIANTE FILTROS ORGÁNICOS DE COCO PARA
LOGRAR UN SISTEMA SOSTENIBLE

Línea de investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar el Grado Académico de Doctor en Ingeniería Civil

Autor

Paccha Rufasto, Cesar Augusto

Asesor

Soto Vásquez, Duber Enrique

ORCID: 0000-0001-5855-7045

Jurado

Malpartida Canta, Rommel

Infantes Rivera, Pedro Ricardo

Garcia Urrutia Olavarria, Roque Jesus Leonardo

Lima – Perú

2025

ÍNDICE

RESUMEN	8
ABSTRACT.....	9
I. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 Planteamiento del problema	10
1.2 Descripción del problema.....	11
1.3 Formulación del problema	14
1.4 Antecedentes	14
1.4.1 Antecedentes a nivel nacional	14
1.4.2 Antecedentes a nivel internacional	18
1.5 Justificación de la investigación.....	21
1.5.1 Justificación teórica	21
1.5.2 Justificación metodológica.....	22
1.5.3 Justificación tecnológica	22
1.5.4 Justificación económica	22
1.6 Limitación de la investigación	23
1.7 Objetivos	23
1.7.1 Objetivo general.....	23
1.7.2 Objetivos específicos	23
1.8 Hipótesis.....	24
1.8.1 Hipótesis general	24
1.8.2 Hipótesis específicas	24
II. MARCO TEORICO	25
2.1 Marco conceptual	25
2.1.1 Características y composición de aguas grises de lavandería	25
2.1.2 Parámetros básicos de diseño	25
2.1.3 Material Adsorbente Orgánico – Filtros	27
2.1.4 Activaciones física y química.....	29
2.1.5 Tipos de tratamientos de aguas residuales	31
2.1.6 Parámetros de medición de las aguas residuales.....	34
2.1.7 Sistema Sostenible	36
2.2 Marco legal.....	37

2.3	Marco Filosófico	39
III.	METODO	42
3.1	Tipo de investigación	42
3.1.1	Método de investigación.	42
3.1.2	Orientación de la investigación.	42
3.1.3	Enfoque de la investigación	43
3.1.4	Recolección de Datos	43
3.1.5	Tipo de investigación	43
3.1.6	Diseño de la investigación	44
3.2	Población y muestra	44
3.2.1	Población.....	44
3.2.2	Muestra.....	44
3.3	Operacionalización de variables.....	45
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	46
3.5	Procedimientos	46
3.6	Análisis de datos.....	48
3.7	Consideraciones éticas	48
IV.	RESULTADOS	50
4.1	Obtención de la Materia Prima – Cascara de Coco.....	50
4.2	Generación del Carbón Activado	58
4.2.1	Activación Física y Química del Carbón Activado	63
4.3	Visualización de porosidad (CA) con microscopio electrónico.....	76
4.4	Elaboración de Filtros	79
4.5	Capacitación en laboratorio y toma de muestra en lavandería.....	82
4.5.1	Obtención del Agua Filtrada	83
4.5.2	Análisis de parámetros químicos y microbiológicos.....	85
4.5.3	Análisis de los filtros en remoción de parámetros químicos y microbiológicos	89
4.5.4	Análisis de eficiencia de los filtros por parámetros químicos y microbiológicos	94
4.6	Análisis de los costos por empleo de filtros orgánicos	104
4.7	Contrastación de hipótesis específicas	107
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	110

VI. CONCLUSIONES.....	112
VII. RECOMENDACIONES	115
VIII. REFERENCIAS	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dotación para lavanderías, según la IS.010	25
Tabla 2. Algunos VMA para descargas industriales al alcantarillado	35
Tabla 3. Matriz de operacionalización.....	44
Tabla 4. Obtención de pesos de coco secado de manera natural	52
Tabla 5. Obtención de pesos de coco después del quemado por grupos	55
Tabla 6. Pesos obtenidos del carbón	59
Tabla 7. Pesos obtenidos del carbón (AF) y (AG).....	60
Tabla 8. Resumen de AF y AG con cada reactivo químico.....	73
Tabla 9. Parámetros químicos y microbiológicos analizados por filtro.....	83
Tabla 10. Identificación de filtro por numeración	84
Tabla 11. Resultados obtenidos por cada filtro en laboratorio (filtro A, filtro B, filtro 1, filtro 2 y filtro 3)	85
Tabla 12. Resultados obtenidos por cada filtro en laboratorio (filtro 4, filtro 5, filtro 6, filtro 7 y filtro 8)	86
Tabla 13. Resultados obtenidos por cada filtro en laboratorio (filtro 9, filtro 10, filtro 11 y filtro 12)	87
Tabla 14. Cuadro de eficiencias de remoción de aceites y grasas por cada filtro.....	92
Tabla 15. Cuadro de eficiencias de remoción de demanda bioquímica de oxígeno por cada filtro.....	94
Tabla 16. Cuadro de eficiencias de remoción de demanda química de oxígeno por cada filtro.....	96
Tabla 17. Cuadro de eficiencias de remoción de sólidos suspendidos totales por cada filtro	98
Tabla 18. Cuadro de eficiencias de remoción de nitrógeno amoniacal por cada filtro.....	99
Tabla 19. Cuadro de eficiencias de remoción de sulfatos por cada filtro	101
Tabla 20. Costo unitario por cada reactivo químico	103
Tabla 21. Filtro N°2 composición.....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de activación física y química.....	30
Figura 2. Esquema de remoción por niveles de tratamiento de aguas residuales	34
Figura 3. Procedimiento de obtención de carbón activado – proceso de filtración.....	47
Figura 4. Estructura del Coco	50
Figura 5. Recuperación de la cascara de coco	51
Figura 6. Calentamiento del coco para separar la pulpa del endocarpio	51
Figura 7. Secado de la cáscara de coco al sol	52
Figura 8. Pesado del coco después del secado de manera natural	52
Figura 9. Equipos empleados, termómetro laser y horno artesanal	54
Figura 10. Quemado del coco en el horno artesanal.....	54
Figura 11. Toma de temperatura mínima y máxima.....	55
Figura 12. Obtención del carbón en caliente y en frío.....	55
Figura 13. Pesado del carbón de coco.....	57
Figura 14. Molienda del carbón y cernido por malla N°16 (1.18mm)	61
Figura 15. Insumos químicos, H ₃ PO ₄ - ZnCl ₂ - KOH	63
Figura 16. Proceso de activación física, lavado con agua para reducir impurezas.....	65
Figura 17. Proceso de pesado después del lavado del AG y AF	66
Figura 18. Proceso de activación química por medio de reactivos y por medio de calor.....	68
Figura 19. Activación por medio de calor y obtención a las 3 y 5 horas de quemado	69
Figura 20. Carbón activado químicamente solidificado después del quemado.....	70
Figura 21. Proceso de lavado para retirar impurezas.....	72
Figura 22. secado del carbón activado	72
Figura 23. Obtención del carbón activado del AG y AF	74
Figura 24. Visualización del carbón activado mediante microscopio electrónico	75
Figura 25. Visualización de imágenes del (CA) (AG) hidróxido de potasio (KOH)	76

Figura 26. Visualización de imágenes del (CA) (AG) cloruro de zinc ($ZnCl_2$).....	77
Figura 27. Visualización de imágenes del (CA) (AG) ácido fosfórico (H_3PO_4).....	78
Figura 28. Visualización de imágenes del (CA) (AG) activación física	78
Figura 29. Elaboración de filtros con medición de tiempo de retención	79
Figura 30. Estructura final del filtro (filtro N°2)	80
Figura 31. Tiempo de filtrado y turbidez del agua gris de lavandería	81
Figura 32. Capacitación en laboratorio certifiocal y toma de agua residual.....	82
Figura 33. Filtración los 14 filtros de manera paralela en recipientes de 1 litro	83
Figura 34. Almacenamiento de agua filtrada en cada recipiente	83
Figura 35. Resultados de aceites y grasas por cada filtro	89
Figura 36. Resultados de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	89
Figura 37. Resultados de demanda química de oxígeno (DQO)	90
Figura 38. Resultados de sólidos suspendidos totales (SST).....	91
Figura 39. Resultados de nitrógeno amoniacal (NH_3-N)	91
Figura 40. Resultados de sulfatos (SO_4)	92
Figura 41. Diagrama de eficiencia remoción de aceites y grasas por cada filtro	94
Figura 42. Diagrama de eficiencia remoción de demanda bioquímica de oxígeno por cada filtro.....	96
Figura 43. Diagrama de eficiencia remoción de demanda química de oxígeno por cada filtro	98
Figura 44. Diagrama de eficiencia remoción de solidos suspendidos totales por cada filtro ..	99
Figura 45. Diagrama de eficiencia remoción de nitrógeno amoniacal por cada filtro.....	101
Figura 46. Diagrama de eficiencia remoción de sulfatos por cada filtro	103
Figura 47. Proceso de lavado del carbón activado, luego de su respectivo uso	105

RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo lograr un sistema sostenible empleando filtros orgánicos de coco en aguas residuales provenientes de lavanderías. La investigación es de método deductivo, de orientación aplicada, enfoque cuantitativo, del tipo explicativo y de nivel de investigación relacional y con diseño experimental debido a que se pudo manipular de manera intencional al filtro de la cascara de coco. La población está conformada por 14 filtros orgánicos a base de coco. Se pudo observar que al utilizar filtros orgánicos a base de cascara de coco mediante activación física y química (H_3PO_4 - $ZnCl_2$ - KOH) en concentraciones del 20% y 40%, al realizar las distintas combinaciones se obtuvo una buena eficiencia de remoción de parámetros químicos en aguas residuales provenientes de lavanderías tales como Aceites y Grasas con una remoción de 63.79%, Demanda Bioquímica de Oxígeno con una remoción de 33.21%, Demanda Química de Oxígeno con una remoción de 56.56%, Sólidos Suspendidos Totales con una remoción de 86.82%, Nitrógeno Amoniacal con una remoción de 89.71% y Sulfatos con una remoción de 4.14% con respecto a la muestra patrón. Por lo tanto, se pudo identificar en el presente trabajo que los filtros orgánicos a base de cascara de coco activados de manera física y química son eficientes para la remoción de agua residual de lavanderías y que se logra un sistema sostenible que puede ser aplicable a este sector que no tratan el agua residual y hacen el vertido de manera directa a la red pública.

Palabras claves: filtro orgánico, activación física, activación química, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, nitrógeno amoniacal y sulfatos

ABSTRACT

The objective of this thesis was to achieve a sustainable system using organic coconut filters in wastewater from laundries. The research used a deductive method, an applied approach, a quantitative approach, an explanatory approach, and a relational level of research. The experimental design was implemented because the coconut shell filter could be intentionally manipulated. The sample population consisted of 14 organic coconut filters. It was observed that by using organic filters based on coconut shell through physical and chemical activation (H_3PO_4 - ZnCl_2 - KOH) at concentrations of 20% and 40%, by making the different combinations a good removal efficiency of chemical parameters was obtained in wastewater from laundries such as Oils and Fats with a removal of 63.79%, Biochemical Oxygen Demand with a removal of 33.21%, Chemical Oxygen Demand with a removal of 56.56%, Total Suspended Solids with a removal of 86.82%, Ammoniacal Nitrogen with a removal of 89.71% and Sulfates with a removal of 4.14% with respect to the standard sample. Therefore, it was possible to identify in the present work that organic filters based on coconut shell activated physically and chemically are efficient for the removal of wastewater from laundries and that a sustainable system is achieved that can be applied to this sector that does not treat wastewater and discharges it directly into the public network.

Keywords: organic filter, physical activation, chemical activation, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, ammoniacal nitrogen and sulfates

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día en el Perú no se tiene un control adecuado del vertimiento de las aguas residuales hacia las redes secundarias de alcantarillado, esto se debe a que existen diversos tipos de negocios formales e informales como: ventas de carnes, automotriz, farmacias, lavanderías, etc., que realizan el vertimiento de sus aguas residuales en crudo a la red pública. Esto genera una mayor carga de aceites, grasas, desechos orgánicos, químicos, microbiológicos, etc., en las aguas residuales y dando por consiguiente el uso de tecnologías más caras para el tratamiento de las aguas residuales antes de su vertimiento al mar o para su reúso, esto afecta a la población en salud y también en el factor económico ya que se debe pagar más por una tecnología más eficiente para remover todos estos parámetros que se vierten a la red pública.

El país cuenta con Valores Máximos Admisibles (VMAs), para poder medir los parámetros de descargas Industriales a la red de Alcantarillado, se debe hacer mención que no existe fiscalización por parte de la empresa prestadora de servicio (SEDAPAL) para poder exigir a los negocios que cuenten con un pre tratamiento antes del vertimiento de las aguas residuales.

1.1 Planteamiento del problema

Hoy en día existen diversos insumos químicos para tratar las aguas residuales, en las cuales las eficiencias de remoción de contaminantes organolépticos, químicos y microbiológicos está relacionada directamente a la carga de los contaminantes y al costo, es por eso que hoy en día muchas empresas hacen el vertimiento en crudo a las fuentes y redes colectoras de desagüe sin un tratamiento previo de este, por evitar invertir en costos de

tratamiento de sus aguas residuales, es por eso que la presente tesis busca realizar filtros a partir de residuos orgánicos obtenidos de cáscaras de coco, y de esta manera reducir los contaminantes producidos por las aguas residuales de empresas como lavanderías que hacen el vertimiento en crudo a la red de alcantarillado.

1.2 Descripción del problema

La controversia acerca del tratamiento de las aguas residuales, para su posterior disposición a las fuentes de agua, en estos últimos años se le ha dado mayor relevancia, debido a las mediciones de los Estándares de Calidad (ECAs) y Límites Máximos Permisibles (LMPs) que realiza la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el estado tiene como objetivo de intervenir e impulsar el bien común de la población, siempre y cuando se conserve la equidad social, el incremento económico y se preserve la sostenibilidad, incorporando políticas con bases sólidas en educación, salud y seguridad. Por lo tanto, que ingerir agua en óptimas condiciones y tener un sistema adecuado de Saneamiento es necesario para evitar enfermedades diarreicas, infecciones y otras que se puedan originar por un inadecuado tratamiento del agua.

El tratamiento de aguas residuales en las lavanderías industriales es un proceso esencial para garantizar la calidad del agua y cuidar el medio ambiente. Las lavanderías industriales generan grandes cantidades de aguas residuales que tienen diversos contaminantes, como detergentes, suavizantes, aceites y grasas, que deben ser tratados adecuadamente antes de su descarga en el sistema de alcantarillado o en el medio ambiente.

Las lavanderías actuales en Perú a ser informales y consumen grandes cantidades de agua durante los procesos de lavado y enjuague de la ropa. Estas lavanderías pueden clasificarse dentro de la industria según diversas características, que varían en función de la cantidad de ropa a limpiar, la procedencia de la misma y la tecnología utilizada en el lavado. Generalmente, los productos utilizados en este sector incluyen detergentes, blanqueadores, quitamanchas, enzimas (que aceleran la descomposición de proteínas como las del huevo o la sangre, entre otras), suavizantes y otros recursos. (Uturi, 2019)

Existe un auge en las industrias de construcción, laboratorios, operadoras de residuos sólidos, cuya estructura y residuos que se encuentran adheridos a la vestimenta y más cuando se suscitó lo de la pandemia generan que las empresas de lavado grandes volúmenes de demanda de agua y por lo tanto genera mayor consumo de materiales de limpieza, produciendo mayor contaminación en las aguas residuales industriales. (Uturi, 2019)

En dicha actividad de lavado se emplea por lo general detergentes, las cuales están compuestas principalmente por:

- Acondicionadores de agua
- Surfactantes

El efecto de un acondicionador de los detergentes es de atracción y disminución de la interferencia de los iones de calcio y otros metales presentes en el agua o en la actividad del lavado. Por lo tanto, no se debe emplear agua dura (agua con contenido elevado de sales de calcio y magnesio) en dicha actividad de lavado, ya que esto generaría mayor empleo de insumo como el detergente, debido a que uno de sus principales contenidos es el carbonato de sodio.

Por lo antes mencionado respecto a la generación de contaminantes que tiene un agua residual de lavandería, si dicha agua residual es vertida de manera directa a la red de alcantarillado sin ningún tratamiento previo, esto podría saturar las plantas de tratamientos de aguas residuales, ya que no han sido diseñadas con dicho propósito de tratar de aguas residuales provenientes de lavanderías.

Según, Yamaguchi et al. (2020) indicaron que la utilización de moringa como coagulante adicional (usualmente alumbre) presenta una alta eficacia en los métodos de purificación del agua, incrementa la efectividad en un 20 %, disminuye el uso de coagulantes químicos en un 60 % y minimiza la contaminación del agua final tratada.

Debido a que hoy en día existen carencia en contar con un tratamiento de las aguas residuales a bajo costo, y accesible para muchos negocios industriales, se busca lograr un sistema sostenible de aguas residuales domésticas, mediante el uso de cáscara de coco como Adsorbente no convencional en el tratamiento de las aguas residuales de lavanderías, para así reducir costos y que el tratamiento del agua residual sea el adecuado para su disposición final y así mismo esté al alcance de los negocios de lavandería antes que hagan el vertido a la red colectora de desagüe, ya que muchas veces realizan el vertimiento en crudo a la red de alcantarillado sin ningún tratamiento previo, a diferencia de los antecedentes encontrados en el presente trabajo de investigación se ha podido notar que utilizan distintos productos orgánicos para el tratamiento de aguas residuales, para la adsorción de metales pesados y compuestos orgánicos, pero falta más investigación respecto a adsorbentes no convencionales a base de productos orgánicos para lograr de esta manera un sistema sostenible.

1.3 Formulación del problema

- *Problema general*

¿De qué manera se logrará un sistema sostenible empleando filtros orgánicos de coco en aguas residuales provenientes de lavanderías?

- *Problemas específicos*

- a) ¿Cuál será la adecuada estructura del filtro orgánico a base de cáscara de coco para el pretratamiento de las aguas residuales de lavanderías?
- b) ¿Cuál será la porosidad de los filtros orgánicos a base de cáscara de coco activados de manera física y química?
- c) ¿Qué tan eficiente será el porcentaje de remoción de los contaminantes de las aguas residuales de lavanderías, empleando filtro orgánico a base de cáscara de coco?
- d) ¿Cuál será el costo de implementación que debe tener el filtro orgánico para el pretratamiento de las aguas residuales de lavanderías?

1.4 Antecedentes

1.4.1 *Antecedentes a nivel nacional*

Para Cueva y Lazarte (2021), la eliminación de arsénico mediante el empleo de biofiltro con carbón activado de cascara de coco en el agua del río Tablachaca fue eficiente. Para dicha eliminación de arsénico diseñaron, construyeron y evaluaron el sistema de tratamiento, constituido por las siguientes unidades: El tanque de mezcla rápida que tiene una capacidad de almacenamiento de 7,8 litros, donde el agua es agitada a 401, 361 y 291rpm para las dosis de 35, 40 y 50mg/L respectivamente, en un período de 30 segundos; El sedimentador rectangular original tenía una capacidad de 43 litros y al final, el filtro

presentaba una velocidad de filtración de 120 m/d y una profundidad de 1m, compuesto por grava y arena. Los hallazgos mostraron que la concentración inicial de arsénico era de 0.0376 mg/L, después del tratamiento con distintas dosis se alcanzaron cifras inferiores a 0.008 mgAs/L, por lo tanto, se llegó a la conclusión de que utilizando carbón activado de cáscara de coco como bioadsorbente, el agua tratada cumple con los requisitos establecidos en la normativa D. S. N°031. 2010S. A.

Para Ponce (2019), el uso del carbón activado obtenido de la cáscara de coco podría ofrecer una gran efectividad en la eliminación y absorción de hierro y plomo del agua que consume la comunidad de Paragsha - Pasco, lo que lo convierte en una opción viable para su adopción a largo plazo. Aunque estos resultados son preliminares, se sugiere evaluar la factibilidad técnica y económica del carbón activado de coco como una opción para la purificación y eliminación de plomo y hierro, alcanzando así niveles óptimos de calidad y pureza del agua apta para el consumo humano.

Para Ríos (2018), el límite de tiempo (10 minutos) para el carbón activado derivado de la cáscara de coco (cocos nucifera) alcanza una efectividad del 40 % en la eliminación de dióxido de carbono (CO_2). En este estudio se llegó a la conclusión de que el uso de carbón activado hecho de cáscara de coco tiene una buena efectividad para eliminar el dióxido de carbono (CO_2), lo que ayuda a mejorar la calidad del aire.

Para Yzquierdo (2018), el efecto de la incorporación de filtros de zeolita natural mejoro la calidad del agua proveniente de dos manantiales ubicados en el barrio de Serafinpampa-Celendín. Construyó filtros de zeolita natural con materiales de la zona: 20 cm de grava y una capa de 30 cm de zeolita, para ello, analizo los parámetros físicos, químicos y biológicos. Concluyo que la hipótesis que se planteó se comprobó y se cumplió, pues el agua filtrada con zeolita mejora las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas, cuyos

resultados fueron obtener un agua tratada y apta para ser consumida, ya que, los resultados muestran parámetros de calidad de agua dentro de los límites permitidos por el Reglamento de calidad del agua.

Para Chicote (2018), el uso de carbón granular contribuye a mejorar la calidad del agua del río Cumbe en la localidad de Tomacucho-Cajamarca. Para llevar a cabo el estudio, fabrico dos filtros de carbón activado granular utilizando materiales locales. El primer filtro está diseñado con las siguientes capas: 20 cm de piedras grandes, 10 cm de gravilla, 30 cm de carbón activado y, como capa final, 25 cm de piedras grandes. En cuanto al segundo filtro, este se compone de: 25 cm de piedras grandes, 5 cm de gravilla, 5 cm de arena gruesa, 30 cm de carbón activado y, para terminar, una capa de 20 cm de piedras grandes. Ambos filtros se instalaron en la entrada y salida del agua para lograr óptimos resultados. Durante un periodo de tres semanas, se evaluaron los parámetros del agua; el primer filtro cumplió con las normas de calidad del agua, mientras que el segundo no alcanzó los límites máximos, aunque se observó una reducción en la turbidez y los coliformes termotolerantes. Se llegaron a las siguientes conclusiones: se comprobó y validó la hipótesis planteada, el agua tratada con carbón activado granular que proviene del río Cumbe posee las propiedades físicas y químicas adecuadas, y los parámetros bacteriológicos muestran una notable disminución.

Para Ruiz (2018), los carbones activados a partir de residuos de cáscara de naranja, mediante activación química usando como agente activante al ácido fosfórico (H_3PO_4) fueron eficaces. Analizo parámetros del material precursor: densidad aparente, Contenido de humedad, porcentaje de material volátil, cantidad de ceniza y nivel de carbono fijo. También investigó como la relación de impregnación (agente activante (g)/predecesor (g)) afecta la efectividad de los carbones activados producidos; el rendimiento medio de los carbones

obtenidos fue de aproximadamente 32%. Se llevó a cabo la caracterización de los carbones activados generados. Examiné los siguientes factores que afectan el proceso de adsorción de plomo: la proporción de impregnación del carbón activado, la concentración inicial de la solución de plomo y el pH de dicha solución. Por último, logró eliminar hasta el 98,85% del plomo presente en una muestra bajo condiciones de laboratorio.

Para Espinal (2017), la efectividad del carbón activado hecho de cáscara de coco para el tratamiento de aguas residuales domésticas en el AA. HH. 10 de octubre, en el distrito de San Juan de Lurigancho, Lima, demuestra ser alta. En este estudio se utilizaron 25 litros de agua residual doméstica y se emplearon dos tipos de filtros: el primero contenía carbón activado con partículas en polvo (mm) TRAT-P y el segundo con partículas en forma granular (cm) TRAT-G, para asegurar un adecuado tratamiento y almacenamiento de las muestras, las cuales luego fueron llevadas al laboratorio para su análisis. El pH alcanzó un valor de 7, lo que indicaba que el agua era neutra. Las concentraciones iniciales eran; 827.33 mg/l de DBO₅, 1021.33 mg/l de DQO, 3859.01 mg/l de aceites y grasas, y 14000000 mg/l de coliformes termotolerantes, lo que evidenció que estos valores eran considerablemente superiores a los Estándares de Calidad Ambiental de agua de Categoría 3: agua para riego de cultivos. Los resultados obtenidos mostraron que el carbón activado a partir de cáscara de coco es bastante efectivo en el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que el filtro con partículas en polvo (mm) eliminó un 99.96% de aceites y grasas, 98.48% de coliformes termotolerantes y 56.20% de DBO₅. En conclusión, la eficacia de los tratamientos TRAT-P y TRAT-G fueron de 85.30% y 70.34% respectivamente, siendo TRAT-P el más eficaz en la eliminación de parámetros físico-químicos y microbiológicos.

1.4.2 Antecedentes a nivel internacional

Para Taksitta et al (2020), las fibras de celulosa obtenidas de la cáscara de coco (CH) pueden ser tratadas con tanino y se utilizaron como bioadsorbente para eliminar iones metales pesados, como Cu (II), Cd (II) y Pb (II) de las aguas residuales. Para mejorar la efectividad de adsorción de iones de la fibra de celulosa de CH, se utilizó epíclorhidrina como agente de entrecruzamiento, lo que permitió la incorporación de moléculas de tanino a la celulosa, dando lugar a una fibra de celulosa modificada con tanino (TCF). Bajo condiciones ideales de pH 5.0 y un tiempo de contacto de 30 minutos, la cantidad de adsorción alcanzó 38.02 mg/gr, 59.52 mg/gr y 72.99 mg/gr para los iones Pb (II), Cd (II) y Cu (II), respectivamente. El comportamiento de adsorción de los iones metálicos se describió mediante el modelo de isoterma de Langmuir. Además, los análisis químicos del TCF realizadas a través de espectrometría infrarroja por transformada de Fourier mostraron que el TCF combinaba las características de CH y tanino. El TCF analizado se considera una opción económica y efectiva para el tratamiento de aguas residuales.

Baharum et al (2020), evaluaron la adsorción (cuando los átomos, iones o moléculas de una sustancia se adhieren a la superficie del material) de diazinón de soluciones acuosas sobre biocarbón modificado con cáscara de coco. La cantidad de dosificación y el pH inicial son los principales parámetros que se estudiaron para obtener la máxima capacidad de adsorción de las moléculas sonda. El biocarbón de cáscara de coco carbonizado (BC₁), el biocarbón de cáscara de coco activado (BC₂), el ácido fosfórico químicamente modificado (BC₃) y el biocarbón de cáscara de coco de hidróxido de sodio (BC₄) se preparó y probaron como variables en el experimento de adsorción. La característica del biocarbón a través del análisis SEM, EDX y BET reveló la gran morfología de la superficie porosa y ligeros

cambios en la composición con un área de superficie alta (405,97 - 508,07 m² / g) siguiendo la secuencia de BC₃> BC₂> BC₄. Se logró un porcentaje de eliminación de diazinón tan alto como 98,96% a pH 7 con BC₃ como dosis de adsorbente a 5,0 g/L. Por lo tanto, los resultados obtenidos mostraron que BC₂ y BC₃ son adsorbentes altamente eficientes y ambos exhiben un gran potencial para eliminar diazinón de soluciones acuosas

Ighalo y Adeniyi (2020) explicaron que las cortezas de las plantas se encuentran entre los materiales de biomasa de bajo costo más utilizados en el estudio de la eliminación de contaminantes de medios acuosos. Este artículo revisa extensamente los hallazgos experimentales presentados en la literatura abierta con especial énfasis en los últimos 15 años. Este estudio clasificó los adsorbentes de corteza de plantas en 5 grupos amplios: biosorbente no modificado, biosorbente premodificado, biosorbente modificado químicamente, biosorbente modificado físicamente y carbón activado de base biológica. Se observó que el eucalipto, el pino, la acacia y el mango son las especies más exploradas en los estudios de adsorción de la corteza de los árboles. La revisión aclaró las excelentes capacidades de adsorción de los adsorbentes y biosorbentes a base de corteza de plantas para la absorción de metales pesados, tintes, pesticidas y otros contaminantes. Se observó que las cortezas de plantas tienen un alto potencial de reutilización, por lo que subyacen a su utilidad para aplicaciones industriales.

Arrocha et al. (2019), examinaron cuatro filtros de carbón activado elaborados a partir de las cáscaras de cuatro variedades de frutas ricas en carbohidratos. Las frutas seleccionadas fueron: naranja, piña, coco y plátano. Estos filtros se analizaron por su efectividad en la eliminación de sustancias presentes en aguas de ríos, pozos, lagos, entre otros. Este estudio describe el proceso empleado para crear el carbón activado y el método utilizado para llevar a cabo las pruebas de turbidez y alcalinidad. Los resultados

obtenidos evidencian una reducción en los niveles de alcalinidad y turbidez del agua, logrando incluso alcanzar estándares óptimos para el consumo humano.

Valladares et al. (2016) explicaron que los materiales adsorbentes no tradicionales son alternativas como biopolímeros o partes de vegetales. En este estudio, los insumos utilizados como adsorbentes no convencionales incluyeron residuos de la agroindustria, de la industria alimentaria y plantas. Hay numerosos estudios que evidencian que el uso de recursos naturales como adsorbentes no convencionales disminuye la carga orgánica de efluentes contaminados con metales, colorantes, pesticidas y otros compuestos orgánicos emergentes. La investigación sobre materiales no convencionales surge de la necesidad de diseñar procesos sostenibles para el tratamiento de aguas residuales, con el fin de proponer alternativas que respondan a las necesidades actuales. Se concluyó que los contaminantes metálicos como Pb^{+2} , Cu^{+2} , Cd^{+2} y el colorante azul de metileno se eliminan de manera eficaz utilizando piel de naranja, cáscara de plátano, cáscara de granada y cáscara de ajo.

Johari et al. (2015) explicaron que La cáscara de coco (CH), que consiste en médula de coco (CP) y fibra de coco (CF), es abundante y barata, y tiene el potencial de usarse como adsorbente para la remoción de mercurio elemental (Hgo). Las superficies de CP y CF se modificaron mediante métodos de mercerización y blanqueo y se caracterizaron mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier (FTIR) y análisis de humedad y cenizas. Las mediciones de adsorción de mercurio elemental se llevaron a cabo en las siguientes condiciones: concentración inicial de Hgo 200 ± 20 mg / m³; temperatura del lecho, 50 ± 1 °C; Caudal de N₂, 0,05 l / min; masa de adsorbente, 50 mg; y tamaño de partícula de adsorbente de entre 75 y 100 mm. La morfología de la superficie y los grupos funcionales de la superficie de los adsorbentes cambiaron

significativamente después de los tratamientos y dieron como resultado diferentes rendimientos de adsorción de Hg⁰. Los datos experimentales de ruptura para todos los adsorbentes produjeron un buen ajuste al modelo cinético de pseudo-segundo orden.

1.5 Justificación de la investigación

La presente investigación busca diseñar un filtro orgánico a base de cáscara de coco para el sistema de tratamiento de las aguas residuales para mejorar la calidad del agua tratada y pueda hacerse el vertimiento a la red colectora y cumpla de esta manera con los Valores Máximos Admisibles (VMAs), Límites Máximos Permisibles (LMPs) y Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) establecidos por la normativa, las empresas de lavanderías carecen de un pretratamiento o tratamiento, en tal sentido, con esta investigación se busca incorporar un material ecológico, barato, de fácil acceso como son los filtros orgánicos en el tratamiento del agua residual. Se determinará el filtro adecuado a partir de pruebas de filtrado y tiempo de retención, así mismo se evaluará en que porcentaje se reducirá los parámetros organolépticos, químicos y microbiológicos del agua tratada al incorporar este nuevo material, para ello, se hará estudios de caracterización de aguas residuales que verifiquen nuestras hipótesis, se realizará un diseño hidráulico para determinar las dimensiones que debe tener el filtro en la lavandería y finalmente se determinará el costo de implementación del mismo. Hoy en día es necesario hacer uso de distintos insumos en el tratamiento de aguas residuales que no contaminen y que sean auto sostenibles y que este el alcance de los habitantes y empresas.

1.5.1 Justificación teórica

Esta investigación se realiza con el objeto de mejorar las condiciones de vertimiento de las aguas residuales de lavanderías, para ello se trabajó con bibliografía confiable y los

reglamentos de la normativa peruana en cuanto a Valores Máximos Admisibles (VMAs), Límites Máximos Permisibles (LMPs) y Estándares de Calidad Ambiental (ECAs).

1.5.2 Justificación metodológica

Para cumplir con los objetivos propuestos en esta investigación se diseñará un piloto del filtro orgánico para el pretratamiento de las aguas residuales de lavanderías.

Para conocer el porcentaje de contaminantes que tienen estas aguas residuales y para saber en qué porcentaje se reducirá dichos parámetros mediante el empleo del filtro orgánico a base de coco, se tomarán muestras del agua antes de ser y después de ser instalado los filtros, para hacer una comparación y ver el porcentaje real de la mejoría del agua tratada.

1.5.3 Justificación tecnológica

Esta investigación tiene la finalidad de aportar información en cuanto a la tecnología de los materiales reutilizables, y mostrar la empleabilidad de los filtros orgánicos. Con esta investigación se pretende hacer hincapié en el uso de materiales no convencionales en el tratamiento de aguas residuales.

1.5.4 Justificación económica

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales requieren de ciertas inversiones y de personal capacitado para hacer la remoción y desinfección en las dosis adecuadas, con la incorporación de filtros orgánicos al pretratamiento de aguas residuales mostraremos una alternativa mucho más económica y segura de tratar el agua residual, puesto que, su mantenimiento es menos complicado que los sistemas de filtración conocidos.

1.6 Limitación de la investigación

La limitación de la presente investigación sería la negativa o demora de algunas empresas de lavanderías en querer brindar sus aguas residuales para el presente trabajo de investigación.

Así mismo otra limitante sería la toma de muestras y el tiempo de ensayo que se debe realizar en el laboratorio para que puedan considerarse todos los parámetros a analizar.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

Lograr un sistema sostenible empleando filtros orgánicos de coco en aguas residuales provenientes de lavanderías.

1.7.2 Objetivos específicos

- a) Determinar la adecuada estructura del filtro orgánico a base de cáscara de coco para el pretratamiento de las aguas residuales de lavanderías.
- b) Determinar la porosidad de los filtros orgánicos a base de cascara de coco activados de manera física y química.
- c) Determinar la eficiencia de remoción de los contaminantes de las aguas residuales de lavanderías, empleando filtros orgánicos a base de cáscara de coco.
- d) Determinar el costo de implementación que debe tener el filtro orgánico para el pretratamiento de las aguas residuales de lavanderías

1.8 Hipótesis

1.8.1 Hipótesis general

El empleo de filtros orgánicos a base de cáscara de coco si lograra un sistema sostenible de aguas residuales provenientes de lavanderías.

1.8.2 Hipótesis específicas

- a) La adecuada estructura del filtro orgánico a base de cáscara de coco si será eficiente para el pretratamiento de las aguas residuales de lavanderías
- b) Los filtros orgánicos a base de cáscara de coco activado de manera física y química si tendrán una óptima porosidad.
- c) Los contaminantes de las aguas residuales de lavanderías serán removidos mediante filtros orgánicos a base de cáscara de coco.
- d) Los costos de implementación del filtro orgánico para el pretratamiento de las aguas residuales serán accesibles para las lavanderías.

II. MARCO TEORICO

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Características y composición de aguas grises de lavandería

Las aguas generadas en las lavanderías se consideran parte del grupo de aguas grises y están clasificadas debido a la presencia de detergentes, carbonatos, sales, peróxidos y colorantes (Namerow, 1998). La cantidad significativa de colorantes en estos desechos afecta el proceso de fotosíntesis y disminuye la capacidad de degradación biológica de los materiales orgánicos en partículas. Además, el uso de agua en las lavanderías es considerable, con un promedio de 33,3 litros por cada kilogramo de ropa.

Durante el proceso de lavado se producen los siguientes tipos de efluentes: aguas residuales de las etapas de prelavado, lavado y enjuague. Todos estos líquidos contienen componentes como detergentes, desengrasantes, neutralizantes y suavizantes que presentan un alto nivel de contaminación. Estas descargas son muy turbias, poseen alcalinidad elevada y contienen materia orgánica que se descompone rápidamente, con un DBO5 que varía entre 400 y 1000 (Sánchez, 2004).

Las características usuales del agua de lavandería son: pH: 9.0-9.3, alcalinidad: 60-250 mg/L de Na_2CO_3 , sólidos totales 800 – 1200 mg/dL y DBO5 400 – 450 (Sánchez, 2004).

2.1.2 Parámetros básicos de diseño

2.1.2.1 Dotación de agua.

Según la Norma IS. 010 del RNE, en el capítulo 2.2 Dotaciones, ítem t, se indica que las dotaciones diarias mínimas de agua para uso industrial, en lavanderías es el siguiente:

Tabla 1

Dotación para lavanderías, según la IS.010

Tipo de Local	Dotación Diaria
- Lavandería	40 L/Kg de ropa
- Lavandería en seco, tintorerías y similares	30 L/kg de ropa

Nota. Las lavanderías tienen su cálculo de dotación mínima, el cual tiene una relación directa con la cantidad de ropa en kilos. Adaptada de “Reglamento Nacional de Edificaciones – IS.010”, 2012

2.1.2.2 Red de Colección.

De acuerdo a la Norma IS. 010 del RNE, el artículo 21, inciso l, indica que cuando las aguas residuales contengan grasas, aceite, materiales inflamables, arena, tierra, yeso u otras sustancias sólidas o líquidas inapropiadas que puedan afectar el funcionamiento eficiente del sistema de drenaje del edificio o cualquier sistema público, se requerirá la instalación de interceptores, separadores o algún otro tipo de tratamiento.

Según la Norma IS. 010 del RNE, en el artículo 21, apartado m, se establece que la clase, tamaño, capacidad y ubicación de los separadores e interceptores deben ajustarse al uso correspondiente.

Según la Norma IS. 010 del RNE, en el artículo 21, apartado o, se determina que se deben colocar separadores de aceite en el sistema de drenaje de estaciones de servicio, talleres de reparación de vehículos motorizados y otras construcciones, donde haya

riesgo de que aceites y lubricantes ingresen al sistema de aguas residuales, ya sea de forma accidental o intencional.

Según la Norma IS. 010 del RNE, en el artículo 21, apartado p, se estipula que es necesario instalar interceptores para arena, vidrio, cabellos, hilos u otros sólidos en el sistema de drenaje de embotelladoras, lavanderías y otros locales donde se puedan descargar residuos sólidos tanto de manera intencionada como accidental.

2.1.3 Material Adsorbente Orgánico – Filtros

Según Valladares et al., (2016), en su artículo titulado “Adsorbentes no convencionales, alternativas sustentables para el tratamiento de aguas residuales”, se mencionó que varias investigaciones indican que es posible crear materiales con buenas propiedades de adsorción a partir de fuentes naturales, lo que genera un interés por investigar estos materiales alternativos que se clasifican como “no convencionales”, y que podrían ayudar a reducir o eliminar contaminantes de tipo metálico u orgánico en el agua residual. Los adsorbentes no convencionales, también conocidos como verdes o bioadsorbentes, se obtienen aprovechando los residuos generados en la industria alimentaria y agrícola, tales como restos de frutas, residuos vegetales y plantas.

Las áreas rurales de Perú poseen una gran variedad de especies de plantas y frutas, lo que las convierte en lugares ideales para el desarrollo de industrias alimentarias o agroindustrias, las cuales producen miles de toneladas de desechos vegetales y frutales anualmente. Por esta razón, la utilización de estos desechos, en particular las cáscaras de frutas, para la eliminación de contaminantes en aguas residuales, se presenta como una opción con gran potencial y aprovechamiento. Esto ofrece múltiples beneficios, tales como ser materiales bioadsorbentes económicos, de fácil acceso, con buena capacidad de

adsorción, susceptibles de mejora mediante modificación química, capaces de regenerarse y biodegradables, lo que reduce los problemas relacionados con la disposición final tras la adsorción.

A continuación, se presenta una clasificación básica que toma en cuenta el origen o la fuente de los adsorbentes no tradicionales utilizados en los procesos de tratamiento de aguas residuales contaminadas.

- a. biomasa tanto viva como muerta (microorganismos)
- b. residuos de la agroindustria
- c. residuos generados por la industria alimentaria.

La utilización de fibras naturales como alternativas poco comunes para la captura y eliminación de metales y colorantes en el tratamiento de aguas residuales está en sus primeras fases. Aunque hay numerosos informes que indican la habilidad de absorción de las fibras de diferentes plantas, como semillas, hojas y tallos, es fundamental realizar estudios que investiguen las aplicaciones de este proceso y desarrollar tecnología para abordar el problema específico.

El material utilizado para adsorción posee cualidades únicas, cuyos componentes filtrantes se elaboran a partir de materiales biológicos como cascaras, hojas, semillas o combinaciones de estos, con el fin de eliminar sustancias nocivas del agua como el Flúor (F), Arsénico (As), Plomo (Pb), Cobre (Cu), Cromo (Cr) y Zinc (Zn). Se emplean flavonoides, que son inocuos para los seres vivos y tienen la capacidad de atrapar elementos o radicales libres, manteniéndolos mediante un intercambio iónico y así purificando el agua.

En base a los estudios revisados para el presente trabajo de investigación se emplearán cascaras de coco como materiales adsorbentes orgánicos (filtros) esto más que nada por la capacidad de adsorción que ambos tienen como reemplazo del carbón activado y/o como adsorbentes naturales.

2.1.4 Activaciones física y química

Según Luna et al. (2006), explicaron en su artículo “Obtención de Carbón Activado a partir de la Cáscara de Coco” que los procesos de fabricación del carbón activado se obtienen por:

2.1.4.1 Activación física.

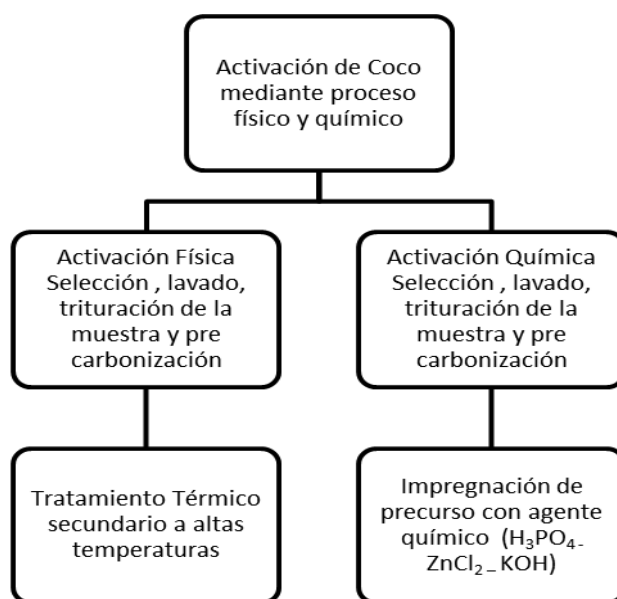
La porosidad de los carbones obtenidos por activación física se debe a la gasificación del material carbonizado a altas temperaturas. En el proceso de carbonización, se eliminan componentes como hidrógeno y oxígeno del material precursor, resultando en una estructura carbonosa con porosidad básica. Durante la gasificación, el material carbonizado se somete a una atmósfera oxidante (que puede ser vapor de agua, dióxido de carbono o una combinación de ambos), lo que elimina productos volátiles y átomos de carbono, incrementando así el volumen de poros y el área superficial. El carbón resultante se denomina carbón primario, similar al que se utiliza para asar alimentos.

2.1.4.2 Activación química.

La porosidad de los carbones producidos mediante activación química se crea a través de reacciones de deshidratación que ocurren a temperaturas notablemente más bajas. En este procedimiento, el material basado en carbón se somete a una impregnación con un reactivo químico, mayormente ácido fosfórico (o cloruro de zinc), y luego se calienta en un horno a temperaturas entre 500 y 700 grados Celsius. Los reactivos químicos empleados disminuyen la generación de sustancias volátiles y alquitranes. Después, el carbón obtenido se lava para quitar los residuos del reactivo químico utilizado. Este tipo de carbón se conoce como carbón secundario.

Figura 1

Proceso de activación física y química



Nota. Mediante un diagrama de flujo se indica el proceso de obtención de carbón activado de coco mediante activación física y activación química

2.1.5 Tipos de tratamientos de aguas residuales

2.1.5.1 Pretratamiento o tratamiento preliminar.

De acuerdo con el MINAM (2008), la fase inicial de tratamiento implica procesos para preparar las aguas residuales, lo que incluye la eliminación de arena, objetos grandes, materiales flotantes, sedimentos, aceites y grasas. Los dispositivos empleados en este tratamiento inicial son la reja, tamiz, el desarenador y el desengrasador. Estas herramientas, a menudo pasadas por alto en el diseño de plantas de tratamiento, son cruciales para prevenir inconvenientes causados por la entrada de arena, basura, plásticos, entre otros, a los procedimientos de tratamiento en sí, que pueden ser físicos o mecánicos.

2.1.5.2 Tratamiento primario.

Según el MINAM (2008), se define como unidad de tratamiento primario a cualquier sistema capaz de eliminar material suspendido, excluyendo tanto los materiales coloidales como las sustancias disueltas en el agua. De este modo, el tratamiento primario logra eliminar entre el 60 y el 70% de los sólidos suspendidos totales y hasta un 30% de la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) de origen orgánico que se encuentra en las aguas residuales. En áreas rurales, es habitual utilizar el tanque séptico como sistema de tratamiento primario, donde los efluentes se disponen finalmente mediante infiltración. En localidades de tamaño intermedio, se ha empleado el tanque Imhoff como un sistema efectivo de tratamiento primario. Por ejemplo, en la ciudad de Ayacucho se han instalado seis tanques Imhoff como parte del sistema de tratamiento de aguas. También se utilizan tanques de sedimentación primaria, tanques de flotación y lagunas

primarias dentro de sistemas de lagunas de estabilización. Una reciente investigación en Brasil ha identificado al Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA, conocido en inglés como UASB) como un sistema viable para ser promovido como unidad de tratamiento primaria. Aunque esto desafía la noción convencional del tratamiento UASB, que ha sido clasificado como de nivel secundario, su incorporación como unidad primaria en los procesos de tratamiento ha tenido efectos positivos, alineándose con el enfoque de ecoeficiencia que busca mejorar la eficacia de los procesos. Esto la convierte en una opción innovadora que se describirá más adelante. En esta fase se genera lodo orgánico que necesita un tratamiento adicional (estabilización), el cual puede ser físico o químico.

2.1.5.3 Tratamiento secundario.

De acuerdo con el MINAM (2008), el proceso de tratamiento secundario elimina la materia orgánica biodegradable y los sólidos en suspensión, lo cual es esencial para cumplir con los estándares de calidad del agua relacionados con la DBO₅, la DQO y los sólidos suspendidos.

El tratamiento más comúnmente utilizado implica lagunas: anaerobias, facultativas y aireadas, ya sea de forma independiente o combinada. También se utiliza tecnología de lodos activados, que abarca los métodos de flujo continuo y SBR, además de lechos fijos sumergidos, filtros percoladores y reactores anaerobios de tipo RAFA.

El principio del tratamiento secundario se basa en la utilización de procesos biológicos donde predominan las reacciones bioquímicas producidas por microorganismos, que logran una remoción efectiva de entre el 50% y el 95% de la DBO. Los sistemas más prevalentes son:

- Biofiltros o filtración biológica, filtros percoladores, filtros rotativos o biodiscos.
- Lodos activados, incluyendo tanto los convencionales como los de aireación extendida.
- Lagunas de estabilización de tipo facultativa y aireada.

2.1.5.4 Tratamiento terciario.

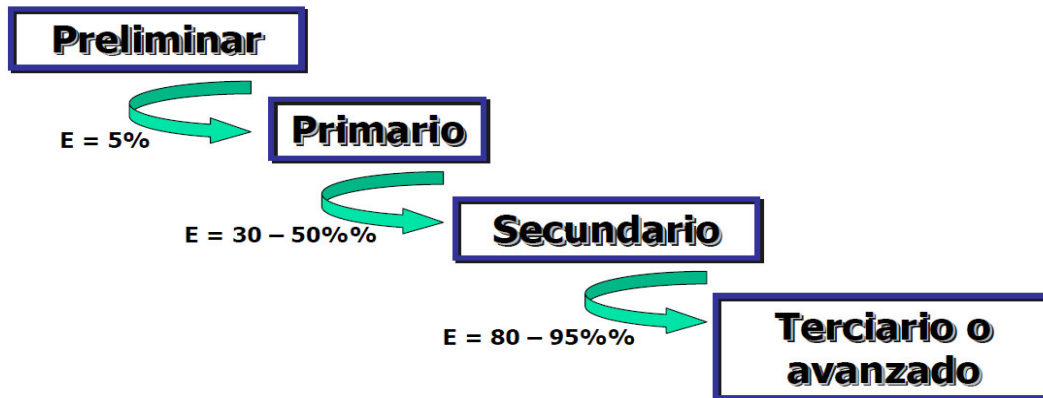
Según el MINAM (2008), la necesidad de implementar un tratamiento terciario depende de la disposición final que se pretenda dar a las aguas residuales tratadas.

El tratamiento de tipo terciario tiene como finalidad principal eliminar nutrientes como nitrógeno y fósforo. Generalmente, el propósito de este tratamiento es prevenir el agua residual previamente tratada cause eutrofización o un crecimiento excesivo de algas en lagos, estanques o cuerpos de agua con poca circulación, lo que provocaría la disminución del oxígeno disuelto y afectaría a la vida acuática del entorno receptor. El efluente proveniente de plantas de tratamiento de nivel terciario puede ser utilizado para el riego de cultivos, la piscicultura y otras actividades económicas. Además, el efluente tratado de forma terciaria puede tener aplicaciones especiales, como la recarga de acuíferos, el uso industrial del agua, entre otros. Los métodos más comunes incluyen la precipitación química de nutrientes, distintas técnicas de filtración, destilación, flotación y ósmosis inversa, entre otros.

El tratamiento terciario consiste en la implementación de procesos fisicoquímicos o biológicos para alcanzar un grado de tratamiento superior al tratamiento secundario.

Figura 2

Esquema de remoción por niveles de tratamiento de aguas residuales



Nota. Mediante el siguiente esquema se puede observar la eficiencia de remoción que existe en el tratamiento de aguas residuales, mediante los tipos de tratamientos que tenemos.

2.1.6 Parámetros de medición de las aguas residuales

2.1.6.1 Valores máximos admisibles (VMAs).

El Decreto Supremo N. ° 021-2009-VIVIENDA regula las descargas de aguas industriales en el sistema de saneamiento y establece los límites permitidos (VMA). “Los límites permitidos se refieren a la concentración de ciertos elementos o parámetros físicos y/o químicos que definen un efluente industrial que va a ser enviado a la red de saneamiento, y cuyo sobrepaso genera daños inmediatos o graduales a la infraestructura y equipos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, afectando negativamente los procesos de tratamiento de dichas aguas”.

El Reglamento de los VMA (Decreto Supremo N. ° 003-2011-VIVIENDA) define el programa de vigilancia y el procedimiento de inspección y sanción en caso de violaciones por descargas no domésticas. La EPS tiene la responsabilidad de establecer un sistema para monitorear y supervisar las descargas no domésticas, a fin de asegurar que se cumplan las normativas de VMA. El usuario no doméstico debe realizar el seguimiento de su descarga, y la EPS está obligada a comprobar los datos que reporte el usuario no doméstico. Los VMA se clasifican en dos categorías de parámetros, que se incluyen en los anexos N. ° 01 y 02 del Decreto Supremo N. ° 021-2009-VIVIENDA. Un sobrepaso en los VMA del anexo N. ° 01 conlleva costos adicionales que el usuario debe pagar a la EPS por la descarga en el sistema de saneamiento, mientras que el incumplimiento del anexo N. ° 02 lleva al cierre de la descarga. Es relevante apuntar que la instalación del monitoreo de VMA representa un gasto considerable para los pequeños usuarios no domésticos, ya que el monitoreo y el análisis en un punto de control tiene un costo aproximado de S/. 35,002. La tabla N°1 presenta algunos de los parámetros de los VMA. El parámetro de sulfatos es uno de los más complicados de cumplir en las descargas de efluentes de la industria alimentaria, dado que las altas concentraciones de sulfatos requerirían implementar un tratamiento previo antes de la descarga en el alcantarillado público. Además, es importante destacar que las tecnologías autorizadas para eliminar sulfatos de aguas residuales no garantizan concentraciones menores a 500 mg/L3.

Tabla 2*Algunos VMA para descargas industriales al alcantarillado*

Anexo 1		
Parámetro	Unidad	Valor
DBO5	mg/L	500
DQO	mg/L	1,000
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	500
ACEITES Y GRASAS	mg/L	100

Anexo 2		
Parámetro	Unidad	Valor
PH	-	6 - 9
Temperatura	-	< 35
Sólidos Sedimentables	mL/L/h	8.5
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	80
Sulfatos	mg/L	500
Cromo Total	mg/L	10
Arsénico	mg/L	0.5
Boro	mg/L	4
Plomo	mg/L	0.5

Nota. Diagnostico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento. Adaptada de

“SUNASS”, 2016

2.1.7 Sistema Sostenible

Según Madroñero y Guzman (2018), indican que el progreso sostenible ha conducido a una evaluación de las consecuencias que este tiene en cuanto a su viabilidad y su capacidad para atender las condiciones actuales, que abarcan aspectos económicos, ecológicos y sociales. Además, no especifica cómo se logrará ese desarrollo, lo

que es crucial, ya que hay particularidades en cada área del planeta que pueden facilitar o complicar la consecución de este concepto. También se puede observar un marcado enfoque centrado en el ser humano, ya que se fundamenta en garantizar la permanencia de los recursos para preservar y asegurar las condiciones de vida de las personas.

Para Leal (2016), se menciona que el desarrollo sostenible se entiende como “el que eleva la calidad de vida de las personas sin exceder los límites que pueden soportar los ecosistemas que las apoyan”, lo cual resalta la dependencia, puesto que el ser humano se ve forzado a utilizar los ecosistemas para garantizar su existencia.

Según Rivera et al. (2017), El concepto de desarrollo y medio ambiente se han entrelazado desde hace muchos años como una pareja imprescindible, debido a la necesidad de que el desarrollo económico respete el medio ambiente para evitar su deterioro, impulsando así la conservación de los recursos naturales. Tanto el desarrollo como el medio ambiente dependen el uno del otro y se benefician mutuamente en pro del bienestar de todos los seres vivos. Por ello, es fundamental que ambas áreas se integren, donde la sostenibilidad guía el avance económico de los países. En este sentido, se aborda la compleja cuestión medioambiental.

2.2 Marco legal

- Decreto Supremo que integra la prestación del servicio de saneamiento y modifica el texto del reglamento de la ley general de servicios de saneamiento abre a las EPS la posibilidad de concesionar servicios de saneamiento. D.S. N° 13-2014-VIVIENDA
- Aprobación del Protocolo de Monitoreo de Calidad de los Efluentes de las PTAR domésticas o Municipales R.M. N° 273-2013-VIVIENDA

- Aprobación de Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales domésticas o Municipales D.S. N° 003-2010-MINAM
- Ley de la Modernización de los Servicios de Saneamiento y su reglamento esta ley tiene por objeto establecer medidas orientadas al incremento de la cobertura y al aseguramiento de la calidad y la sostenibilidad de los servicios de saneamiento a nivel nacional, a la vez que promueve el desarrollo, la protección ambiental y la inclusión social Ley N° 30045 y D.S. N° 015-2013-VIVIENDA
- Nuevo Reglamento para el Otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reúso de aguas residuales tratadas, disposiciones y modificaciones R.J. N° 224-2013-ANA
- Decreto de Aprobación de los Valores Máximos Admisibles (VMA) para la descarga al alcantarillado público y su reglamento D.S. N° 021-2009-VIVIENDA y D.S. N° 003-2011-VIVIENDA
- Aprueban Disposiciones para la Implementación de los ECA, a partir del 01 de abril del 2010 D.S. N° 003-2009-MINAM
- Aprueban los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-AGUA) D.S. N° 002-2008-MINAM
- Plan Nacional de Saneamiento 2006-2015, el Plan Nacional del Sector Saneamiento contiene los objetivos, estrategias, metas y políticas para el desarrollo de dicho sector a corto, mediano y largo plazo, así como los programas, inversiones y fuentes de financiamiento D.S. N° 007-2006-VIVIENDA

- Reglamento de Calidad de prestación de servicios de saneamiento, regula las características de calidad que debe tener la prestación de los servicios de saneamiento en el ámbito de competencia de la SUNASS.
- Ley General de Residuos Sólidos y su Reglamento categoriza los residuos y define su manejo Ley N° 27314 y D.S. N° 057-04-PCM
- Ley General de Salud, el abastecimiento del agua, alcantarillado, disposición de residuos sólidos quedan sujetos a las disposiciones que dicta la autoridad de salud competente, la que vigilara su cumplimiento Ley N° 26842
- Ley General de servicios de saneamiento y su texto único Ordenado del Reglamento, regula la prestación de los servicios de saneamiento en los ámbitos rural y urbano. Ley N° 26338

2.3 Marco filosófico

La incorporación de nuevos proyectos y obras que realiza el ser humano, sobre todo si exceden determinado espacio, resultan muchas veces demasiado para el tamaño del escenario natural en el que se desarrollan estas actividades. También sucede que ciertas actividades constructivas, como una carretera, edificaciones, obras de saneamiento, no siempre resulta un bien para todos los actores implicados o afectados como la comunidad. Por tal motivo por más que se puedan aplicar técnicas constructivas eficaces o con buenas intenciones, y legítimas ante el estado puede resultar con cierto grado de contaminación o dañino para los seres vivos que habitan dicho espacio o lugar.

Más allá de realizar buenos estudios que involucren aspectos técnicos y económicos favorables, el debatir y evaluar la necesidad del impacto socio ambiental se enfrentó a los distintos actores con cuestiones de gran relevancia ética y moral. Por tal motivo se puso de manifiesto la influencia que vienen ejerciendo en los últimos cuarenta años las reflexiones y planteos generados en el campo de la filosofía ambiental.

Es que la conciencia del impacto antrópico en el ambiente ha intervenido también en el campo de reflexión filosófica. La eco filosofía emergente se ha ido generando en diferentes tendencias tales como la ecología más a detalle o las diversas corrientes de la ética ambiental.

Todas ellas tienen algún tipo de análisis del antropocentrismo, con variaciones que contienen desde el biocentrismo radical hasta un antropocentrismo bajo más moderado (Bugallo, 2005).

En el quehacer de la ecofilosofía, el llamado biocentrismo lleva una implícita meta de poder llegar a los humanos hacia un mayor valor por los procesos evolutivos que le dio origen al ser vivo.

Para la mayoría de los Filósofos, los humanos no tienen derechos a interferir con los cambios que se puedan dar en la naturaleza. Debe quedar claro que el biocentrismo no implica en modo alguno una actitud misantrópica, ni el hecho de negar lo propio humano. En todo caso se trata de analizar y evaluar si aquello que el ser humano considera suyo, es solo para él o puede compartir de tal forma en algún grado por otros seres vivos, según la caracterización que realizara el filósofo (Norton, 1984).

El antropocentrismo fuerte tiene las preferencias o emociones frecuentemente de mediano y a corto tiempo; además desconoce, niega que constituya amenaza para continuar la vida en la Tierra. Se refleja en la posición económica actual que impulsa prácticas

precisamente de ningún enfoque sostenible para la agricultura, ganadería o turismo, habilitaciones que no cuentan con planificación de forma adecuada, deteriorando el ambiente, con carencia de políticas atentas al incremento de la población y al desarrollo del mismo. (Norton, 1984).

Esto puede resultar lógico en una etapa del pasado en que el humano en su primera etapa de desarrollo social se sentía sin dirección frente a una naturaleza árida, natural, agreste, salvaje, hostil y poderosa, y en donde la pelea por sobrevivir era día a día, complicada y enorme. La naturaleza era vista con óptica autosuficiente, que no necesitaba la intervención del humano para que pueda mantenerse. Hoy la situación ha cambiado y se puede notar que el medio ambiente puede ser frágil ante un alto incremento tecnológico que amenaza con alterar sus etapas y elementos, contaminándola sin respeto alguno al orden natural establecido.

La ética de la Tierra cambiaría el rol del ‘homo sapiens’, de conquistador del mundo a miembro pleno y ciudadano de la comunidad de todos los seres vivos. Leopold, (1949) consideraba que la idea tan extendida y desarrollada de que “la economía determina toda la utilización de la Tierra” es una falsedad. Llamaba a superar la creencia en que el buen uso de la Tierra es sólo un problema económico, y a evaluar si nuestras acciones son ética y estéticamente correctas, además de ser económicamente viables. Por lo tanto, podemos decir que toda acción humana es buena cuando se logra preservar la integridad, la estabilidad y la belleza de la comunidad biótica. Es incorrecta la que actúa a la inversa.

III. METODO

Según Coelho (2019) la metodología de la investigación es una disciplina de conocimiento encargada de elaborar, definir y sistematizar el conjunto de técnicas, métodos y procedimientos que se deben seguir durante el desarrollo de un proceso de investigación para la producción de conocimiento.

Orienta la manera en que vamos a enfocar una investigación y la forma en que vamos a recolectar, analizar y clasificar los datos, con el objetivo de que nuestros resultados tengan validez y pertinencia, y cumplan con los estándares de exigencia científica.

3.1 Tipo de Investigación

3.1.1 *Método de investigación.*

Según Tamayo (2008), el método deductivo consiste en la totalidad de reglas y procesos, con cuya ayuda es posible deducir conclusiones finales a partir de unos enunciados supuestos llamados premisas, si es de una hipótesis se sigue una consecuencia y esa hipótesis se da, entonces, necesariamente, se da la consecuencia. La forma suprema del método deductivo es el método axiomático. Por lo tanto, se puede decir en el método deductivo que se pasa de lo general a lo particular.

3.1.2 *Orientación de la investigación.*

Tipo de investigación cuyo propósito es dar solución a situaciones o problemas concretos e identificables (Bunge, 1971)

3.1.3 Enfoque de la investigación

De acuerdo con Hernández et al. (2014), la investigación cuantitativa considera que el conocimiento debe ser objetivo, y que este se genera a partir de un proceso deductivo en el que, a través de la medición numérica y el análisis estadístico inferencial, se prueban hipótesis previamente formuladas.

3.1.4 Recolección de datos

Se llevó a cabo mediante la recolección de materia prima, cascara de coco, esta fue adquirida del mercado de frutas, las cuales fueron 200 unidades, así mismo se recolecto 120 litros de agua residual proveniente de lavanderías ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho.

3.1.5 Tipo de investigación

Hernández et al. (2010) señalan que “tal clase de investigación cumple dos propósitos fundamentales: a) producir conocimiento y teorías (investigación básica) y b) resolver problemas (investigación aplicada)”, consecuentemente, la presente investigación es del tipo aplicada, en razón a que se pretende encontrar estrategias o mecanismos que coadyuven a plantear la eficiencia de remoción de los contaminantes de las aguas residuales provenientes de lavanderías, dentro de un ámbito específico y delimitado.

3.1.6 *Diseño de la investigación*

Según Marroquín (2012), es de diseño experimental, Se fundamenta en el Método Científico y utiliza como procesos lógicos la inducción y la deducción. Consiste en realizar actividades con la finalidad de comprobar, demostrar o reproducir ciertos fenómenos hechos o principios en forma natural o artificial, de tal forma que permita establecer experiencias para formular hipótesis que permitan a través del proceso científico conducir a generalizaciones científicas, que puedan verificarse en hechos concretos en la vida diaria.

3.2 Población y muestra

3.2.1 *Población*

La población está constituida por la cantidad de litros de agua residual que genera por día la lavandería, en promedio la lavandería recibe unos 10 Kg de ropa por día.

Basándose en dicha premisa y según lo indicado en la Norma IS. 010 del RNE, en el capítulo 2.2 Dotaciones, ítem t, se indica que las dotaciones diarias mínimas de agua para uso industrial, en lavanderías, por lo tanto, tenemos una dotación por día = 400 litros

3.2.2 *Muestra*

La muestra para el siguiente estudio aplicando la fórmula para poblaciones finitas

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

- N = Total de la población
- $Z_{\alpha}^2 = 1.96^2$ (si la seguridad es del 95%)
- p = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05)
- q = 1 – p (en este caso 1-0.05 = 0.95)
- d = precisión (en este caso deseamos un 3%).

Reemplazando los valores tenemos una muestra de 197 litros, para nuestro estudio se recolecto 200 litros de agua residual equivalente a (10 baldes de 20 litros).

3.3. Operacionalización de variables

En cuanto a las variables del presente proyecto de investigación se han podido identificar las siguientes, en la Tabla 3:

Tabla 3

Matriz de operacionalización

MATRIZ OPERACIONAL						
	Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad
INDEPENDIENTE	1.- Porcentaje de activación química	Se obtiene mediante un tratamiento termo-química, comúnmente denominado tratamiento químico. Mediante este tratamiento, con reactivos químicos, la materia prima se transforma en carbón pero adquiriendo propiedades con una gran actividad y poder adsorción	La activación química tendrá un proceso diferente al físico en esta etapa se tendrá más procedimientos y sobre todo seguridad en el trabajo de la activación, se trabajara con tres elementos químicos como el Ácido Fosfórico (H3PO4), Hidróxido de Potasio (KOH) y el Cloruro de Zinc (ZnCl2)	Propiedad Física	Porcentaje	%
	2.- Cantidad de adsorbente no convencional	Es la cantidad a utilizar de la cáscara de coco como adsorbente no convencional, para así aumentar la eficiencia de adsorción, con distintos tiempos de quemado	La cantidad a emplear del material adsorbente no convencional serán de 45 g, con tiempos de quemado del carbón activado de 3 y 5 horas.	Propiedad Física	Masa	g
	3.- Tiempo de Retención	Es el tiempo en la cual se pone en contacto la muestra con el adsorbente no convencional para la retención de contaminantes	Se realizaran pruebas en laboratorio, midiendo el tiempo de retención en los filtros	Propiedad Física	Tiempo	min
DEPENDIENTE	% extracción de adsorbente no convencional	Es el estudio que se realiza con las concentraciones finales de los parámetros involucrados (Turbidez, Sólidos Suspendidos Totales, Nitrógeno Amoniacal, PH, DBO, DQO y metales pesados) para determinar la extracción del adsorbente no convencional de las aguas residuales provenientes de lavanderías	Se calculará la diferencia de las concentraciones iniciales y finales de los parámetros. Donde: $\%Eficiencia = \frac{[P_i] - [P_f]}{[P_i]} \times 100$ Pi: Concentración inicial de parámetros involucrados Pf: Concentración final de parámetros involucrados	Eficiencia de remoción de parámetros estudiados.	Porcentaje	%

Nota. Matriz donde se muestra las variables y dimensiones

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnica

Para la presente investigación se utilizó la técnica de la observación, con la finalidad de que los datos observados se deben plasmar en formatos adecuados de recolección.

Instrumentos de recolección de datos

En la presente investigación se utilizará como instrumento, una Lista de Chequeo que se realizará en determinados intervalos de tiempo.

- Medición de intervalos de tiempo de quemado
- Ensayos de laboratorio químico y microbiológico
- Verificación de porosidad del carbón activado física y químicamente
- Medición de eficiencia de remoción de contaminantes

3.5. Procedimientos

La investigación fue realizada en el distrito de San Juan de Lurigancho, en la ciudad de Lima, en donde la muestra fue la recolección de 200 litros de agua residual proveniente de lavandería, así mismo se procedió a realizar 14 filtros, el proyecto de investigación se llevó a cabo realizando el siguiente desarrollo procedimental:

- Se recolecto la materia prima, como la cascara de coco del mercado de frutas.
- Se recolecto el agua residual a tratar, provenientes de lavanderías en el distrito de San Juan de Lurigancho.
- Se procedió al secado de manera natural y al quemado de la materia prima, como la cascara de coco en un horno artesanal.

Luego se procedió a realizar la activación del carbón de coco

- Se procedió a realizar la activación física previamente lavado, para reducir las impurezas.

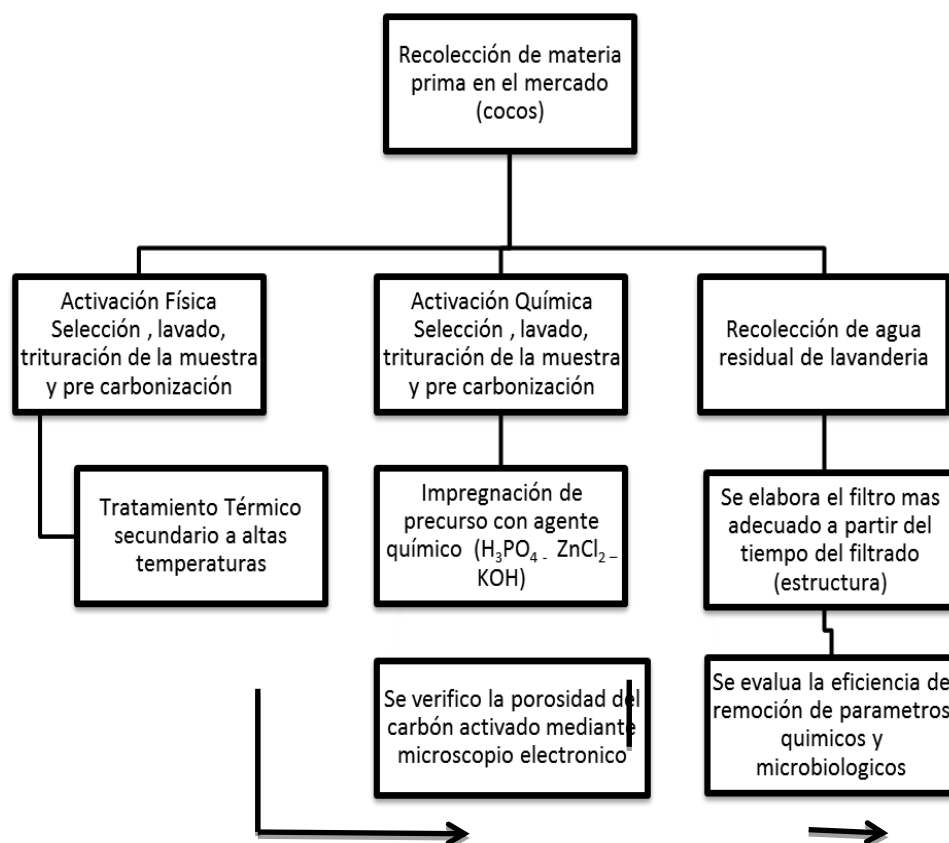
- Se procedió a realizar la activación química con Ácido Fosfórico (H_3PO_4), Hidróxido de Potasio (KOH) y el Cloruro de Zinc ($ZnCl_2$), en concentraciones del 20% y 40% y en intervalos de quemado mediante horno eléctrico de 3 y 5 horas.

Finalmente, los procedimientos e instrumentos de análisis de datos empleados en la investigación fueron los siguientes:

- Se verifico la porosidad del carbón activado (físico y químico) mediante el empleo de microscopio electrónico, para determinar cuál de ellos tiene mejor capacidad de absorción.
- Se procedió a realizar el diseño de filtro más adecuado en base a los carbones activados obtenidos de manera física y química.
- Se evaluó la eficiencia de remoción de parámetros químicos y microbiológicos que se generaba al emplear los filtros a base del carbón activado de coco.
- Se planteó el diseño y el beneficio económico que genera el empleo del filtro a base del carbón activado de coco en las lavanderías.

Figura 3

Procedimiento de obtención de carbón activado – proceso de filtración



Nota. Mediante un diagrama de flujo se indica el proceso de obtención de carbón activado mediante activación física y activación química, así como el proceso de obtención de filtración

3.6. Análisis de datos

La presente es una investigación del tipo aplicada, la cual fue elaborada de manera secuencial: se inició con la medición de variables, luego se procedió a recolectar datos, para luego analizar estos, y se enfatizó en la interpretación del proceso. Adicionalmente, se empleó el concepto del análisis sistémico con el objetivo de determinar una correlación entre sí, que sirva como línea base y permita una mejor valoración al momento de contrastar el objetivo general y los objetivos específicos considerados en la investigación.

Para el análisis de datos y contrastación de las hipótesis se realizó los ensayos de reducción de parámetros químicos y biológicos en un laboratorio acreditado por INACAL, así mismo se realizó el ensayo con activadores químicos al 20% y 40% de concentración en intervalos de tiempo para poder medir la efectividad del filtro

Una vez obtenido todos los resultados de laboratorio se procedió a realizar la contrastación entre la relación que existe entre las hipótesis planteadas.

3.7. Consideraciones éticas

Niño (2011) “el aspecto ético cuenta con grandes cuatro grupos: la confidencialidad, el anonimato, la legalidad y el profesionalismo y con ello se debe actuar con responsabilidad durante el proceso de investigación” (p. 224).

El presente proyecto de investigación garantiza que no hubo plagio en su contenido ya que se respetó la propiedad de los documentos y archivos consultados siendo citados con su fuente respectiva en base al formato del Manual APA.

CIP (2018) “promueve la manera correcta de ejercer la profesión dentro del marco de la ley y las normas éticas y deontológicas” (p. 2).

Por otro lado, como futuro ingeniero civil garantizo a cumplir lo estipulado en el código de ética del colegio de ingenieros del Perú aprobado en Julio de 2018.

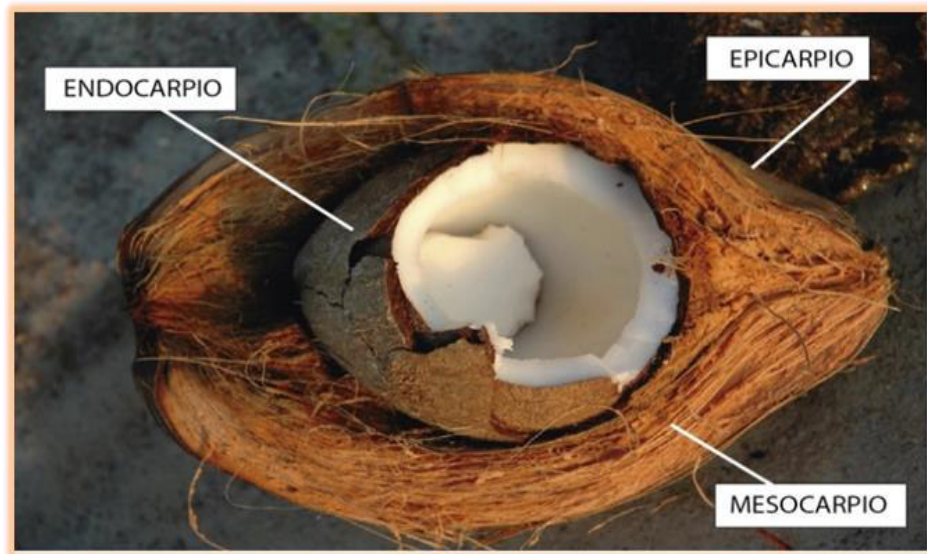
IV. RESULTADOS

El presente estudio está enfocado en analizar 200 litros de agua residual provenientes de lavanderías mediante el empleo de 14 filtros empleando carbón activado a partir de cascara de coco, ya que en diferentes estudios de investigación, los cuales se describen en los antecedentes del presente trabajo, se ha utilizado la cascara de coco, como materia prima para diferentes usos, pero para lograr un producto con mayor absorción en los artículos leídos se visualiza como referencia al carbón activado, es por ello que se procederá a realizar en la presente investigación experimental las comparaciones tanto de la activación física y química, con la finalidad de poder obtener el filtro adecuado en una escala menor por medio del trabajo experimental, de esta manera tener la estructura de filtro a una escala mayor para el suministro de pre tratamiento de aguas residuales de lavandería, el cual se pretende diseñar con la presente investigación.

4.1 Obtención de la Materia Prima – Cascara de Coco

El material orgánico propuesto para trabajar el coco, considerado como especie tropical conocida como cocotero fruto de la palmera, su estructura está conformada por tres capas las cuales son las siguientes el epicardio es ubicado en la parte externa del fruto, el mesocarpio es la parte intermedia del fruto formada por la fibra interna del fruto y el endocarpio es la capa dura el cual rodea la pulpa del coco, la parte del coco que se tomara como material para el presente trabajo será el endocarpio para obtener el carbón activado de coco.

Figura 4
Estructura del coco



Nota. Internet <https://construinnova.net/2017/03/23/de-cocos-y-estructuras/>

Se obtuvo 200 unidades de coco, en el mercado de frutas ubicado entre el límite del Distrito de la Victoria y San Luis, la procedencia del insumo fue del departamento de Piura. Para recuperar el endocarpio de la cascara de coco, se realizó el proceso de limpieza y rotura del fruto utilizando herramientas como el martillo, cuchara, taladro y recipientes para separar el agua de coco, para la practicidad de sacar la pulpa del coco y solo obtener el endocarpio se procedió al trabajo manual y también se obtuvo calentado el coco en el horno eléctrico a una temperatura media de 70 C° de esta manera se desprendió la pulpa del coco del endocarpio, obteniendo solo la cascara dura como se muestra en las siguientes imágenes.

Figura 5
Recuperación de la cascara de coco



Figura 6
Calentamiento del coco para separar la pulpa del endocarpio



Una vez obtenido el insumo de la cascara de coco (endocarpio), se procedió al secado de manera natural, mediante el secado al sol en un proceso de 5 días por un periodo de 120 horas en aire libre.

Figura 7
Secado de la cáscara de coco al sol



Luego del secado, se realizó el pesado del material obtenido como primer proceso, para ello se contó con una balanza electrónica y ficha de recolección de datos de pesos obtenidos y se anotó el peso total antes del quemado, se pasó al pesado en diferentes grupos para al final realizar la suma total de cada grupo.

Figura 8
Pesado del coco despues del secado de manera natural



Tabla 4***Obtención de pesos de Coco secado de manera natural***

Tabla de pesos obtenidos de los 200 cocos en cuatro grupos diferentes					
Grupos	Cantidad	Días de Secado	Fecha de Pesado	Peso kg.	Peso
Grupo 1	50 cocos	5	25/02/2022	5.571 kg.	5.571
Grupo 2	50 cocos	5	04/03/2022	5.779 kg.	5.779
Grupo 3	50 cocos	4	09/03/2022	7.205 kg.	7.205
Grupo 4	50 cocos	4	18/03/2022	5.280 kg.	5.280
				Total, kg.	23.835

Nota. Se observa los días de secado por grupos de 50 cocos y el peso promedio obtenido

Se puede indicar que de los 200 cocos obtenidos se ha obtenido 23.835 kg de peso de cascara de coco (endocarpio), secado de manera natural al sol.

Se realizó el quemado de la cascara de coco en un horno artesanal el cual se utilizó una fuente de acero como plataforma para recuperar el carbono, la temperatura fue tomada por un termómetro Facer modelo DM301B de toma de distancia mínima de 30 cm y como máxima de 1.80 m para medir temperaturas de carbono y otros materiales con lectura de rebote por medio del láser, se tuvo que pasar por tres fases o etapas, el quemado en conjunto con el tiempo, la temperatura promedio y el proceso de enfriado para que se pueda recuperar la materia prima requerida como carbono, los tiempos en este caso son importantes ya que si se quema mucho se calcina todo el material y no se obtiene el carbono deseado, los tiempos varían y pueden alcanzar hasta los 22 minutos como máximo y como mínimo hasta 9 minutos esto dependerá de la fibra de coco en la cascara y residuos de coco de pulpa en la cascara, teniendo en consideración que el coco también contiene en su pulpa aceite vegetal esto influirá en el quemado más rápido o más lento, para este proceso se trata que no haya corriente de aire dentro del horno es por ello que sea tapado el horno cada vez que sea

realizado el quemado y poder tener un quemado uniforme y no se consuma el carbon por el viento, el tiempo es un factor importante ya que su quemado sera en tiempos cortos.

Las temperaturas que se alcanzó como minimo fue de 367°C en tiempo intermedio del quemado y como maximo se alcanzó los 736°C al final del quemado, en el enfriado se tuvo que poner en otras bandejas metalicas para enfriar el carbon, se acondiciono un cuarto cerrado para el enfriado normal.

Figura 9

Equipos empleados, termómetro laser y horno artesanal



Figura 10

Quemado del coco en el horno artesanal



Figura 11

Toma de temperatura mínima y máxima

**Figura 12**

Obtención del carbón en caliente y en frío



Luego se procedió a obtener los resúmenes por cada grupo, donde se muestra los pesos, tiempos de quemado, temperatura y tiempo de enfriado

Tabla 5*Obtención de pesos de coco después del quemado por grupos*

Grupo 1	Peso	Tiempo	Temperatura	Tiempo de enfriado
Grupo - a	1.114 kg.	19 minutos	650° C	23 minutos
Grupo - b	1.114 kg.	9 minutos	367° C	19 minutos
Grupo - c	1.114 kg.	22 minutos	736° C	30 minutos
Grupo - d	1.114 kg.	20 minutos	662° C	28 minutos
Grupo - e	1.114 kg.	18 minutos	624° C	20 minutos
Totales	5.571 kg.	1:28 h/m		1:60 h/m

Grupo 2	Peso	Tiempo	Temperatura	Tiempo de enfriado
Grupo - a	1.156 kg.	12 minutos	532° C	23 minutos
Grupo - b	1.156 kg.	15 minutos	587° C	25 minutos
Grupo - c	1.156 kg.	14 minutos	425° C	20 minutos
Grupo - d	1.156 kg.	22 minutos	618° C	27 minutos
Grupo - e	1.156 kg.	19 minutos	593° C	19 minutos
Totales	5.779 kg.	1:22 h/m		1:54 h/m

Grupo 3	Peso	Tiempo	Temperatura	Tiempo de enfriado
Grupo - a	1.441 kg.	12 minutos	524° C	26 minutos
Grupo - b	1.441 kg.	11 minutos	673° C	23 minutos
Grupo - c	1.441 kg.	14 minutos	515° C	20 minutos
Grupo - d	1.441 kg.	14 minutos	478° C	19 minutos
Grupo - e	1.441 kg.	16 minutos	565° C	21 minutos
Totales	7.205 kg.	1:07 h/m		1:49 h/m

Grupo 4	Peso	Tiempo	Temperatura	Tiempo de enfriado
Grupo - a	1.441 kg.	10 minutos	511° C	18 minutos
Grupo - b	1.441 kg.	13 minutos	592° C	19 minutos
Grupo - c	1.441 kg.	11 minutos	515° C	21 minutos
Grupo - d	1.441 kg.	12 minutos	615° C	23 minutos
Grupo - e	1.441 kg.	14 minutos	601° C	21 minutos
Totales	5.280 kg.	1:00 h/m		1:42 h/m

4.2 Generación del Carbón Activado

En esta etapa se realizó el pesado del carbón obtenido, teniendo en cuenta que se utilizó 200 cocos cuyo peso total fue de 23,835 Kg, la suma de cinco grupos Grupo 1 - 5,571 kg, Grupo 2 - 5,779 kg, Grupo 3 - 7.205 kg - Grupo 4 - 5,280 kg, se verifica que hay una gran pérdida de peso de la cascara de coco para obtener el carbón, el porcentaje de pérdida es variable de acuerdo con cada grupo realizamos las fórmulas matemáticas para obtener los porcentajes de diferencia y peso obtenido como carbón.

Figura 13

Pesado del carbón de coco



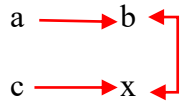
Grupo 1

a= Peso inicial antes del quemado 5.571 kg.

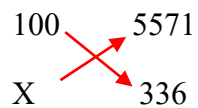
c= Peso final carbón de coco 336 gr.

b= 100% porcentaje

Formula:



$$x = \frac{b \times c}{a}$$



$$x = \frac{100 \times 336}{5571} = 6.0\%$$

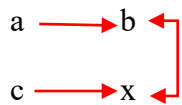
Se recuperó como material carbón coco del grupo 1, el 6.0% del 100% cual fue 336 gr de material para trabajar.

Grupo 2

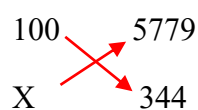
Peso inicial antes del quemado 5.779 kg.

Peso final carbón de coco 344 gr.

Formula:



$$x = \frac{b \times c}{a}$$



$$x = \frac{100 \times 344}{5779} = 5.9 \%$$

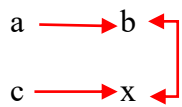
Se recuperó como material carbón coco del grupo 2, el 5.9% del 100% cual fue 344 gr de material para trabajar.

Grupo 3

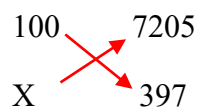
Peso inicial antes del quemado 7.205 kg.

Peso final carbón de coco 397 gr.

Formula:



$$x = \frac{b \times c}{a}$$



$$x = \frac{100 \times 397}{7205} = 5.5 \%$$

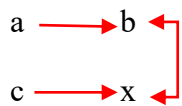
Se recuperó como material carbón coco del grupo 3, el 5.5% del 100% cual fue 397 gr de material para trabajar.

Grupo 4

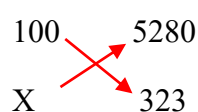
Peso inicial antes del quemado 5.280 kg.

Peso final carbón de coco 323 gr.

Formula:



$$x = \frac{b \times c}{a}$$



$$x = 5280 = 6.1 \%$$

Se recuperó como material carbón coco del grupo 4, el 6.1% del 100% cual fue 323 gr de material para trabajar.

Tabla 6

Pesos obtenidos del carbón

Grupos	Peso inicial del coco		Peso final del carbón obtenido	
Grupos 1	5.571	kilos	336	Gramos
Grupos 2	5.779	kilos	344	Gramos
Grupos 3	7.205	kilos	397	Gramos
Grupos 4	5.280	kilos	323	Gramos
Total	23.835	kilos	1400	Gramos

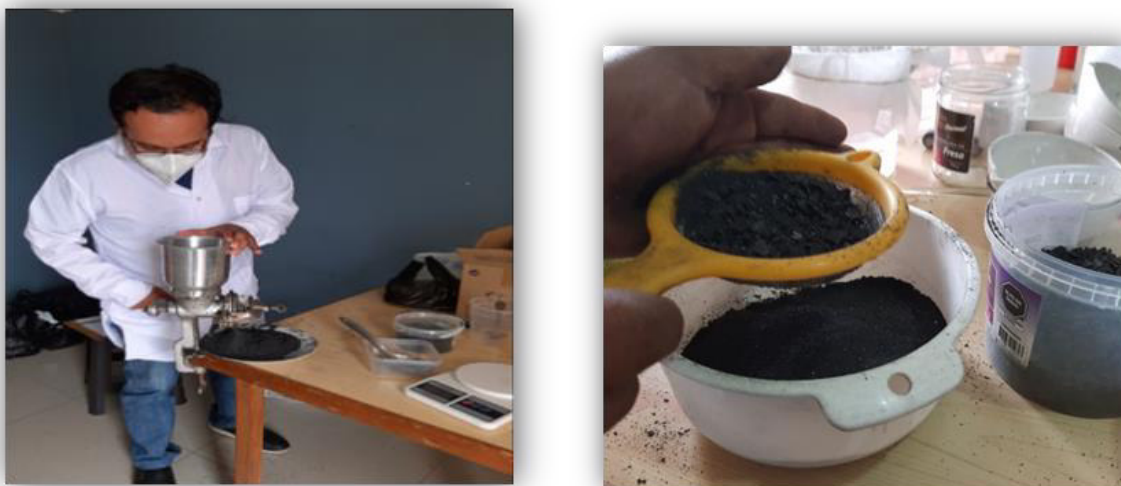
Nota. Se muestra el peso inicial del coco y cuanto se obtiene al carbonizar

Se puede indicar que se obtuvo de materia prima inicial el valor de 23.835 kg de cascara de coco (secado de manera natural al sol) y luego del quemado se obtuvo la cantidad de 1.4 kg de material de carbón de coco, con lo que se puede notar que solo se obtiene 5.87% de materia prima en peso. Luego de obtener el carbón, se procedió a realizar el proceso de molienda, para que de esta manera se pueda obtener el agregado grueso y el agregado fino de carbón a base de la cascara de coco.

En esta etapa se trituro el carbón para obtener los dos tipos de granulometría fina y gruesa, para ello se realizó el molido manualmente para luego cernirlo y poder obtener las granulometrías deseadas a utilizar para el filtro a proponer, la malla usada de un colador casero y fue calculado la abertura de la malla de acuerdo con la tabla tamiz número N° 16 tamaño de apertura 1.18 mm se adjunta pesos obtenido por cada agregado fino y grueso.

Figura 14

Molienda del carbón y cernido por malla N°16 (1.18mm)



En dicho proceso, se obtuvo las dos granulometrías clasificados en el agregado fino (AF) y el agregado grueso (AG) se obtuvo el material recuperado del carbón de coco del peso total del 1.400 kg, de este peso el Agregado Fino (AF) fue de 736 gr, y del Agregado Grueso (AG) fue de 664 gr.

Tabla 7

Pesos obtenidos del carbón (AF) y (AG)

Grupos	Peso final del carbón (AF) gr (AG) gr obtener			
Grupos 1	336	gramo	176	160
Grupos 2	344	gramo	191	153
Grupos 3	397	gramo	211	186
Grupos 4	323	gramo	158	165
Total	1400	gr	736	664
		Total, gr	736 gr	664 gr

Nota. Se observa de cada grupo la obtención de agregado grueso y agregado fino que se a obtenido de cada grupo

4.2.1 Activación física y química del carbón activado

Para obtener el carbono activado se realizó la lectura de diferentes artículos donde se obtuvo resultados en base a los poros que se forman cuando se activa de manera química los cuales se indican en el marco teórico es por ello que se consideró la activación química en el presente estudio experimental, se consideró que el carbón activado de cascara de coco tiene una alta densidad y porosidad y sobre todo pureza como material con un bajo contenido en cenizas y sobre todo en la uniformidad de poros que obtendrá a su activación y la capacidad de adsorción como material.

Se ha trabajado en la activación la temperatura y los tiempos, la temperatura recomendada es no superar los 400°C las lecturas que se alcanzó en el horno eléctrico han sido 358°C a 380°C estando en los rangos pertinentes del proceso y los tiempos entre 3 horas a 5 horas, los insumos químicos utilizados son; el Ácido Fosfórico (H_3PO_4), Hidróxido de Potasio (KOH) y el Cloruro de Zinc ($ZnCl_2$) en porcentaje de cada químico entre el porcentaje del 20% y el 40%, dichos porcentajes fueron utilizados para elegir la mejor activación y efectividad del carbón de coco y el tiempo en el horno también es fundamental para la activación es por ello que se planteó dos tiempos de 3 horas a 5 horas como referencia, los insumos comprados fueron del laboratorio (CHEMILAB Soluciones y Reactivos) se detallara de cada elemento químico sus especificaciones

Especificaciones Ácido Fosfórico al 20% y al 40%

Presentación: Frasco x 250 ml de plástico natural etiquetado

Apariencia: Reactivo líquido incoloro olor característico

Uso: Exclusivo para laboratorio

Formula: H_3PO_4 P.M: 98.00g/mol

Fecha de fabricación: 18/02/2022

Fecha de Vencimiento: 18/02/2024

Especificaciones Hidróxido de Potasio al 20% y al 40%

Presentación: Frasco x 250 ml de plástico natural etiquetado

Apariencia: Solución transparente liquido

Uso: Exclusivo para laboratorio

Formula: KOH P.M: 136.31 g/mol

Fecha de fabricación: 18/02/2022

Fecha de Vencimiento: 18/02/2024

Especificaciones Cloruro de Zinc al 20% y al 40%

Presentación: Frasco x 250 ml de plástico natural etiquetado

Apariencia: Solución transparente liquido

Uso: Exclusivo para laboratorio

Formula: $ZnCl_2$ P.M: 136.31 g/mol

Fecha de fabricación: 18/02/2022

Fecha de Vencimiento: 18/02/2024

Figura 15

Insumos químicos, H_3PO_4 - $ZnCl_2$ - KOH



4.2.1.1 Activación física.

La activación física que se ha realizado en la obtención de carbón activado físicamente, paso por un proceso de quemado y luego por un proceso de lavado de carbón para obtener un carbón limpio de impurezas y de polvillos del mismo carbón que forman un teñido en el agua, el proceso de lavado para obtener el material es un proceso en etapas de eliminación de turbidez del filtrado de la limpieza del carbón en las dos granulometrías como (AF) y (AG) este proceso se realizó por medio de jeringas con agua en el roseado y enjuague del carbón para ello sea empleado el papel filtro y recipientes de promedio de capacidad de un litro los filtrados han sido de manera constante.

En esta etapa se procede a tomar los agregados (AF) y el (AG) para ello primero pasa por un proceso de pesado antes de su lavado del carbón tanto fino y grueso el peso designado por cada muestra es de 45g luego del pesado se realiza el lavado del carbón utilizando un recipiente y el agitador para remover el material en el agua, este proceso se tiene que mantener hasta obtener el agua de color clara, el echado de agua será con jeringa de 20 ml para realizar un buen trabajo, este proceso es necesario para no perder el carbón y rescatar al final el carbón activado físicamente solo limpiado con agua, las veces que se necesita lavar y filtrar hasta conseguir un filtrado limpio tiene un promedio de 20 a 25 lavados por agregado esto dependerá al realizar la visualización del agua pasante por el papel filtro en los recipientes translucidos si el agua ya no está turbia y el agua pasante está clara limpia es significado que ya el carbón está limpio.

Figura 16

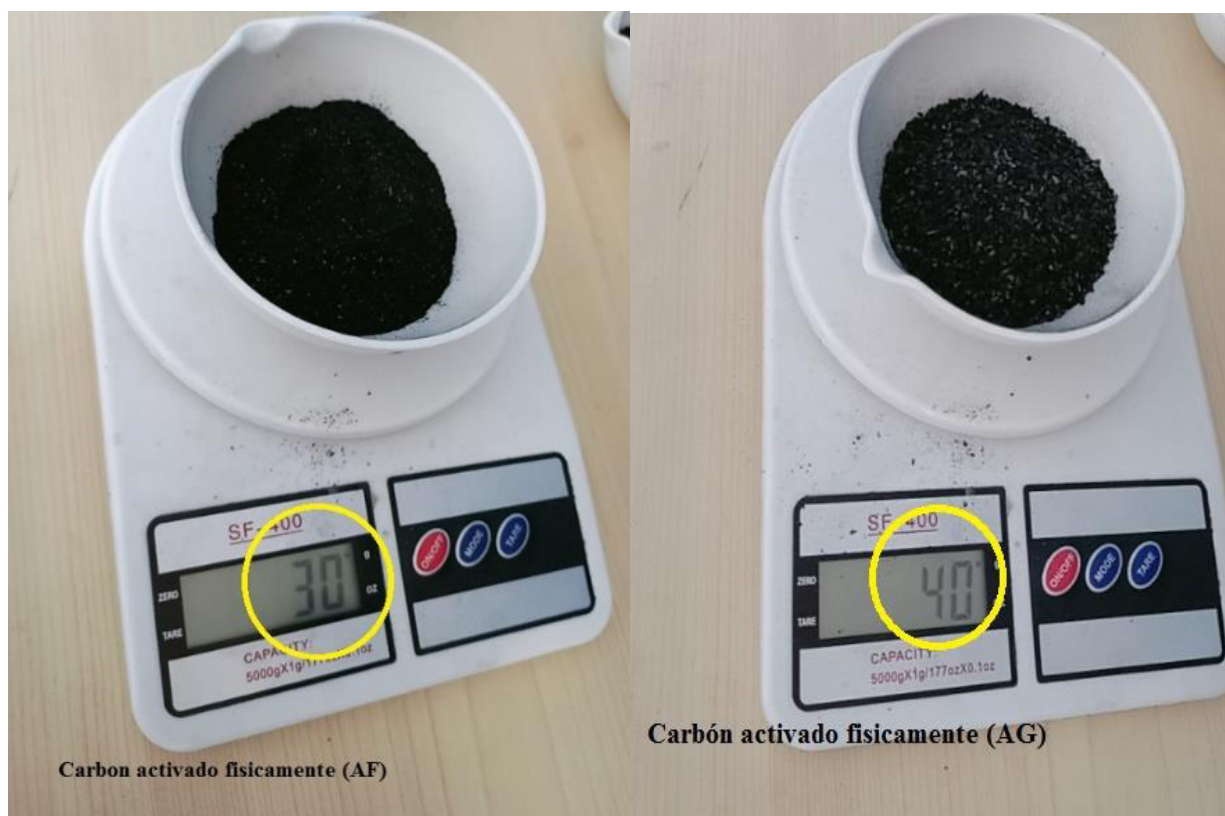
Proceso de activación física, lavado con agua para reducir impurezas



Después de realizar el lavado y obtener el carbón activado se pasó a realizar el pesado y comparar el peso inicial con el material recuperado se redondea el peso para tener uniformidad de los CA, se puede notar que hay una reducción del peso del AG y AF al momento del lavado.

Figura 17

Proceso de pesado despues del lavado del AG y AF



Se puede notar claramente que en el AF hay una reducción de 15 gr, el cual representa el 33.33% del total del peso y en el AG hay una reducción de 5 gr, el cual representa el 11.11% del total del peso, evidenciando de esta manera que existe impurezas que deben ser eliminadas antes de utilizar el carbón activado mediante lavado.

4.2.1.2 Activación química

La activación química tendrá un proceso diferente al físico en esta etapa se tendrá más procedimientos y sobre todo seguridad en el trabajo de la activación, se trabajara con tres elementos químicos como el Ácido Fosfórico (H_3PO_4), Hidróxido de Potasio (KOH) y el Cloruro de Zinc ($ZnCl_2$) cada frasco contiene 250 ml, la dosificación del elemento químico a utilizar para la activación es uniforme en los tres componentes (H_3PO_4), (KOH) y Zinc

(ZnCl_2), en un promedio de 30 ml que se echara por cada recipiente de carbón de un peso de 45g por cada uno de ellos, en el proceso de activación pasara por tres fases, primero aplicación del químico en el carbón, Segundo paso el horneado del carbón con el mezclado del químico y como tercera fase es el lavado del carbón como se realizó con el proceso del activado físico, en la etapa del quemado del carbón en conjunto con el químico en el horno la temperatura promedio no sobrepasa los 400°C , el tiempo planteado que se consideró en el estudio experimental para la activación del carbón en el horno fue de 3 horas y 5 horas, el criterio tomado a diferencia de otros trabajos o artículos es comparar la efectividad del (CA) esto solo se sabrá con los resultados del estudio del agua residual de lavandería filtrada por medio del filtro que se propondrá, también sea tomado en cuenta el porcentaje de elemento químico de cada uno cual se propuso por criterio al 20% y 40% para tener comparación de cada elemento en dos porcentajes diferentes (H_3PO_4) 20%, (H_3PO_4) 40%, (KOH) 20%, (KOH) 40% y (ZnCl_2) 20%, (ZnCl_2) 40% esto nos dará una cantidad de muestra de carbón (AC) (AF) 12 muestras y de (AG) 12 a ello se suma 2 muestras más del activado físico teniendo un total en muestras 26 frascos, esto se debe por tener dos tipos de granulometrías, en lectura de otros estudios (x) se considera que los elementos químicos tienen una función en reducir la formación como material volátil como también en alquitranes, esto representara un mayor aumento en su rendimiento en el carbón activado, esta teoría se verá reflejada con respuesta positiva o negativa de los resultados del estudio del agua residual de lavandería, sobre todo el proceso químico en base a conceptos literarios detallan que los químicos serán considerados como agentes que su función es deshidratar los compuestos celulósicos dando paso a la formación en el carbón en una estructura porosa, después de obtener el carbón tendrá el mismo proceso que la activación física, se lavara con agua el carbón (CA) obtenido para liberar ácidos y otros componentes que genero el proceso de activación, en lavados

repetitivos esta vez serán de 35 a 40 veces el limpiado y el filtrado hasta obtener un carbón óptimo para ello pasara por un secado natural.

Figura 18

Proceso de activación química por medio de reactivos y por medio de calor



Se puede describir que los elementos (H_3PO_4), (KOH), ($ZnCl_2$) inyectados al carbón, tienen un efecto efervescente por la reacción química al simple contacto con el carbón de coco, es por ello que se puntualiza que es una agente y que tiene la función de deshidratar los celulósicos en el cuerpo del carbón, de esta manera se verá si cumple este proceso por medio de la visualización por microscopio de alta resolución digital para corroborar si el elemento químico con el porcentaje entre 20% y 40%, en el tiempo de 3 y 5 horas y temperatura no mayores a los $400^\circ C$, cumple en la formación cavernosa o agrietamientos en el cuerpo de la estructura del carbón convirtiéndolo en un carbón poroso, en esta etapa se trabajó en grupos el carbón y luego se continuo en el proceso de quemado en el horno, para luego pasar a una etapa de lavado para reducir las impurezas.

Se tomó la lectura de temperatura con el termómetro láser la medición es por rebote de la luz, la temperatura ira aumentado como se contempla en las imágenes a medida que el tiempo se prolongado el calor en el horno y quemado de carbón, la lectura del termómetro láser a la hora llega alcanzar $149.4^\circ C$ de calor en el horno, la temperatura ira variando según el tiempo y la capacidad de calor que tendrá el horno, a las 5 horas el horno alcanza una temperatura $380^\circ C$ no sobre pasando el promedio de los $400^\circ C$, para tener un quemado uniforme en la activación (CA) en las bandejas se ingresó los dos agregados (AF) y (AG).

Figura 19

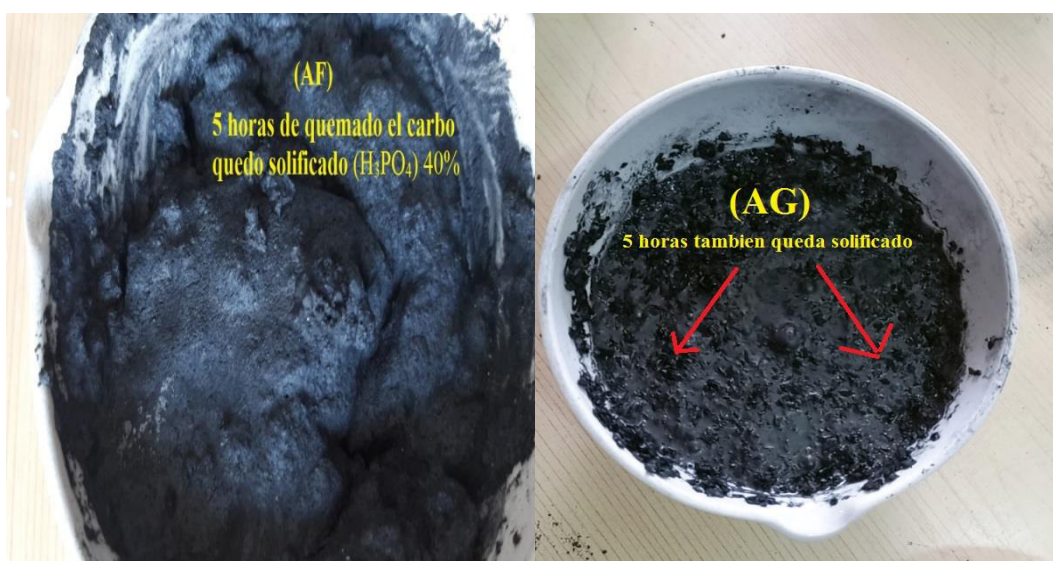
Activación por medio de calor y obtención a las 3 y 5 horas de quemado



Se evidencio el cambio y la apariencia que tiene el carbón de coco presenta un color plomizo producto del mezclado (H_3PO_4), (KOH), ($ZnCl_2$) es por el quemado del calor y el tiempo y temperatura alcanzada se está dentro de los márgenes que se tiene como referencia de otros estudios, se pretende tener un carbón optimo o verificar cuál será la capacidad de retención de residuos como elemento filtrante y eso solo se puede saber al tener una población variada por medio del material generado como carbón activado (CA) en los agregados (AF) y (AG) es por ello que se propuso tener dos porcentajes del 20% y 40% de cada uno (H_3PO_4), (KOH), ($ZnCl_2$) y en los tiempos de quemado de 3 y 5 horas se planteó la hora promedio y ver si el tiempo expuesto del carbón en estos horarios influirá en el aumento de porosidad o grietas en unidades de micras y contar con un material con alta retención de residuos como parte de un elemento dentro de la estructura del filtro que se propondrá para el estudio respectivo, la apariencia del carbón visualmente es diferente en su color por quemado y esto se apreció en los recipientes de carbón en proceso de enfriamiento.

Figura 20

Carbón activado químicamente solidificado despues del quemado



En las imágenes podemos ver como el carbón cambio de textura color y completa deshidratación dejando cada recipiente con carbón pre activado con un cuerpo diferente al carbón inicial y molido, cuando se menciona que se está en un pre activado del carbón químicamente es porque falta la limpieza de los ácidos que son presentados por (H_3PO_4), (KOH), (ZnCl_2).

Finalmente, se realiza el lavado de cada material y poder retirar los elementos contaminantes del carbón calcinado como los ácidos de cada material de carbón uno que fue aplicado con (H_3PO_4), (KOH), (ZnCl_2), en este proceso el tiempo es más extendido porque se deja en reposo con agua en cada recipiente con carbón por un periodo de 8 a 10 horas, para luego tener un lavado especial por medio de filtrado con papel filtro por varias veces repetitivas en un promedio de 25 veces el cual influye en tiempo que el filtro de papel vaya pasado para repetir el llenado de agua en cada recipiente acondicionado diferente que el recipiente del quemado, es proceso es necesario para no perder material sobre todo del agregado (AF) por ser de una granulometría más fina y fácil solución.

Figura 21

Proceso de lavado para retirar impurezas



Figura 22

secado del carbón activado



Posterior al reposo considerado por cada grupo a 8 horas para poder remover el carbón solidificado y pegado en el recipiente se procede al filtrado de limpieza en grupo de dos para poder avanzar por que posterior a ello se realizó el secado correspondiente de esta manera se obtuvo el producto final como carbón activado (CA), en este lavado se observó como en los primeros pasantes del agua se encontró tibia para lograr al final un agua limpia el cual da el significado que el material está listo para el secado y recolección del mismo carbón de coco.

En esta etapa de limpieza del carbón activado (CA) se visualizó una diferencia de color en el limpiado con agua del Hidróxido de Potasio (KOH) el color que desprende es un color marrón oscuro a diferencia del Ácido Fosfórico (H_3PO_4) y el Cloruro de Zinc ($ZnCl_2$) cual el color del agua es incoloro solo desprende un color plomizo, pero esto representa el tinte natural del carbón activado (CA), es por ello que el Hidróxido de Potasio (KOH) se tuvo un mayor lavado para poder emparejar la limpieza a diferencia del Ácido Fosfórico (H_3PO_4) y el Cloruro de Zinc ($ZnCl_2$)

En esta etapa se recolecto el carbón activado (CA) en agregados (AF) y (AG) por % de elemento químico (H_3PO_4) al 20% y 40%, de 3 y 5 horas. el ($ZnCl_2$) 20% y 40%, de 3 y 5 horas y (KOH) al 20% y 40% de 3 y 5 horas, en el proceso de la (CA) también sea perdido peso por el quemado y en la limpieza que se realizó por el pasado repetitivo con agua al carbón, se clasifico en 28 pomos de recolección de (CA)

Figura 23*Obtención del carbón activado del AG y AF***Tabla 8***Resumen de AF y AG con cada reactivo químico*

Químico	Porcentaje %	Tiempo	Temperatura	Peso	(AF)	(AG)	Cantidad (AF) (AG)
(H ₃ PO ₄)	20%	3 horas	365.4°C	45g	2	2	4
(H ₃ PO ₄)	40%	5 horas	380°C	45g	2	2	4
(ZnCl ₂)	20%	3 horas	365.4°C	45g	2	2	4
(ZnCl ₂)	40%	5 horas	380°C	45g	2	2	4
(KOH)	20%	3 horas	365.4°C	45g	2	2	4
(KOH)	40%	5 horas	380°C	45g	2	2	4
(CA) Físico.	0	3 horas	0	45g	1	1	2
(CA) Físico.	0	5 horas	0	45g	1	1	2
						Total	28

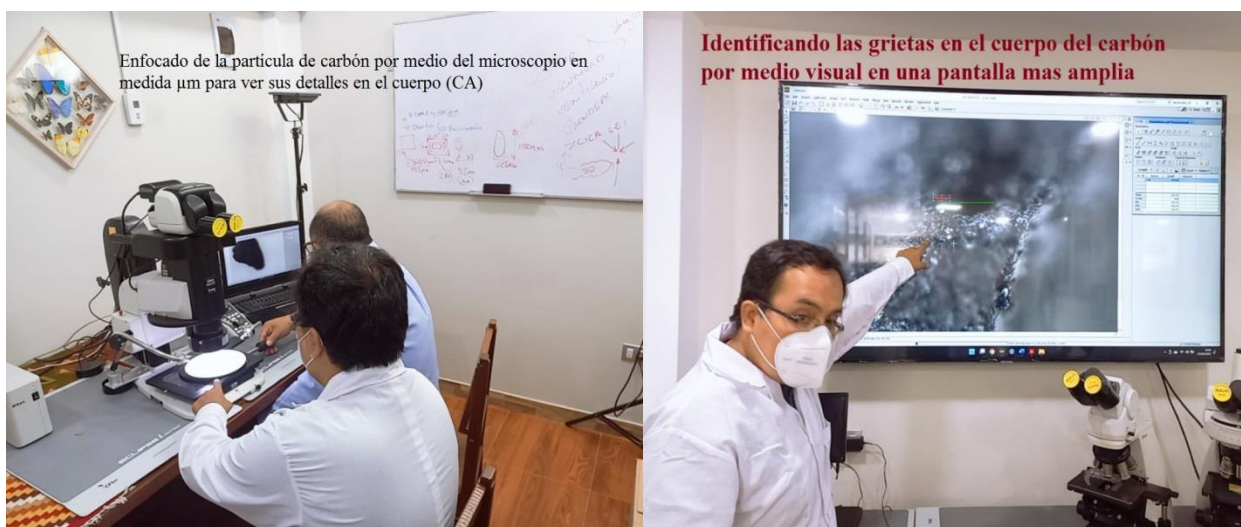
Nota. Se indica el tiempo de quemado, el porcentaje de concentración de cada insumo y la cantidad de agregado grueso y agregado fino

4.3 Visualización de porosidad (CA) con microscopio electrónico

Se realizó la visualización del cuerpo de carbón por medio de microscopio de marca Nikon Digital Sight, distribuidora de la marca en Perú - laboratorios Nikon, por medio de este microscopio de alta potencia se pudo tomar fotos y ver el cuerpo de la partícula del carbón si hay cavernas o fisuras de porosidad y si se cumplió con lo referido si la activación química evolucionaba en el desarrollo de los poros es por ello que se tomó solo como muestra los porcentaje de 20% y 40% de cada uno de los elementos químicos (H_3PO_4), ($ZnCl_2$) y (KOH), tiempo considerado de 5 horas por cada elemento podemos ver que con los químico presenta cavernas y fisuras en unidades de μm de micras, los carbonos activados con Hidróxido de Potasio (KOH) al 40% por 5 horas se ve con mayor fisuras en su cuerpo desde $18.76 \mu m$ y para (H_3PO_4) al 40% por 5 horas se ve con fisuras en su cuerpo desde $22.47 \mu m$ a diferencia del ($ZnCl_2$) el cual se visualiza fisuras menores y con activación física no se observa fisuras para mejor detalle incorporamos las imágenes de los resultados obtenido visual y editado por el microscopio digital.

Figura 24

Visualización del carbón activado mediante microscopio electrónico

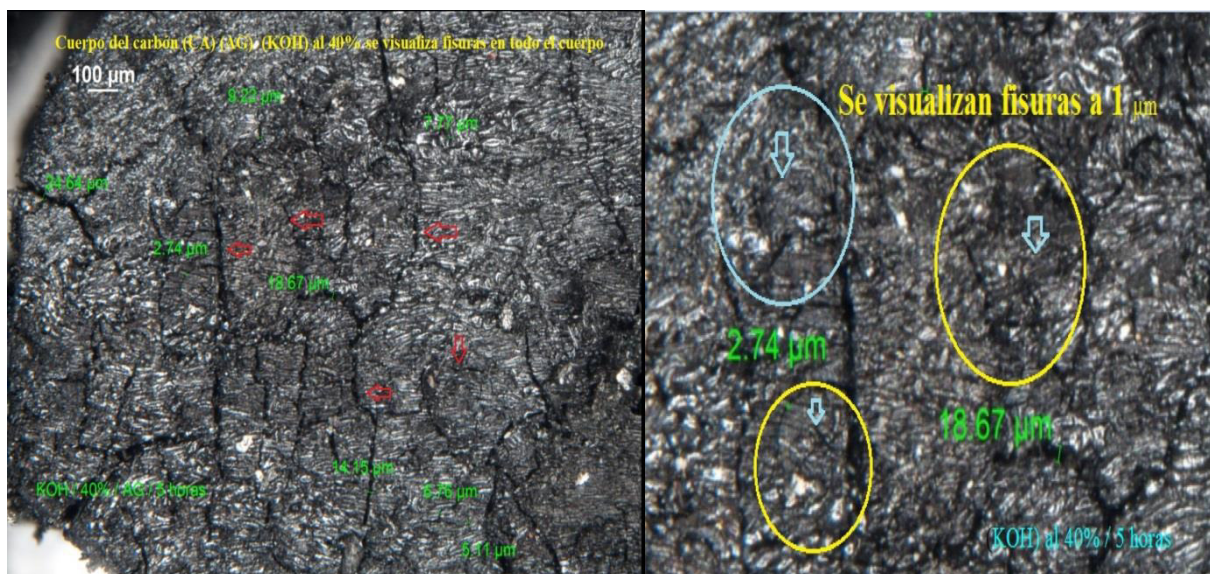


Se visualizó los carbonos activados por medio físico y químico (H_3PO_4), ($ZnCl_2$) y (KOH), al 20% y al 40% y en consideración de 5 horas, en las imágenes se presentan como los químicos produjeron deshidratación en el carbón el cual se crearon micro fisuras en todo el cuerpo sobre todo carbón (CA) con (KOH) como también se ve fisuras también en el carbón de (CA) (H_3PO_4) a diferencia del (CA) ($ZnCl_2$) que tiene también fisuras pero pocas estas son las reacciones que presentan los cuerpos del carbón (CA) se clasifico en cuatro partes carbón (CA) con (H_3PO_4), ($ZnCl_2$) y (KOH), al 40% y carbón activado físicamente (CAF).

El Carbón activado (CA) activado con Hidróxido de Potasio (KOH), alcanzo una temperatura al horno de $380.3^\circ C$ en porcentaje de 40% de (KOH) por un tiempo de quemado de 5 horas, presento mayor cantidad de grietas en todo el cuerpo como se visualiza. En un zoom se visualiza que tiene fisuras de aberturas de $2.74 \mu m$ a $18.76 \mu m$ (Ver Figura 25)

Figura 25

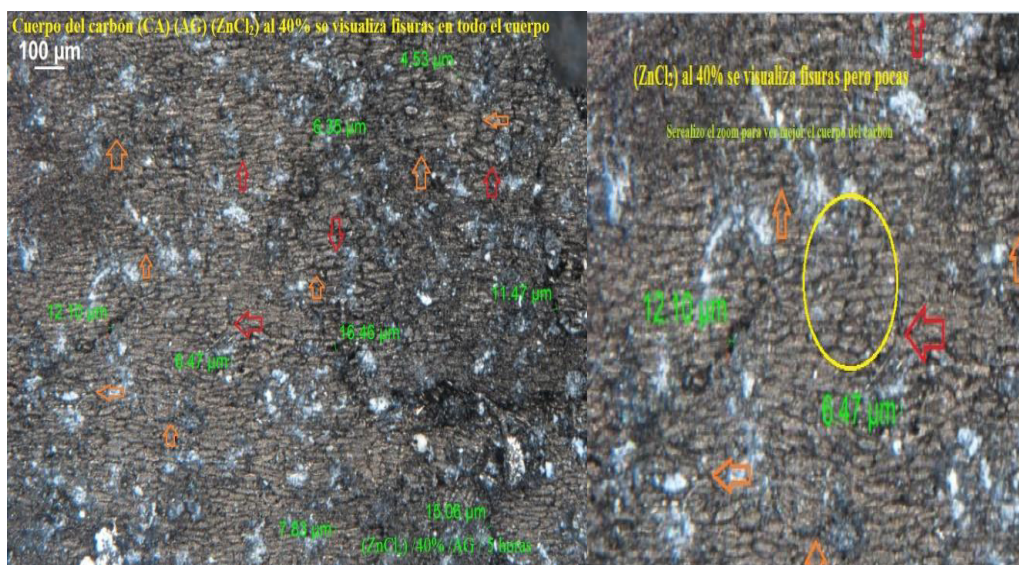
Visualización de imágenes del (CA) (AG) hidróxido de potasio (KOH)



Carbón activado (CA) activado con Cloruro de Zinc (ZnCl_2) alcanzo una temperatura al horno de 380.3°C en porcentaje de 40% de (ZnCl_2) con un tiempo de quemado de 5 horas, presento grietas, pero menos marcadas en todo el cuerpo. En un zoom se visualiza que tiene fisuras de aberturas de $6.47\ \mu\text{m}$ a $12.10\ \mu\text{m}$ (Ver Figura 26)

Figura 26

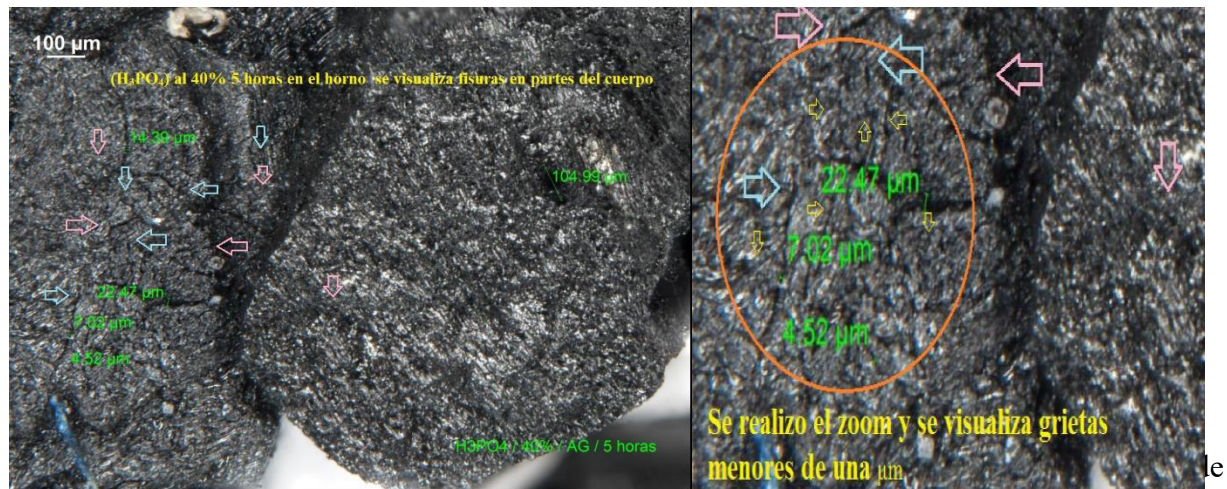
Visualización de imágenes del (CA) (AG) cloruro de zinc (ZnCl_2)



Carbón activado (CA) activado con Ácido Fosfórico (H_3PO_4) el cual alcanzo una temperatura al horno de 380.3°C en porcentaje de 40% de (H_3PO_4) por un tiempo de quemado de 5 horas, presento grietas, más marcadas en todo el cuerpo. En un zoom se visualizó que tiene fisuras de aberturas de $4.52\ \mu\text{m}$ a $22.47\ \mu\text{m}$

Figura 27

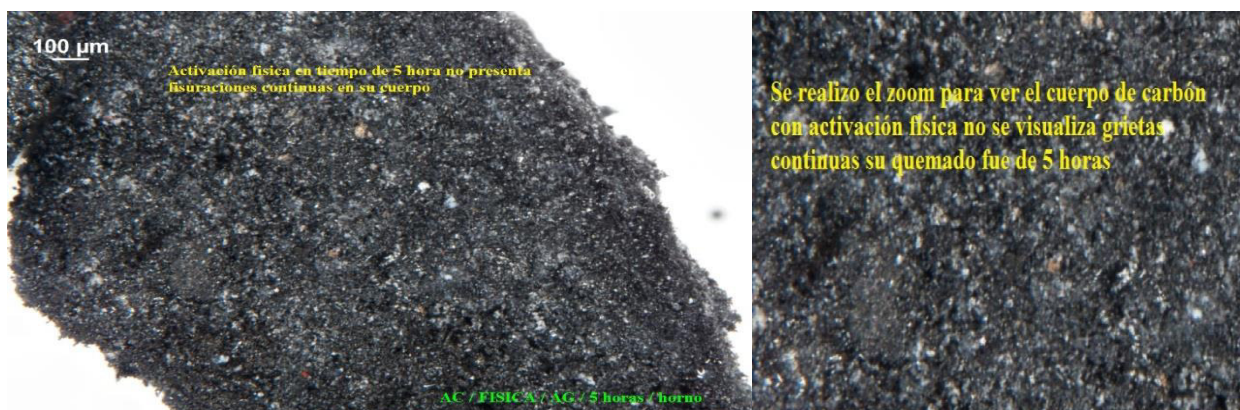
Visualización de imágenes del (CA) (AG) ácido fosforico (H_3PO_4)



380.3°C en porcentaje de 40% de (CAF) por un tiempo de quemado de 5 horas, no presenta grietas en el cuerpo del (CA). En un zoom se visualizó que no presenta fisuras marcadas o profundas son fisuras superficiales solo marcadas en parte del cuerpo.

Figura 28

Visualización de imágenes del (CA) (AG) activación física

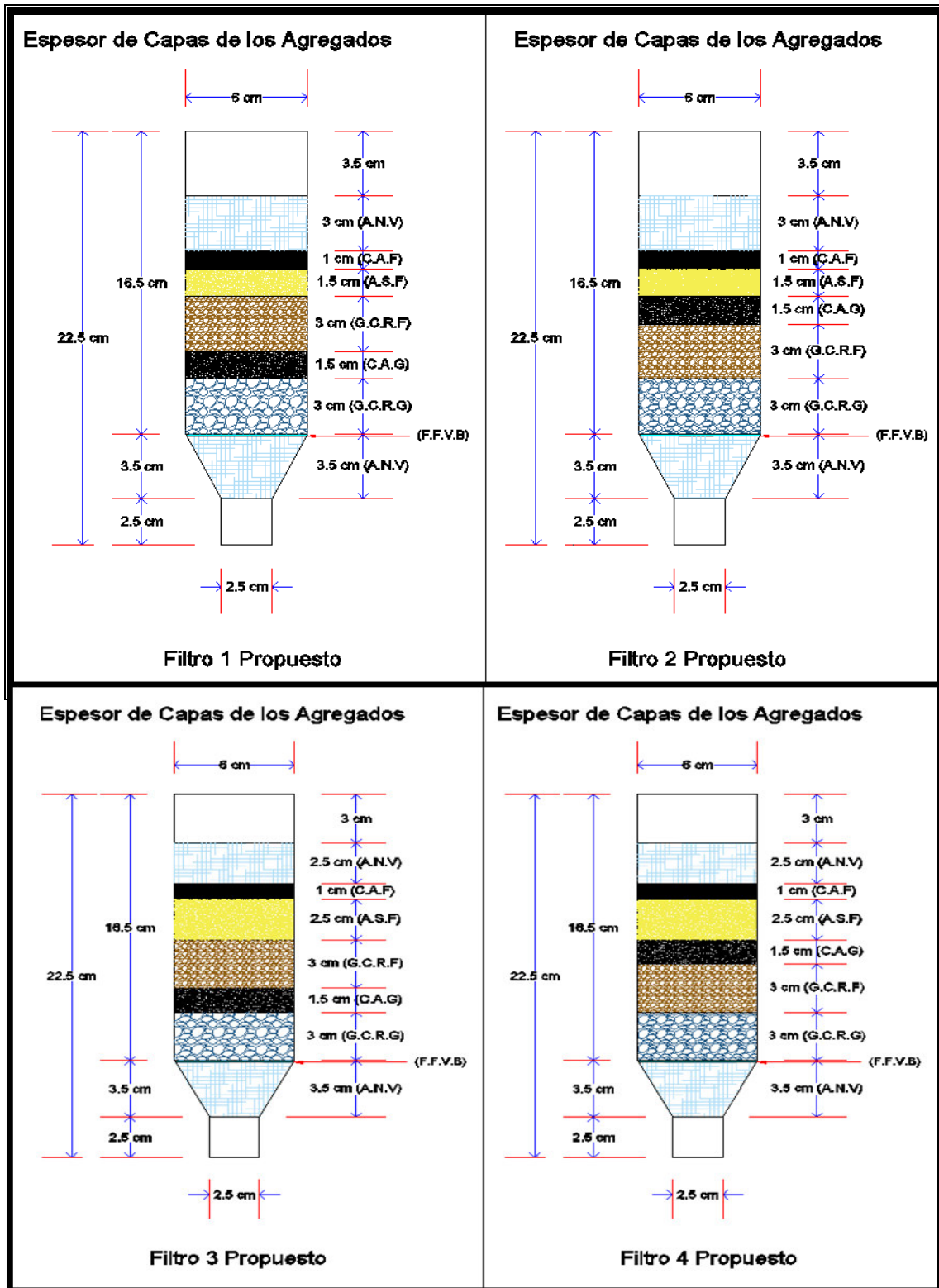


4.4 Elaboración de Filtros

En esta etapa se propuso varios diseños de filtros con variedad de espesores en la estructura para diseñar el filtro más óptimo, en base al tiempo de retención hidráulica que tendrá cada filtro.

Figura 29

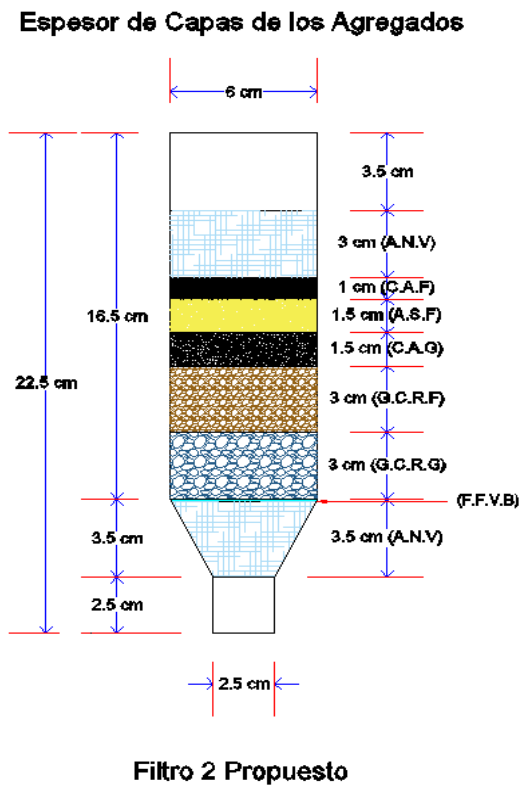
Elaboración de filtros con medición de tiempo de retención



Se realizaron 04 tipos diferentes de filtro en la cual se determinó que el más eficiente fue el siguiente, ya que el tiempo de retención hidráulica era menor

Figura 30

Estructura final del filtro (Filtro N°2)



Leyenda de Componentes	
	Algodón Natural Vegetal (A.N.V)
	Carbón Activado (C.A.F)
	Carbón Activado (C.A.G)
	Arena Silicea (A.S.F)
	Grava de Canto Rodado (G.C.R.F)
	Grava de Canto Rodado (G.C.R.G)
	Filtro de fibra de Vidrio - Grado AE Borosilicato (F.F.V.B)

Figura 31

Tiempo de filtrado y turbidez del agua gris de lavandería



Se puede notar en la figura 31, que la turbidez el agua gris proveniente de la lavandería está siendo filtrada de manera eficiente mediante el filtro N°2 propuesto donde se evidencio que el tiempo de retención era de 25 minutos aproximadamente para pasar 1 litro de agua tratada y la turbidez se puede notar a simple vista que tiene mejor coloración.

4.5 Capacitación en laboratorio y toma de muestra en lavandería

Una vez que se armó los filtros, se procedió a tomar las muestras de la lavandería, donde se obtuvo 120 litros aproximadamente de agua gris, la cual se tenía que iniciar el proceso de filtrado para poder llevar al laboratorio y poder ver la eficiencia que cada filtro tiene en el proceso de filtración.

Figura 32

Capacitación en laboratorio certifical y toma de agua residual



Parte del proceso del trabajo fue realizar la capacitación para la obtención de las muestras de agua residual tratada por cada filtro elaborado, ya que se tenía que envasar en recipientes esterilizados los cuales fueron proveídos por el Laboratorio Certifical el cual cuenta con registro de INACAL, se capacito sobre el llenado en cada recipiente y como se debió colocar algunos agentes químicos.

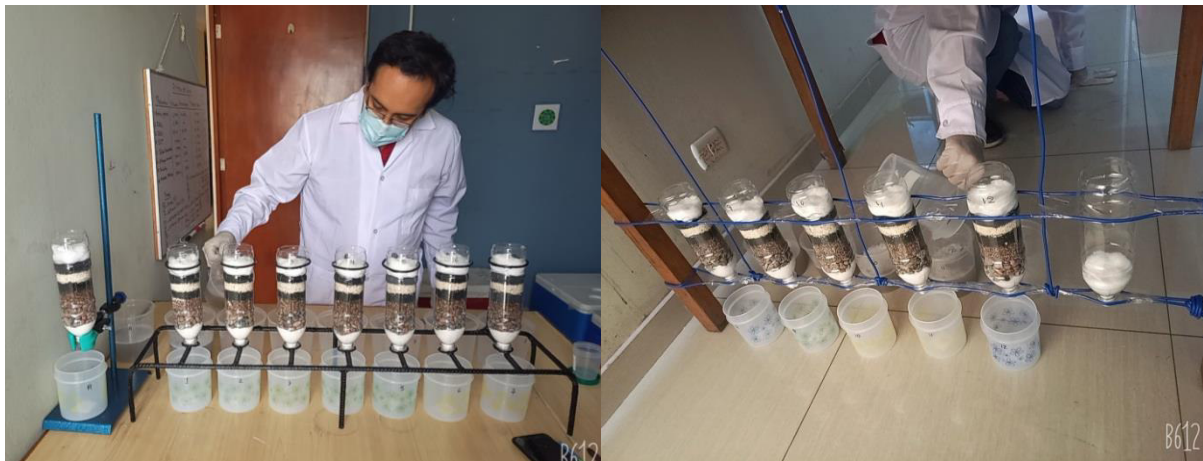
Una vez obtenido los filtros y los envases donde se iban a recepcionar el agua filtrada, se procedió a la obtención del agua gris proveniente de la lavandería, para iniciar el proceso de filtrado.

4.5.1 Obtención del Agua Filtrada

En esta etapa se procedió a realizar el llenado de los recipientes de los 14 filtros, los cuales fueron colocados de manera paralela para que de esta manera se pueda obtener el filtrado de manera paralela de cada filtro.

Figura 33

Filtraciòn los 14 filtros de manera paralela en recipientes de 1 litro



Posteriormente, algunos de los envases tenían que ser conservados mediante reactivos químicos, en una determinada cantidad de gotas.

Figura 34

Almacenamiento de Agua filtrada en cada recipiente



4.5.2 Análisis de parámetros químicos y microbiológicos

Tabla 9

Parámetros químicos y microbiológicos analizados por filtro

Parámetros	Volumen (ml)	Preservante	Tiempo Máximo
1.- Aceites y Grasas (AyG)	1000	H ₂ SO ₄	28 días
2.- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	1000	-	24 horas
3.- Demanda Química de Oxígeno (DQO)	120	H ₂ SO ₄	28 días
4.- Sólidos Suspendidos Totales (SST)	1000	-	7 días
5.- Sólidos Sedimentables (SS)	1000	-	7 días
6.- Nitrógeno Amoniacal (NH ₃)	500	H ₂ SO ₄	28 días
7.- Sulfatos (SO ₄)	250	-	28 días
8.- Metales Totales	250	HNO ₃	28 días

Nota. Se observa como se tomo cada parametro con su respectivo preservante y en un determinado tiempo

Como se puede observar en la tabla 9, se observa los parámetros químicos y microbiológicos que han sido analizados por cada filtro, con lo que se busca analizar todos los parámetros que indica la Norma en base a los Valores Máximos Admisibles (VMAs), se realizaron 14 filtros los cuales se colocaran una respectiva codificación, estos se detallan en la tabla 10

Tabla 10*Identificación de filtro por numeración*

Filtros	Numeración
Patrón - Agua Residual de Lavandería	B
Activación Física	A
Activación Química (H ₃ PO ₄) - 20% - 3 Horas	1
Activación Química (H ₃ PO ₄) - 40% - 3 Horas	2
Activación Química (H ₃ PO ₄) - 20% - 5 Horas	3
Activación Química (H ₃ PO ₄) - 40% - 5 Horas	4
Activación Química (ZnCl ₂) - 20% - 3 Horas	5
Activación Química (ZnCl ₂) - 20% - 5 Horas	6
Activación Química (ZnCl ₂) - 40% - 3 Horas	7
Activación Química (ZnCl ₂) - 40% - 5 Horas	8
Activación Química (KOH) - 20% - 5 Horas	9
Activación Química (KOH) - 20% - 3 Horas	10
Activación Química (KOH) - 40% - 3 Horas	11
Activación Química (KOH) - 40% - 5 Horas	12

Nota. Se muestra los 14 filtros con su respectiva activación y codificación

Respecto a los valores obtenidos del Laboratorio Certifical, se muestra a continuación los 11 parámetros analizados en el presente estudio mediante 01 patrón, 01 filtro mediante activación física y 12 filtros con activación química.

Tabla 11

Resultados obtenidos por cada filtro en laboratorio (Filtro A, Filtro B, Filtro 1, Filtro 2 y Filtro 3)

	Código del filtro	A	B	1	2	3
	Tipo de Producto	Activación Física	Patrón - Agua Residual de Lavandería	Activación Química (H3PO4) - 20% - 3 Horas	Activación Química (H3PO4) - 40% - 3 Horas	Activación Química (H3PO4) - 20% - 5 Horas
	Fecha de muestreo	06/04/2022	06/04/2022	06/04/2022	06/04/2022	06/04/2022
	Hora de muestreo	08:55	20:02	13:44	03:32	00:36
ENSAYOS	UNIDAD	RESULTADOS				
Aceites y Grasas	mg/L	6.3	17.4	16.7	13.4	10.6
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/L	558	783	523	693	673
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	1933.4	3329.5	2128.2	2388.0	2485.4
Sólidos suspendidos totales	mg/L	62.90	465.00	61.30	184.00	168.30
Sólidos sedimentables	mL/L	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
Nitrógeno amoniacal	mg NH ₃ -N/L	14.27	17.97	23.00	14.27	14.80
Sulfatos	SO ₄ ²⁻ mg/L	1959.4	1807.5	1959.4	1885.8	1894.1
Arsénico	mg/L	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004
Boro	mg/L	< 0.0022	< 0.0022	< 0.0022	< 0.0022	< 0.0022
Cromo	mg/L	< 0.0040	< 0.0040	< 0.0040	< 0.0040	< 0.0040
Plomo	mg/L	< 0.0010	< 0.0010	< 0.0010	< 0.0010	< 0.0010

Nota. Resultados obtenidos del laboratorio de los filtros A, B, 1, 2 y 3, con respecto a los parámetros químicos y microbiológicos

Tabla 12

Resultados obtenidos por cada filtro en laboratorio (Filtro 4, Filtro 5, Filtro 6, Filtro 7 y Filtro 8)

	Código del Cliente	4	5	6	7	8
	Tipo de Producto	Activación Química (H3PO4) - 40% - 5 Horas	Activación Química (ZnCl2) - 20% - 3 Horas	Activación Química (ZnCl2) - 20% - 5 Horas	Activación Química (ZnCl2) - 40% - 3 Horas	Activación Química (ZnCl2) - 40% - 5 Horas
	Fecha de muestreo	06/04/2022	06/04/2022	06/04/2022	06/04/2022	06/04/2022
	Hora de muestreo	23:40	20:00	02:25	22:26	04:36
ENSAYOS	UNIDAD	RESULTADOS				
Aceites y Grasas	mg/L	17.4	18.2	6.4	12.1	14.7
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/L	792	581	694	549	678
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	2777.6	1836.0	2323.1	1836.0	2258.1
Sólidos suspendidos totales	mg/L	220.00	106.70	146.00	81.40	172.00
Sólidos sedimentables	mL/L	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
Nitrógeno amoniacal	mg NH ₃ -N/L	4.23	31.72	17.97	7.14	1.85
Sulfatos	SO ₄ ²⁻ mg/L	1890.6	1879.9	1866.8	1921.4	1866.8
Arsénico	mg/L	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004
Boro	mg/L	< 0.0022	< 0.0022	< 0.0022	< 0.0022	< 0.0022
Cromo	mg/L	< 0.0040	< 0.0040	< 0.0040	< 0.0040	< 0.0040
Plomo	mg/L	< 0.0010	< 0.0010	< 0.0010	< 0.0010	< 0.0010

Nota. Resultados obtenidos del laboratorio de los filtros 4, 5, 6, 7 y 8, con respecto a los parámetros químicos y microbiológicos

Tabla 13

Resultados obtenidos por cada filtro en laboratorio (Filtro 9, Filtro 10, Filtro 11 y Filtro 12)

	Código del Cliente	9	10	11	12
	Tipo de Producto	Activación Química (KOH) - 20% - 5 Horas	Activación Química (KOH) - 20% - 3 Horas	Activación Química (KOH) - 40% - 3 Horas	Activación Química (KOH) - 40% - 5 Horas
	Fecha de muestreo	06/04/2022	06/04/2022	06/04/2022	06/04/2022
	Hora de muestreo	08:26	00:16	13:33	00:27
ENSAYOS	UNIDAD	RESULTADOS			
Aceites y Grasas	mg/L	11.8	11.1	16.3	14.4
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/L	527	546	576	839
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	1576.3	1446.4	1901.0	1738.6
Sólidos suspendidos totales	mg/L	164.00	83.30	102.00	122.00
Sólidos sedimentables	mL/L	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
Nitrógeno amoniacal	mg NH ₃ -N/L	17.45	19.03	19.56	17.18
Sulfatos	SO ₄ ²⁻ mg/L	1883.4	1812.2	1838.3	1732.6
Arsénico	mg/L	< 0.004	< 0.004	< 0.004	< 0.004
Boro	mg/L	< 0.0022	< 0.0022	< 0.0022	< 0.0022
Cromo	mg/L	< 0.0040	< 0.0040	< 0.0040	< 0.0040
Plomo	mg/L	< 0.0010	< 0.0010	< 0.0010	< 0.0010

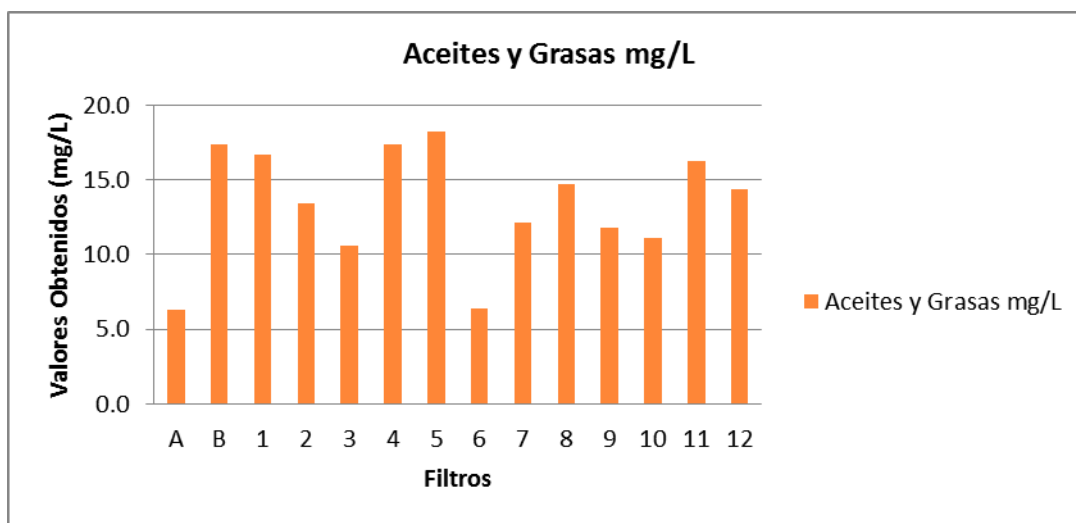
Nota. Resultados obtenidos del laboratorio de los filtros 9, 10, 11 y 12, con respecto a los parámetros químicos y microbiológicos

4.5.3 Análisis de los filtros en remoción de parámetros químicos y microbiológicos

Se puede notar en la Figura 35 que hay valores que han disminuido con respecto al patrón, como es Aceites y Grasas, teniendo una mejoría en el filtro A (activación física) y en el filtro 6 (Activación química ZnCl₂ al 20% por 5 Horas) a comparación del resto de filtros.

Figura 35

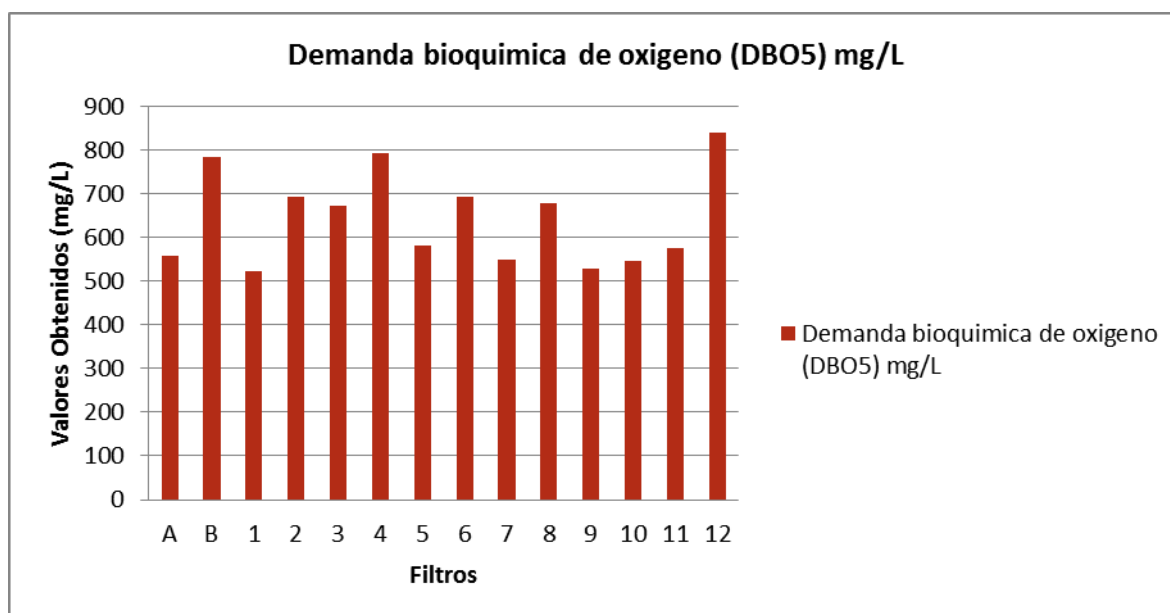
Resultados de aceites y grasas por cada filtro



Se puede notar en la Figura 36, que hay valores que han disminuido con respecto al patrón, como es Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), teniendo una mejoría en el filtro 1 (Activación Química (H₃PO₄) al 20% por 3 Horas) y en el filtro 9 (Activación Química (KOH) al 20% por 5 Horas) a comparación del resto de filtros.

Figura 36

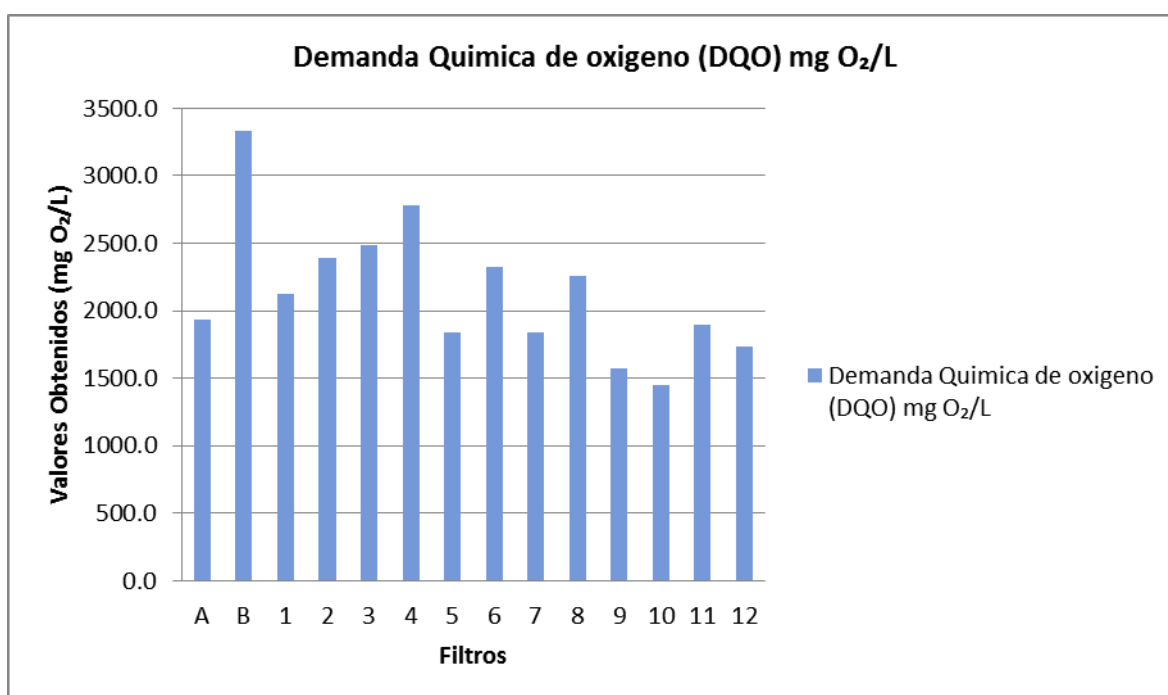
Resultados de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)



Se puede notar en la Figura 37, que hay valores que han disminuido con respecto al patrón, como es Demanda Química de Oxígeno (DQO), teniendo una mejoría en el filtro 10 (Activación Química (KOH) al 20% por 3 Horas) y en el filtro 9 (Activación Química (KOH) al 20% por 5 Horas) a comparación del resto de filtros.

Figura 37

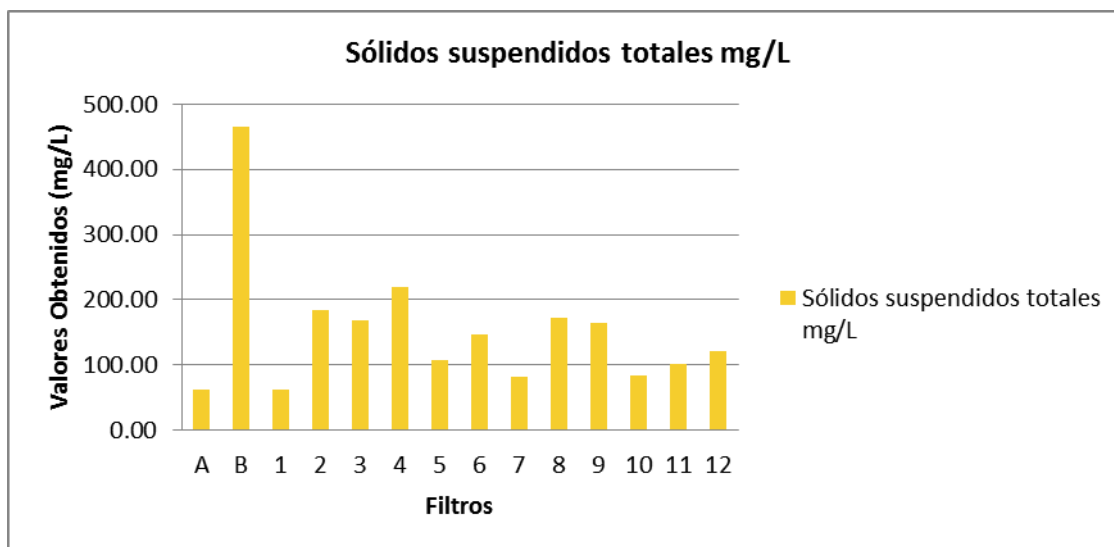
Resultados de demanda química de oxígeno (DQO)



Se puede notar en la Figura 38, que hay valores que han disminuido con respecto al patrón, como es sólidos Suspendidos Totales (SST) y en el filtro A (activación física), teniendo una mejoría en el filtro 1 (Activación Química (H₃PO₄) al 20% por 3 Horas) a comparación del resto de filtros.

Figura 38

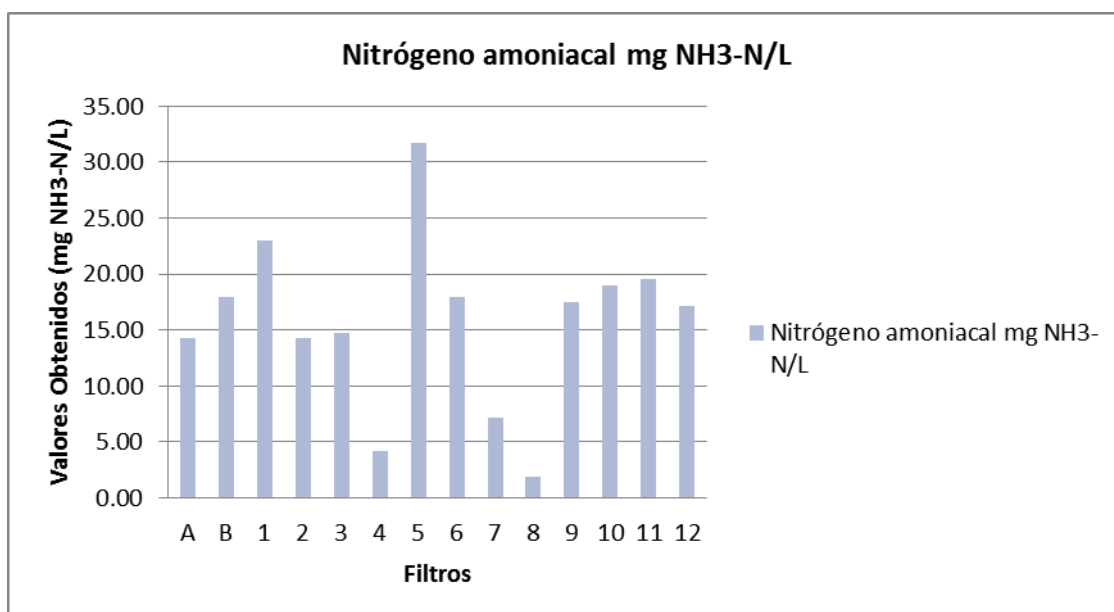
Resultados de sólidos suspendidos totales (SST)



Se puede notar en la Figura 39, que hay valores que han disminuido con respecto al patrón, como es Nitrógeno Amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$), teniendo una mejoría en el filtro 4 (Activación Química (H_3PO_4) al 40% por 5 Horas) y en el filtro 8 (Activación Química (ZnCl_2) - 40% - 5 Horas) a comparación del resto de filtros.

Figura 39

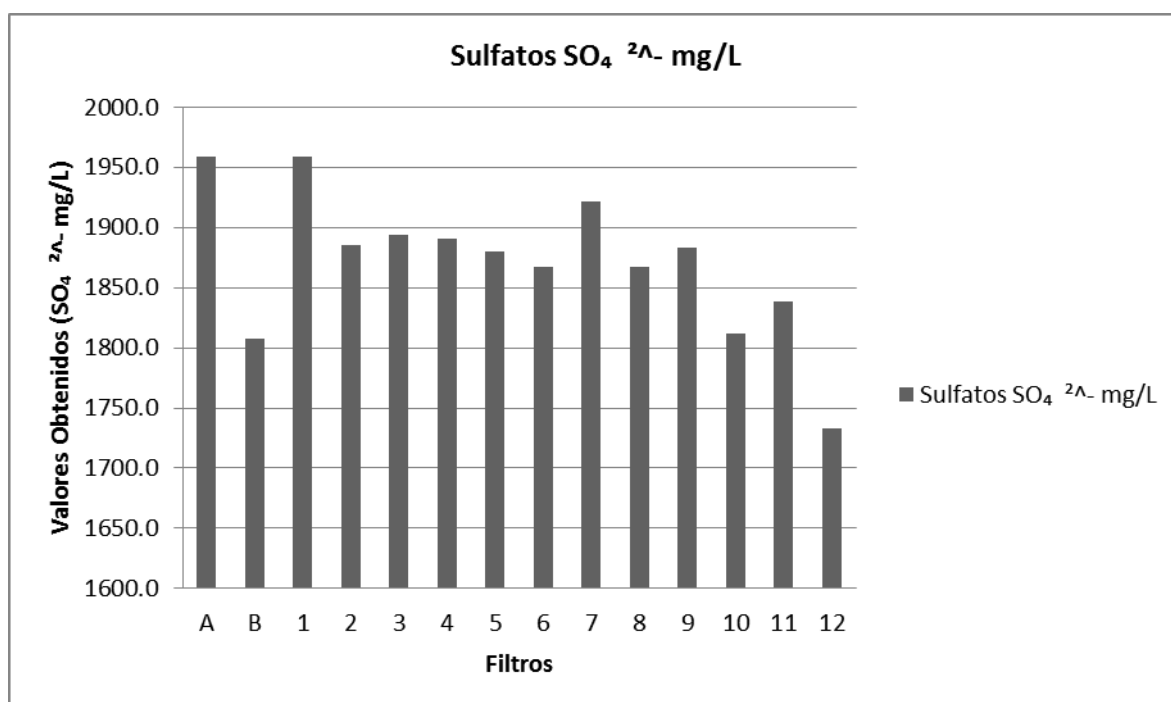
Resultados de nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$)



Se puede notar en la Figura 40, que hay valores que han disminuido con respecto al patrón, como es Resultados de Sulfatos (SO_4), teniendo una mejoría en filtro 12 (Activación Química (ZnCl_2) - 40% - 5 Horas) a comparación del resto de filtros.

Figura 40

Resultados de sulfatos (SO_4)



Con respecto a los parámetros como:

- Sólidos Sedimentables los valores se encuentra de manera constante por debajo de 0.3 ml/L para todos los filtros, inclusive la muestra patrón.
- Arsénico los valores se encuentra de manera constante por debajo de 0.0040 mg/L para todos los filtros, inclusive la muestra patrón.
- Boro los valores se encuentra de manera constante por debajo de 0.0022 mg/L para todos los filtros, inclusive la muestra patrón.
- Cromo los valores se encuentra de manera constante por debajo de 0.0040 mg/L para todos los filtros, inclusive la muestra patrón.
- Plomo los valores se encuentra de manera constante por debajo de 0.0010 mg/L para todos los filtros, inclusive la muestra patrón.

4.5.4 Análisis de eficiencia de los filtros por parámetros químicos y microbiológicos

Respecto a los resultados obtenidos en el presente trabajo se tiene los siguientes análisis, por cada parámetro

Tabla 14

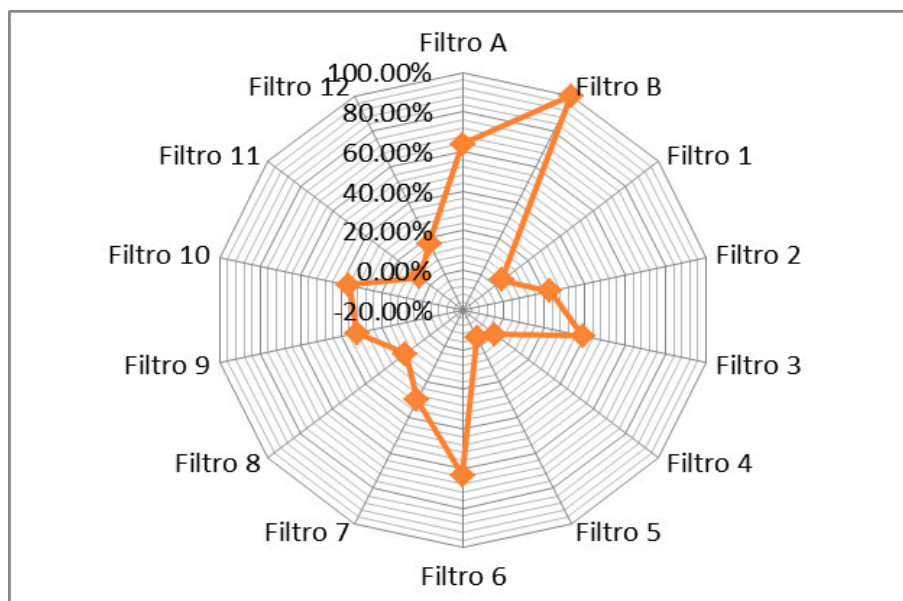
Cuadro de eficiencias de remoción de aceites y grasas por cada filtro

Filtros		Eficiencia de Remoción
Filtro A	6.3	63.79%
Filtro B	17.4	100%
Filtro 1	16.7	4.02%
Filtro 2	13.4	22.99%
Filtro 3	10.6	39.08%
Filtro 4	17.4	0.00%
Filtro 5	18.2	-4.60%
Filtro 6	6.4	63.22%
Filtro 7	12.1	30.46%
Filtro 8	14.7	15.52%
Filtro 9	11.8	32.18%
Filtro 10	11.1	36.21%
Filtro 11	16.3	6.32%
Filtro 12	14.4	17.24%

Nota. Se aprecia la eficiencia de remoción que ha obtenido cada filtro con respecto a Aceites y grasas

Figura 41

Diagrama de eficiencia remoción de aceites y grasas por cada filtro



Se puede notar claramente la eficiencia de los filtros, siendo así el filtro N°A (Activación Física) y el filtro N°6 (Activación Química (ZnCl₂) - 20% - 5 Horas) los más eficientes, con una remoción de 63.79% y 63.22% de Aceites y Grasas con respecto a la muestra patrón respectivamente, por otro lado no se ve remoción en el filtro N°4 (Activación Química (H₃PO₄) - 40% - 5 Horas) con una remoción del 0% y en el caso del filtro N°5 (Activación Química (ZnCl₂) - 20% - 3 Horas) se ve un incremento de 4.60% con respecto a la muestra patrón.

Tabla 15

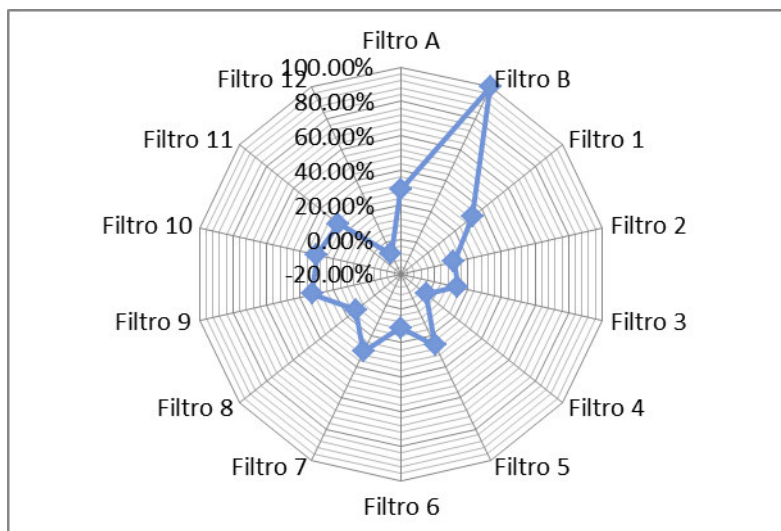
Cuadro de eficiencias de remoción de demanda bioquímica de oxígeno por cada filtro

Filtros		Eficiencia de Remoción
Filtro A	558.0	28.74%
Filtro B	783.0	100%
Filtro 1	523.0	33.21%
Filtro 2	693.0	11.49%
Filtro 3	673.0	14.05%
Filtro 4	792.0	-1.15%
Filtro 5	581.0	25.80%
Filtro 6	694.0	11.37%
Filtro 7	549.0	29.89%
Filtro 8	678.0	13.41%
Filtro 9	527.0	32.69%
Filtro 10	546.0	30.27%
Filtro 11	576.0	26.44%
Filtro 12	839.0	-7.15%

Nota. Se aprecia la eficiencia de remoción que ha obtenido cada filtro con respecto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno

Figura 42

Diagrama de eficiencia remoción de demanda bioquímica de oxígeno por cada filtro



Se puede notar claramente la eficiencia de los filtros, siendo así el filtro N°1 (Activación Química (H₃PO₄) - 20% - 3 Horas) y el filtro N°9 (Activación Química (KOH) - 20% - 5 Horas) los más eficientes, con una remoción de 33.21% y 32.69% de Demanda Bioquímica de Oxígeno con respecto a la muestra patrón respectivamente, por otro lado se ve un incremento en los filtros N°4 (Activación Química (H₃PO₄) - 40% - 5 Horas) y el filtro N°12 (Activación Química (KOH) - 40% - 5 Horas) de 4.60% con respecto a la muestra patrón.

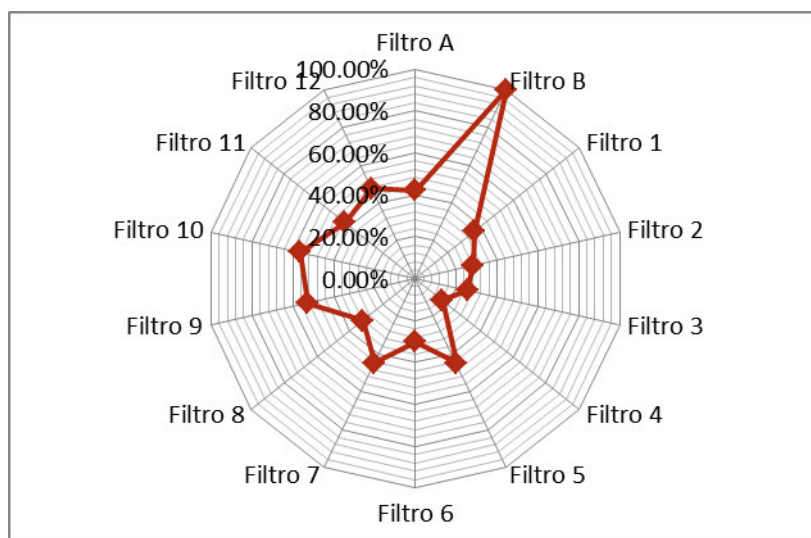
Tabla 16*Cuadro de eficiencias de remoción de demanda química de oxígeno por cada filtro*

Filtros		Eficiencia de Remoción
Filtro A	1933.4	41.93%
Filtro B	3329.5	100%
Filtro 1	2128.2	36.08%
Filtro 2	2388.0	28.28%
Filtro 3	2485.4	25.35%
Filtro 4	2777.6	16.58%
Filtro 5	1836.0	44.86%
Filtro 6	2323.1	30.23%
Filtro 7	1836.0	44.86%
Filtro 8	2258.1	32.18%
Filtro 9	1576.3	52.66%
Filtro 10	1446.4	56.56%
Filtro 11	1901.0	42.90%
Filtro 12	1738.6	47.78%

Nota. Se aprecia la eficiencia de remoción que ha obtenido cada filtro con respecto a la Demanda Química de Oxígeno

Figura 43

Diagrama de eficiencia remoción de demanda química de oxígeno por cada filtro



Se puede notar claramente la eficiencia de los filtros, siendo así el filtro N°10 (Activación Química (KOH) - 20% - 3 Horas) y el filtro N°9 (Activación Química (KOH) - 20% - 5 Horas) los más eficientes, con una remoción de 56.56% y 52.66% de Demanda Química de Oxígeno con respecto a la muestra patrón respectivamente, por otro lado se ve que todos los filtros han obtenido eficiencia de remoción con respecto a la muestra patrón.

Tabla 17

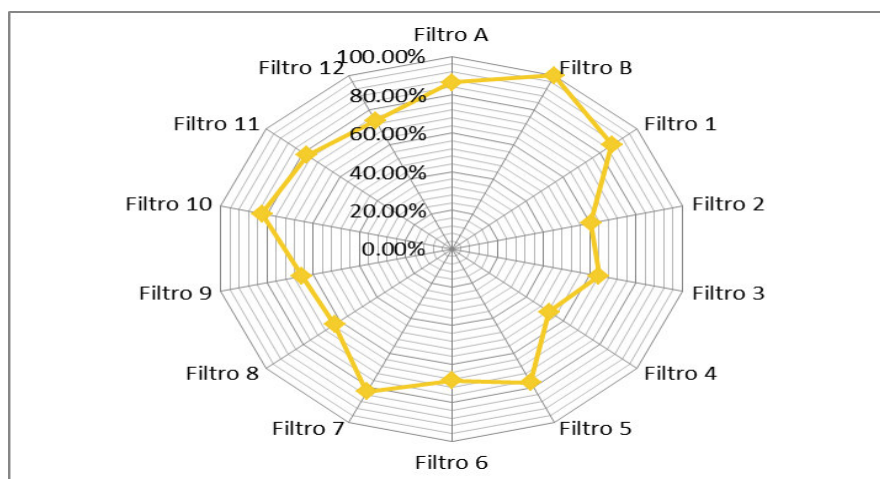
Cuadro de eficiencias de remoción de sólidos suspendidos totales por cada filtro

Filtros		Eficiencia de Remoción
Filtro A	62.9	86.47%
Filtro B	465.0	100%
Filtro 1	61.3	86.82%
Filtro 2	184.0	60.43%
Filtro 3	168.3	63.81%
Filtro 4	220.0	52.69%
Filtro 5	106.7	77.05%
Filtro 6	146.0	68.60%
Filtro 7	81.4	82.49%
Filtro 8	172.0	63.01%
Filtro 9	164.0	64.73%
Filtro 10	83.3	82.09%
Filtro 11	102.0	78.06%
Filtro 12	122.0	73.76%

Nota. Se aprecia la eficiencia de remoción que ha obtenido cada filtro con respecto a Sólidos Suspendidos Totales

Figura 44

Diagrama de eficiencia remoción de sólidos suspendidos totales por cada filtro



Se puede notar claramente la eficiencia de los filtros, siendo así el filtro N°1 (Activación Química (H₃PO₄) - 20% - 3 Horas) y el filtro N°A (Activación Física) los más eficientes, con una remoción de 86.82% y 86.47% de Sólidos Suspendidos Totales con respecto a la muestra patrón respectivamente, por otro lado, se ve que todos los filtros han obtenido eficiencia de remoción con respecto a la muestra patrón.

Tabla 18

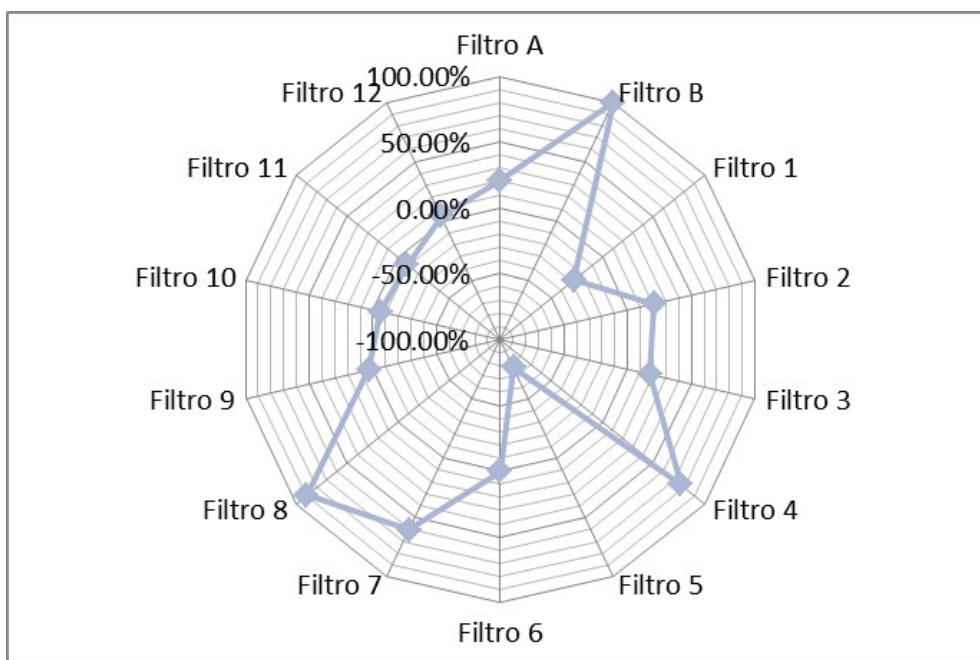
Cuadro de eficiencias de remoción de nitrógeno amoniacal por cada filtro

Filtros		Eficiencia de Remoción
Filtro A	14.3	20.59%
Filtro B	18.0	100%
Filtro 1	23.0	-27.99%
Filtro 2	14.3	20.59%
Filtro 3	14.8	17.64%
Filtro 4	4.2	76.46%
Filtro 5	31.7	-76.52%
Filtro 6	18.0	0.00%
Filtro 7	7.1	60.27%
Filtro 8	1.9	89.71%
Filtro 9	17.5	2.89%
Filtro 10	19.0	-5.90%
Filtro 11	19.6	-8.85%
Filtro 12	17.2	4.40%

Nota. Se aprecia la eficiencia de remoción que ha obtenido cada filtro con respecto a Nitrógeno Amoniacal

Figura 45

Diagrama de eficiencia remoción de nitrógeno amoniacal por cada filtro



Se puede notar claramente la eficiencia de los filtros, siendo así el filtro N°8 (Activación Química (ZnCl₂) - 40% - 5 Horas) - 20% - 3 Horas) y el filtro N°4 (Activación Química (H₃PO₄) - 40% - 5 Horas) los más eficientes, con una remoción de 89.71% y 76.46% de Nitrógeno Amoniacal con respecto a la muestra patrón respectivamente, por otro lado no se ve remoción en el filtro N°6 (Activación Química (ZnCl₂) - 20% - 5 Horas) con una remoción del 0% y en el caso del filtro N°5 (Activación Química (ZnCl₂) - 20% - 3 Horas) se ve un incremento de 76.52% con respecto a la muestra patrón.

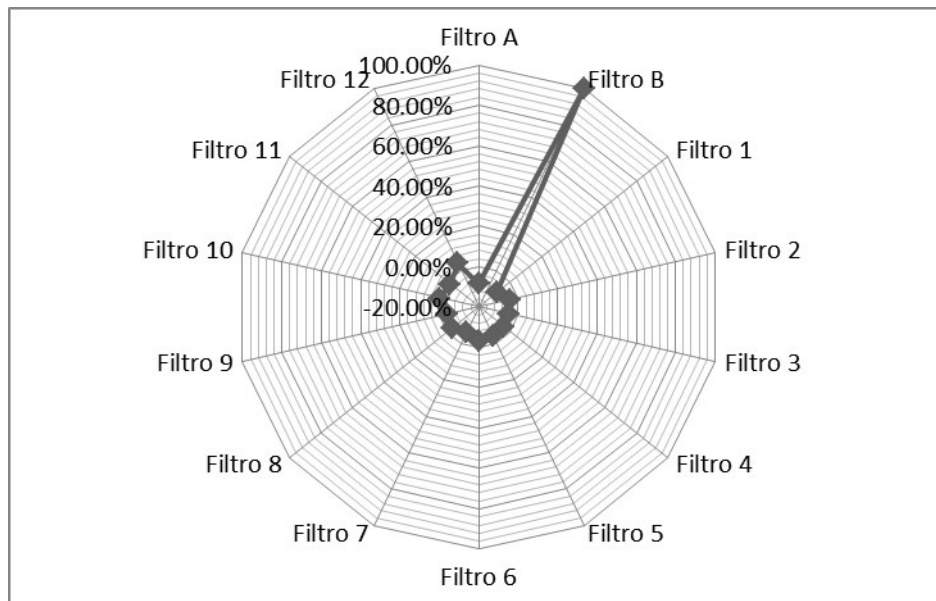
Tabla 19*Cuadro de eficiencias de remoción de sulfatos por cada filtro*

Filtros		Eficiencia de Remoción
Filtro A	1959.4	-8.40%
Filtro B	1807.5	100%
Filtro 1	1959.4	-8.40%
Filtro 2	1885.8	-4.33%
Filtro 3	1894.1	-4.79%
Filtro 4	1890.6	-4.60%
Filtro 5	1879.9	-4.01%
Filtro 6	1866.8	-3.28%
Filtro 7	1921.4	-6.30%
Filtro 8	1866.8	-3.28%
Filtro 9	1883.4	-4.20%
Filtro 10	1812.2	-0.26%
Filtro 11	1838.3	-1.70%
Filtro 12	1732.6	4.14%

Nota. Se aprecia la eficiencia de remoción que ha obtenido cada filtro con respecto a Sulfatos

Figura 46

Diagrama de eficiencia remoción de sulfatos por cada filtro



Respecto a la eficiencia de los filtros con respecto a los Sulfatos se puede notar un incremento del mismo en casi todos los filtros, a excepción del filtro N°12 (Activación Química (KOH) - 40% - 5 Horas), con una remoción de 4.14%, todos los demás se incrementan ligeramente con respecto a la muestra patrón.

Se puede notar claramente, que los filtros elaborados a partir del carbón de cascara de coco activados físicamente y químicamente cumplen su respectiva función de remoción de los parámetros analizados a excepción de los valores de los sulfatos que se genera un pequeño incremento en la mayoría de los filtros.

4.6 Análisis de los costos por empleo de filtros orgánicos

Respecto a los costos de Fabricación, Operación y Mantenimiento se puede indicar lo siguiente.

El costo de la obtención de la Fibra de Coco es gratis debido a que es materia orgánica que es desechada luego de consumir dicha fruta.

Con lo que respecta a la activación física es quemar la cáscara de coco como se indica en el procedimiento por medio de un horno artesanal y luego secarlo y lavarlo.

Con respecto a la activación química si hay un costo por los insumos empleados, por cada reactivo químico de Ácido Fosfórico (H_3PO_4), Hidróxido de Potasio (KOH) y el Cloruro de Zinc ($ZnCl_2$) cada frasco contiene 250 ml, la dosificación del elemento químico a utilizar para la activación es uniforme en los tres componentes (H_3PO_4), (KOH) y ($ZnCl_2$), en un promedio de 30 ml que se colocó para cada activación química.

Tabla 20

Costo unitario por cada reactivo químico

Código	Descripción:	Unidad:	Cant.:	Valor U.	Precio	Importe
0000	ACIDO FOSFORICO AL 20% 250 ML PREPARACION		1		23.00	23.00
0000	ACIDO FOSFORICO AL 40% 250 ML PREPARACION		1		30.00	30.00
0000	CLORURO DE ZINC AL 20% 250 ML PREPARACION		1		118.00	118.00
0000	CLORURO DE ZINC AL 40% 250 ML PREPARACION		1		153.00	153.00
0000	HIDROXIDO DE POTASIO AL 20% 250 ML PREPARACION		1		41.00	41.00
0000	HIDROXIDO DE POTASIO 40% 250 ML PREPARACION		1		70.00	70.00

Nota. Como se puede notar el reactivo químico más costoso es el Cloruro de Zinc ($ZnCl_2$) al 40% y el Ácido Fosfórico (H_3PO_4) al 20% es el más económico

En base a los resultados obtenidos sobre el porcentaje de remoción obtenido por cada parámetro se puede notar que los Filtros más eficientes son el Filtro N°A (Activación Física), el cual no necesita ningún reactivo químico, el filtro N°1 (Activación Química (H_3PO_4) - 20% - 3 Horas) y el filtro N°9 (Activación Química (KOH) - 20% - 5 Horas), como se puede notar el costo por cada 250 ml son S/. 23.00 y S/. 41.00 respectivamente.

Se puede indicar que respecto al costo de Operación y Mantenimiento podemos indicar el costo de un día por el personal encargado de realizar la limpieza del filtro ya que se puede hacer el respectivo lavado y el filtro sigue siendo efectivo.

Figura 47

Proceso de lavado del carbón activado, luego de su respectivo uso



Finalmente podemos indicar que para implementar dicho filtro en el tratamiento de aguas residuales de lavandería se debe colocar una caja de registro previa para el pretratamiento antes del vertido a la red pública, el costo por la implementación de la caja de registro previa sería la instalación de la misma que tiene un costo aproximado de S/. 450.00,

luego la compra de los insumos un promedio de S/.50.00 el cual es equivalente para obtener carbón para un mes de tratamiento de aguas residuales aproximado y propiamente el mantenimiento del mismo con un personal que pueda hacer la limpieza 1 vez al mes un promedio de S/. 50.00, por lo tanto, el costo inicial sería de S/.550.00 para implementar el pre tratamiento en las lavanderías y luego se tendría que hacer un lavado del carbón para reutilizar o cambiarlo cada 3 meses aproximadamente con el cual el costo sería cada 3 meses de S/. 100.00 para que pueda implementarse en lavanderías aproximadamente, tener en cuenta que se evaluó una lavandería que tenía un aproximado de 4 lavadoras de 10 kg aproximadamente trabajando.

4.7 Contrastación de hipótesis específicas

- a) La adecuada estructura del filtro orgánico a base de cáscara de coco si es eficiente para el pretratamiento de las aguas residuales de lavanderías.**

Para corroborar la adecuada estructura de filtro se emplearon hasta 4 diseños de filtros, con espesores de agregado fino y agregado grueso del carbón de coco obtenido de 1 cm y 1.5 cm respectivamente.

Las ubicaciones de los agregados fueron variadas, cambiando los espesores de la arena de sílice de 1.5 cm a 2.5 cm, así como el espesor de algodón natural vegetal de 3 cm a 2.5 cm.

La mejor estructura del filtro fue identificado al filtrar agua residual y poder examinar que el tiempo de filtrado menor era en el Filtro Propuesto N°2 ya que este filtraba el agua residual proveniente de lavandería en 25 minutos y el agua a simple vista se tornaba mas clara diferencia de los otros 3 filtros que el tiempo de filtrado era mayor a 30 minutos y la coloración era turbia

Por lo tanto, se puede indicar que el filtro propuesto N°2, si es eficiente para el pretratamiento de las aguas residuales provenientes de lavanderías

b) Los filtros orgánicos a base de cáscara de coco activado de manera física y química si tienen una óptima porosidad.

Mediante el tamaño obtenido de cavernas y fisuras al activar el carbón activado de manera física y química se pudo observar mediante microscopio electrónico que unos tienen una mayor porosidad, tal es el caso del Carbón activado con Hidróxido de Potasio (KOH) al 40% de concentración con 5 horas de quemado y el carbón activado con Ácido Fosfórico (H_3PO_4) al 40% de concentración con 5 horas de quemado.

Por lo tanto, se puede indicar que los filtros orgánicos activados de manera química tienen una óptima porosidad.

c) Los contaminantes de las aguas residuales de lavanderías si son removidos mediante filtros orgánicos a base de cáscara de coco.

Al realizar las pruebas en el laboratorio Certificial de los parámetros químicos y microbiológicos de las aguas residuales provenientes de lavanderías, se pudo obtener eficiencias de remoción de 63.79% para aceites y grasas, 33.21% pata demanda bioquímica de oxígeno, 56.56% para demanda química de oxígeno, 86.82% para sólidos suspendidos totales, 89.71% de nitrógeno amoniacal y 4.14% de sulfatos.

Por lo tanto, se puede indicar que los parámetros químicos y microbiológicos de las aguas residuales provenientes de lavanderías si son removidos mediante el empleo de los filtros orgánicos.

d) Los costos de implementación del filtro orgánico para el pretratamiento de las aguas residuales si son accesibles para las lavanderías.

La implementación será accesible para las lavanderías ya que al realizar el cálculo del presupuesto se puede notar que inicialmente se necesita una inversión aproximada de S/.550.00 de manera inicial y cada 3 meses se debe realizar el cambio y el costo sería de S/.100.00

Por lo tanto, se puede indicar que la implementación de filtro orgánico para el pretratamiento de las aguas residuales provenientes de las lavanderías es accesible para los propietarios y que evitara que exista mayor contaminación al momento de realizar el vertido de las aguas crudas a la red colectora.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según Cueva y Lazarte (2021), determino la remoción de arsénico mediante el uso de biofiltro con carbón activado de cascara de coco en el agua del rio Tablachaca. Los resultados obtenidos indicaron que la cantidad inicial de arsénico es 0.0376mg/L, luego del tratamiento a diferentes dosis se obtuvo resultados menores a 0.008mgAs/L, mientras que para nuestro estudio el valor del arsénico para aguas residuales provenientes de lavanderías es <0.004 mg/Lm y este valor se mantiene por debajo empleando los filtros de carbón activado, por lo que podemos indicar que el filtro con carbón activado de cascara de coco es eficiente para la remoción de arsénico.

Según Ponce (2019), determino que la aplicación del carbón activado de la cáscara de coco, si tiene un alto grado de eficacia y viabilidad en la purificación y absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los pobladores de Paragsha - Pasco, mientras que para nuestro estudio el valor del plomo para aguas residuales provenientes de lavanderías es <0.001 mg/Lm y este valor se mantiene por debajo empleando los filtros de carbón activado, por lo que podemos indicar que el filtro con carbón activado de cascara de coco es eficiente para la remoción de plomo.

Según Chicote (2018), determino el aporte del carbón granular en la mejora de la calidad del agua del río Cumbe en el caserío de Tomacucho-Cajamarca, evidencio una disminución en la turbidez y coliformes termotolerantes, el agua tratada con carbón activo granular captados del rio Cumbe cumple con las propiedades físicas y químicas, los parámetros bacteriológicos muestran una disminución en gran parte, mientras que para nuestro estudio el se puede comprobar que existe disminución en los parámetros químicos y

microbiológicos, por lo que podemos indicar que los filtros con carbón activado de cascara de coco son eficientes para remover parámetros químicos y microbiológicos.

Según Espinal (2017), se evaluó la eficiencia del carbón activado a base de cascara de coco en el tratamiento de aguas residuales domésticas en el AA. HH. 10 de Octubre, distrito de San Juan de Lurigancho, Lima, Los resultados obtenidos fueron que el carbón activado a base de cascara de coco fue eficiente en el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que con el tamaño de partícula en polvo (mm) se removió un 99.96% de Aceites y grasas, 98.48% de Coliformes termotolerantes y 56.20% de DBO5. Se concluyó que la eficiencia en los tratamientos TRAT-P y TRAT-G fue 85.30% y 70.34% respectivamente, siendo el TRAT-P el más eficiente en la remoción de parámetros físico – químicos y microbiológicos, mientras que para nuestro estudio el valor eficiencia de remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno y aceites y grasas para aguas residuales provenientes de lavanderías es 33.21% y 63.79% respectivamente, estos valores se mantienen por debajo empleando los filtros de carbón activado, por lo que podemos indicar que los filtros con carbón activado de cascara de coco son eficientes.

VI. CONCLUSIONES

- Se puede concluir que se logró un sistema ecosostenible a partir de carbón activado a base de cáscaras de coco, toda vez que se contribuye en reducir la generación de residuos sólidos provenientes de las cáscara de coco en una proporción de 200 cocos que generan aproximadamente 24 Kg de residuos sólidos y a la vez se genera carbón activado natural que puede ser generado de manera sencilla para la población que tiene negocios de lavanderías y así reducir sus contaminantes que son vertidos a la red pública, si bien es cierto hay parámetros que están por encima de lo indica en la Norma, estos son eficientes en % de remoción inicial del patrón.

- La estructura del filtro más adecuada fue en base a la turbidez observada y al tiempo de retención de 25 minutos aproximadamente por cada litro de agua gris, en la cual la composición es:

Tabla 21

Filtro N°2 composición

Filtro N°2			
Material	Área cm	Espesor cm	Volumen cm³
(A.N.V)	28.27cm ²	3.5 cm	98.96 cm ³
(F.F.V.B)	28.27cm ²	0.5 ml	
(G.C.R.G)	28.27cm ²	3 cm	84.82 cm ³
(G.C.R.F)	28.27cm ²	3 cm	84.82 cm ³
(C.A.G)	28.27cm ²	1.5 cm	42.41 cm ³
(A.S.F)	28.27cm ²	1.5 cm	42.41 cm ³
(C.A.F)	28.27cm ²	1 cm	28.27 cm ³
(A.N.V)	28.27cm ²	3 cm	84.82 cm ³

Nota. Composición de la estructura del filtro mas adecuado

Donde A.N.V. (Algodón Natural Vegetal), P.F.W. (Papel Filtro Whatman), G.C.R.G (Grava de Canto Rodado Grueso), M.S. (Malla de Separación), G.C.R.F (Grava de Canto Rodado Fino), C.A.G (Carbón Activado Grueso), A.S.F. (Arena Sílice Fina), C.A.G (Carbón Activado Fino).

- El Carbón activado (CA) activado con Hidróxido de Potasio (KOH) y con Ácido Fosfórico (H₃PO₄), alcanzo una temperatura al horno de 380.3°C en porcentaje de 40% de (KOH y H₃PO₄) por un tiempo de quemado de 5 horas, presentaron mayor cantidad de grietas en toda la estructura del carbón activado desde 18.76 μm y 22.47 μm respectivamente, con lo cual nos indica una mayor capacidad de adsorción, cuando el carbón se activa químicamente con ambos insumos.
- La eficiencia de remoción alcanzada por cada filtro fue aceptable en distintos porcentajes de eficiencia, el filtro N°A (Activación Física) y el filtro N°6 (Activación Química (ZnCl₂) - 20% - 5 Horas) los más eficientes, con una remoción de 63.79% y 63.22% de Aceites y Grasas con respecto a la muestra patrón respectivamente, el filtro N°1 (Activación Química (H₃PO₄) - 20% - 3 Horas) y el filtro N°9 (Activación Química (KOH) - 20% - 5 Horas) los más eficientes, con una remoción de 33.21% y 32.69% de Demanda Bioquímica de Oxígeno con respecto a la muestra patrón respectivamente, el filtro N°10 (Activación Química (KOH) - 20% - 3 Horas) y el filtro N°9 (Activación Química (KOH) - 20% - 5 Horas) los más eficientes, con una remoción de 56.56% y 52.66% de Demanda Química de Oxígeno con respecto a la muestra patrón respectivamente, filtro N°1 (Activación Química (H₃PO₄) - 20% - 3 Horas) y el filtro N°A (Activación Física) los más eficientes, con una remoción de

86.82% y 86.47% de Sólidos Suspendedos Totales con respecto a la muestra patrón respectivamente, filtro N°8 (Activación Química ($ZnCl_2$) - 40% - 5 Horas) - 20% - 3 Horas) y el filtro N°4 (Activación Química (H_3PO_4) - 40% - 5 Horas) los más eficientes, con una remoción de 89.71% y 76.46% de Sólidos Suspendedos Totales con respecto a la muestra patrón respectivamente y finalmente para el caso de sulfatos se vio un incremento ligero en casi todos los filtros a excepción del filtro N°12 (Activación Química (KOH) - 40% - 5 Horas), que obtuvo una remoción de 4.14% con respecto a la muestra patrón.

- Con respecto a los costos se puede indicar que el costo de inversión por medio de una activación física y/o química solo sería el costo del operario por un día, equivalente a S/. 50.00 por el proceso de quemado, secado y lavado, por los reactivos químicos en promedio se tiene un costo de S/. 40.00 por cada 250 ml el cual solo se usa 30 ml por cada 45 gramos de carbón, el cual se puede usar hasta un promedio de 7 veces más, se pudo analizar que la limpieza del carbón y los agregados demanda un día más dando un total de costo de fabricación, operación y mantenimiento de S/. 140.00, cabe indicar que el lavado se debe hacer en promedio una vez al mes.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir realizando trabajos experimentales a partir de productos orgánicos, los cuales como se puede notar en el presente estudio son eficientes para la remoción de parámetros químicos y microbiológicos de aguas residuales.
- Sería importante analizar los tiempos de mantenimiento a través de intervalos de tiempo para así determinar la vida útil de los filtros.
- Es importante llevar los modelos realizados en laboratorio a escala en lavanderías u otras industrias, para así determinar otros factores externos que pueden influir en la remoción de los parámetros químicos y microbiológicos de las aguas residuales.
- Se debe hacer mención que existen tres parámetros que están por encima de lo estipulado en los (VMAs) como son la DBO5, DQO y Sulfatos, de manera ligera, se debe analizar los espesores propuestos en el presente trabajo para que se pueda llegar por debajo de los estipulado en la norma, ya que los valores son cercanos.
- Evaluar el tiempo de retención para cada filtro a analizar ya que es importante para el proceso de filtrado del agua residual.
- El presente trabajo busca que se implemente un pre tratamiento de las aguas residuales de las industrias de lavandería u otras afines con el fin de reducir los contaminantes que son vertidos a la red pública para así evitar una mayor contaminación, por lo cual se recomienda que este trabajo sea una base para los

futuros trabajos de investigación en el tratamiento de las aguas residuales provenientes de distintas industrias a bajo costo y sostenible.

VIII. REFERENCIAS

- Amuda, O., Giwa, A. y Bello, I., (2007). Removal of Heavy Metal from Industrial Wastewater Using Modified Activated Coconut Shell Carbon. *Biochemical Engineering Journal*, 36(2). <https://doi.org/10.1016/j.bej.2007.02.013>
- Arrocha, F., Guevara, C., Gonzalez, M., Rivas, F., & Delgado, R. (2019). Evaluación de filtros de carbón activado basado en cáscaras de frutas (piña, plátano, coco, naranja). *Revista De Iniciación Científica*, 5, 79-83. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v5.0.2390>
- Baharum, N., Nasir H., Ishak, M., Isa, N., Hassan, M. y Aris, A. (2020). Highly efficient removal of diazinon pesticide from aqueous solutions by using coconut shell-modified biochar. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(7), 6106-6121. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.05.011>
- Boletín Tecnológico N°3 (Año 2019)– Tecnologías para la recuperación de agua contaminada con metales pesados: Plomo, Cadmio, Mercurio y Arsénico. <https://www.gob.pe/institucion/ins/informes-publicaciones/6831635-boletin-tecnologico-n-3-tecnologias-para-la-recuperacion-de-agua-contaminada-con-metales-pesados-plomo-cadmio-mercurio-y-arsenico>
- Chiclote, Y., (2018). *Mejora de la calidad del agua del río Cumbe empleando filtro de carbón activado*. Universidad Privada del Norte. <http://hdl.handle.net/11537/13839>
- Clecius, A., Do Nascimento, R., Sousa, F., Filho, J. y Oliveira, A. (2012). Modified coconut shell fibers: A green and economical sorbent for the removal of anions from aqueous

solutions. *Chemical Engineering Journal*, 185-186, 274-284.
<https://doi.org/10.1016/j.cej.2012.01.037>

Cueva Magán, P. S., & Lazarte Chávez, D. A. (2021). *Biofilter with coconut shell activated carbon for the removal of arsenic from the water of the Tablachaca River, Ancash – 2021*. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/66730>

Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento (SUNASS, 2016).
<https://www.gob.pe/institucion/sunass/informes-publicaciones/3087490-diagnosticos-de-las-ptar-en-el-ambito-de-las-empresas-prestadoras>

Espinal, G. (2017). *Eficiencia del carbón activado a base de cascara de coco en el tratamiento de aguas residuales domesticas en el AA.HH. 10 de octubre, distrito de San Juan de Lurigancho, Lima*. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/22568>

Ighalo, J. y Adeniyi, A. (2020), Adsorption of pollutants by plant bark derived adsorbents: An empirical review. *Journal of Water Process Engineering*, 35, 101228.
<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101228>

Informe Nacional: Perú a mayo 2020 “La Protección de la Vida en la Emergencia y después” (2020). <https://www.ceplan.gob.pe/informe-nacional/>

Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2019). “Acceso a los Servicios Básicos en el Perú 2013-2018”.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1706/1ibro.pdf

- Johari, K., Alias, A. S., Saman, N., Song, S. T., & Mat, H. (2015). Removal performance of elemental mercury by low-cost adsorbents prepared through facile methods of carbonisation and activation of coconut husk. *Waste Management & Research*, 33(1), 81–88. <https://doi.org/10.1177/0734242X14562660>
- Kulal, P. y Badalamoole, V. (2020), Hybrid nanocomposite of kappa-carrageenan and magnetite as adsorbent material for water purification. *International Journal of Biological Macromolecules*, 165(Part A), 542-553. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.09.202>
- Liu, H., Xu, F., Xie, Y., Wang, C., Zhang, A., Li, L., & Xu, H. (2018). Effect of modified coconut shell biochar on availability of heavy metals and biochemical characteristics of soil in multiple heavy metals contaminated soil. *The Science of the total environment*, 645, 702–709. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.115>
- Manual de Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua y Saneamiento – PNSR. (s.f.). <chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/https://agualimpia.org/wp-content/uploads/2019/09/AGUALIMPIA-Manual-OyM-Agua-Potable-rural-final.pdf>
- Namasivayam, C. y Sureshkumar, M. (2008). Removal of Chromium (VI) From Water and Wastewater Using Surfactant Modified Coconut Coir Pith as a Biosorbent. *Bioresource technology*. 99. 2218-25. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.05.023>
- Ponce, D., (2019), Aplicación del carbón activado de la cáscara de coco, en la purificación y absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los pobladores de Paragsha - Pasco 2018. [Tesis de grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1563>.

- Rathi, G., Siddiqui, S., Pham, Q. y Nam, V. (2020) Nigella sativa seeds based antibacterial composites: A sustainable technology for water cleansing - A review, *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 18, 100332. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100332>
- Rios, J., (2018). *Eficiencia del Carbón Activado a base de Cascara de Coco (Cocos nucifera) en la remoción del Dióxido de Carbono (CO2) para mejorar la Calidad del Aire*, 2018. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/28091>
- Ruiz, A., (2018). *Obtención de carbón activado a partir de cáscara de naranja (Citrus L. Obseck) y su aplicación como adsorbente de plomo II) en disolución acuosa*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4043>
- Taksitta, K., Sujarit, P., Ratanawimarnwong, N., Donpuksa, S., & Songsrirote, K. (2020). Development of tannin-immobilized cellulose fiber extracted from coconut husk and the application as a biosorbent to remove heavy metal ions. *Environmental nanotechnology, monitoring & management*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2020.100389>
- Valladares, M., Cardenas, C., De la Cruz, P. y Melgoza, R. (2016). Adsorbentes no convencionales, alternativas sustentables para el tratamiento de aguas residuales. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 16(31), 55-73. <https://doi.org/10.22395/rium.v16n31a3>
- Yamaguchi, N., Cusioli, L., Quesada, H., Camargo, M., Fagundes, M., Salcedo, A., Gutierrez, R., Fernandes, M., y Bergamasco, R. (2021), A review of Moringa oleifera

seeds in water treatment: Trends and future challenges, *Process Safety and Environmental Protection*, 147, 405-420. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.09.044>

Yi, L., Xia, Y., Tan, Z., Fang, X., Zhao, L., Wu, H., y Guo, S. (2020) Design of tubelike aerogels with macropores from bamboo fungus for fast oil/water separation. *Journal of Cleaner Production*, 264(121558). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121558>

Yzquierdo, E., (2018). *Incorporación de filtros de zeolita en la calidad del agua en las captaciones del sistema de agua potable del Barrio Serafinpampa*. Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/14791>