



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE TEXTILES

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE
INGENIERA TEXTIL**

TEMA:

“ELABORACIÓN DE UN FILTRO DE LANA-CARBÓN ACTIVADO PARA
EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA DE
LABORATORIO QUE PERMITA LA REMOCIÓN DE LA TINTURA DE
FIBRAS SINTÉTICAS”

AUTOR(A):

Doménica Coralía Farinango Nicolalde

DIRECTOR:

MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada

IBARRA-ECUADOR

2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DEL CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004587216
APELLIDOS Y NOMBRES:	Farinango Nicolalde Doménica Coralía
DIRECCIÓN:	Ibarra-Yahuarcocha 11-50 y pasaje H.
EMAIL:	dcfarinangon@utn.edu.ec
TELÉFONO MÓVIL:	0981161850

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“ELABORACIÓN DE UN FILTRO DE LANA-CARBÓN ACTIVADO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA DE LABORATORIO QUE PERMITA LA REMOCIÓN DE LA TINTURA DE FIBRAS SINTÉTICAS”
AUTOR:	Farinango Nicolalde Doménica Coralía
FECHA:	24/07/2023
PROGRAMA:	Pregrado <input checked="" type="checkbox"/> Posgrado <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE SE OPTA:	Ingeniera Textil
ASESOR/DIRECTOR:	MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada

2. CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es titular de los derechos patrimoniales, por lo que se asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 24 días del mes de julio del 2023

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'DOMÉNICA FARINANGO NICOLALDE', with several overlapping loops and lines.

EL AUTOR(A)

Firma:

Doménica Coralía Farinango Nicolalde

C.I.: 1004587216



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CERTIFICADO DEL ASESOR

En calidad de director del Trabajo de Grado presentado por la estudiante DOMÉNICA CORALIA FARINANGO NICOLALDE, para optar el título de INGENIERA TEXTIL, cuyo tema es "ELABORACIÓN DE UN FILTRO DE LANA-CARBÓN ACTIVADO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA DE LABORATORIO QUE PERMITA LA REMOCIÓN DE LA TINTURA DE FIBRAS SINTÉTICAS", considero que el presente trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los opositores designados.

En la ciudad de Ibarra a los 21 días del mes de julio del 2023.



MSc. WILLAM RICARDO ESPARZA ENCALADA
DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

Le dedico el resultado de todo este trabajo a mi familia, principalmente a mi Madre Asunción, por todo su amor e infinita paciencia. Gracias por enseñarme a afrontar siempre las dificultades sin perder nunca la cabeza ni morir en el intento.

A mi abuelita Antonia (+) quien mientras Dios le dio vida me supo enseñar y guiar por el camino del bien, formando en mi valores y principios para mi vida profesional.

A mis hermanas Andrea, Doris, Pamela, Daniela y a mi hermano Alex, quienes han sido mis cómplices y han estado en los momentos felices y tristes de mi vida.

A mis sobrinos y sobrinas que con su inocencia me han enseñado a ser una mejor tía cada día, además de haber llegado en los momentos justos para darme los empujones para culminar todos los proyectos a lo largo de mi vida estudiantil y universitaria.

Finalmente, dedicar a toda mi familia, amigas y amigos, docentes por apoyarme en todo momento y brindarme sus conocimientos, por extender su mano en todos los momentos difíciles y por el amor brindado cada día, siempre los llevaré en mi corazón.

Doménica Coralía Farinango Nicolalde

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por haberme brindado salud y vida a lo largo de mi existencia.

A mi Madre y Abuelita por todos sus consejos, y por darme su ejemplo de trabajo y honradez.

A mis hermanas y hermano quienes me han sabido dar todo su apoyo incondicional en cada paso que he dado.

A mis estimados docentes de la Carrera de Textiles a quienes les debo mis conocimientos, donde quiera que vaya los llevaré conmigo en mis pasos profesionales. Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación y tolerancia.

A mi tutor MSc. Willam Esparza quien me ha apoyado y guiado en el término de este trabajo de investigación, muchas gracias por sus múltiples palabras de aliento y orientaciones para poder desarrollarme profesionalmente.

A mis compañeros y compañeras de viaje, en especial a Pamela Simbaña quien ha sido una amiga incondicional durante todo el tiempo universitario, gracias por haber estado en todos esos momentos de esta aventura maravillosa, gracias por estar allí siempre.

Doménica Coralia Farinango Nicolalde

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del tema.....	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Importancia del estudio.....	3
1.4 Objetivo General.....	3
1.5 Objetivos específicos	3
1.6 Características del sitio del proyecto	4
CAPÍTULO II	5
2. ESTADO DEL ARTE.....	5
2.1 Estudios previos	5
2.1.1 El agua	5
2.1.2 Lana	6
2.1.3 Filtros de agua	6
2.1.4 Aguas residuales de la industria textil	7
2.1.5 Filtros de lana	7
2.1.6 Carbón activado.....	8
2.1.7 Usos del carbón activado en el tratamiento de aguas residuales	8
2.2 Marco legal	9
2.2.1 Línea de investigación de la Universidad Técnica del Norte	9
2.2.2 Norma INEN 2 169:98	9
2.3 Marco conceptual.....	10
2.3.1 Carbón activado.....	10
2.3.2 Sólidos suspendidos.....	12

2.3.3	DQO.....	12
2.3.4	DBO ₅	13
2.3.5	pH.....	13
2.3.6	Sólidos totales.....	13
2.3.7	Turbiedad.....	13
2.3.8	Resina.....	14
CAPÍTULO III.....		15
3.	METODOLOGÍA.....	15
3.1	Tipos de investigación.....	15
3.1.1	Investigación Bibliográfica.....	15
3.1.2	Investigación Experimental.....	15
3.1.3	Investigación de campo.....	16
3.2	Norma.....	16
3.2.1	Norma INEN 2169:98.....	16
3.3	Flujograma del proceso.....	17
3.3.1	Flujograma general.....	17
3.3.2	Flujograma muestral.....	18
3.4	Técnicas, Instrumentos y métodos.....	19
3.5	Materiales y Equipos.....	19
3.5.1	Materiales.....	20
3.5.2	Equipo.....	20
3.6	Características de la materia prima.....	21
3.7	Elaboración filtro.....	24
3.8	Procedimiento para el filtro impregnado carbón activado.....	26
CAPÍTULO IV.....		29
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	29
4.1	Resultados y Discusión.....	29
4.2	Normalidad de los datos.....	31
4.3	Análisis de la varianza.....	32
4.4	Análisis de resultados.....	33
CAPÍTULO V.....		35
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	35
5.1	Conclusiones.....	35
5.2	Recomendaciones.....	36
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		37

ANEXOS 42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Instalaciones laboratorios EMAPA-I.....	4
Figura 2 Estructura del carbón activado.....	11
Figura 3 Funcionamiento del carbón activado	12
Figura 4 Diferencia de adsorción y absorción.....	12
Figura 5 Flujograma general	17
Figura 6 Flujograma muestral	18
Figura 7 Abridora de lana	22
Figura 8 Cardado lana	23
Figura 9 Enfieltado campana	23
Figura 10 Campana terminada	24
Figura 11 Filtro en forma de campana	25
Figura 12 Filtros terminados	26
Figura 13 Pesajes auxiliares	27
Figura 14 Mezcla auxiliares	27
Figura 15 Impregnación filtro	27
Figura 16 Secado filtros	28
Figura 17 Normalidad de datos	32
Figura 18 Análisis de varianza general	32
Figura 19 Análisis de datos	33
Figura 20 Resultado general.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de filtro de agua.....	6
Tabla 2 Métodos de ensayo de las aguas residuales.....	19
Tabla 3 Materiales.	20
Tabla 4 Equipo.	21
Tabla 5 Caracterización no tejido.....	21
Tabla 6 Receta 1.....	25
Tabla 7 Receta 2.....	25
Tabla 8 Receta 3.....	26
Tabla 9 Resultados efluente sin filtrar.....	29
Tabla 10 Datos caracterización efluentes filtrados.....	30

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Filtro en forma de campana	42
Anexo 2 Impregnación (carbón activado-resina).....	42
Anexo 3 Filtro impregnado	42
Anexo 4 Recolección muestras agua residual.....	43
Anexo 5 Informe de resultados muestra 1 (efluente sin filtrar)	43
Anexo 6 Informe de resultado muestra 2 (efluente filtrado).....	44
Anexo 7 Informe de resultado muestra 3 (efluente filtrado).....	44
Anexo 8 Informe de resultados muestra 4 (efluente filtrado)	44
Anexo 9 Ficha técnica carbón activado	45
Anexo 10 Ficha técnica ResinaPatch	45

RESUMEN

La industria textil requiere una disminución de contaminantes a nivel mundial; por ello, la necesidad de poder contribuir con la investigación mediante el estudio de un filtro de lana con carbón activado el cual ayudará a reducir los contaminantes existentes en las aguas residuales de la industria textil, debido a las características que la fibra de lana posee y al ser de origen animal su descomposición en comparación con la de otros tipos de filtro esta es más amigable para el ambiente. Por lo cual se procede a realizar el filtro en forma de campana con un peso de 110g, y posteriormente a impregnarlo con el carbón activado y con ayuda de una resina para que este se mantenga en la fibra. Los resultados se encontraron con base a los análisis de laboratorio los cuales fueron pH, DQO, DBO₅, turbiedad, sólidos sedimentables y sólidos totales; el análisis de los datos se realizó mediante el programa Past 4, indicando que los datos obtenidos equivalen al 95% de confiabilidad, concluyendo con la investigación, que el filtro con mayor eficiencia fue de 15% de resina y un 10% de carbón activado, mezclado con el 75% de agua, con el cual se lograron retener mayormente los contaminantes de las aguas residuales como el DQO, turbiedad y sólidos totales, dando resultados indistintos, mientras que se obtuvo un valor de 0 en el DBO₅, es decir no se encontró material biodegradable en estas aguas, además, el pH es constante antes y después del filtrado con sólidos sedimentables de <0,5 mg/L.

Palabras claves: Filtro de lana, Carbón activado, Textiles, Agua residual, Filtrado.

ABSTRACT



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
EMPRESA PÚBLICA "LA UEMEPRENDE E.P."



ABSTRACT

The textile industry, being one of the worldwide pollutants, has the need to contribute to the research through the study of a wool filter with activated carbon, which will help reduce the existing pollutants in the wastewater of the textile industry, due to the characteristics that the wool fiber has and being of animal origin, its decomposition, compared to other types of filters, is more environmentally friendly. Therefore, a bell-shaped filter with a weight of 110g was made, and then to impregnate it with activated carbon and with the help of a resin so that it remains in the fiber. The results, after the laboratory analysis, found were pH, COD, BOD, turbidity, settleable solids, and total solids. The data analysis was performed using the Past 4 program, indicating that the data obtained were equivalent to 95% reliability; concluding with the research, that the filter with the highest efficiency was 15% resin and 10% activated carbon, mixed with 75% water, with which it was possible to retain most of the wastewater pollutants such as COD, turbidity and total solids giving indistinct results, while a value of 0 was obtained in the BOD, i.e. no biodegradable material was found in these waters. In addition to the pH, it was constant before and after filtering with settleable solids of <0.5 mg/L.

Keywords: wool filter, activated carbon, textiles, wastewater, filtration.

Reviewed by:
MSc. Luis Páspuezán Soto
CAPACITADOR-CAI
Fecha: Junio 12, 2023

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del tema

En la actualidad la industria textil es una de las segundas industrias más contaminantes del mundo, a causa de los residuos que estos desechan a las cañerías una vez que se realizan la tintura de las fibras, telas e hilos, sin embargo, existen empresas que realizan un pretratamiento a estas aguas para luego desecharlas, aunque a veces se quedan remanentes de los productos químicos que se utilizan y es por eso que se sigue contaminando los efluentes. Por lo que afirma que el procesamiento textil es responsable del 20% de contaminación de agua, lo que lo posiciona como el segundo mayor agente contaminante de recursos de agua dulce a nivel mundial (Belloch, 2020).

Esta contaminación es responsabilidad de todos los productos que se utilizan, además de las personas que siempre quieren estar a la moda, es por eso que la mayoría hemos caído en la famosa moda rápida la cual hace que las personas compren más de lo que necesitan y por ende lo que ya se va quedando se va desechando y es por eso que la contaminación va aumentando, ya que para poder realizar un denim se necesita un kilo de algodón lo cual representa la utilización de 10.000 a 17.000 litros de agua. (*Contaminación de La Industria Textil – Central Cero, 2018*)

Además de empeorar la escasez de agua, la industria de la moda contamina los suministros locales de agua (IndustriaTextil, 2021). Debido a que ciertos productos químicos utilizados en la fabricación son peligrosos, las aguas residuales mal tratadas se filtran en el agua subterránea cercana, causando una degradación de los ecosistemas cercanos.(Niinimäki et al., 2020)

Como se conoce que la industria textil es una de las que más contaminada al ambiente, además, de que los desechos de la industria textil presentan variaciones significativas en diferentes parámetros, como la demanda química de oxígeno (DQO), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), el color, el pH y la salinidad (Casas, 2020).

Es así como el propósito de esta investigación es dar a conocer a nivel experimental de laboratorio la realización de un filtro de lana 100% y carbón activado el cual permita la remoción de los colorantes y auxiliares que se utilizan en el proceso de tintura, ya que dentro de algunas propiedades que tiene el carbón activo el cual posee una estructura porosa y una amplia área de superficie interna la cual ayuda mucho en la adsorción de sustancias, las cuales contaminan los efluentes.

Además, se podrá realizar la toma de muestras gracias a la norma INEN 2 169:98, en donde expresa esta norma específica las medidas generales necesarias para preservar y transportar muestras de agua, además de enumerar las técnicas de conservación más comúnmente utilizadas.(Aguaiza, 2016)

Por lo cual el llevar a cabo esta investigación representaría una gran ayuda para poder reducir la contaminación en la industria, dejando claro que no pueda ser en su totalidad, pero ya con esto podemos ir ayudando a generar nuevas iniciativas para promover el correcto tratamiento de las aguas residuales de la tintura textil.

1.2 Antecedentes

Cada vez se hace más visible la contaminación que se genera por las plantas de procesos textiles, sobre todo por las que se dedican a la tintura es por eso, que crece la necesidad de poder realizar tratamientos a estas aguas, dando como resultado la mayor remoción de productos tóxicos los cuales provoquen dicha contaminación.

Es así que en cuanto a tratamiento de aguas residuales se refiere existen algunos métodos los cuales las grandes empresas los realizan, sin embargo, estos tratamientos no son del todo efectivos ya que en algunos casos aún se quedan sustancias tóxicas las cuales son desechadas a las cañerías y estas contaminan el agua dulce sea de ríos, lagos o lagunas.

Es por eso que mediante la presente investigación tendrá lugar en la ciudad de Ibarra, en la Carrera de Textiles de la Universidad Técnica del Norte, con la utilización de lana 100% y carbón activado logrando realizar un filtro el cual permita la remoción de la tintura de las fibras sintéticas, dando como resultado una mejor filtración de estas aguas para reducir la contaminación ambiental de los efluentes.

Para recolectar los efluentes luego de tintura se tomará en cuenta la norma INEN 2 169:98 la cual da a conocer las pautas que se deben seguir para la obtención de las muestras de agua.

La investigación se la realizara en un período de 10 meses, tiempo necesario para poder efectuar los objetivos propuestos y resolver la problemática que es causada por la contaminación de los efluentes textiles.

1.3 Importancia del estudio

Los mercados textiles buscan satisfacer las necesidades de sus consumidores al igual que tratan de reducir la contaminación que estas necesidades causan en los diferentes procesos de fabricación de los mismos, por lo que en el país son pocas las empresas que velan por el bienestar de la naturaleza, es por eso que se pretende aportar con la presente investigación en donde uno de los materiales a utilizar es el carbón activado el cual es un producto utilizado en varios campos los cuales incluye también el campo de la industria textil en donde el carbón activado es un elemento empleado para eliminar sustancias químicas dañinas del aire y del agua contaminada. (EPA, 2012)

Entre algunas de las propiedades que tiene el carbón activo la principal y más importante es que tiene una estructura con poros y una amplia superficie interna dominante la cual ayuda mucho en lo que es la adsorción de sustancias, es por eso que este es uno de los productos escogidos para el desarrollo de este proyecto ya que permite la remoción de los colorantes procedentes de la tintura.

Además, el uso de la fibra de lana, por sus características, sobre todo por las capas que esta fibra tiene en su estructura, ya que esta al contar con su capa externa la cual contiene forma de escamas y ayuda al Enfieltramiento entre fibras, la capa interna que permitirá absorber los contaminantes de los efluentes y la capa media en donde se retendrán los colorantes del proceso. (W. Esparza, 2016). De esta manera se puede cuidar de mejor manera la naturaleza y tratar las aguas procedentes de los procesos posteriores a un producto obtenido.

1.4 Objetivo General

- Elaborar un filtro de lana-carbón activado para el tratamiento de aguas residuales a escala de laboratorio que permita la remoción de la tintura de fibras sintéticas.

1.5 Objetivos específicos

- Diseñar y elaborar un filtro de lana-carbón activado para la remoción de la tintura de fibras sintéticas.
- Recopilar muestras de aguas residuales de la tintura de fibras sintéticas según la norma INEN 2 169:98.

- Caracterizar las aguas residuales obtenidas del proceso de tintura de fibras sintéticas, mediante análisis de laboratorio.
- Evaluar el filtro de lana-carbón activado para determinar su eficacia en la remoción de la tintura de fibras sintéticas.

1.6 Características del sitio del proyecto

La presente investigación se lleva a cabo en las instalaciones de la planta académica textil, de la Universidad Técnica del Norte, ubicada en la ciudad de Ibarra, provincia Imbabura, en dónde se encuentra la maquinaria necesaria para realizar la parte práctica del tema, además las evaluaciones del agua tinturada se realizarán en los laboratorios de EMAPA-I, ubicados en la Avenida Atahualpa Planta de tratamiento Caranqui, los cuales cuentan con las normas y equipos necesarios para la obtención de los análisis respectivos.

Figura 1

Instalaciones Laboratorios EMAPA-I



Fuente: (Tanques de EMAPA - Google Maps, 2022.)

CAPÍTULO II

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 Estudios previos

En este apartado se da a conocer investigaciones antes realizadas, las cuales serán de ayuda para el tema de investigación, en donde se dan a conocer distintos temas que se relacionan y por lo cual otros investigadores mencionan que han tenido fallos, dan otras pautas las cuales hacen que el presente trabajo sea llevado a cabo de la mejor manera, siendo así mejorando los procesos que los anteriores autores han realizado y no han sido fructuosos.

2.1.1 El agua

El agua es fundamental para cualquier tipo de vida existente, juega un papel muy determinado en diferentes áreas como la agricultura, ganaderías, industrias de abastecimiento de agua, el agua tiene una importancia no solo como recurso esencial para la vida, sino también como un recurso económico e industrial. Se emplea en diversas actividades industriales, con un alto consumo y frecuentemente enfrenta problemas de contaminación (Moreno, 2015).

El agua además, de ser el recurso más importante de vida en el planeta, indica que el agua es un compuesto con propiedades distintivas, de suma importancia para la vida, omnipresente en la naturaleza y fundamental en los procesos físicos, químicos y biológicos que rigen el entorno natural (Casigña & Haro, 2020).

El agua es uno de los recursos que necesitan los seres vivos para su existencia, sin embargo, una de las problemáticas que existen actualmente es la contaminación a la misma por lo que, las aguas contaminadas contienen ciertos compuestos que provienen de diversas fuentes, tales como: pesticidas, tensoactivos, fenoles, aceites y grasas, metales pesados, entre otros. Dentro de esta contaminación en la industria textil es la segunda mayor contaminante ya que para el desarrollo de sus productos se utilizan mucha agua, por lo que:

Las aguas residuales de la industria textil presentan una amplia gama de composiciones. Además de colorantes, incluyen tensioactivos, ácidos, álcalis, aceites minerales y metales

pesados, los cuales pueden estar en forma disuelta, medio-disuelta o no disuelta. Si el agua residual tiene un pH altamente ácido o alcalino es necesario neutralizarlo (Spena, 2016).

2.1.2 Lana

La lana es una fibra de origen animal la cual por sus características naturales es una de las fibras que se usa más en el tema de nuevos desarrollos medioambientales, ya que al ser natural su descomposición no afecta al medio ambiente. La lana es una fibra textil que se forma en los folículos de la piel de los ovinos y constituye el vellón que cubre el cuerpo de las ovejas. Se caracteriza por ser una fibra suave y rizada (Ó. Gómez, 2009, p. 74).

La lana además de ser renovable, reutilizable y completamente biodegradable, posee una gran versatilidad para la innovación industrial y para abordar desafíos ambientales (Genérico, 2021).

2.1.3 Filtros de agua

Dada la enorme cantidad de agua que se utiliza diariamente en todo el mundo y por distintos tipos de uso sea de consumo humano o para las empresas que la necesitan para llevar a cabo sus procesos de manufactura, es importante tanto para las dos partes tener el uso de filtros de agua ya que estos ayudan a la preservación del medio ambiente en caso de que las aguas que sean filtradas contengan productos que ocasionen daños a la naturaleza (Atl, 2020).

2.1.3.1 Tipos de filtros

En la actualidad existen un sin número de filtros los cuales tienen diferentes usos finales, en este caso se resalta en la **Tabla 1**. aquellos utilizados en el tratamiento de aguas residuales.

Tabla 1

Tipos de filtro de agua.

Según la velocidad de filtración	Según el medio filtrante usado	Según el sentido de flujo	Según la carga sobre el lecho
Lentos 2-10 m ³ /m ² *d	Arena	Ascendentes Descendentes	Por gravedad
Rápidos 120-360 m ³ /m ² *d	Lecho simple: 1. Arena 2. antracita	Ascendentes Descendentes	Por gravedad Por presión
Rápidos 240-480 m ³ /m ² *d	Lecho mixto a) lecho doble	Ascendentes Descendentes	Por gravedad Por presión

- Arena
 - Antracita
- b) lecho triple
- Arena
 - Antracita
 - Granate

Fuente:(Pérez, n.d.)

Nota: Las siglas de las unidades se dan a conocer a continuación; m³ (metro cúbico), m² (metro cuadrado), d(diámetro).

La filtración es un proceso mediante el cual se logra separar cierto material contenido en las aguas residuales, siendo estos microorganismos, mediante un medio poroso, esta fase es una de las responsables de que el agua sea segura y apta para el consumo humano en términos de calidad, además según pruebas bacteriológicas los filtros pueden tener una eficiencia del 99% en la remoción de material orgánico e inorgánico(Chulluncuy, 2011.).

2.1.4 Aguas residuales de la industria textil

La composición de los desechos producidos por la industria textil es altamente diversa, generalmente caliente, alcalina y con color. Los principales elementos contaminantes incluyen sólidos suspendidos, aceites minerales y compuestos orgánicos, los cuales son considerados como compuestos xenobióticos resistentes a los procesos de biodegradación.(Camargo & Giraldo, 2018)

En muchos lugares, las aguas residuales industriales de la industria textil representan un problema igual o mayor que las aguas residuales domésticas. Su descarga directa al sistema de alcantarillado urbano está restringida debido a la presencia de contaminantes tóxicos que dañan la vida acuática del ecosistema marino donde finalmente se vierten. Por lo tanto, esta industria debe someter sus efluentes o aguas residuales a tratamientos parciales o completos en su origen.(Rocha, 2018)

2.1.5 Filtros de lana

Según se menciona que el fieltro de lana es un tipo de fieltro batonado que se distingue por ser un producto natural, sin sustancias tóxicas, y con excelente capacidad de aislamiento térmico. Es una opción ideal para el transporte de líquidos y gases (Texpack, 2015).

Los filtros a lo largo de su historia han venido dando un buen uso debido a su naturaleza, tratando así de ayudar a la disminución de contaminantes en las vertientes, además de la

descomposición de dicho filtro, ya que los filtros de material sintético tardan más en descomponerse, es por eso que (Imbaquingo, 2020) en su investigación menciona lo siguiente:

Debido a esta razón, se llevó a cabo la investigación utilizando un filtro de lana de oveja compactado (batonado) como filtro para capturar una mayor cantidad de contaminantes. Esta elección se basó en que es un producto natural de bajo costo en materia prima, disponible en el entorno y, además, es biodegradable.

2.1.6 Carbón activado

El carbón activado es un sólido poroso con una amplia área superficial, formado por microcristales de carbono dispuestos en capas hexagonales entrelazadas. Estas capas se pliegan de manera irregular, creando espacios que dan lugar a la porosidad característica del carbón. (Vanegas, 2021)

Al tener algunas características el carbón activado es denominado un agente de adsorción versátil, esto debido a la cantidad de sustancias que puede ser adsorbidas por el material como lo dice (Vanegas, 2021) existen dos maneras de adsorber:

Una implica llenar los poros, mientras que la otra cubre la superficie. En la primera, se forma una primera capa de moléculas adsorbidas, seguida por la adsorción de capas adicionales, en ambos casos debido a las fuerzas de Van del Waals (en adsorción física) o enlaces químicos (en adsorción química).

2.1.7 Usos del carbón activado en el tratamiento de aguas residuales

La utilización de carbón activado para la adsorción es un método avanzado de tratamiento de aguas residuales que se emplea para eliminar tanto compuestos orgánicos refractarios como concentraciones residuales de compuestos inorgánicos como nitrógeno, sulfuros y metales pesados. (Flores & Yáñez, 2016)

Para tener en cuenta el dimensionamiento de los filtros para las aguas sean residuales, de ríos, lagos, entre otras se han realizado investigaciones en donde se estima la cantidad de carbón activado requerida para disminuir la concentración de sólidos suspendidos. Una vez calculada esta cantidad, se determina el volumen que ocuparía en el filtro (Suárez, 2014).

En dónde se presentan las siguientes fórmulas.

$$A = \frac{V_{Ca}}{h} \quad D = \sqrt{\frac{4xA}{\pi}} \quad H = 3xh \quad (1)$$

Dónde:

V_{ca} : Volumen de carbón activado (m^3)

A: Área de filtración (m^2)

h: Altura del lecho de carbón activado (m)

D: Diámetro del filtro (m)

H: Altura del filtro (m)

2.2 Marco legal

En este apartado se mencionan las normas y las líneas de investigación que servirán como base para el desarrollo del presente proyecto.

2.2.1 Línea de investigación de la Universidad Técnica del Norte

Los proyectos de investigación científica deben estar vinculados con las 10 áreas de investigación actuales y aprobadas por el Honorable Consejo Universitario, por lo que (UTN, 2022) menciona que estas líneas son las siguientes:

1. Producción Industrial y Tecnología Sostenible
2. Desarrollo Agropecuario y Forestal Sostenible
3. Biotecnología, Energía y Recursos Naturales Renovables
4. Soberanía, Seguridad e Inocuidad Alimentaria Sustentable
5. Salud y Bienestar Integral
6. Gestión, Calidad de la Educación, Procesos Pedagógicos e Idiomas
7. Desarrollo Artístico, diseño y publicidad
8. Desarrollo Social y del Comportamiento Humano
9. Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socio-económico
10. Desarrollo, aplicación de software y cyber security (seguridad cibernética).

La presente investigación está apegada al lineamiento número nueve de la Carrera de Textiles.

2.2.2 Norma INEN 2 169:98

Dentro de los objetivos específicos se da a conocer la utilización de la norma INEN 2 169:98 la cual da a conocer sobre el agua, calidad del agua, recolección de muestras, manipulación y preservación de las mismas, lo cual ayuda a una vez realizado el proceso de filtración de las aguas procedentes de la tintura de fibras sintéticas estas sean recogidas en recipientes aptos para su posterior análisis en los laboratorios de EMAPA-I. La norma antes mencionada establece

algunas precauciones que se deben tener en cuenta al momento de realizar las tomas de muestras de aguas, ya que dentro de sus disposiciones generales indica que:

Las aguas, especialmente las superficiales y, sobre todo las aguas residuales, pueden experimentar cambios de diferentes magnitudes debido a reacciones físicas, químicas o biológicas que ocurren desde el momento del muestreo y durante el análisis. Estas reacciones pueden ser significativas, por lo que es necesario tomar precauciones antes y durante el transporte, así como durante el tiempo en que las muestras se conservan en el laboratorio antes del análisis, para asegurar que las concentraciones determinadas en el laboratorio reflejen las existentes en el momento del muestreo.(Aguaiza, 2016)

La norma en si ayuda a la buena recolección de las muestras, sin que estas estén propensas a ser contaminadas antes y durante de su recolección al igual que antes y durante los análisis previos, la norma es una guía para poder tomar las muestras de las aguas de tintura que en este caso se llevará a cabo en el laboratorio textil de la Universidad Técnica del Norte.

2.3 Marco conceptual

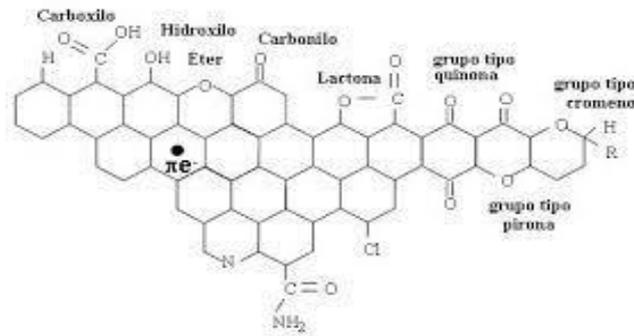
En este apartado se toman en cuenta algunos conceptos, además de información relevante para la sustentación del presente trabajo y para la comprensión de los lectores.

2.3.1 Carbón activado

El carbón activado es uno de los insumos que se usará en la elaboración del filtro, ya que este consta de grandes ventajas ya que al ser poroso puede captar grasas, además de compuestos que se encuentran en las aguas, es por eso que indica que los carbones activados (CA) son materiales de carbono con una estructura porosa altamente desarrollada y una amplia área superficial que, a través del proceso de adsorción, capturan una amplia variedad de moléculas en su superficie (A. Gómez et al., 2004).

Figura 2

Estructura del carbón activado.



Fuente:(Sevilla, 2015)

La diferencia que se da entre un carbón y otro es en su estructura, ya que con respecto al carbón activo este se encuentra combinado en forma de placas de granito, que pueden ser presentadas como se muestra en la **Figura 2**.

En dónde se contempla una distancia entre placas, las cuales poseen variadas direcciones, lo que trae consigo áreas entre las mismas, a los cuales se los denomina poros, que son aquellos que brindan al carbón activado una gran área superficial, lo cual da una alta capacidad absorbente(Sevilla, 2015).

El carbón activado es utilizado para algunas industrias iniciando por la industria farmacéutica, cosmética e incluso alimenticia, en este caso de investigación. El carbón activado se utiliza en el tratamiento de aguas residuales, específicamente en situaciones en las cuales:

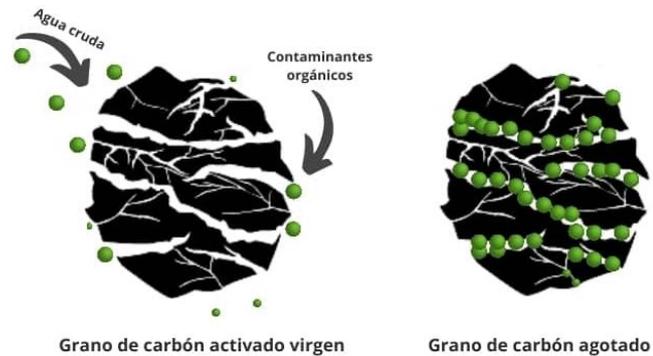
El carbón activo tiene la capacidad de actuar como absorbente, removiendo elementos contaminantes no deseados del agua, como pesticidas, herbicidas, ozono y compuestos orgánicos que pueden causar mal olor o sabor. El carbón activado de origen vegetal, derivado de la madera de pino, posee macroporosidad y se utiliza para eliminar cloro, aceite, grasas y materia orgánica natural de aguas residuales y superficiales.(Sercalia, 2022)

Además, el carbón activado es un medio de adsorción, en dónde la función es la de adsorber material orgánico en sus micro poros, los cuales se activan mediante procesos sean químicos o térmicos y así amplía su capacidad de adsorción.

A continuación, se muestra como es el funcionamiento del carbón activado.

Figura 3

Funcionamiento del carbón activado.

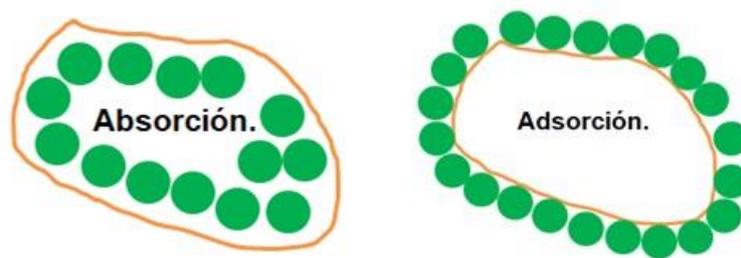


Fuente: (Carbotecnia,2023)

Cabe recalcar que el carbón activado es un adsorbente el cual capta o retiene en su interior los diferentes gases, líquidos o contaminantes indicado en la **Figura 4**.

Figura 4

Diferencia de adsorción y absorción.



Fuente: (Carbotecnia, 2023)

2.3.2 Sólidos suspendidos

Los sólidos suspendidos se describen a aquellas pequeñas partículas que se encuentran suspendidas en el agua, estas radican en su capacidad para indicar la calidad del agua. La cantidad de los sólidos indican la turbidez del agua este proceso generalmente se aplica a las aguas residuales, ya que tienen un efecto directo con los costos de tratamiento de las aguas (Cromtek, 2022).

2.3.3 DQO

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) se refiere a “la cantidad de oxígeno requerida para oxidar la materia orgánica mediante procesos químicos y transformarla en dióxido de

carbono y agua. Un mayor valor de DQO indica un mayor nivel de contaminación en el agua” (Induanalisis, 2019).

2.3.4 DBO₅

La Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) se refiere a la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para descomponer la materia orgánica biodegradable presente en un agua residual. Es, por lo tanto, una medida del componente orgánico que puede ser degradado mediante procesos biológicos. En resumen, la DBO representa la cantidad de materia orgánica que puede ser biodegradada.(Haro Y., 2015)

2.3.5 pH

El pH, también conocido como Potencial Hidrógeno, “es una medida que señala el grado de acidez o alcalinidad del agua, basándose en la concentración de hidrógeno presentes en ella” (Bisay, 2004).

El pH oscila entre 0 y 14, con un valor promedio de 7 (considerado neutro). Un pH inferior indica acidez, mientras que un pH superior a 7 indica alcalinidad en el agua. El pH puede ser influenciado por la sedimentación atmosférica.(Quezada, 2020)

2.3.6 Sólidos totales

Los sólidos totales, sean estos orgánicos o inorgánicos, contenidos en las aguas residuales se refieren a “los restos que permanecen una vez que la porción líquida ha sido evaporada y el residuo restante se ha secado hasta alcanzar un peso constante a una temperatura de 103°” (Encalada, 2016, pág. 31).

2.3.7 Turbiedad

Cómo menciona (Miranda, 2009) la turbidez es un fenómeno visual que se produce cuando los rayos de luz que atraviesan una muestra de agua se dispersan o interfieren debido a la presencia de partículas minerales u orgánicas en suspensión. Estas partículas pueden incluir microorganismos, arcilla, óxidos diversos, carbonato de calcio precipitado, compuestos de aluminio, entre otros.

La turbidez no suele utilizarse como un método de control para aguas residuales sin tratar, pero puede medirse para evaluar la eficacia del tratamiento secundario, ya que se relaciona con la concentración de sólidos suspendidos.

2.3.8 Resina

Es una emulsión de homopolímero, creada a partir de alcoholes polivinílicos y materias primas de alta calidad, diseñada para su uso en tareas de carpintería, cartón y bricolaje. Es una cola profesional de uso general y especializado, perfecta para lograr uniones extremadamente fuertes en trabajos de carpintería, ebanistería, mueblerías, enchapados y proyectos con madera. También se puede emplear en papel, cartón, lienzo, tejidos, manualidades y artesanías en general. Su apariencia es de líquido espeso y blanco, seca aproximadamente en una hora, pero alcanza su máxima fijación después de aproximadamente 24 horas.(Reascos, 2016)

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

Los enfoques de investigación empleados en este estudio para desarrollar el filtro de lana-carbón activado 100% a nivel de laboratorio, con el objetivo de tratar aguas residuales y lograr la eliminación de colorantes son:

3.1 Tipos de investigación

A continuación, se describe cada una de las investigaciones aplicadas, para así determinar los resultados obtenidos mediante su aplicación.

3.1.1 Investigación Bibliográfica

Esta modalidad de investigación implica la revisión de fuentes bibliográficas previas relacionadas con el tema en cuestión que se va a estudiar. Este es uno de los principales pasos que se llevan a cabo para cualquier investigación que incluye la selección de fuentes de información, la cual en el presente trabajo se la desarrolló mediante la búsqueda de fuente bibliográfica con respecto al tema de investigación. Como indica la autora “este tipo de investigación es fundamental ya que comprende una serie de etapas que involucran observación, investigación, interpretación, reflexión y análisis para obtener las bases necesarias para llevar a cabo cualquier estudio” (Quezada, 2020).

3.1.2 Investigación Experimental

Como menciona (Ruiz, 2019), “la investigación experimental comprende un conjunto de actividades metódicas y técnicas llevadas a cabo con el propósito de recopilar la información y los datos requeridos acerca del tema de estudio y la cuestión a abordar”. Es decir, este tipo de investigación lo que pretende la persona o investigador es someter a pruebas a un grupo de objetos o individuos, a distintas condiciones, tratamientos, entre otros, para así observar los cambios se vayan ocasionando en el proceso.

Dentro del proyecto se lo aplicó en la elaboración del filtro con las diferentes recetas siendo estas experimentales, las cuales se desarrollaron en base a criterios propios los cuales ayudaran a la efectividad del filtro.

3.1.3 Investigación de campo

Esta modalidad de investigación es aquella que se lleva a cabo en el lugar en donde se ejecuta la investigación, es decir, en el lugar de los hechos ya que el investigador puede observar y analizar de manera conjunta como actúa en las condiciones que él las haya establecido.

Dentro del proyecto se lo aplicó al tinturar las fibras sintéticas fuera de la planta académica, además de los análisis de laboratorio los cuales se realizaron externamente, bajo la norma INEN 2169:98 la cual indica la correcta manipulación y transporte de las muestras. Como lo muestra la autora “son investigaciones que se basan en un método probado de recolección, registro y análisis de información que se obtiene y verifica directamente en el lugar donde ocurre el fenómeno en estudio” (Núñez, 2015).

3.2 Norma

En este apartado se da a conocer la norma a utilizar para la recolección de las aguas residuales provenientes del teñido de fibras sintéticas, debido a que los análisis de laboratorio deben ser trasladados, por lo que se necesita de esta norma donde determina la correcta recolección de muestras además del transporte de las mismas.

3.2.1 Norma INEN 2169:98

La norma indica las condiciones en las cuales se deben recolectar y transportar las muestras de aguas, esta norma es utilizada debido a que los análisis a desarrollarse no se los realiza en el sitio del muestreo, por lo que debe ser trasladada al sitio de los laboratorios en este caso a los laboratorios de EMAPA-I.

Las aguas, especialmente las superficiales y, en partículas, las aguas residuales, son susceptibles a cambios de diversos grados debido a reacciones físicas, químicas o biológicas que ocurren desde el momento del muestreo hasta el análisis. La naturaleza y el alcance de estas reacciones son tales que, si no se toman precauciones antes y durante el transporte, así como durante el tiempo en que las muestras son conservadas en el laboratorio antes del análisis, las concentraciones determinadas en el laboratorio pueden diferir de las existentes en el momento del muestreo. (Aguaiza, 2016)

Mediante esta norma se pretendió lograr un muestreo adecuado para analizar en los laboratorios, como anteriormente se mencionó la norma da ciertas directrices las cuales ayudan a una buena recolección de muestras las cuales se basan en el adecuado uso de recipientes los cuales están acorde a los análisis de laboratorio a desarrollarse, además del llenado de cada uno de los recipientes y el posterior transporte hasta su destino final, lo cual hizo que los análisis sean más reales y no haya errores para el posterior análisis de datos que

se debió llevar a cabo para ver la eficiencia que tuvo en este caso el filtro a desarrollar.

3.3 Flujograma del proceso

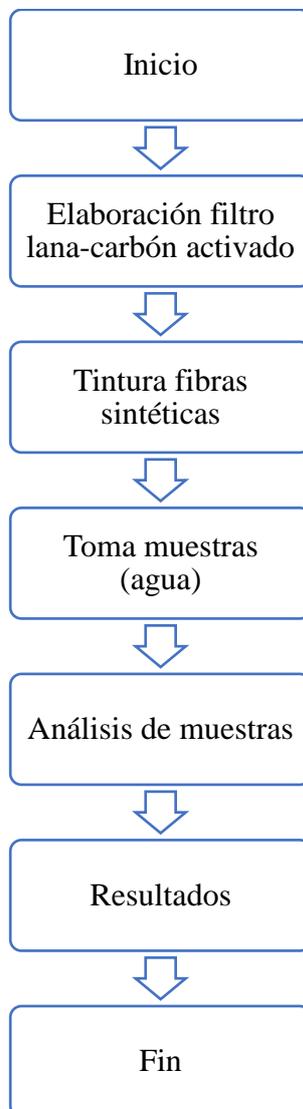
En esta sección se da a conocer cada uno de los flujogramas de procesos tanto general como muestral de la investigación.

3.3.1 Flujograma general

Dentro del esquema del proceso general **Figura 5**, se indica los subprocesos de manera general que se realizó en el proceso de investigación.

Figura 5

Flujograma general.



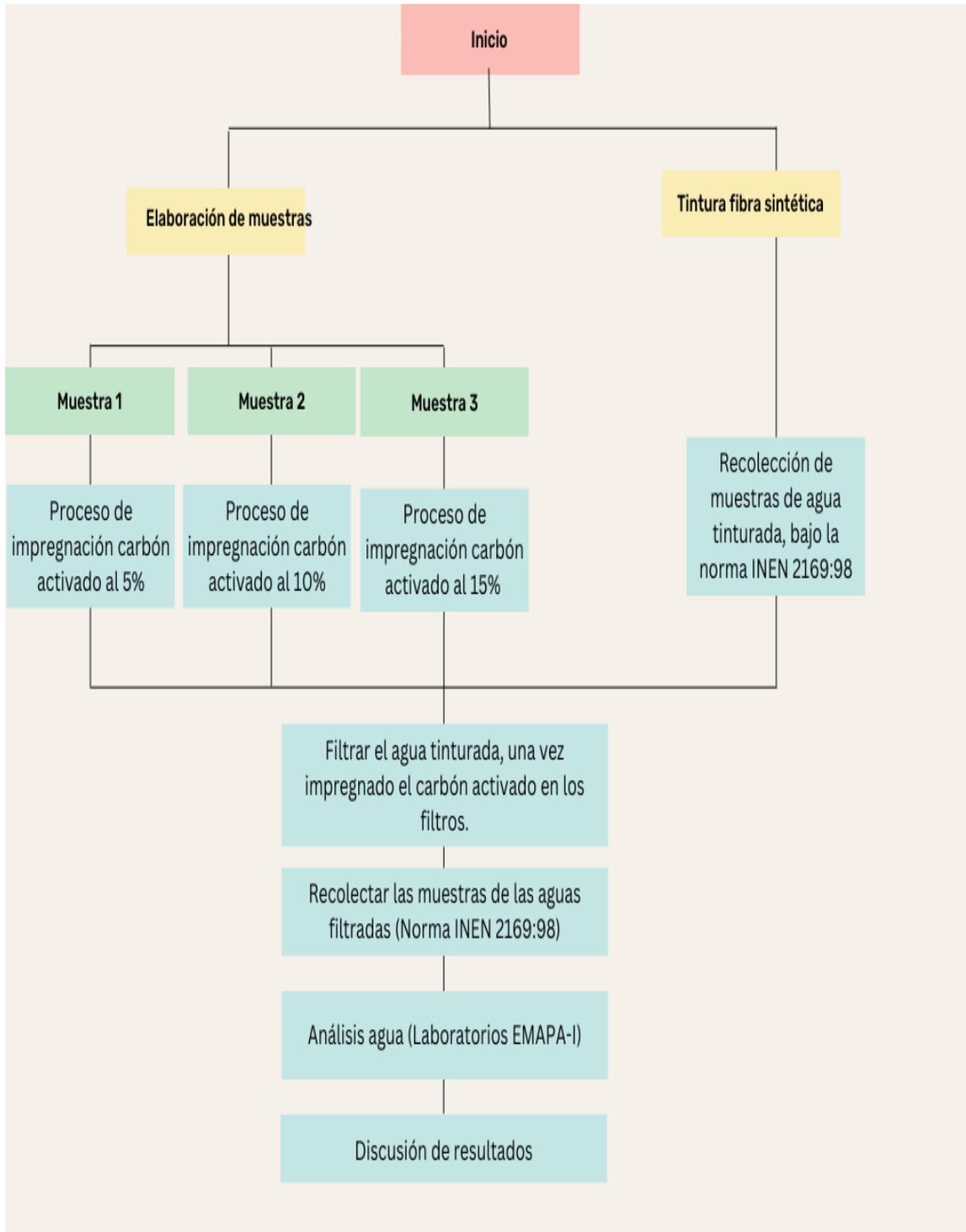
Fuente: Autora

3.3.2 Flujograma muestral

En el esquema ilustrativo siguiente, se observan las tres recetas elaboradas de los filtros, las cuales constan de una muestra por cada una de las mismas.

Figura 6

Flujograma muestral.



Fuente: Autora

3.4 Técnicas, Instrumentos y métodos

Para la siguiente investigación se utilizó la técnica de la observación en donde se tienen el contacto directo con los materiales y los diferentes elementos a utilizar en el proceso experimental, en donde los datos finales se los presenta en base a datos estadísticos.

Los equipos de protección personal utilizados para la investigación de los diferentes parámetros fueron: guantes de látex, mascarilla, mandil, protección visual, frascos de vidrio para las respectivas muestras de las aguas residuales.

El análisis obtenido a partir de las diferentes muestras de los filtros del proceso de tintura los cuales han sido vital para determinar así la calidad de agua que estos tuvieron antes de ser evacuado a las alcantarillas. Además de esto, se requiere de equipos específicos para determinar algunos de los análisis fisicoquímicos como papel pH, análisis de laboratorios y métodos de ensayos tales como se indican en la **Tabla 2**, los cuales ayudan a la evaluación del DQO, DBO₅, sólidos secos totales, sólidos sedimentables y turbiedad.

Tabla 2
Métodos de ensayo de las aguas residuales.

Parámetros	Método de ensayo
pH	EE-EMAPAI-01 (SM 4500-H B ED. 2)
Turbiedad	SM 2130B ED. 23
Sólidos secos totales	SM 2540B ED. 23
Sólidos sedimentables	SM 2540F ED. 23
DBO ₅	SM 5210 D ED. 23
DQO	HACH 8000 ED. 4

Fuente: Laboratorios EMAPA-I (2022)

Adicionalmente se empleó el programa “Past 4” para evaluar la confiabilidad de los datos de las muestras de laboratorio, dando como resultado datos estadísticos y gráficos en donde se demuestra la confiabilidad del trabajo.

3.5 Materiales y Equipos

En el siguiente apartado se muestran todos los materiales y equipos que se van a utilizar en la parte práctica de la investigación.

3.5.1 Materiales

En la **Tabla 3** se pueden observar los materiales, parámetros y especificaciones de cada uno de los insumos utilizados para esta investigación.

Tabla 3
Materiales para la elaboración del filtro.

Materiales	Parámetros	Especificaciones
Carbón activado	Apariencia	Polvo fino y ligero Color negro
	pH	9-11
	Tamaño de partícula	Máx. 3mm Mín. -1.7mm
	dureza	98% mín.
	humedad	5% máx.
	Resina	Apariencia
pH		6-8
color		blanco
Olor		Característico
Carácter iónico		aniónico
Filtro de lana	apariencia	100% natural
	origen	animal
	color	beige

Fuente: Ficha técnica de productos.

3.5.2 Equipo

En la **Tabla 4** se indica la maquinaria a utilizar además de las especificaciones, la cual servirá para llevar a cabo la fase práctica del estudio de investigación.

Tabla 4*Equipo usado para la impregnación del carbón activado y resina en el fieltro.*

Equipo	Especificaciones
Foulard	Potencia del motor 0,2 kW
	Presión de aire comprimido 6 bar (90psi)
	Ancho rolos 350 mm/ 500 mm
	Ancho útil rolos 300 mm / 450 mm
	Diámetro rolos 110 mm
	Dureza rodillos 65- 75 Shore
	Velocidad 0,2 a 0,8 m/min.
	Contenido del baño entre rolos 280mL
Contenido del baño en la tina 1200 mL	

Fuente: (Mathis, n.d.)

3.6 Características de la materia prima

La materia prima para trabajar en este proyecto de investigación es lana, debido a que esta cuenta con algunas características muy particulares la cual la hacen que haya sido escogida para la presente investigación.

Además, de que esta puede absorber un tercio de su peso de agua del ambiente en una atmósfera húmeda, como también porque es una fibra que tiene buena capacidad de enfieltramiento debido a las escamas que esta tiene hace que las fibras estén plegadas entre sí, al igual que la elasticidad con la que cuenta de modo que tiende a preservar su forma y es flexible, dando así un acabado suave y elástico.

En la **Tabla 5**. Se puede observar la caracterización del no tejido utilizando los diferentes instrumentos de laboratorio, como es el especímetro, el cual permitió dar a conocer el espesor que tiene el no tejido, además del gramaje, estructura y composición de este.

Tabla 5*Caracterización del no tejido.*

Característica	Descripción
Gramaje	622,19g/m ²
Composición	100% lana
Espesor	2.913 mm
Estructura	No tejido

- **Caracterización de la muestra**

Una vez obtenidas las muestras de los efluentes de la tintura, se realiza los estudios iniciales de la misma, es decir se da a conocer el contenido de las aguas antes de ser sometidas al proceso de filtración, por lo que para el proceso de recolección y transporte de las aguas es necesario y se planteó en los objetivos realizarlo mediante la norma INEN 2169:98 la cual menciona las precauciones que se deben tomar ya que los análisis correspondientes se realizó fuera de la planta académica textil, por lo que es importante seguir la norma para la correcta recolección y transporte de las muestras, para que así no tengan alteraciones al realizar los respectivos análisis.

- **Elaboración filtro de lana**

Para desarrollar el filtro de lana se sigue un proceso industrial en donde como producto final se obtiene el filtro en forma de campana para poder filtrar las aguas residuales del proceso de tintura de fibras sintéticas.

Como primer punto es la adquisición de la materia prima, en este caso la lana se la obtiene mediante la compra de esta, la cual está lavada y carbonizada.

Una vez obtenida la materia prima se procede a colocar el material en la abridora como se indica en la **Figura 7**. Como indica (D. Esparza, 2013) la abridora consiste en lograr la apertura de las fibras que se hayan enredado o compactado durante el proceso de lavado, además de mezclarlas de manera uniforme y eliminar las impurezas que pueden permanecer adheridas a las fibras. Este paso se lo realiza dos veces para que las fibras se abran completamente para el siguiente proceso.

Figura 7

Abridora de lana.



Con el material obtenido de la abridora, se alimenta a la carda como se indica en la **Figura 8**. En donde “su objetivo es paralelizar las fibras de forma sucesiva hasta conseguir una masa de fibras limpias y ordenadas en forma de cintas o mechas”(D. Esparza, 2013). Para esta investigación se obtuvo un velo el cual se lo coloca en los conos que se encuentran en la parte

externa a la carda, lo que hacen estos conos es darle la forma de la campana en base a un peso, en este caso el peso para la formación de la campana fue de 110g.

Figura 8
Cardado lana.



Una vez obtenidas las formas de campanas se pasa a la plancha enfieltradora como se observa en la **Figura 9**. La cual mediante vapor y movimiento mecánico enfieltra las fibras de lana formando una masa más compacta y disminuyendo su grosor (W. Esparza, 2016).

Figura 9
Enfieltrado campana.



Para el compactado de las campanas se las remoja en agua y una vez remojadas para quitar el exceso de agua se las envuelve en un trapo y se la pasa por la compactadora y luego se procede a enviar las campanas a la batanadora, en donde se les da golpes suaves a las campanas.

Saliendo del anterior proceso se le da la forma nuevamente, ya que el proceso de la batanadora es mediante agua caliente y movimiento mecánico, se procede a disminuir su

tamaño y compactar mucho más las fibras, llegando a unirse y entrecruzarse fuertemente formando un fieltro muy compacto(W. Esparza, 2016). El cual luego pasa al proceso de secado, el cual es de forma natural y al ambiente y al final se obtiene un filtro en forma de campana como se observa en la **Figura 10**.

Figura 10
Campana terminada.



3.7 Elaboración filtro

En este apartado se da a conocer cómo se desarrolló el filtro, además de la formulación utilizada como punto inicial, la cual sirvió para continuar con las demás probetas.

Para el desarrollo del filtro cabe mencionar que fue enfieltado y batanado, además que se le dio una forma de campana para poder filtrar las aguas residuales con mayor facilidad, como se muestra en la **Figura 11**. En cuanto al carbón activado se utilizó en diferentes porcentajes por cada muestra, y en la resina se usó de igual manera diferentes porcentajes y la restante fue de agua, para así poder reducir su concentración, como se indica en cada una de las tablas siguientes.

Figura 11

Filtro en forma de campana.



- **Receta 1**

En la **Tabla 6**. Se indican las especificaciones con las cuales se trabaja para el fieltro número 1, además de colocar como variable el porcentaje.

Tabla 6

Formulación muestra 1

Material	Dosificación
Peso	72,5g
Resina	20%
Carbón	5%
Agua	75%

- **Receta 2**

En la **Tabla 7**. Se indica la segunda receta que se usa para la impregnación en el fieltro de lana.

Tabla 7

Formulación muestra 2

Material	Dosificación
Peso	78,3g
Resina	15%
Carbón	10%
Agua	75%

- **Receta 3**

En la **Tabla 8**. Se muestra la formulación con un porcentaje más alto de carbón activado.

Tabla 8

Formulación muestra 3

Material	Dosificación
Peso	75,3g
Resina	10%
Carbón	15%
Agua	75%

3.8 Procedimiento para el filtro impregnado carbón activado.

Para la elaboración del filtro impregnado se toman en cuenta los siguientes pasos a desarrollar.

1. Elaboración del filtro de lana compactado y batanado, mediante la maquinaria necesaria.

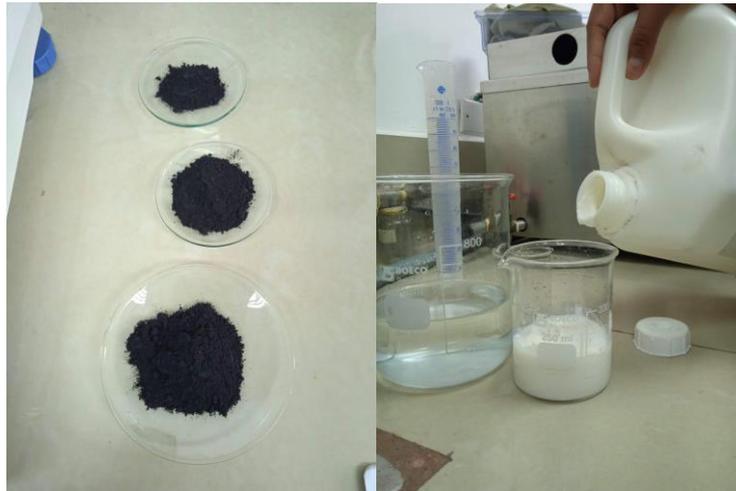
Figura 12

Filtros terminados.



2. Una vez obtenidos los filtros y realizada la formulación se procede a realizar el pesaje de cada uno de los auxiliares, como el carbón activado (5, 10 y 15%), además de la resina (20, 15 y 10%), respectivamente para cada una de las muestras.

Figura 13
Pesajes auxiliares.



3. En un recipiente se coloca la cantidad de agua (75%) para cada una de las muestras y se coloca además el carbón y resina según la formulación de cada muestra (1,2 y 3).

Figura 14
Mezcla de auxiliares.



4. Una vez mezclado se sumerge el filtro de lana y se lo pasa por los rodillos del foulard con la presión de 1 bar para retirar el exceso de agua del filtro.

Figura 15
Impregnación filtro.



5. Ya impregnado y retirado la mayor cantidad de agua, se procede a secar, en el túnel de secado.

Figura 16
Secado filtros.



CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el siguiente apartado se da a conocer los resultados obtenidos una vez realizado las pruebas de filtración de las aguas residuales generadas durante el procedimiento de tintura de fibras sintéticas, tanto antes de filtrar como después, obteniendo así la eficiencia que puede llegar a tener el filtro.

4.1 Resultados y Discusión

Del proceso de investigación se llegó a obtener los siguientes resultados a partir de la filtración de los efluentes del proceso de tintura de fibras sintéticas.

- **Caracterización del agua residual de la tintura de fibras sintéticas sin filtrar**

Una vez obtenidos los resultados de los efluentes de la tintura de fibras sintéticas, se procede a clasificar los resultados de acuerdo a los parámetros establecidos al inicio, ya que en base a estos se realiza la comparación respectiva.

Como se puede observar en la **Tabla 9**, se enuncian los resultados adquiridos posteriormente de haber realizado el proceso de tintura sin ningún tipo de tratamiento o filtrado.

Tabla 9
Resultados efluente sin filtrar.

Parámetro	Unidad	Valor
pH	upH/°C	3,5 (ácida)
DQO	mg/L	477
DBO₅	mg/L	0
Turbiedad	NTU	300
Sólidos Totales	mg/L	562,5
Sólidos sedimentables	mg/L	<0,5

Fuente: Laboratorios EMAPA-I

Nota: las siglas de las unidades se dan a conocer a continuación: mg/L (miligramos por litro) y NTU (Unidad Nefelométrica de Turbidez).

Para realizar la respectiva verificación de la eficacia de los filtros en sus diferentes concentraciones, se toma como referencia la **Tabla 9**. La cual indica los datos que se obtienen del agua residual sin ningún tratamiento previo, para luego proceder a compararla con las aguas residuales que han sido pasadas por los respectivos filtros elaborados con anterioridad.

- **Caracterización del agua residual de la tintura de fibras sintéticas filtradas.**

Los datos entregados por parte del laboratorio de EMAPA-I, tanto de análisis físicos como químicos, cuentan con tres tomas del efluente saliente del proceso de tintura de fibras sintéticas, siendo estas pasadas por los filtros previamente elaborados, dando como resultado los datos que se muestran en **Tabla 10**.

Tabla 10
Datos caracterización efluentes filtrados.

Tipo de muestra		Agua residual			
Código de laboratorio		MER23-003			
Parámetro	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Método de ensayo
pH	upH/°C	3,5	3,5	3,5	PEE-EMAPA-J-01 2M 4500-H+B
DQO	mg/L	487	472	475	Método HACH 8000
DBO ₅	mg/L	0	0	0	Standard Methods 210 D
Sólidos sedimentables	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	Standard Methods 2540F
Sólidos totales	mg/L	572,5	560	590	Standard Methods 2540B
Turbiedad	NTU	258	169	185	Standard Methods 2130B

Fuente: Laboratorio EMAPA-I

Nota: Cada una de las unidades que se miden en los laboratorios de EMAPA-I se dan a conocer a continuación: mg/L (miligramo por litro) y NTU (Nephelometric Turbidity Unit- Unidad nefelométrica de turbidez).

Como se puede observar tanto en la **Tabla 9** y en la **Tabla 10** se indican los valores que se obtuvieron antes y después del proceso de filtración respectivamente, en la cual los indicadores de pH, sólidos sedimentables y de DBOs se mantienen estables antes y después de ser filtrados en todas las muestras.

Esto indica que no afecta al cambio de pH, además que los sólidos sedimentables son aquellos sólidos que por un lapso de tiempo se llegan a sedimentar lo cual da como resultado un $<0,5\text{mg/L}$ lo cual no existen sólidos sedimentables en mayor cantidad, y con respecto al DBOs que no existe materia orgánica biodegradable en el agua residual.

Mientras que la Turbiedad en las tres muestras es inferior al valor de la turbiedad del agua residual sin filtrar (300 NTU), lo que indica que en la muestra inicial sin filtrar existe una mayor cantidad de sólidos suspendidos los cuales hacen que el agua pierdan los grados de transparencia ocasionadas por la presencia de partículas suspendidas.

Los sólidos totales son aquellos que se quedan una vez se haya evaporado el agua residual en este caso según los datos indica que en la muestra 1 y 3 sobrepasan los valores a comparación de los sólidos en la muestra inicial la cual está en $562,50\text{ mg/L}$.

El DQO la muestra 1 es la que sobrepasa el valor en base a la inicial lo que indica que entre mayor sea el valor de DQO el agua contiene un índice de contaminación alta.

4.2 Normalidad de los datos

A continuación, en la **Figura 17**, se da a conocer la evaluación de la normalidad de datos recolectados mediante los ensayos realizados en los laboratorios de EMAPA-I indicados en las **Tabla 9** y **Tabla 10**, siendo los resultados obtenidos del agua filtrada y del agua sin filtrar, así mismo se da a conocer que el p valor es mayor al $0,05\%$ ($P>0,05\%$) en todos los datos obtenidos.

Lo cual el autor (Rico, 2020) menciona que al tener el análisis de normalidad mediante el método de Jarque-Bera su objetivo es comprobar si una serie de datos de tiempo específica se distribuye de acuerdo con una distribución normal, lo que confirmaría la fiabilidad de los resultados obtenidos en el laboratorio.

Figura 17

Normalidad de datos.

Tests for normal distribution

	pH (upH)	Turbiedad (NTU)	DQO (mg/L)	DBOs (mg/L)	Sólidos sedimentabl	Sólidos totales (mg/l)
N		4	4			4
Shapiro-Wilk W		0.9146	0.8934			0.8925
p(normal)		0.5073	0.3992			0.3948
Anderson-Darling A		0.2718	0.3338			0.3109
p(normal)		0.4463	0.2864			0.338
p(Monte Carlo)		0.5655	0.347			0.4238
Lilliefors L		0.2571	0.2959			0.2398
p(normal)		0.4732	0.2601			0.5862
p(Monte Carlo)		0.5086	0.2273			0.6392
Jarque-Bera JB		0.4904	0.573			0.5226
p(normal)		0.7826	0.7509			0.7701
p(Monte Carlo)		0.4352	0.2878			0.3666

Fuente: Autora

4.3 Análisis de la varianza

Este análisis se lo determina con el fin de calcular la variación que existe en las pruebas realizadas y por ende en los datos obtenidos, mediante el programa Past 4, en donde se encuentra los datos de acuerdo con el número de muestras que se elaboró, permitiendo así encontrar los resultados de cada uno de los parámetros logrados.

Para esta comparativa se exceptúa la de DBOs, pH y Sólidos sedimentables debido a que los valores en todas las muestras son iguales.

Los datos arrojados por el programa fueron exitosos debido a que el agua contaminada baja su nivel de contaminación por lo que los resultados presentados tienen una confiabilidad del 95%, lo que hacen que este filtro (muestra 2) sea eficiente.

Figura 18

Análisis de varianza general.

Univariate statistics

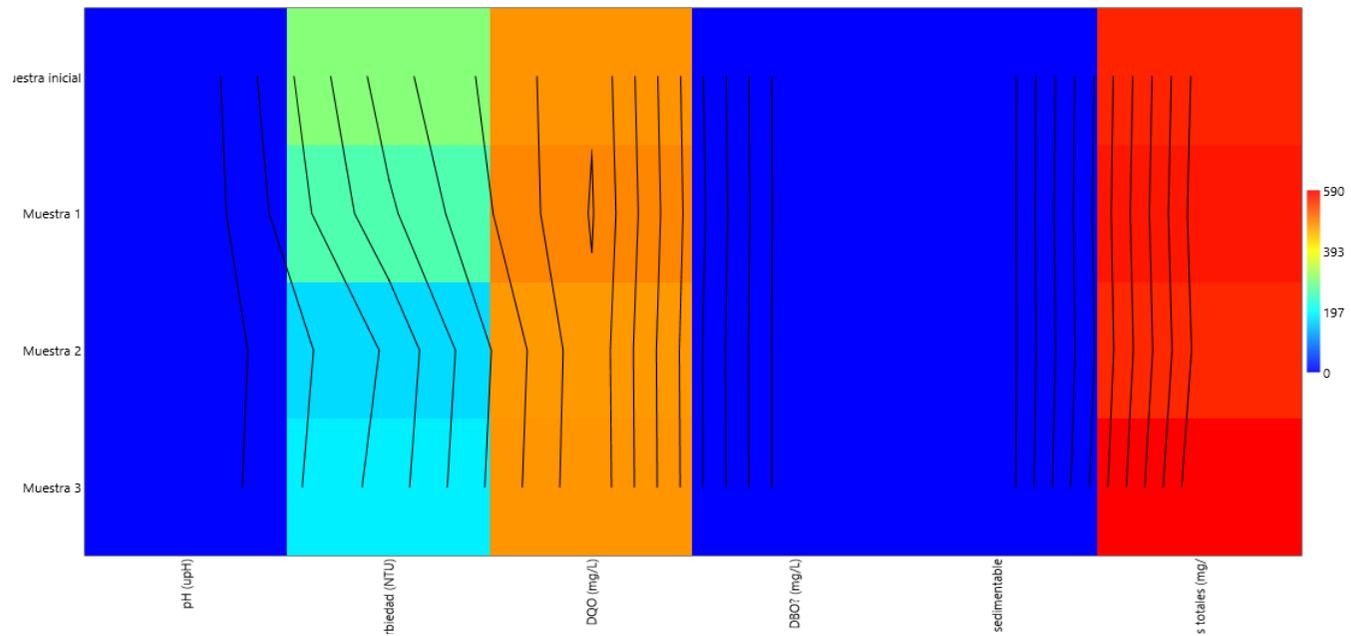
	pH (upH)	Turbiedad (NTU)	DQO (mg/L)	DBOs (mg/L)	Sólidos sediment	Sólidos totales (n
N	4	4	4	4	4	4
Min	3.5	169	472	0	0.5	560
Max	3.5	300	487	0	0.5	590
Sum	14	912	1911	0	2	2285
Mean	3.5	228	477.75	0	0.5	571.25
Std. error	0	30.84099	3.25	0	0	6.808389
Variance	0	3804.667	42.25	0	0	185.4167
Stand. dev	0	61.68198	6.5	0	0	13.61678
Median	3.5	221.5	476	0	0.5	567.5
25 prcnil	3.5	173	472.75	0	0.5	560.625
75 prcnil	3.5	289.5	484.5	0	0.5	585.625
Mode	3.5	NA	NA	0	0.5	NA
Skewness	0	0.3277152	1.408284	0	0	1.188223
Kurtosis	0	-3.54754	2.319387	0	0	0.6052266
Geom. mean	3.5	221.794	477.717	0	0.5	571.1294
Coeff. var	0	27.0535	1.360544	NAN	0	2.383681

Fuente: Autora

4.4 Análisis de resultados

Los resultados obtenidos en la investigación experimental se detallan en la **Tabla 10**. En donde se la ingresa al programa Past 4 para obtener los resultados de confiabilidad que emite el laboratorio, obteniendo así diferentes datos estadísticos además de gráficos los cuales ayudan a la verificación del presente proyecto de investigación.

Figura 19
Análisis de datos.

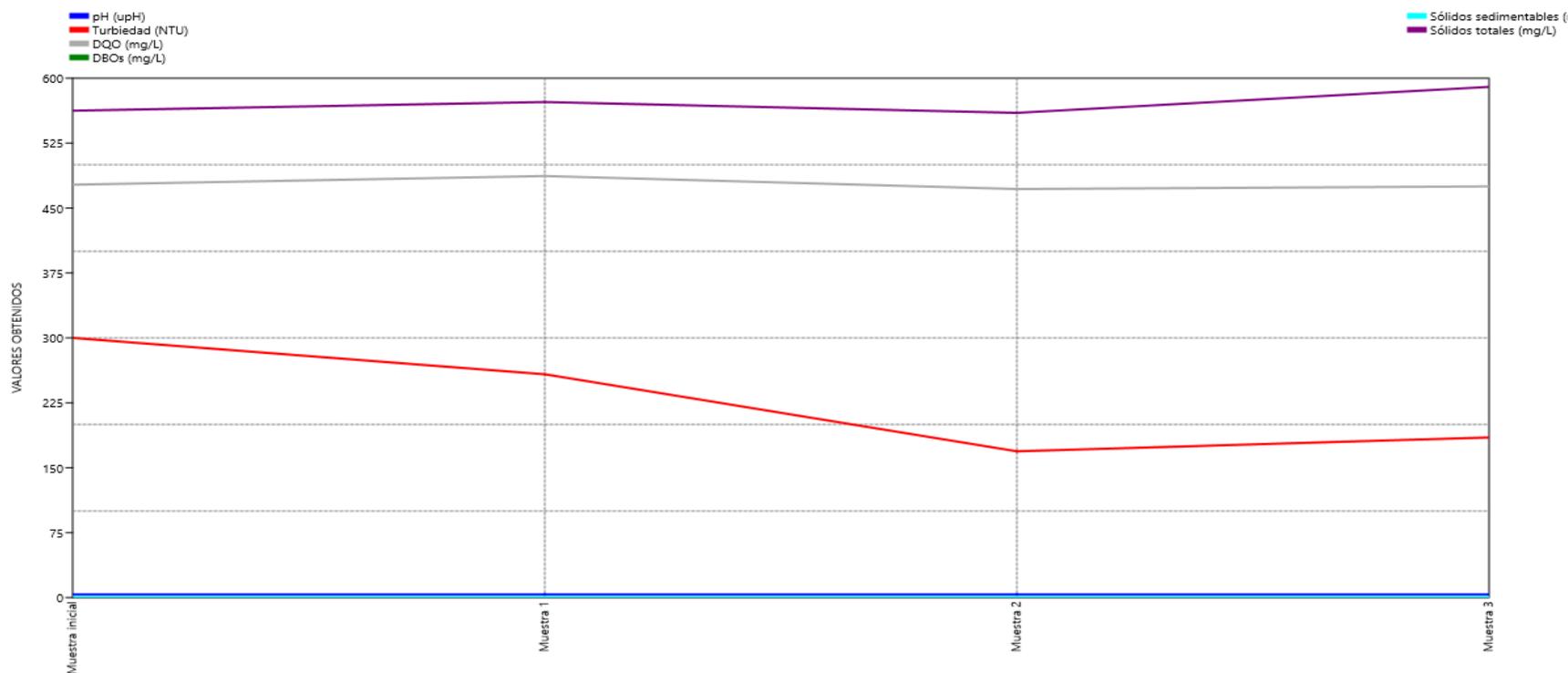


Fuente: Past Statistic

Como se muestra en la **Figura 19** los resultados obtenidos de forma gráfica en donde el eje de las X los parámetros que se analizaron para cada una de las muestras y el eje de las Y representan el número de muestras (3 muestras) además de la muestra inicial es decir el agua sin filtrar.

Por otra parte, la gráfica señala, con respecto al pH, sólidos sedimentables y DBOs, estos se mantienen antes y después del proceso de filtración, mientras que los demás parámetros cambian en cuanto a turbiedad, DBO y sólidos totales dando, así como resultado que la muestra 2, en donde se utilizó 10% de carbón activado, 15% de resina es la que mejor retiene los contaminantes procedentes del proceso de tintura de fibras sintéticas.

Figura 20
Resultado general.



CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Al usar el filtro en forma de campana facilitó significativamente el filtrado del agua, debido a que, al ser la parte superior más amplia y la parte inferior más angosta, al momento de la impregnación con el carbón activado y la resina este se concentra en la parte inferior, dando el acabado donde se requiere, ya que por ese espacio es por donde el agua se filtra.
- Al usar una fibra natural la cual pasa por ciertos procesos de batanado y compactado se obtiene un filtro el cual es amigable con el ambiente debido a que este no contiene ningún tipo de auxiliar o aditivo que sea dañino para el ambiente; además, de ser de origen natural hace que su descomposición se efectúe de manera rápida, debido a la proteína natural que esta contiene (queratina) la cual es biodegradable y al descomponerse actúa como un fertilizante para la tierra sin causar daños.
- Al caracterizar el agua residual inicial como final, tras sucesivos pasos de filtrado (3 filtros de lana), se determina que la muestra 2 al estar con un 10% de carbón activado y 15 % de resina fue el filtro que logró retener los contaminantes del proceso de tintura, reteniendo así en el filtro los contaminantes que afectan al ambiente según los resultados de los análisis físico-químicos realizados por EMAPA-I.
- Una vez concluido el proceso de filtración se da a conocer que la muestra 2 es la que ha logrado retener la mayor cantidad de contaminantes, los cuales son permisibles según la Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes la cual indica los límites siguientes: el DBOs 250 mg/L, DQO 500 mg/L, pH 6-9, Sólidos suspendidos totales 220 mg/L y los sólidos sedimentables 20 mg/L, por ende, este filtro puede llegar a ser más eficiente empleando algunos cambios como son porcentajes de los productos que se usaron en este caso se puede aumentar la dosificación de carbón activado para una mayor retención de contaminantes de los efluentes.

5.2 Recomendaciones

- Es de suma importancia implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales de la tintura de fibras sintéticas, en donde se permita mejorar la calidad del agua, y así evitar que el efluente de tintura sea vertido directamente al alcantarillado y de esta manera se pueda cumplir con la Norma de calidad ambiental.
- La norma INEN 2 169:98 fue de gran ayuda debido a que las muestras debían ser transportadas hacia otro lugar, permitiendo que tanto la recolección como el transporte de estas se realicen con base a sugerencias que permitan llevar las muestras más seguras, para que así no haya alteraciones en los datos finales.
- Se recomienda utilizar todos los equipos de protección personal para evitar accidentes en el transcurso de las pruebas experimentales del trabajo de grado, las cuales se realizan dentro o fuera de las instalaciones de la planta textil.
- Se recomienda realizar un estudio más profundo a cerca de los filtros de lana, ya que estos ayudarán a promover nuevos diseños; además, para utilizarlos en diferentes áreas, gracias a su capacidad de retención, y con ayuda del carbón activado aumentar su capacidad de retención de agentes contaminantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, S., Galicia, L., Plaza, E., Atencio, R., Rodríguez, A., & González, E. (2016). Carbón activado preparado a partir de carbón mineral bituminoso activado con hidróxido de potasio. *Revista Técnica*, 39(2), 064–070.
[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702016000200003\(s.f.\)](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702016000200003(s.f.)). Obtenido de https://www.upct.es/~minaees/analisis_aguas.pdf
- Benavides, K. (2017). ACABADO ANTIBACTERIAL EN CALCETINES DE ACRÍLICO CON TROCLOSÁN. 58. Ibarra, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6615/1/04%20IT%20192%20TRA%20BAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Cero, C. (s.f.). *centralcero*. Obtenido de <https://centralcero.com/blogs/news/contaminacion-de-la-industria-textil>
- Cisneros, S. (9 de Enero de 2020). *futuroafondo*. Obtenido de <https://www.futuroafondo.com/es/noticia/industria-textil-es-una-de-mas-contaminantes-del-mundo-cuales-son-tejidos-mas-respetuosos>
- EPA. (2012). Obtenido de https://clu-in.org/download/citizens/EPA-542-F-12-001S_guia_del_ciudadano_sobre_el_tratamiento_con_carbon_activado.pdf
- Esparza, W. (julio de 2016). Optimización del fieltro de lana de oveja como filtro por gravedad en el tratamiento de aguas residuales industriales de la tintura de lana. 18-19. Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2140>
- Flores, N., & Yáñez, N. (2016). *DEPURACIÓN DE MATERIAL REFRACTARIO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA TEXTIL APLICANDO ADSORCIÓN CON CARBÓN ACTIVADO, A ESCALA EXPERIMENTAL*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/19760/1/FIN%20DE%20LA%20TESIS.pdf>
- Gómez, Ó. (15 de diciembre de 2009). Cadena productiva de la lana de oveja en el sector textil y de confecciones. Facultad de ingeniería industrial.
- IndustriaTextil. (22 de febrero de 2021). *blogspot*. Obtenido de <https://industriatextil1234.blogspot.com/2021/02/que-es-la-industria-textil.html>
- Instituto ecuatoriano de normalización. (1998). Norma técnica Ecuatoriana INEN 2 169:98. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2169.pdf>
- Katherine, B., & Ayrton, G. (Junio de 2017). Eficiencia del carbón activado procedente del residuo agroindustrial de coco (Cocos nucifera) para remoción de contaminantes en agua. Calceta, Manabí. Obtenido de <https://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/606/1/TMA124.pdf>
- Linares, M. (26 de noviembre de 2008). *APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE KUBELKA-MUNK EN LA OPTIMIZACIÓN DE LA ESTAMPACIÓN PIGMENTARIA*. 11. Valencia, España. Obtenido de

- <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13269/Memoriاميqueljorda.pdf?sequence=1>
- Martinez, M. (1990). *ADSORCIÓN FÍSICA DE GASES Y VAPORES POR CARBONES*. España.
- Matos, A. (2020). Obtenido de <https://s9329b2fc3e54355a.jimcontent.com/download/version/1545253266/module/9548086969/name/Investigaci%C3%B3n%20Bibliogr%C3%A1fica.pdf>
- Miranda, M. (2009). Turbiedad. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6164/1/Turbiedad%20final%20Michelle%20Miranda.pdf>
- Moreno, M. (26 de junio de 2015). *blogspot*. Obtenido de <http://michellemoreno10.blogspot.com/2015/06/importancia-del-agua.html>
- Razo, C. M. (2011). *CÓMO ELABORAR Y ASESORAR UNA INVESTIGACIÓN DE TESIS*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Ruiz, L. (2019). *Scientific*. Obtenido de <https://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/wp-content/uploads/2019/01/Investigaci%C3%B3n-experimental.pdf>
- Spena, G. (10 de diciembre de 2016). *spenagroup*. Obtenido de <https://spenagroup.com/tratamiento-aguas-residuales-industria-textil/>
- TexPack. (2 de Noviembre de 2015). Filtro de lana. Obtenido de https://texpack.it/wp-content/uploads/2015/12/3294_ES.pdf
- Vanegas, G. (2021). *PREPARACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO OBTENIDO A PARTIR DE RESIDUOS TEXTILES DE MEZCLILLA.*, 16-17. Bogotá.
- Aguaiza, J. (2016). *Validación del método estándar-absorción atómica por espectrofotometría para el análisis de metales pesados en muestras de aguas de formación del campo Auca para su acreditación según la norma ISO/IEC 17025:2006 en el laboratorio del C.N.C.C.H., en la ARC*. 161.
http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/16764/65474_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/16764?show=full
- Atl. (2020, June 3). *La importancia de filtrar el agua en casa para cuidar nuestra salud y nuestro planeta*.
http://atl.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=9802:la-importancia-de-filtrar-el-agua-en-casa-para-cuidar-nuestra-salud-y-nuestro-planeta&catid=114:contaminacion-del-agua&Itemid=576

- Belloch, B. M. (2020). *Proyecto de puesta en marcha de empresa de zapatillas inteligentes con la aplicación de nanohilos.*
- Bisay, I. (2004). *Gestión integral de residuos sólidos urbanos y fitorremediación de la laguna “los mellizos.”* 1, 1–14.
- Camargo, D., & Giraldo, D. (2018). *Industria textil, investigación ambiental | Guías, Proyectos, Investigaciones de Ingeniería Ambiental | Docsity.*
<https://www.docsity.com/es/industria-textil-investigacion-ambiental/4534036/>
- Casas, V. (2020, February 29). *TEEPT U2 A2 VACH.pdf - 8-2-2020 Actividad 2. Los métodos de evaluación y viabilidad de proyectos ambientales Vania Lizeth Casas Hernández.* | Course Hero. <https://www.coursehero.com/file/56322709/TEEPT-U2-A2-VACHpdf/>
- Casigña, N., & Haro, J. (2020). *Análisis De La Eficiencia Del Tratamiento Del Agua En La Planta Potabilizadora Del Sector Tolóntag, Parroquia Píntag, Cantón Quito.* 5–13.
<https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/433>
- Chulluncuy, N. (n.d.). *Vista de Tratamiento de agua para consumo humano.* 16 de Junio Del 2011. Retrieved November 22, 2022, from
https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/232/208
- Contaminación de la industria textil – Central Cero.* (2018).
<https://centralcero.com/blogs/news/contaminacion-de-la-industria-textil>
- Cromtek. (2022). *¿Qué son los sólidos suspendidos y cómo se miden? – Cromtek.*
<https://www.cromtek.cl/2022/01/03/que-son-los-solidos-suspendidos-y-como-se-miden/>
- Esparza, D. (2013). *Procesos De Hilatura Lanera.*
- Esparza, W. (2016). *OPTIMIZACIÓN DEL FIELTRO DE LANA DE OVEJA COMO FILTRO POR GRAVEDAD EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE LA TINTURA DE LANA.* <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2140>
- Genérico. (2021, April 8). *La lana reivindica su papel como materia prima ecológica en Europa.* 8 de Abril Del 2021. <https://efeverde.com/lana-papel-materia-prima-ecologica-europa/>
- Gómez, A., Klose, W., Rincón, S. L., & Wiest, W. (2004). *Proceso de producción de carbón activado a partir de cáscaras de palma de aceite en un horno rotatorio y su aplicación en*

- la limpieza de NO. *Revista Palmas*, 25, 461–471.
- Gómez, Ó. (2009). *Cadena Productiva De La Lana*. 12(2), 73–80.
- Haro Y. (2015). “*DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA FÁBRICA LÁCTEOS SAN JOSÉ DEL CANTÓN PÍLLARO*” *Riobamba, Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*;
- Imbaquingo, J. (2020). *Universidad técnica del norte*.
- Induanalisis. (2019, June 4). *DBO y DQO | Publicaciones | Induanalisis, Laboratorio, monitoreo, consultoría y equipo. Bucaramanga - Col.*
https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/dbo_y_dqo_31
- Mathis. (n.d.). *Foulard Horizontal*. Retrieved November 18, 2022, from
<http://mareintex.com.ar/wp-content/uploads/mathis/Modelo-HFR.pdf>
- Niinimäki, K., Peters, G., Dahlbo, H., Perry, P., Rissanen, T., & Gwilt, A. (2020). The environmental price of fast fashion. *Nature Reviews Earth and Environment*, 1(4), 189–200. <https://doi.org/10.1038/S43017-020-0039-9>
- Núñez, M. T. M. (2015). *El Plan Operativo Anual y la Liquidez de la Cooperativa de Transportes Interprovincial de Pasajeros “22 de Julio” del Cantón Pelileo*. 271.
- Pérez, J. A. (n.d.). IV. Filtración. *Tratamiento de Aguas*, 136–166.
http://www.bdigital.unal.edu.co/70/6/45_-_5_Capi_4.pdf
- Quezada, A. (2020). *IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA HIERRO DE LA PARROQUIA SAN CARLOS DE LAS MINAS, CANTÓN ZAMORA Y PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE*.
- Reascos, K. (2016, April). *Tratamiento en tejido 100% algodón como repelente de los mosquitos aedes aegypti*. [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7967/1/04DTM 011 TRABAJO GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7967/1/04DTM%20011%20TRABAJO%20GRADO.pdf)
- Rico, V. (2020, November 21). *Test de Normalidad Jarque-Bera en R - Finanzas Cuantitativas en Español*. <https://ricovictor.com/index.php/2020/11/21/test-de-normalidad-jarque-bera-en-r/>
- Rocha, I. (2018). *TRATAMIENTO FISICOQUIMICO: FLOCULACION, COAGULACION Y*

SEDIMENTACION - Determinar que de es la - Studocu.

<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-catolica-de-santa-maria/procesos-y-operaciones-unitarias-ambientales-i/tratamiento-fisicoquimico-floculacion-coagulacion-y-sedimentacion/5171148>

Sercalia. (2022). *Carbón activo para todo tipo de procesos industriales - Sercalia.*

<https://www.sercalia.com/carbon-activo/>

Sevilla, U. (2015). *Manual del carbón activo.* www.aguapedia.net

Suárez, S. (2014, August). *Diseño de Carbon Activado para Tratamiento de Aguas C, Con Electrocoagulación PDF | PDF | Oxígeno | Aguas residuales.*

<https://es.scribd.com/document/401184869/disenio-de-carbon-activado-para-tratamiento-de-aguas-c-con-electrocoagulacion-pdf#>

Tanques de EMAPA - Google Maps. (n.d.). Retrieved November 1, 2022, from

<https://www.google.com/maps/place/Tanques+de+EMAPA/@0.3255122,-78.1256697,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8e2a3d260bbb17f3:0x5ff903aaf02526db!8m2!3d0.3253856!4d-78.1233737>

Texpack. (2015). *Ficha técnica 3294.* 7480201.

UTN. (2022). *Vicerrectorado de investigación – Universidad Técnica del Norte.*

<https://www.utn.edu.ec/direccion/#1678470247794-cf300289-335c>

Vanegas, G. (2021). *Preparación y caracterización de carbón activado obtenido a partir de residuos textiles de mezclilla.* 92.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/81024/1033793506.2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS



Anexo 1 Filtro en forma de campana



Anexo 2 Impregnación (carbón activado-resina)



Anexo 3 Filtro impregnado



Anexo 4 Recolección muestras agua residual

INFORME DE RESULTADOS		FIT-INFORMES-REQ7.8_B Versión 06
Informe de Resultados Nro: IRRE23-036		Pág. 1 de 2
DATOS SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE:		
Cliente: Doménica Farinango Dirección: Yahuarcocha Correo electrónico: dcfarinango@utn.edu.ec Teléfono: 0981161850 Tipo de Muestra: Agua Residual Identificación muestra cliente: Muestra 1		
Fecha de recepción laboratorio: 24 de enero del 2023		
Autorización orden de trabajo N°: OTELABEMAPAI-011		Toma de muestra realizada por: El cliente
Código de Laboratorio: MER23-003		Fecha de realización de ensayos: 24/01-02/02-2023
Lugar de análisis: Laboratorio EMAPA-I		Fecha de emisión informe: 3 de febrero del 2023

RESULTADOS PARÁMETROS FÍSICOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	ITEM DE ENSAYO		⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			MER23-003		
pH / Temp. de medición (*)	PEE-EMAPA-I-01 SM 4500-H+B	upH / °C	3,5	26,0	N/A
Turbiedad (*)	Standard Methods 2130B	NTU	300		N/A
Sólidos Secos Totales (*)	Standard Methods 2540B	mg/L	562,5		N/A
Sólidos sedimentables (*)	Standard Methods 2540F	ml/L	<0,5		N/A

Anexo 5 Informe de resultados muestra 1 (efluente sin filtrar)

DATOS SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE:

Cliente: Doménica Farinango
 Dirección: Yahuarcocha
 Correo electrónico: dcfarinangon@utn.edu.ec Teléfono: 0981161850
 Tipo de Muestra: Agua Residual
 Identificación muestra cliente: Muestra 2

Fecha de recepción laboratorio: 24 de enero del 2023
 Autorización orden de trabajo N°: OTELABEMAPAI-011 Toma de muestra realizada por: El cliente
 Código de Laboratorio: MER23-004 Fecha de realización de ensayos: 24/01-02/02-2023
 Lugar de análisis: Laboratorio EMAPA-I Fecha de emisión informe: 3 de febrero del 2023

RESULTADOS PARÁMETROS FÍSICOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	ITEM DE ENSAYO		⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			MER23-004		
pH / Temp. de medición (*)	PEE-EMAPA-I-01 NM 4500-H+B	upH / °C	3,5	26,0	N/A
Turbiedad (*)	Standard Methods 2130B	NTU	258		N/A
Sólidos Secos Totales (*)	Standard Methods 2540B	mg/L	572,5		N/A
Sólidos sedimentables (*)	Standard Methods 2540F	ml/L	<0,5		N/A

Anexo 6 Informe de resultado muestra 2 (efluente filtrado)**DATOS SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE:**

Cliente: Doménica Farinango
 Dirección: Yahuarcocha
 Correo electrónico: dcfarinangon@utn.edu.ec Teléfono: 0981161850
 Tipo de Muestra: Agua Residual
 Identificación muestra cliente: Muestra 3

Fecha de recepción laboratorio: 24 de enero del 2023
 Autorización orden de trabajo N°: OTELABEMAPAI-011 Toma de muestra realizada por: El cliente
 Código de Laboratorio: MER23-005 Fecha de realización de ensayos: 24/01-02/02-2023
 Lugar de análisis: Laboratorio EMAPA-I Fecha de emisión informe: 3 de febrero del 2023

RESULTADOS PARÁMETROS FÍSICOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	ITEM DE ENSAYO		⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			MER23-005		
pH / Temp. de medición (*)	PEE-EMAPA-I-01 NM 4500-H+B	upH / °C	3,5	26,0	N/A
Turbiedad (*)	Standard Methods 2130B	NTU	169		N/A
Sólidos Secos Totales (*)	Standard Methods 2540B	mg/L	560		N/A
Sólidos sedimentables (*)	Standard Methods 2540F	ml/L	<0,5		N/A

Anexo 7 Informe de resultado muestra 3 (efluente filtrado)

Cliente: Doménica Farinango
 Dirección: Yahuarcocha
 Correo electrónico: dcfarinangon@utn.edu.ec Teléfono: 0981161850
 Tipo de Muestra: Agua Residual
 Identificación muestra cliente: Muestra 4

Fecha de recepción laboratorio: 24 de enero del 2023
 Autorización orden de trabajo N°: OTELABEMAPAI-011 Toma de muestra realizada por: El cliente
 Código de Laboratorio: MER23-006 Fecha de realización de ensayos: 24/01-02/02-2023
 Lugar de análisis: Laboratorio EMAPA-I Fecha de emisión informe: 3 de febrero del 2023

RESULTADOS PARÁMETROS FÍSICOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	ITEM DE ENSAYO		⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
			MER23-006		
pH / Temp. de medición (*)	PEE-EMAPA-I-01 NM 4500-H+B	upH / °C	3,5	26,0	N/A
Turbiedad (*)	Standard Methods 2130B	NTU	185		N/A
Sólidos Secos Totales (*)	Standard Methods 2540B	mg/L	590		N/A
Sólidos sedimentables (*)	Standard Methods 2540F	ml/L	<0,5		N/A

Anexo 8 Informe de resultados muestra 4 (efluente filtrado)

1.- CARACTERÍSTICAS

Este carbón activado granular es diseñado específicamente para la recuperación de cianuros de oro y plata en circuitos de recuperación de este metal. Se fabrica a partir de concha de coco, materia prima con la que se obtiene la máxima dureza disponible en el mercado. Esto es fundamental ya que se minimiza la erosión del carbón, evitando así, pérdidas valiosas del producto adsorbido. Tiene una gran área superficial compuesta por microporos cuyo tamaño es el apropiado para retener los complejos metálicos mencionados.

2.- PROPIEDADES

Parámetros	Especificaciones	Método de Prueba
Base	Carbón de Cáscara de Coco	
Apariencia	Granulo Negro e Irregular	
Tamaño de Partícula *Tamaño Máximo (+3.5mm) *Tamaño Mínimo (-1.7mm)	Malla 6x12 3% (Máx.) 1% (Máx.)	ASTM D2862
Valor de Yodo	1150 mg/gm (Mín.)	ASTM D4607
CTC	60% (Mín.)	ASTM D3467
Densidad Aparente	0.490 - 510 gm/cc	ASTM D2854
Dureza	98% (Mín.)	ASTM D3802
Humedad	5% (Máx.)	ASTM D2867
Ceniza	3% (Máx.)	ASTM D2866
pH	9-11	ASTM D3838
Plaquetas	7% (Máx.)	
Tamaño medio de Partícula	2.5 mm (Mín.)	

Anexo 9 Ficha técnica carbón activado



RESINA DE PARCHÉ

RESINA PARA EL PEGADO DE TEJIDOS TIPO PARCHÉ EN
PIEZAS FABRICADAS

ÁREAS DE APLICACIÓN:

Lavandería industrial.

DESCRIPCIÓN:

RESINA DE PARCHÉ es una resina especial para el pegado de patchwork en forma de PARCHÉ sobre piezas de artículos JEANS Y PT.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS:

Apariencia: Semi-pastoso
El color blanco
Olor: Característico
pH como es: 6.0 a 8.0
Carácter iónico: Aniónico

Anexo 10 Ficha técnica ResinaPatch