



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE TEXTILES**

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

**TEMA:**

**“ELABORACIÓN DE UN FILTRO DE AIRE CON UN NO TEJIDO DE LANA 100% Y  
CARBÓN ACTIVADO PARA REDUCIR EL INGRESO DE MATERIAL  
PARTICULADO Y MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CABINA DE LOS  
VEHÍCULOS.”**

**ELABORADO POR:**

**LADY PAMELA SIMBAÑA ARCINIEGAS**

**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 de Art. 144 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 DE CONTACTO	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1004321863
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Simbaña Arciniegas Lady Pamela
<b>DIRECCIÓN:</b>	Imbabura-Antonio Ante-Atuntaqui
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:lpsimbanaa@utn.edu.ec">lpsimbanaa@utn.edu.ec</a>
<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0982921446

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	“ELABORACIÓN DE UN FILTRO DE AIRE CON UN NO TEJIDO DE LANA 100% Y CARBÓN ACTIVADO PARA REDUCIR EL INGRESO DE MATERIAL PARTICULADO Y MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CABINA DE LOS VEHÍCULOS.”
<b>AUTOR:</b>	Simbaña Arciniegas Lady Pamela
<b>FECHA:</b>	30 mayo del 2023
<b>PROGRAMA:</b>	Pregrado ■■■■
<b>TÍTULO POR EL SE OPTA:</b>	Ingeniera Textil
<b>ASESOR/DIRECTOR:</b>	MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada

## **2. CONSTANCIAS**

La autora manifiesta que la obra 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 conocimiento sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 28 de junio del 2023

**EL AUTOR:**



Lady Pamela Simbaña Arciniegas

C.I. 1004321863



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**Certificación del asesor**

MSC. Willam Ricardo Esparza Encalada, en calidad de Asesor de Trabajo de Grado de la estudiante Lady Pamela Simbaña Arciniegas. Certifico que, el presente trabajo de titulación con tema: **“ELABORACIÓN DE UN FILTRO DE AIRE CON UN NO TEJIDO DE LANA 100% Y CARBÓN ACTIVADO PARA REDUCIR EL INGRESO DE MATERIAL PARTICULADO Y MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CABINA DE LOS VEHÍCULOS”**, desarrollado por la estudiante en mención para la obtención del título de Ingeniera Textil, ha cumplido con las exigencias y requisitos para ser presentado en defensa pública y pueda ser juzgado por los opositores correspondientes.

Ibarra, 28 de junio de 2023



MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada  
DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

## DEDICATORIA

*A quienes han sido el pilar fundamental de mi vida, a mis queridos padres Narcisa y Milton quienes me han permitido desarrollarme como ser humano y como profesional y que día a día gracias a sus esfuerzos he logrado culminar una etapa de mi vida que sin lugar a duda ha sido la más maravillosa.*

*A mis hermanos Javier, Margarita y Omar quienes no han sido solo hermanos sino amigos y son ellos con los que he compartido toda mi vida y de los cuales estoy sumamente orgullosa por todo lo que han logrado gracias por su apoyo incondicional que me han brindado.*

*A mi querida viejita María que te fuiste, pero me dejaste una gran enseñanza que no solo la llevo en la mente sino también en el corazón.*

*A mi Bryan que en estos últimos años ha formado parte de mi vida y que con cariño y paciencia me ha enseñado a no rendirme.*

*A mis incondicionales amigas y compañeras Dome, Kathy, Alejo que con sus ocurrencias han hecho que la etapa universitaria sea divertida, buena y han llenado de alegría mi corazón.*

*Para todos ustedes con cariño y amor este trabajo.*

*Pamela Simbaña*

## AGRADECIMIENTO

*Un sentido agradecimiento a mis padres, hermanos, abuelita, cuñado y novio, quienes han sido parte fundamental durante mi etapa estudiantil y porque han sido ellos quienes han confiado siempre de manera incondicional en cada paso que he dado.*

*A la Universidad Técnica del Norte, institución que me ha abierto las puertas para continuar construyéndome y aprendiendo y poder ser una profesional que sirva a la sociedad de manera leal y responsable.*

*Al MSc. Willam Esparza por ser mi asesor de tesis el que con sus conocimientos, paciencia y atención ha brindado una ayuda y apoyo grandioso durante la elaboración de mi trabajo investigativo.*

*A mis queridos maestros que con tesón y firmeza han ido forjando mi carácter y que gracias a ellos he aprendido todo lo que necesito para ser una buena ingeniera Textil.*

*A todos mis compañeros y amigos con lo que compartí el aula de clases y dentro de ella se vivió tan bellos momentos juntos.*

*Un agradecimiento profundo a todos usted que hicieron posible que este sueño se cumpla.*

*Pamela Simbaña*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	iii
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.....	1
1.3. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO .....	3
1.4. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.6. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DEL PROYECTO.....	5
CAPÍTULO II .....	6
2. ESTUDIOS PREVIOS.....	6
2.1. ESTADO DEL ARTE.....	6
2.1.1. Lana.....	6
2.1.1.1. Características de la fibra .....	6
2.1.2. Filtro de Aire .....	7
2.1.2.1. Función.....	7
2.1.3. Carbón activado.....	8
2.1.3.1. Generalidades del producto.....	8
2.1.4. Material particulado .....	8
2.1.4.1. Generalidades .....	8
2.2. MARCO LEGAL.....	9
2.2.1. Líneas de Investigación de la Universidad Técnica del Norte .....	9
2.2.2. Constitución de la República del Ecuador .....	10

2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	11
2.3.1. Lana.....	11
2.3.2. No tejidos .....	12
2.3.3. Material particulado .....	12
2.3.3.1. Tamaño del material particulado.....	13
2.3.3.2. Daños del material particulado.....	13
2.3.4. Filtros de aire.....	14
2.3.5. Filtros de lana .....	15
2.3.6. Filtros de cabina .....	15
2.3.7. Carbón activado.....	16
2.3.8. Resina.....	17
2.3.9. Dispersante .....	17
2.3.10. Aerocet 531S .....	17
CAPÍTULO III .....	18
3. METODOLOGÍA .....	18
3.1. TIPOS DE METODOLOGÍAS.....	18
3.1.1. Metodología bibliográfica.....	18
3.1.2. Metodología experimental.....	18
3.2. CARACTERIZACIÓN DEL NO TEJIDO .....	19
3.2.1. Longitud de la fibra.....	19
3.2.2. Datos técnicos del no tejido .....	19
3.3. FLUJOGRAMA DE PROCESO GENERAL.....	20
3.4. FLUJOGRAMA DE PROCESO MUESTRAL.....	21
3.5. PARÁMETROS, VARIABLES, MATERIALES Y EQUIPOS .....	22
3.5.1. Parámetros.....	22
3.5.2. Variables.....	22
3.5.3. Materiales .....	23
3.5.4. Equipos.....	25
3.6. PROCEDIMIENTO GENERAL.....	27
3.6.1. Proceso de obtención del no tejido de lana .....	27
3.6.2. Proceso de construcción de los filtros y simulador de cabina.....	28
3.6.3. Proceso de impregnación .....	29



3.7. CONDICIONES POR CONSIDERAR EN LA ELABORACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO SIMULADOR DE CABINA .....	30
3.7.1. Sistema de funcionamiento del habitáculo.....	30
3.7.2. Material particulado presente en el aire .....	31
3.7.3. Caudal del aire en el habitáculo .....	31
3.8. CÁLCULOS PARA EL SIMULADOR .....	33
3.8.1. Ecuación del caudal.....	33
3.8.2. Ecuación de la resistencia .....	35
CAPÍTULO IV .....	36
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	36
4.1. PROPUESTA.....	36
4.2. DISEÑO DE LOS FILTROS DE AIRE .....	37
4.3. DISEÑO DEL PROTOTIPO .....	39
4.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	41
4.4.1. Normalidad de datos.....	41
4.4.2. Varianza .....	41
4.4.3. Análisis estadísticos .....	42
4.4.4. Gráficos .....	43
CAPÍTULO V .....	46
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	46
5.1. CONCLUSIONES .....	46
5.2. RECOMENDACIONES .....	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
ANEXOS.....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Instalaciones de la Planta Textil UTN. ....	5
Figura 2 Capacidad de entrada de las partículas en el organismo en función de su tamaño.....	14
Figura 3 Diferencia entre Adsorción y Absorción. ....	16
Figura 4 Flujograma de Proceso General. ....	20
Figura 5 Flujograma de Proceso Muestral. ....	21
Figura 6 Filtro convencional ....	37
Figura 7 Filtro de lana ....	37
Figura 8 Filtro de lana y carbón activado 5% ....	38
Figura 9 Filtro de lana y carbón activado 10% ....	38
Figura 10 Filtro de lana y carbón activado 15% ....	39
Figura 11 Vista superior del prototipo simulador de cabina ....	39
Figura 12 Vista lateral del prototipo simulador de cabina ....	40
Figura 13 Vista posterior del prototipo simulador de cabina ....	40
Figura 14 Normalidad de los datos según los autores. ....	41
Figura 15 Valores de la varianza.....	42
Figura 16 Representación gráfica Graph.....	44
Figura 17 Representación gráfica Matrix Plot. ....	45

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Líneas de investigación UTN.....	9
Tabla 2 Características del no tejido .....	19
Tabla 3 Parámetros a evaluar. ....	22
Tabla 4 Variables de las pruebas.....	23
Tabla 5 Lista de materiales.....	24
Tabla 6 Lista de equipos.....	26
Tabla 7 Receta para impregnar con la muestra 1 .....	29
Tabla 8 Receta para impregnar con la muestra 2 .....	29
Tabla 9 Receta para impregnar con la muestra 3 .....	30
Tabla 10 Receta para impregnar con dispersante en la muestra 4. ....	30
Tabla 11 Prueba de flujo de aire con anemómetro.....	32
Tabla 12 Datos de entrada y salida del material particulado (MP) .....	43

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Obtención del no tejido. ....	53
Anexo 2: Longitud de la fibra de lana. ....	53
Anexo 3: Caracterización del no tejido; espesor y gramaje. ....	54
Anexo 4: Impregnación de carbón activado en el foulard. ....	54
Anexo 5: pH de la solución que se usó para impregnar. ....	55
Anexo 6: Secado de fieltros en el túnel de secado. ....	55
Anexo 7: Proceso de elaboración del prototipo simulador. ....	56
Anexo 8: Elaboración de los filtros. ....	56
Anexo 9: Toma de medidas iniciales y finales de material particulado (MP). ....	57
Anexo 10: Filtros después del filtrado ....	57
Anexo 11: Ficha técnica de la Resina Patch. ....	58
Anexo 12: Ficha técnica del carbón activado. ....	59
Anexo 13: Ficha técnica del dispersante ....	60
Anexo 14: Certificado uso de laboratorio. ....	61

## RESUMEN

El presente trabajo investigativo se basó en desarrollar filtros de aire con lana 100% impregnando carbón activado, con la finalidad de que estos al ser aplicados en la industria automotriz mejoren la calidad del aire que ingresa al interior de la cabina de los vehículos, trayendo así consigo no solo cumplir con la norma de calidad de aire permisible para los seres humanos, sino también reducir de cierto modo el nivel de enfermedades y riesgo respiratorio por inhalación de material particulado (MP).

El proyecto se llevó a cabo siguiendo ciertas directrices que nos permitieron obtener los mejores resultados y lograr así que la propuesta se desarrolle con normalidad, para ello primero fue necesario buscar información relevante sobre el tema estableciendo que la lana no solo era la mejor fibra para desarrollar un filtro de aire sino también que al aplicarse ciertas cantidades de carbón activado la efectividad de este tendría una mejora muy particular. Luego se procedió a establecer la metodología con la que el estudio práctico se desarrolló, donde para ello se instituyó que para aplicarse el carbón activado sobre el no tejido de lana se lo haría mediante el proceso de impregnación con ayuda de la resina Patch, como producto pegante. Continuando con el estudio se procedió a ejecutar una caracterización inicial de la calidad del aire, por lo que fue necesario utilizar el equipo contador de partículas Aerocet 531S que nos permitió medir la cantidad de material particulado (MP) que ingresa dentro un vehículo, obtenido como resultados que los niveles de (MP) están por encima de lo permitido que establece el Ministerio del Ambiente, por lo que fue necesario desarrollar el prototipo que simula la cabina y los respectivos filtros que se realizaron con lana 100% y carbón activado en concentraciones de 5, 10 y 15%, para luego aplicar los filtros y analizar los datos finales, donde se obtuvo que los niveles de material particulado (MP) que ingresarán al interior del vehículo luego del filtrado presenta una mejorara muy aceptable en comparación con el filtro comercial, debido a que los valores que se obtuvieron están por debajo de lo permitido por la TILSMA, determinando así que la calidad del aire al interior de la cabina es mucho mejor, más agradable y saludable.

## ABSTRACT

The present investigative work was based on developing air filters with 100% wool impregnating activated carbon, with the purpose that these, when applied in the automotive industry, improve the quality of the air that enters the interior of the vehicle cabin, thus bringing I get not only to comply with the permissible air quality standard for humans, but also to reduce in a certain way the level of diseases and respiratory risk due to inhalation of particulate matter (PM).

The project was carried out following certain guidelines that allowed us to obtain the best results and thus ensure that the proposal develops normally. For this, it was first necessary to find relevant information on the subject, establishing that wool was not only the best fiber to develop an air filter but also that when applying certain amounts of activated carbon, its effectiveness would have a very particular improvement. Then we proceeded to establish the methodology with which the practical study was developed, where for this it was instituted that to apply the activated carbon on the wool non-woven it would be done through the impregnation process with the help of the Patch resin, as a product sticky. Continuing with the study, an initial characterization of the air quality was carried out, for which it was necessary to use the Aerocet 531S particle counter equipment that allowed us to measure the amount of particulate material (PM) that enters a vehicle, obtained as results that the levels of (PM) are above what is allowed by the Ministry of the Environment, for which it was necessary to develop the prototype that simulates the cabin and the respective filters that were made with 100% wool and activated carbon in concentrations of 5, 10 and 15%, to then apply the filters and analyze the final data, where it was obtained that the levels of particulate matter (PM) that will enter the interior of the vehicle after filtering present a very acceptable improvement compared to the commercial filter. , because the values obtained are below what is allowed by TULSMA, thus determining that the air quality inside the cabin is much better, more pleasant and healthy.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL TEMA

El desarrollo de este proyecto tiene como finalidad la elaboración de un filtro de aire para la cabina de los vehículos con lana 100% impregnado con carbón activado. Tomando en cuenta que la intención de este proyecto es fabricar un producto que sea sostenible, barato, eficiente y amigable con el ambiente, ya que se presentará como posible solución y nueva alternativa para remplazar los filtros de aire de poliéster por un filtro mucho más eficiente y completamente ecológico, ya que hoy en día la mayoría de estos filtros son elaborados con materiales no reciclables y que en su proceso de fabricación se realiza a partir de métodos altamente contaminantes. La implementación de este filtro en el mundo automotriz buscará reducir y eliminar progresivamente el uso de filtros comerciales dentro del vehículo, lográndolo remplazar por un no tejido de lana 100% mediante la aplicación de un producto biodegradable. Durante el desarrollo de este proyecto se realizará el filtro de lana, se aplicará mediante proceso de impregnación el carbón activado sobre el no tejido y finalmente se realizará los análisis y pruebas que nos permitan comprobar la efectividad que presenta el filtro en relación directa con los filtros convencionales, tomando en cuenta las propiedades y características innatas que presenta la fibra de lana como poder filtrante y alto nivel de enfieltramiento, logrando así la retención máxima de partículas peligrosas dentro del vehículo, mitigando de cierto modo las enfermedades respiratorias que se originan por las fuertes emisiones de contaminantes que presenta el aire de hoy en día y mejorar la calidad del aire respirable al interior del automotor.

### 1.2. ANTECEDENTES

El ser humano ha llegado a causar daños severos en el planeta esto debido a las grandes emisiones de gases tóxicos provocados principalmente por actividades humanas como la combustión de las grandes empresas, la que provocan los autos o inclusive por la misma naturaleza.

Debido a los efectos medioambientales y al aumento de gases tóxicos provocados por el tan conocido efecto invernadero, el cambio climático se le atribuye como principal causa hoy en día para generar problemas de distinta índole para la humanidad, el cual se origina principalmente por actividades que ejecuta el ser humano (Useros, 2013). Estas actividades solo permiten que se vuelva fácil poder encontrarse con un sinnúmero de partículas en suspensión presentes en el aire como el polen, el polvo, el hollín y el humo, las cuales no solo está presentando un alto nivel de contaminación para la atmósfera, sino que también están mostrando en la población mundial altos índices de enfermedades respiratorias leves y crónicas.

La OMS estableció en un artículo escrito en el (Diario El Comercio, 2016) que aproximadamente el 80% o más de todas aquellas persona que sufren de enfermedades de tipo respiratorios graves o inclusive infartos en el Ecuador son porque residen en lugares urbanos están expuestos y respiran el aire con altos niveles de contaminación presentes.

Todas estas actividades de contaminación excesiva, más la prolongada exposición a partículas contaminantes a las que las personas suelen estar expuestas, está provocando enfermedades respiratorias graves, afecciones en la piel y en los ojos, cáncer y la muerte. Donde la mayor incidencia de estas muertes suele provocarse por aquellas partículas microscópicas que el ojo humano no logra percibir, ya que éstas tienen la capacidad de penetrar directamente en los pulmones, provocando daños más severos en el sistema respiratorio.

Entonces podemos aludir que las partículas en suspensión que se encuentran en el aire pueden llegar a ser considerablemente nocivas y peligrosas para las personas que se encuentran expuestas a estas, ya que provocan problemas respiratorios a largo plazo que consiguen reducir la esperanza de vida en niños y adultos, sin embargo, estas partículas logran también incidir en un alto índice de riesgos automovilísticos. Problemas de lagrimeo, irritación en la nariz y ojos, susceptibilidad ante la luz y efecto de cansancio, son sin lugar a duda efectos provocados por la exposición a material particulado que trae consigo disminución de la concentración al conducir, ya que afecta a la vista (Car and Drive, 2022), esto significaría básicamente que se deberá conducir largas distancias a ciegas hasta lograr recuperar la atención por completo.

Ahora bien, si el alto índice de partículas en suspensión que se encuentran en el aire hoy en día en medio de un pandemia mundial presentan una alta peligrosidad para las personas en un ambiente abierto y en un ambiente completamente cerrado con el que cuentan los autos, es



necesario la implementación de un correcto sistema de filtrado que reduzca la posibilidad del ingreso directo de partículas contaminantes del exterior al interior del vehículo que puedan provocar molestias al chofer y los ocupantes del vehículo, por lo que a la hora de adquirir un automóvil debemos considerar varios aspectos relevantes que nos permitan proteger la salud nuestra y la de las demás personas, a través de la elaboración un filtro de lana 100% con carbón activo que mejores son propiedades filtrantes.

### 1.3. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

La industria textil surge como necesidad del ser humano por cubrirse y protegerse de inclemencias climáticas adversas a las que se encontraba expuestos hace ya varios siglos atrás, por lo que se da origen a esta gran industria que hoy en día no solo se ha vuelto un aspecto básico importante de vida para cada uno de nosotros, sino también se ha establecido como un sector importante dentro de los procesos económicos mundiales, debido a que la industria mueve anualmente varios millones de dólares.

Más sin embargo así de la misma forma en el que la industria textil es una importante fuente de economía en el mundo, también se ha vuelto una gran generadora de contaminantes que son emitidos y vertidos diariamente al ambiente, por lo que la convierte en la segunda manufactura más contaminante del mundo solo por detrás de la petrolera. Debido a todas estas se ha sentido la necesidad de buscar soluciones que logren en algo mitigar todos los impactos medio ambientales que se generan diario, por ello siempre se está en la búsqueda de nuevos procesos y productos que no solo sean eficientes y cumplan con las necesidades, sino que sean amigables con el ambiente y de cierto modo también se dio paso al desarrollo de esta investigación, el cual se basa en elaborar un filtro de aire para la cabina de los vehículos con el fin de retener la mayor cantidad de impurezas, reduciendo el riesgo de enfermedades respiratorias y alergias a los pasajeros, debido a que hoy en día la contaminación ambiental es un tema que se ha vuelto realmente preocupante y en los últimos años ha ido empeorando ya que se ha evidenciado un aumento progresivo de partículas contaminantes en el aire, tales como material particulado de tipo sólido y líquido presentes en la atmósfera.

Todas estas problemáticas están provocando que el índice de muerte por enfermedades respiratorias aumente y según la (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2022) en un artículo escrito en su página oficial muestra, que en varias urbes del mundo el efecto de la contaminación ambiental generó en el año 2019 aproximadamente 4,2 millones de personas muertas por problemas tipo respiratorio y cardiovascular, todo esto se debe a las grandes exposiciones que presentan las personas a material contaminante presente en el aire.

Cabe mencionar que esta investigación corresponde a los primeros proyectos, donde la industria textil se relaciona directamente con la industria automotriz, la cual pretende dar el inicio al desarrollo de más proyectos que se enfoquen en este campo de desarrollo productivo.

#### 1.4. OBJETIVO GENERAL

- Elaborar un filtro de aire con un no tejido de lana 100% y carbón activado para reducir el ingreso de material particulado y mejorar la calidad del aire en la cabina de los vehículos.

#### 1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar las condiciones que presentan las cabinas de los vehículos en cuanto a la cantidad y tamaños de material particulado.
- Elaborar el filtro de aire con el no tejido de lana 100% y carbón activado, mediante el proceso de batanado.
- Comparar la efectividad del filtro elaborado con lana 100% y carbón activado en relación al filtro convencional, mediante la medición de material particulado con la ayuda del equipo Aerocet 531S.

## 1.6. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DEL PROYECTO

Esta investigación se desarrollará en la provincia de Imbabura, cantón de Ibarra, en las instalaciones de la planta académica textil perteneciente a la Carrera de Textiles de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA) de la Universidad Técnica del Norte. La cual se encuentra ubicada en el barrio Azaya, en las Calles Morona Santiago y Luciano Solana Salas, bajo las coordenadas geodésicas (0.378673, -78. 122237) tal cual se observa en la **Figura 1**.

Cabe mencionar que las experimentaciones de este proyecto se llevaron a cabo en las instalaciones mencionadas, ya que la planta textil cuenta con equipos y docentes especializados para la adecuada realización del mismo, donde todos los equipos se encuentran calibrados y se manipulan bajo normas internacionales, lo que permite que los resultados obtenidos sean reales y confiables.

Además, se establece que el equipo Aeroset 531S, es un dispositivo con el que no cuenta la Carrera de Textiles, por lo que se solicitó a la Carrera de Ingeniería Industrial de la UTN, para la respectiva realización de las pruebas y análisis.



Figura 1 Instalaciones de la Planta Textil UTN.

Fuente: (Google Maps, 2022)

## CAPÍTULO II

### 2. ESTUDIOS PREVIOS

Los estudios preliminares sobre el tema propuesto nos permiten determinar los trabajos que están estrechamente relacionados con la base en el tema abordado, lo que nos permite tener información de relevancia para desarrollar el tema, de forma que se logrará ampliar la información y en ciertos casos mejorarlo, ya que con base a la información de investigaciones anteriores se podrá determinar similitudes, errores y aciertos y de modo que el trabajo no será repetitivo y contendrá contenido real ya que se logró reunir mayor información ya sea de antecedentes, métodos, técnicas y estudios anteriores, los cuales permitirán conocer características innatas de la fibra de la lana en temas de retención de partículas contaminantes en el aire, además de establecer el diseño y formación del filtro de aire a partir de un no tejido y de la aplicación del carbón activado al ser impregnado sobre este.

#### 2.1. ESTADO DEL ARTE

##### 2.1.1. Lana

###### 2.1.1.1. Características de la fibra

La lana es una fibra textil formada en los folículos de la piel del ovino que integra el vellón del animal. Constituye una fibra suave y rizada, que en forma de vellón recubre el cuerpo de las ovejas. Está formada a base de la proteína queratina, en torno al 20-25% de proporción total (Tinoco, 2009, p. 74).

Debemos tener en cuenta que el proceso de encogimiento en la fibra de lana presenta dos procedimientos muy bien marcados los cuales son: por relajación y por enfieltrado. Sin embargo, únicamente nos centraremos en el denominado encogimiento por enfieltrado el cual se caracteriza por que exclusivamente es aplicable en la lana y en pelos de animales, donde es importante mencionar que todo esto se logra gracias a que la lana es expuesta a condiciones de rozamiento

mecánico, humedad y calor, logrando así que las fibras se compacten y enrede, es por ello que se la utiliza principalmente para elaborar fieltros que luego de pasar por un batanado adquiere un acabado permanente representado principalmente por suavidad y uniformidad (Canals, 2005).

La fibra de lana en la formación de filtros tiene grandes aplicaciones debido a las capacidades filtrantes y a la facilidad de enfieltroamiento que presenta. Es por ello que industrias manufactureras textiles tales como CSIRO y la Australian Wool Innovation Ltd han creado e innovado en nuevos sistemas de filtrado creados a base de lana y combinaciones con fibras de tipo sintéticas, logrando así obtener filtraciones muchos más eficientes, debido a que en los procesos de elaboración las cargas electrostáticas se elevan.(Ardanuy, 2010).

## **2.1.2. Filtro de Aire**

### **2.1.2.1. Función**

Las componentes que constituyen un vehículo presentan importancia dentro del funcionamiento del mismo por lo que se vuelve necesario conocer cuál es la función básica de un buen filtro de aire en la cabina de los vehículos.

Generalmente el aire que circula y recircula dentro de un automóvil y al que están expuestos los pasajeros, suele contener grandes cantidades no solo de olores sino también de materiales de distintos tipos que se encuentra suspendidos en el aire tales como: polvo, hollín, polen, logrando así que estos se vuelvan un problema en la salud. Es por eso que los diseñadores de vehículos se han visto en la necesidad de integrar dentro de ellos nuevos sistemas de filtrado, los cuales deberán cumplir ciertos requerimientos necesarios que se basan principalmente en filtrar todo tipo de partículas como el polvo y el polen para lograr así evitar la propagación de bacterias, además de reducir los malos olores y otros contaminantes por medio de la aplicación de carbón activado (González et al., 2022).

Los filtros de cabina suelen ser elaborados en forma de un acordeón con el fin de que el espacio de filtrado aumente considerablemente, es importante conocer que los cambios y mantenimientos deben realizarse según los kilómetros recorridos (15,000 o 20,000 Km) y de la recomendación del experto en el taller (Domínguez & Ferrer, n.d.).

### **2.1.3. Carbón activado**

#### **2.1.3.1. Generalidades del producto**

El carbón activado muestra varias aplicaciones dentro de las industrias químicas y petroquímicas, esto se debe a que este presenta en su estructura una elevada habilidad para adsorber en sus poros todo tipo de material sólido y líquido, vapores y gases, por lo sus usos se vuelven bastante amplios (Marín & Salazar, 2006).

Langmuir propuso entre los años de 1915 y 1918 un guía en la cual se describía el proceso de adsorción que presenta un sólido que en su estructura tiene cierta cantidad de microporos tal como el carbón activado (Masel, 1996).

En el modelo de Langmuir se asume que el sistema establece un equilibrio dinámico entre los procesos de adsorción y desorción del adsorbato (A) (gas, líquido o especies en solución) sobre la superficie sólida (S), formando un complejo adsorbato-adsorbente (AS) con constantes de velocidad  $K_a$  y  $K_d$  para los procesos de adsorción y desorción, respectivamente (Carriazo et al., 2010, p. 225).

### **2.1.4. Material particulado**

#### **2.1.4.1. Generalidades**

Según Arciniégas (2011), “El material particulado (MP) es un conjunto de partículas sólidas y líquidas emitidas directamente al aire, tales como el hollín de diesel, polvo de vías, el polvo de la agricultura y las partículas resultantes de procesos productivos” (p.196).

Ahora bien, si hablamos de las dimensiones que presenta generalmente el material particulado podemos mencionar que existen dos tamaños de partícula más considerable dentro del estudio, las cuales se definen como  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$ , donde cada una de ellas tiene una representación distinta.

De estos dos tipos de material particulado se muestra aquel que ha mostrado mayor importancia dentro del sistema de salud debido a que se ha logrado observar que este cuando ingresa en el aparato respiratorio causa daños severos, por eso a este se lo conoce como ( $PM_{10}$ ), y se caracteriza

porque la partícula comprendida suele ser de igual o menor tamaño a 10  $\mu\text{m}$ , más sin embargo el material conocido como (PM2.5), es aquel que su diámetro es menor a 2,5  $\mu\text{m}$ , por lo que se lo considera mucho más peligroso debido a su tamaño, ya que al ser casi microscopio logra alojarse en los pulmones y quedarse ahí durante un tiempo prolongado.(Salini, 2014).

## 2.2. MARCO LEGAL

En esta sección se pretende mencionar todas aquellas normativas de legislación que se rigen en las instituciones y permiten el adecuado desarrollo de este trabajo investigativo.

### 2.2.1. Líneas de Investigación de la Universidad Técnica del Norte

De acuerdo con la resolución Nro. 173-SE-CACES-2020, el Honorable Consejo Universitario de la Universidad Técnica del Norte, en el Art. 17 de la sección II establece las 10 líneas de investigación que deben aplicarse cuando se realice proyectos investigativos, dentro del campus universitario, como se muestra en la **Tabla 1**.

*Tabla 1 Líneas de investigación UTN*

<b>Líneas de investigación en la Universidad Técnica del Norte</b>	
1	Producción industrial y tecnología sostenible
2	Desarrollo agropecuario y forestal sostenible
3	Biotechnología, energía y recursos naturales renovables
4	Soberanía, seguridad e inocuidad alimentaria sustentable

<b>Líneas de investigación en la Universidad Técnica del Norte</b>	
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)

*Fuente:* (Universidad Técnica del Norte., 2020)

Esta investigación se realizará siguiendo las líneas de investigación 1 y 9, las cuales han sido establecidas por la Universidad Técnica del Norte y siguiendo este direccionamiento puede llevarse a cabo.

### **2.2.2. Constitución de la República del Ecuador**

Correspondiente a la sección segunda de un ambiente sano en la Constitución de la República del Ecuador. (2008), en los artículos 14 y 15 se establece:



Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Además, en el Art. 15 se menciona que; el Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua (p.14).

## 2.3. MARCO CONCEPTUAL

En esta sección del trabajo se describirá información de relevancia dentro de la investigación, situación que permitirá que los lectores puedan comprender todo lo que se describe y menciona a lo largo de su elaboración. Se debe considerar que la información incluida, se ha distribuido de manera jerárquica, permitiéndose establecer temas y subtemas, es decir, que se irá desarrollando el trabajo de lo general a lo específico.

### 2.3.1. Lana

La lana es considerada como una fibra de origen natural, que se obtiene de los ovinos y se extrae a partir de un proceso denominado esquila, el cual consiste en el corte del pelo del animal para luego ser procesada a través de medios manuales o mecánicos y obtener un hilo con características básicas de resistencia, longitud y finura, siendo utilizada principalmente como materia prima para la elaboración de prendas de vestir.

La fibra de lana es una fibra textil que en su estructura está compuesta por dos capas principales, conocidas con los nombres de capa interna y externa, las cuales representan una de las principales características de dicha fibra, ya que la capa externa está formada por grandes

cantidades de células, que se disponen una sobre otra dando origen a una especie de superficie con escamas, mientras que la capa interna está constituida por largas cadenas de proteína denominadas queratina.

### **2.3.2. No tejidos**

Los no tejidos son un tipo de textil que en su estructura no presentan hilos entrelazados para la formación, sino según la ASTM se constituye a partir de un grupo de láminas de base textil superpuestas una sobre otra, las cuales fueron compactadas mediante procesos químicos, térmicos o mecánicos, dando origen a un tipo de red (Lockuán, 2012).

Para la obtención de los no tejido de lana es necesario seguir un proceso de enfieltramiento el cual esta fibra presenta como una característica física innata, la cual se basa en la capacidad que tiene esta para enmarañarse entre sí, para lograr compactarse cuando se la expone a condiciones de trabajo con calor, fricción y humedad. El enfieltramiento es una característica particular que presenta la lana y algunos pelos de animales, sin embargo esta singularidad suelen ser un muchas ocasiones algo favorables esto siempre y cuando se elabore no tejidos o paños, pero en otras suele ser perjudicial, ya que, al en fieltarse la fibra se espesa lo que hace que pierda dimensión en el largo pero ay que tomar en cuenta que este tipo de problemas pueden ser solucionados aplicando productos que reduzcan o que eliminen el enfieltrado (D. Esparza, 2013).

### **2.3.3. Material particulado**

Al material particulado conocido por sus siglas como (MP), se le define como el grupo de partículas tanto sólidas como líquidas que se encuentran suspendidas en el aire, las cuales constituyen el humo, hollín, polvo y demás partículas que generalmente se generan en la manufactura y producción industrial. El MP debido a sus dimensiones y espesor no suelen sedimentarse con facilidad sino que logra permanecer flotando en el aire durante un tiempo prolongado (Arciniégas, 2011).

### **2.3.3.1. Tamaño del material particulado**

Dentro de los tamaños del material particulado existen varios tamaños por lo que se vuelve necesario clasificarlas de acuerdo al tamaño de su diámetro aerodinámico por lo que se las describe como finas y gruesas, donde todas aquellas que se las describe como finas son las su dimensión es menor o igual 2,5  $\mu\text{m}$ , por que se le da la denominación de PM<sub>2,5</sub>, así también se tiene al otro grupo de partículas denominadas gruesas ya que comprenden un diametro es mayor o igual a 10 micras y por lo tanto se la conoce generlamente como PM<sub>10</sub>. Adicional a estos dos tipos de material también se conoce y dentro en la clasificación las particulas suspendidas totales que por su siglas en inglés se define como (TSP), ya que estas también estan presentes en el aire pero a diferencia estas se encuentran en un volumen de aire no alterado (Vásquez, n.d.).

### **2.3.3.2. Daños del material particulado**

El material particulado corresponde a uno de los mayores contaminantes que se encuentran hoy en día en el planeta, lo que provoca no solo problemáticas graves de salud, sino también, efectos negativos en el ambiente, eso lo explica un especialista para el diario El Comercio de la siguiente forma:

René Parra, especialista en el tema y docente de la Universidad San Francisco de Quito, explica que entre los mayores contaminantes del aire se encuentra el material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>) y otro con el diámetro menor a 2,5 micras (PM<sub>2,5</sub>) Diario El Comercio (2017).

Este tipo de material particualdo presenta una rápida y fácil transportación, lo que provoca daños en el agua, aire y tierra ya que estas no se logran sedimentar con facilidad. Más sin embargo; las problemáticas en el ambiente no lo son todo, ya que se debe conocer también, que las largas exposiciones que se ha tenido al material particulado hoy en día, presentan efectos negativos en la salud humana, que sin lugar a duda pueden determinarse como más graves de lo que se logra pensar, ya que no solo afecta a un gran segmento de la población, sino que a provocadó que los niveles de mortalidad en el planeta tenga un aumento considerable en los últimos años, debido a

que los grupos mayormente afectados han sido; los niños menores de 8 años, ancianos y la personas con enfermedades cardiovasculares y respiratorias. En la **Figura 2** se muestra las área de peligro que se ven expuestas, cuando las partículas de distintos tamaños ingresan en el organismo.

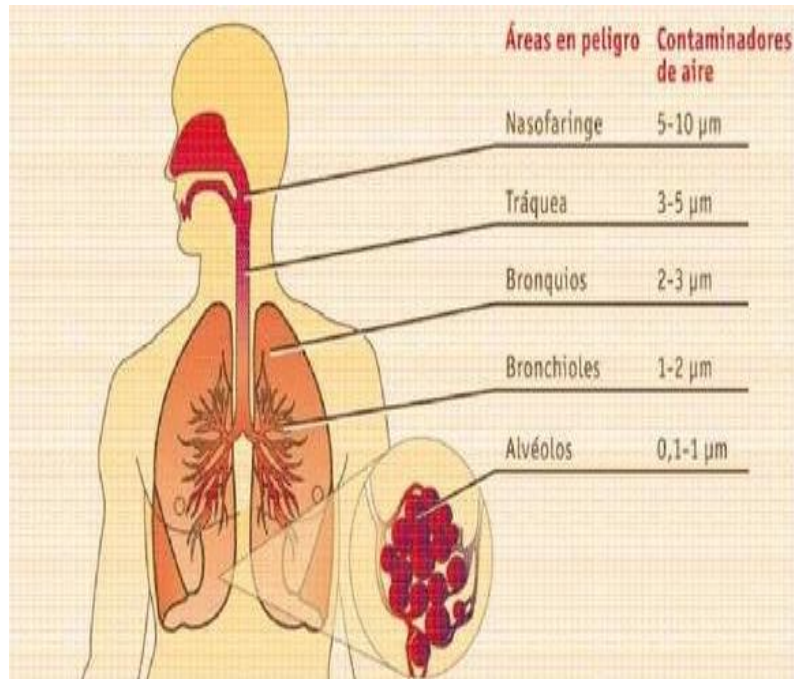


Figura 2 Capacidad de entrada de las partículas en el organismo en función de su tamaño.

Fuente: (Ruiz Ruiz & García Sanz, 2015)

#### 2.3.4. Filtros de aire

.Es importante entender que este tipo de filtros debe presentar una gran resistencia, esto se logrará solo debido a estructura, ya que en esta presenta un denominado medio filtrante el cual esta constituido por una colición de uno o mas mallas las cuales actuan como una barrera donde las partículas y bacterias quedan atrapadas, es importante que logre de esta manera aguantar los fuertes impactos que va a tener directamente con el aire del exterior, ya que no podrá de ninguna manera dañarse o alterar su forma y si esto sucediera pudiese perder su efectividad debido a que habrá lugares dentro del filtro que el aire tenga un paso normal sin ningun tipo de filtrado. (Carrera & Paredez, 2020).

### **2.3.5. Filtros de lana**

Un filtro de lana se define según la (TEXPACK, 2015) como: “El fieltro de lana blanco es un fieltro abatanado y es un producto natural que no contiene sustancias tóxicas nocivas, caracterizado por su elevada capacidad de aislamiento térmico; es ideal para el transporte de líquidos y gas.” Por lo que se aplicará a la lana como material principal para la elaboración de este proyecto, considerando las propiedades tanto físicas como químicas, donde muestran las características excelentes para filtrar, debido a su morfología y a su proceso de elaboración.

La lana es considerada como un material natural, completamente amigable con el ambiente, es por ello que hoy en día se lo toma en consideración para la aplicación y elaboración de un sin número de productos de uso común, con el fin de dar solución a la gran problemática de reducción de productos con bases sintéticas. Desde el punto de vista automovilístico este tema se ha vuelto cuestionable, ya que la presencia de filtros de cabina con bases sintéticas o artificiales, que no son biodegradables y altamente contaminantes, por lo que los filtros hechos a base de lana toman un punto importante en este tema, ya que presentan un alto nivel de efectividad en cuanto a la capacidad de filtrado.

Por ello se está utilizando los fieltros de lana batanados, para diseñar los filtros que presentarán elevada efectividad al retener gran cantidad de material particulado contaminante y además ser un producto natural económico y biodegradables, debido a esto y a sus grandes aplicaciones se ha realizado no solo uno sino varios trabajos investigativos que presentan a la fibra de lana como protagonista en sistemas de filtrado, (W. Esparza, 2016),

### **2.3.6. Filtros de cabina**

Los filtros de cabina corresponden a elementos que forman parte de un vehículo y se describen como los encargados de purificar el aire antes de que ingrese al interior del automotor, logrando así evitar molestias para las personas que se encuentran dentro del vehículo. Es por ello que para disminuir el riesgo de contar con una enfermedad respiratoria producto de inhalar material

particulado dentro de los vehículos cuando se movilizan las personas. Por ello aproximadamente el 95% del total de los vehiculos que se desarrollan en la actualidad incorporan como elemento esencial dentro de los vehículos a los tan conocidos filtros de habitáculo o filtros antipolen, los cuales han tenido una fuerte aceptación hoy en día (Ministerio de Ciencia e Innovacion; Consejo Superior de Investigaciones Cientificas., 2020).

### 2.3.7. Carbón activado

El carbón activado se define como un material carbonoso que presenta gran capacidad adsorbente **Figura 3**, lo cual se debe a que en su superficie se encuentra distribuidos gran variedad de poros en diversos tamaños, permitiéndole no solo adsorber material sólidos y líquidos sino también moléculas. El proceso de activación del carbón se realiza principalmente mediante dos proceso: el primero que es el físico- térmico y el segundo un químico, los cuales se basan en exponer al carbón a gases y por otro lado aplicar productos químicos (Bastidas et al., 2009).

Generalmente los carbones activados dentro de la industria suelen ejercer como purificadores o agente magnético los cuales se encarga de atraer y extraer las materiales de gran tamaño que generalmente son más dañinos de un medio dejando las más leves y generalmente puras (Peñafiel, 2010).

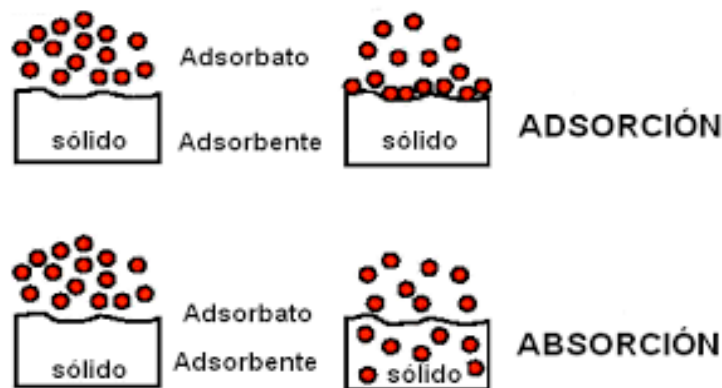


Figura 3 Diferencia entre Adsorción y Absorción. Tomado y adaptado de presentación “Introducción a los carbones activos” por Moreno 2015.

Fuente: (López Velandia, 2013)

### **2.3.8. Resina**

Es un producto de apariencia generalmente líquido, viscoso de color blanco o transparente que dentro de la industria suele ser conocida como resina. Esta es una emulsión homopolímero que se utiliza principalmente dentro de la carpintería, mueblería, ebanistería, como un producto de unión altamente fuerte y resistente, pero también se emplea para pegar papel, cartón, artesanías, trabajos de manualidades, lienzos, entre otros. Esta resina es de rápido secado, pero debe considerarse que la fijación óptima se da en 24 horas aproximadamente, luego de su aplicación.(Reascos, 2016)

### **2.3.9. Dispersante**

El dispersante es un aditivo químico, ampliamente utilizado en la industria textil, durante los procesos de tintorería, por lo que es muy común encontrarlos dentro de la categoría de productos auxiliares. Ya que no solo ayuda a conseguir que las condiciones durante los procesos tintóreos se vuelvan óptimos, sino también permite que ciertos productos, ya sean colorantes u otros productos que suelen precipitarse durante el proceso, se mantengan dispersos de forma uniforme en el baño. Este productos es recomendable ser aplicado en concentraciones de 1 a 4 g/L (Suárez, 2017).

### **2.3.10. Aerocet 531S**

Cuando se habla de equipos o instrumentos medidores de partículas se debe tener en consideración que existen varios, sin embargo, el AEROCET 531S, es el equipo más óptimo y versátil para realizar conteos y mediciones de material particulado ya que permite analizarlo en base a dos variables (la masa y la cuenta). Según el método de conteo se puede configura dos distintos tipos de sensibilidad; la baja que permite medir 4 tamaños de partícula (0.5  $\mu\text{m}$ , 1.0  $\mu\text{m}$ , 5.0  $\mu\text{m}$  y 10.0  $\mu\text{m}$ ) y el alta que mide 5 tamaños comprendidos entre (0.3  $\mu\text{m}$ , 5.0  $\mu\text{m}$ , 1.0  $\mu\text{m}$ , 5.0  $\mu\text{m}$  y 10.0  $\mu\text{m}$ ). Mientras que el modo de masa permite medir 6 niveles de concentraciones en masa PM1, PM2, 5, PM4, PM7, PM10 y TSP (Met One Instruments, 2014).

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. TIPOS DE METODOLOGÍAS

##### 3.1.1. Metodología bibliográfica

La metodología bibliográfica suele ser definida como: “ El trabajo de revisión bibliográfica constituye una etapa fundamental de todo proyecto de investigación y debe garantizar la obtención de la información más relevante en el campo de estudio, de un universo de documentos que puede ser muy extenso” (Gómez-Luna et al., 2014, p. 158).

Para el correcto estudio del tema investigativo fue necesario la búsqueda de información relevante que ayude en el desarrollo de este, a través de documentos y escritos que otros autores previamente hayan desarrollado, mismos que nos permitirán establecer teorías propias que luego deberán ser comprobadas.

##### 3.1.2. Metodología experimental

A través de la metodología experimental se llevó a cabo el desarrollo de esta investigación, mismo que Baena Paz (2014) define que: “El método experimental es un procedimiento científico que permite inducir relaciones empíricas entre variables o comprobar la veracidad de una hipótesis, ley o modelo, por medio de un experimento controlado” (p.48).

Se desarrolló el método experimental ya que se trabaja con distintas capas del no tejido de lana, además de la aplicación en diferentes concentraciones tanto de carbón activado y de resina para su impregnación, de forma que se logró comprobar la efectividad que estos presentan a las corrientes de aire que se verán expuestos, tomando en consideración que se debió tomar medidas de los flujos de aire a la entrada y salida del prototipo del filtro, donde a partir de este proceso se



permitió realizar pruebas y ensayos de efectividad del filtro para luego, analizar datos y establecer resultados tanto positivos como negativos.

## 3.2. CARACTERIZACIÓN DEL NO TEJIDO

### 3.2.1. Longitud de la fibra

Según (Lockuán, 2013), para determinar la longitud de la fibra de lana puede usarse dos métodos los cuales son: determinación manual de la longitud de fibras de lana y la determinación mediante clasificador de peines, es necesario considerar que cada uno de ellos se aplica y sigue un procedimiento distinto. Sin embargo, dentro de esta investigación se aplicó la determinación manual de la longitud de la fibra de lana como se mira en el **Anexo 2** se aplicó este método ya que se lo considera mucho más simple y práctico. Obteniendo los siguientes resultados: en una muestra de lana de 0.6 g, resultó una barba de 60,08mm y una altura de 50,6mm.

### 3.2.2. Datos técnicos del no tejido

En la **Tabla 2** se describe las características que presenta el no tejido que se utilizó en el desarrollo de este trabajo investigativo. Adicional a esto se colocó las normas técnicas que rigen cada uno de los análisis que se realizó.

*Tabla 2 Características del no tejido*

<b>Datos</b>	<b>Resultados</b>	<b>Norma técnica</b>
Nombre	No tejido	-
Composición	100% Lana (WO)	AATCC 20A
Gramaje	352,64 g/m <sup>2</sup>	ISO 9073
Espesor	1,361 mm	-
Longitud de la fibra	Barba 60,08mm - Altura 50,68mm	-

*Fuente: Autor*

### 3.3. FLUJOGRAMA DE PROCESO GENERAL

El siguiente Flujoograma muestra de forma general el proceso que se siguió para la elaboración del filtro de aire que se puso a prueba en un prototipo que simuló el sistema de filtrado dentro de la cabina de los vehículos, de forma que permitió evaluar y comparar la efectividad que este presentó en comparación con el filtro comercial, como se indica en la **Figura 4**.

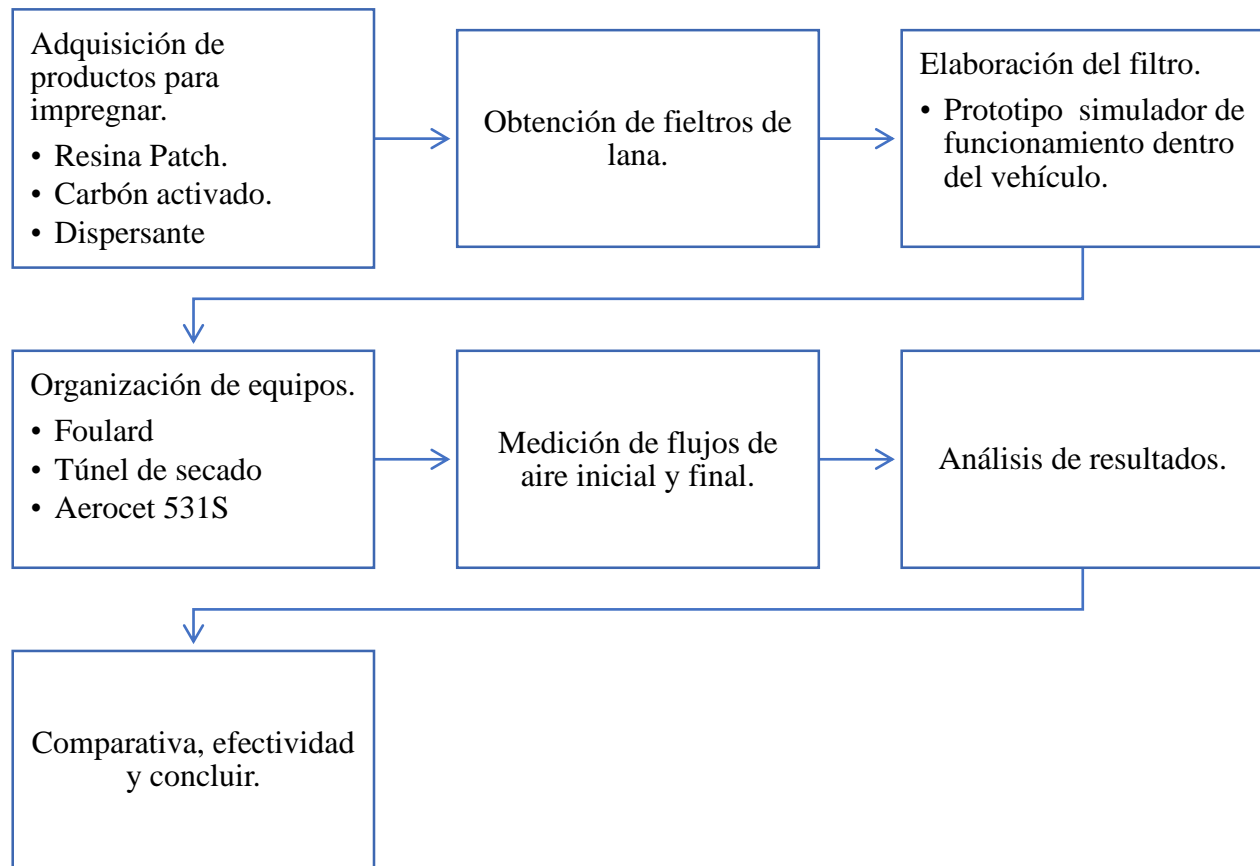


Figura 4 Flujoograma de Proceso General.

Fuente: Autor

### 3.4. FLUJOGRAMA DE PROCESO MUESTRAL

En la **Figura 5**, se describe el Flujoograma del Proceso Muestral que se llevó a cabo en esta investigación, destacando los cinco distintos filtros que se desarrolló, basadas en distintas concentraciones, relaciones y estructura en 10 muestras para cada filtro.

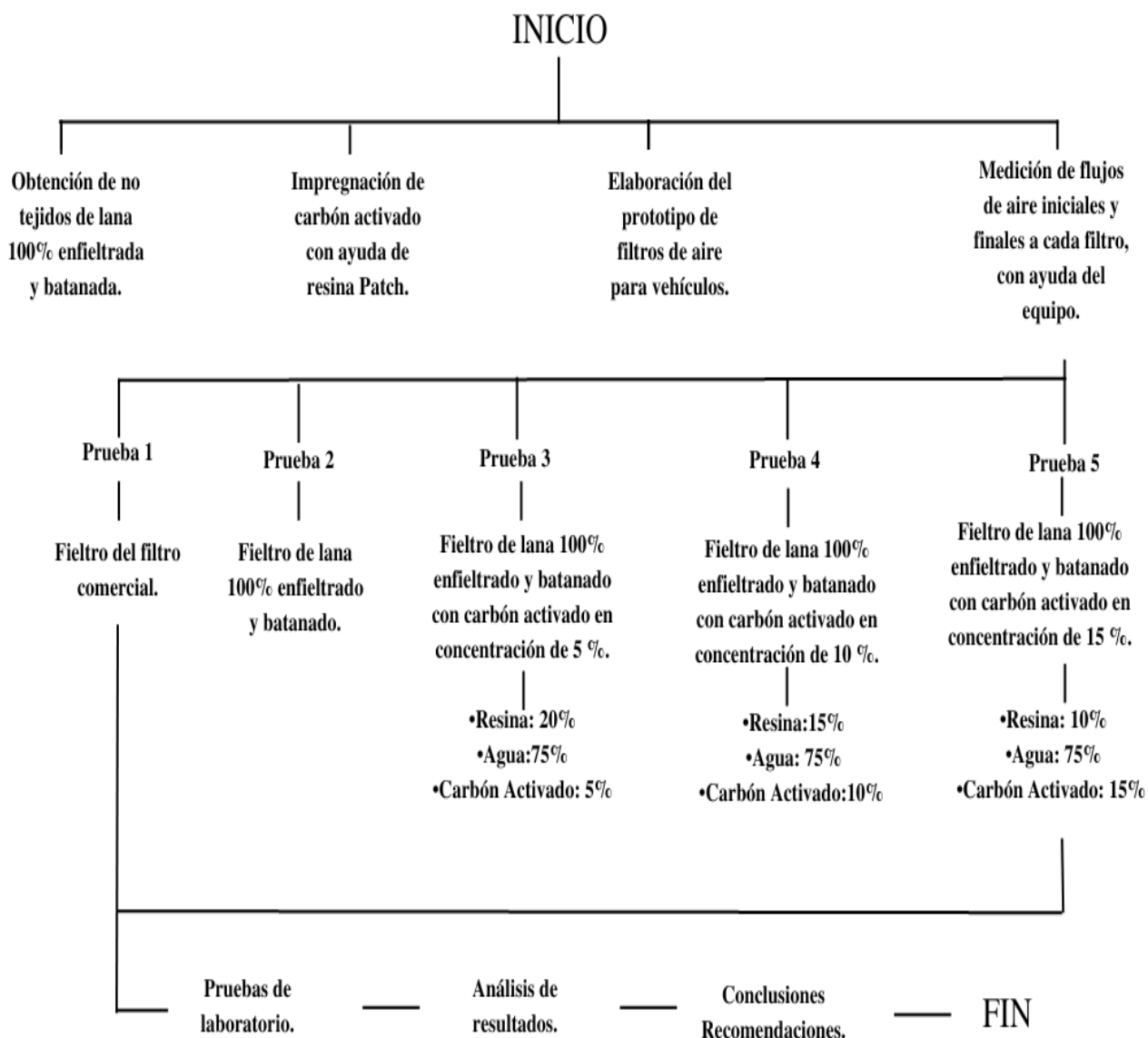


Figura 5 Flujoograma de Proceso Muestral.

Fuente: Autor

### 3.5. PARÁMETROS, VARIABLES, MATERIALES Y EQUIPOS

#### 3.5.1. Parámetros

En la **Tabla 3** se muestra los parámetros que se tomaron en cuenta para evaluar las condiciones de flujo de aire que se midieron al inicio y al final de cada una de las pruebas realizadas en los fieltros, tomando en consideración que el equipo utilizado logra medir el tamaño y la cantidad de material particulado que se encuentra en un medio específico.

*Tabla 3 Parámetros a evaluar.*

<b>Parámetros</b>	<b>Valores</b>
Unidad de masa de MP	(PM1, PM2.5, PM4, PM7, PM10 y TSP)
Tamaño de MP	(0,5 $\mu$ m;1,0 $\mu$ m;5,0 $\mu$ m;10 $\mu$ m)

*Fuente: Autor*

Nota: Las siglas MP hacen referencia al material particulado, las TSP son partículas totales en suspensión, mientras que las siglas  $\mu$ m se refiere a micras.

#### 3.5.2. Variables

En la **Tabla 4** se establece las variables que debieron considerarse durante la elaboración de cada uno de los fieltros y el proceso de impregnación del carbón activado que tuvieron 3 de los 5 fieltros que se evaluaron.

Tabla 4 Variables de las pruebas.

N° Pruebas	Condiciones	Variables
1	Filtro comercial	Celulosa o papel
2	Filtro de lana.	Lana 100% enfieltrada y batanada.
3	Filtro de lana y carbón activado.	Lana 100% enfieltrada y batanada impregnado con carbón activado en concentración de 5%.
4	Filtro de lana y carbón activado.	Lana 100% enfieltrada y batanada impregnado con carbón activado en concentración de 10%.
5	Filtro de lana y carbón activado.	Lana 100% enfieltrada y batanada impregnado con carbón activado en concentración de 15%.

*Fuente: Autor*

Nota: En las pruebas que se impregnó carbón activado sobre los filtros de lana se utilizó la resina Patch en concentración de 20%, 15% y 10% respectivamente, mientras que el agua se adicionó en todos los casos en concentración del 75%.

### 3.5.3. Materiales

En la **Tabla 5** se muestra todos los materiales que se utilizaron para la elaboración del filtro de aire de proyecto investigativo.

Tabla 5 Lista de materiales.

Nombres	Características	Aplicación
Resina Patch	<p>Se utiliza para procesos de lavandería industria y como adhesivo pegante de retazos en forma de parche.</p> <p>Aspecto semi pastoso.</p> <p>De color blanco y olor especial.</p> <p>Trabaja en un pH de 6.0-8.0.</p> <p>Iónico-Aniónico.</p> <p>Fácil aplicación.</p> <p>Temperatura máxima de 40°C.</p>	<p>Se utilizará como un ligante que sostendrá al carbón activado en el fieltro de lana, durante el proceso de impregnado.</p>
Carbón activado	<p>Presenta una estructura irregular, debido a su que en su superficie tiene varios poros.</p> <p>Los poros suelen ser de 3 tamaños distintos (macro poros, meso poros y micro poros).</p> <p>Se activa mediante procesos químicos y térmicos.</p> <p>Presenta gran capacidad de adsorción.</p>	<p>Adsorberá el material particulado MP que se encuentra presente en el aire.</p>
Fieltro de lana	<p>Elevada capacidad de enfieltramiento.</p> <p>Fibra de origen natural animal</p>	<p>Se utilizará como principal medio filtrante.</p>

Nombre	Características	Aplicación
	<p>Aislamiento térmico y acústico.</p> <p>Se tiñe con colorantes ácidos.</p> <p>Absorbe la humedad, pero repele el agua.</p>	
Filtro comercial	<p>Evita el ingreso de sustancias contaminantes presentes en el aire.</p> <p>Por lo general son hechos de papel o celulosa.</p> <p>Algunos presentan carbón activado y otra protección microbiana.</p>	<p>Servirá para realizar la comparativa de efectividad entre los filtros.</p>
Prototipo	De madera.	<p>Simulador del filtro de aire dentro de la cabina de un vehículo.</p>

*Fuente: Autor*

### 3.5.4. Equipos

En la **Tabla 6** se muestran todos los equipos que se utilizaron para realizar las distintas pruebas y evaluaciones en cada uno de los filtros. Dentro de esta sección se han colocado aspectos tales como: el nombre de cada una de las máquinas (Foulard, Aerocet 531S, Túnel de secado), el tipo al que corresponde cada una de ellas y las características de funcionamiento más relevantes que presentan y que deben ser consideradas al momento de utilizarlas, para evitar de ese modo riesgos en el operario y daños en la máquina.

Tabla 6 Lista de equipos

Nombre	Foulard	Aerocet 531S	Túnel de secado
<b>Tipo</b>	Máquina de tintura por impregnación.	Contador de Material Particulado.	Máquina secadora de tipo horizontal.
<b>Características</b>	<p>0,6 KW de potencia en el motor.</p> <p>1x220V de voltaje.</p> <p>6 bar o 90 psi de presión de aire comprimido.</p> <p>350 mm ancho de los rodillos.</p> <p>300 mm de ancho útil en los rodillos.</p> <p>110 mm de diámetro.</p> <p>L 80 x P 75 x A 69cm en las dimensiones.</p> <p>65 a 70 grados shore de dureza A.</p> <p>0,5 a 8,0 m/ de velocidad de trabajo.</p> <p>280 ml de volumen entre los rollos.</p> <p>1200 ml de volumen de la tina.</p> <p>150 kg de peso aproximado.</p> <p>(Mathis, n.d.)</p>	<p>Se mide 4 tamaños fijos de partículas presentes en el aire</p> <p>(0,3µm;0,5µm;1,0µm; 5,0µm;10µm)</p> <p>En baja sensibilidad mide 5 tamaños</p> <p>(0,3µm;0,5µm;1,0µm;5,0µm;10µm)</p> <p>En alta sensibilidad mide 1 tamaño (0,3µm).</p> <p>La unidad en masa mide 5 unidades de masa (PM1, PM2.5, PM4, PM7, PM10 y TSP)</p> <p>(Met One Instruments, 2014)</p>	<p>240 cm de longitud del horno.</p> <p>100 cm de ancho horno.</p> <p>140 cm de longitud en la cámara de secado.</p> <p>120 cm de altura máquina.</p> <p>90 cm de ancho cámara de secado.</p> <p>300 °C temperatura máxima.</p> <p>0 a 600 m/min de velocidad</p> <p>Moto reductor.</p> <p>Malla de teflón.</p>

Fuente: Autor



## 3.6. PROCEDIMIENTO GENERAL

### 3.6.1. Proceso de obtención del no tejido de lana

Para obtener un no tejido de lana enfieltrado y batanado como el que se utilizó para el desarrollo de este trabajo investigativo fue necesario someter a la fibra a un proceso con parámetros muy bien establecidos, los cuales se describen a continuación:

- Primero por lo general en las industrias laneras la fibra la adquieren previamente lavada y carbonizada, es decir superficialmente libre de impurezas de gran tamaño que puede contener la fibra ya sea por situación de vida del animal o por aspectos de manejo y transporte. Es necesario considerar que este paso es muy importante dentro de la producción lanera ya que esta al ser una fibra de tipo animal que se obtiene de las ovejas, contiene grandes cantidades de grasa por lo que un mal lavado o falta del mismo puede ocasionar daños de la fibra, problemas en el proceso y fallas en las partes mecánicas de la máquina.
- Segundo la fibra debe ser sometida a un proceso de apertura el cual generalmente se lo hace manualmente, ya que al ser transportada en pacas la fibra se encuentra compactada.
- El tercer paso por el que pasa la fibra para convertirse en un fieltro es el cardado proceso por el cual las fibras son sometidas a un peinado con púas, el cual se encargan de homogenizar, paralelizar y limpiar, logrando así que las fibras cortas caigan y las largas formen el velo.
- El cuarto paso es el planchado proceso que se encarga de dar forma al fieltro, a través de calor la fibra se asienta y se reduce las arugas que puede contener. Es importante considerar que en este proceso debe protegerse la fibra con un paño.
- El siguiente es el batanado proceso mecánico- térmico en el cual la fibra es sometida a frotos suaves por rodillos de madera, lo que ocasiona que el fieltro se encoja dándole mayor resistencia al no tejido y formando su estructura característica.
- Finalmente, la fibra debe ser secada ya que después del batanado sale mojada, es importante considerar que este proceso puede hacerlo a manualmente o en máquina.

### 3.6.2. Proceso de construcción de los filtros y simulador de cabina

- Adquirir el filtro de aire de cabina comercial que permita observar su forma, estructura y funcionalidad, con el cual además se realizó la comparativa.
- Desarmar el filtro comercial completamente.
- Elaborar con madera un prototipo que simule el filtro de cabina dentro de los vehículos.
- Obtener no tejidos de lana 100% enfieltrada y batanada, con los cuales se elaboraron los filtros muestrales.
- Cortar los fieltros de lana de acuerdo con las medidas establecidas por el prototipo, para esto específicamente se utilizará 4 muestras con las mismas dimensiones.
- Cortar con las mismas medidas al fieltro del filtro comercial.
- En tres de los fieltros recortados se impregnó carbón activado en distintas concentraciones (5,10 y 15) % y se adhirió al fieltro con ayuda de la resina Patch.
- Como parte adicional al estudio se desarrolló una muestra adicional a las antes mencionadas, la cual está compuesta por 1 g/L del dispersante (AV-Disperse NF), con la finalidad de observar si las partículas de carbón activado se dispersaban más uniformemente sobre el fieltro.
- Se colocó uno a uno los 5 fieltros dentro del prototipo simulador de filtro de cabina para ejecutar las distintas pruebas de flujo de aire, tomando en consideración que las tomas de aire deberán ser de manera inicial y final, con ayuda del equipo medidor Aerocet 531S.
- Se tomaron las medidas de flujo de aire tanto inicial como final para el fieltro comercial.
- Se tomaron las medidas de flujo de aire tanto inicial como final para el fieltro de lana 100% enfieltrado y batanado.
- Se tomaron las medidas de flujo de aire tanto inicial como final para los 3 fieltros de lana 100% enfieltrado y batanado con carbón activado en distintas concentraciones.
- Finalmente se registró los datos iniciales y finales que se indican en el ensayo de cada uno de los distintos fieltros.

### 3.6.3. Proceso de impregnación

En la **Tabla 7** se muestra el peso del no tejido y los porcentajes de los productos que se utilizaron para impregnar el carbón activado sobre el fieltro de lana, para la muestra 1.

*Tabla 7 Receta para impregnar con la muestra 1*

<b>Muestra 1</b>	
<b>Pesos muestra</b>	108,6 g
<b>Productos/variables</b>	<b>Porcentajes</b>
<b>Carbón activado</b>	5%
<b>Resina</b>	20%
<b>Agua</b>	75%

*Fuente: Autor*

En la **Tabla 8** se muestra el peso del no tejido y los porcentajes de los productos que se utilizaron para impregnar el carbón activado sobre el fieltro de lana, para la muestra 2.

*Tabla 8 Receta para impregnar con la muestra 2*

<b>Muestra 2</b>	
<b>Pesos muestra</b>	105,7 g
<b>Productos/variables</b>	<b>Porcentajes</b>
<b>Carbón activado</b>	10%
<b>Resina</b>	15%
<b>Agua</b>	75%

*Fuente: Autor*

En la **Tabla 9** se muestra el peso del no tejido y los porcentajes de los productos que se utilizaron para impregnar el carbón activado sobre el fieltro de lana, para la muestra 3.

Tabla 9 Receta para impregnar con la muestra 3

<b>Muestra 3</b>	
<b>Pesos muestra</b>	119,3 g
<b>Productos/variables</b>	<b>Porcentajes</b>
<b>Carbón activado</b>	15%
<b>Resina</b>	10%
<b>Agua</b>	75%

*Fuente: Autor*

En la **Tabla 10** se muestran el peso del fieltro y los porcentajes de los productos que se utilizaron para impregnar el carbón activado sobre el fieltro de lana, aplicando 1g/L de dispersante y poder observar si los productos se dispersan uniformemente sobre el fieltro.

Tabla 10 Receta para impregnar con dispersante en la muestra 4.

<b>Muestra 4</b>	
<b>Pesos muestra</b>	4,1257 g
<b>Productos/variables</b>	<b>Porcentajes</b>
<b>Carbón activado</b>	15%
<b>Resina</b>	10%
<b>Agua</b>	75%
<b>Dispersante</b>	1g/L

*Fuente: Autor*

### 3.7. CONDICIONES POR CONSIDERAR EN LA ELABORACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO SIMULADOR DE CABINA

#### 3.7.1. Sistema de funcionamiento del habitáculo

Según (Acedo, 2014), en su libro el mantenimiento del sistema de climatización describe que el funcionamiento básico del sistema de filtrado, donde explica que el filtro está constituido

principalmente de un filtro de partículas el que filtrar partículas de tamaño comprendido entre los 0,5 a 1 micras. Este filtro principalmente suele estar colocado en la entrada del aire en vehículo o después del evaporador, donde esta posición depende del modelo del automóvil o de la estructura de la caja del climatizador. Donde el sistema funciona siempre y cuando el climatizador este encendido. Algo que debe considerarse es que siempre y cuando el filtro se encuentre colocado después del evaporador, este no solo cumplirá la función de filtrar impurezas presentes en el aire, sino también de eliminar los malos olores. Por ello y siguiendo los principios de funcionamiento que se describe en el libro, el equipo simulador que se desarrolló en esta investigación sigue el mismo principio, permitiéndose así que los resultados obtenidos sean lo más cercanos a la realidad posible.

### **3.7.2. Material particulado presente en el aire**

(Rodríguez, 2019), explica que el material particulado (PM), en su gran mayoría contienen compuestos de sales, material orgánico y metales y son aquellas que comprenden todo tipo de partículas sólidas y líquidas que se encuentran presente en el aire del exterior. Sin embargo, estas están sujetas a una clasificación de acuerdo a su origen el cual depende de ciertos criterios, que se basan en naturales o antropogénicas. Para el análisis de esta investigación se utilizará únicamente partículas de Cloruro de sodio NaCl (sales), materia proveniente de la combustión (hollín), materia mineral (polvo) y metales (lijadura de metales), donde cada uno de ellos corresponderá a una 25%.

### **3.7.3. Caudal del aire en el habitáculo**

(Laverde et al., 2017), establecieron que para determinar el caudal del aire que ingresa en el habitáculo de un vehículo, es necesario tener en cuenta ciertas consideraciones, las cuales se basan en un ANSYS el que se define como un proceso simulador en el que se debe tomar medidas de velocidad del flujo de aire y temperatura en cada uno de los difusores (izquierdo, derecho y frontal) con el que cuentan la mayoría de los vehículos con ayuda de un anemómetro. Estos valores de flujo de aire se muestran en la **Tabla 11** a continuación.

Tabla 11 Prueba de flujo de aire con anemómetro

Velocidad sopladora	Difusores			
	Izq. (m/s)	F izq. (m/s)	F der. (m/s)	Der. (m/s)
1	1,44	1,81	1,67	1,75
2	2,47	2,69	2,56	2,28
3	3,17	3,67	3,31	3,06
4	3,86	4,36	3,83	3,78
5	5,14	5,44	4,72	4,67
6	5,8	6,72	5,89	5,97
7	7,47	7,58	6,97	6,97

Fuente: (Laverde et al., 2017)

Ahora bien, para determinar el caudal de aire a partir de los datos que se muestran en la tabla anterior, es necesario conocer la sección en los 4 difusores que presenta el vehículo, situación que se establecerá mediante las siguientes ecuaciones:

Área difusores

$$A = b \times h$$

**Ecuación 1**

$$A = 8\text{cm} \times 5\text{cm}$$

$$A = 40\text{ cm}^2 \quad 0,4\text{m}^2$$

Caudal de aire con la velocidad máxima en cada uno de los difusores

Izq.

$$Q = V \times S$$

$$Q = 7,47\text{m/s} \times 0,4\text{m}^2$$

$$Q = 2,98\text{ m}^3/\text{s}$$

F izq.

$$Q = V \times S$$

$$Q = 7,58\text{m/s} \times 0,4\text{m}^2$$

$$Q = 3,032\text{ m}^3/\text{s}$$

F der.

$$Q = V \times S$$

$$Q = 6,97\text{m/s} \times 0,4\text{m}^2$$

$$Q = 2,78\text{ m}^3/\text{s}$$

Der.

$$Q = V \times S$$

$$Q = 6,97\text{m/s} \times 0,4\text{m}^2$$

$$Q = 2,78\text{ m}^3/\text{s}$$

### 3.8. CÁLCULOS PARA EL SIMULADOR

En esta sección se explicará las respectivas fórmulas y ecuaciones que se aplicaron para poder determinar condiciones de caudal y resistencia para el prototipo simulador de cabina.

#### 3.8.1. Ecuación del caudal

Para determinar el caudal, es necesario primero determinar dos variables, la primera corresponden a la sección del área por donde el flujo del aire circula y segunda la velocidad con la que se mueve el aire, para lo cual utilizaremos las siguientes fórmulas.

##### Área de la sección

$$A = \pi \times r^2 \qquad \text{Ecuación 2}$$

Corresponde:

A = Área del ventilador

$\pi = 3,141$

r = radio al cuadrado

##### Velocidad de los ventiladores

$$V = \pi \times rpm \times \phi \qquad \text{Ecuación 3}$$

Corresponde:

V = velocidad

$\pi = 3,141$

rpm = revoluciones por minuto

$\phi$  = diámetro del ventilador

## Caudal del aire

$$Q = V \times S$$

*Ecuación 4*

Corresponde:

Q = caudal

V = velocidad del flujo de aire

S = Sección

Ahora se establecerá las ecuaciones correspondientes, con los datos y respectivas fórmulas que correspondientes a los elementos que componen el prototipo simulador del filtro de cabina.

## Área

$$A = \pi \times r^2$$

Datos:

$$\pi = 3,141$$

$$r = 0,06 \text{ m}$$

$$A = \pi \times (0,06 \text{ m})^2$$

$$A = 0,011 \text{ m}^2$$

## Velocidad

$$V = \pi \times rpm \times \phi$$

$$\pi = 3,141$$

$$rpm = 3200$$

$$\phi = 0,12 \text{ m}$$

$$V = \pi \times 3200rpm \times 0,12m$$



$$V = 1206,37 \text{ m/s}$$

### **Caudal**

$$Q = V \times S$$

Datos:

$$V = 1206,37 \text{ m/s}$$

$$S = 0,011 \text{ m}^2$$

$$Q = 1206,37 \text{ m/s} \times 0,011 \text{ m}^2$$

$$Q = 13,27 \text{ m}^3/\text{s}$$

### **3.8.2. Ecuación de la resistencia**

Para determinar la resistencia eléctrica en el ventilador que se colocó en el prototipo simulador es necesario seguir la ley de OHM, la cual se aplica mediante la siguiente fórmula.

$$R = \frac{V}{I}$$

*Ecuación 5*

Donde:

R = resistencia en ohmios  $\Omega$

V = tensión en voltios V

I = Intensidad en amperios A

Datos:

$$V = 115 \text{ v}$$

$$I = 0,45 \text{ A}$$

$$R = \frac{115 \text{ V}}{0,45 \text{ A}}$$

$$R = 255 \Omega$$

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. PROPUESTA

La propuesta que se presentó en el desarrollo de este proyecto investigativo se basa en elaborar filtros de aire que sean económicos, amigables con el ambiente y de alta efectividad, con la finalidad de que logren retener gran cantidad de material particulado (MP) provenientes del exterior que ingresan al interior de los vehículos y provocan molestias, incomodidades e incluso a largo plazo enfermedades respiratorias. Para ello se desarrolló un prototipo que simule la cabina de los vehículos, el cual se lo realizó siguiendo con la información bibliográfica sobre el sistema de climatización en los vehículos, lo que nos permitió abrir grandes posibilidades de creación, mejoramiento, fabricación y simulación durante el proceso de filtrado que se llevó a cabo en el laboratorio de Investigación en Ergonomía e Higiene Ocupacional de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica del Norte.

Para la aplicación y puesta en marcha del prototipo simulador y de los filtros de aire se tomó como referencia distintos tipos y cantidades de material particulado (MP), para luego evaluar los resultados de cada filtro y analizarlos para comparar la efectividad que se presentó cada uno de ellos, logrando así genera una nueva propuesta para la aplicación y utilización de estos nuevos filtros en los vehículos y en la industria automotriz.

Los filtros de aire fueron elaborados a partir de un no tejido de lana de oveja, el cual se clasifica como una fibra de origen natural y por lo tanto el sistema de filtrado se la puede denominar como un diseño sustentable y amigable con el ambiente. Cabe destacar que para el desarrollo del sistema de filtrado se utilizó este tipo de fibra, ya que esta posee grandes propiedades de filtrado. Todas estas propiedades presentes en la fibra de lana se deben a que, en el proceso de obtención de un no tejido, la fibra es sometida a proceso de movimiento, humedad, temperatura y presión lo permite dar lugar a la formación de una malla bastante resistente y con gran capacidad de filtrado, adicionalmente a estos filtros se les impregno pequeñas cantidades de carbón activado para lograr así que la efectividad durante el filtrado aumente.

## 4.2. DISEÑO DE LOS FILTROS DE AIRE

Los filtros fueron elaborados a partir de un no tejido de lana 100% a los cuales se les impregnó carbón activado en distintas concentraciones (5%,10%,15%), para luego ser colocados sobre un marco de madera en forma de espiral figurando la forma del filtro convencional, con el fin de que presenten sujeción y posteriormente puedan ser colocados dentro del prototipo simulador y se pueda evaluar los resultados de filtrado que presenten.

En la **Figura 6** se muestra el filtro número 1, el cual corresponde al filtro convencional, cabe mencionar que este filtro se lo adquirió tal como se lo muestra en la imagen y luego se lo recortó y se colocó sobre el marco de madera.



*Figura 6 Filtro convencional*

*Fuente: Autor*

En la **Figura 7** se muestra el filtro número 2, el cual cuenta con un marco de madera y un no tejido de lana 100% sin aplicación de carbón activado.



*Figura 7 Filtro de lana*

*Fuente: Autor*

En la **Figura 8** se muestra el filtro número 3, el cual cuenta con un marco de madera y un no tejido de lana 100% al que se le aplicó carbón activado en una concentración del 5%.



*Figura 8 Filtro de lana y carbón activado 5%*

*Fuente: Autor*

En la **Figura 9** se muestra el filtro número 4, el cual cuenta con un marco de madera y un no tejido de lana 100% al que se le aplicó carbón activado en una concentración del 10%.



*Figura 9 Filtro de lana y carbón activado 10%*

*Fuente: Autor*

En la **Figura 10** se muestra el filtro número 5, el cual cuenta con un marco de madera y un no tejido de lana 100% al que se le aplicó carbón activado en una concentración del 15%.



*Figura 10 Filtro de lana y carbón activado 15%*

*Fuente: Autor*

### 4.3. DISEÑO DEL PROTOTIPO

El desarrollo de este prototipo se basa en simular la cabina de los vehículos con el ingreso de material particulado directamente del aire exterior hacia el interior del vehículo y su función principal se basa en sostener en su interior a cada uno de los cinco filtros para su evaluación luego de exponerlos a las mismas condiciones de flujo de aire, material particulado (MP) y así de esta manera poder analizar los resultados y comprar la efectividad que cada uno de ellos presenta. A continuación, se presentará distintas vistas del prototipo simulador del filtro de cabina y cada una de los elementos que lo componen.

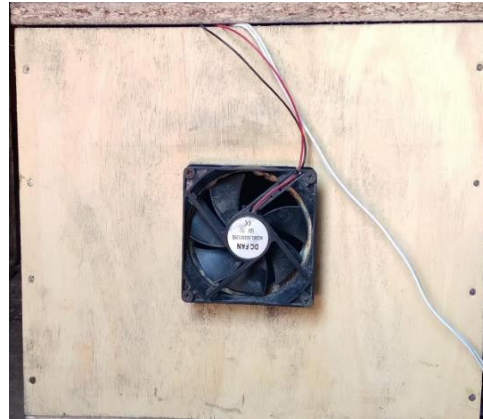
En la **Figura 11** se puede observar una vista superior de prototipo simulador de cabina con uno de los filtros, esta vista nos permite tener una visión bastante amplia de todos los elementos que componen el prototipo, pudiéndose observar los extractores (entrada- succión MP; salida expulsión MP filtrado).



*Figura 11 Vista superior del prototipo simulador de cabina*

*Fuente: Autor*

En la **Figura 12** se muestra una vista lateral del prototipo simulador, en el cual se puede distinguir uno de los dos extractores que se colocó con el fin de que este se encargue de aspirar hacia el interior el material particulado (MP) que está en el exterior.



*Figura 12 Vista lateral del prototipo simulador de cabina*

*Fuente: Autor*

En la **Figura 13** se muestra una vista posterior, donde se hace fácil distinguir la tapa con la que cuenta el prototipo la cual está sujeta por un par de bisagras. Se menciona que la tapa se colocó con el fin de que el material particulado (MP) no se libere del interior y que pueda causar datos erróneos durante las mediciones.



*Figura 13 Vista posterior del prototipo simulador de cabina*

*Fuente: Autor*

## 4.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.4.1. Normalidad de datos

En la **Figura 14** se indica la normalidad de los datos conseguidos en el software PAST 4, donde los resultados que se obtuvieron durante los ensayos muestran que los valores de p son mayores al 0,05 lo que quiere decir que los resultados presentan un 95% de aceptación, es decir que los valores fueron los esperados y son adecuados con el fin que se los estableció. Logrando así y sin lugar a duda poner en marcha el desarrollo de la propuesta que se planteó en este proyecto investigativo.

Tests for normal distribution						
	SF	F1	F2	F3	F4	F5
N	10	10	10	10	10	10
Shapiro-Wilk W	0,9698	0,9777	0,845	0,9239	0,9246	0,9202
p(normal)	0,8892	0,9519	0,05061	0,3904	0,3967	0,3586
Anderson-Darling A	0,1748	0,2026	0,6056	0,345	0,3226	0,3015
p(normal)	0,8964	0,8288	0,08272	0,4065	0,4628	0,5131
p(Monte Carlo)	0,9264	0,8481	0,0845	0,4332	0,489	0,5428
Lilliefors L	0,1093	0,1562	0,2278	0,1777	0,1593	0,1463
p(normal)	1	0,693	0,1449	0,4881	0,6635	0,7834
p(Monte Carlo)	0,9833	0,6918	0,1479	0,4979	0,6749	0,788
Jarque-Bera JB	0,3122	0,1151	1,168	0,8473	0,8863	0,8486
p(normal)	0,8555	0,9441	0,5576	0,6547	0,642	0,6542
p(Monte Carlo)	0,8389	0,9582	0,1895	0,3658	0,3417	0,3681

Figura 14 Normalidad de los datos según los autores.

Fuente Autor

### 4.4.2. Varianza

La variabilidad se represente de acuerdo con la dispersión que existe entre los datos que se analiza y en la **Figura 15** se logra observar que la variación que existe entre los valores de salida

de cada uno de los filtros es de (CVmin 3,94 y CVmax 6,83), lo que nos permite determinar que la dispersión de los datos es pequeña, por lo tanto, los valores son uniformes y son confiables.

Univariate statistics						
	SF	F1	F2	F3	F4	F5
<b>N</b>	10	10	10	10	10	10
<b>Min</b>	76,552	64,513	63,686	58,088	54,214	50,326
<b>Max</b>	86,37	69,843	66,36	64,846	63,889	60,838
<b>Sum</b>	821,984	669,742	650,041	614,328	595,128	563,869
<b>Mean</b>	82,1984	66,9742	65,0041	61,4328	59,5128	56,3869
<b>Std. error</b>	0,944299	0,4758879	0,3604573	0,7663241	1,109597	1,218736
<b>Variance</b>	8,917007	2,264693	1,299294	5,872526	12,31205	14,85317
<b>Stand. dev</b>	2,986136	1,50489	1,139866	2,42333	3,508853	3,853981
<b>Median</b>	82,169	67,1935	64,841	62,16	59,6695	56,973
<b>25 prcnil</b>	80,337	65,88	63,7185	58,97475	56,624	52,67825
<b>75 prcnil</b>	84,903	67,76525	66,20125	63,37025	62,97575	60,37575
<b>Mode</b>	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Skewness</b>	-0,3756689	0,2736165	0,05360998	-0,1729362	-0,1292264	-0,3931145
<b>Kurtosis</b>	-0,07831996	0,5194055	-1,991407	-1,503357	-1,585079	-1,269887
<b>Geom. mean</b>	82,14917	66,95903	64,99511	61,38959	59,41917	56,26634
<b>Coeff. var</b>	3,632839	2,246969	1,753529	3,944684	5,895964	6,834886

Figura 15 Valores de la varianza

Fuente: Autor

#### 4.4.3. Análisis estadísticos

En la **Tabla 12** se muestran los valores obtenidos después del proceso de filtrado y de la toma de medidas que se realizó con la ayuda del equipo contador de partículas AEROCET 531S y se establece la comparativa entre los datos que se obtuvieron en la entrada del materia particulado (MP) y las cinco distintitas salidas de material particulado (MP) filtrado que se obtuvieron, dando como resultados que los valores de entrada son mucho mayores a los de salida de cada uno de los filtro, sin embargo se determina que la mayor efectividad de filtrado se presenta en el filtro número 5, por lo tanto, se establece que el filtro con carbón activado en concentración de un 15%, logra alcanzar los valores permitidos por la TULSMA, la cual es de  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , eso quiere decir que la calidad del aire que ingresa al interior del vehículo con este filtro es bastante buena.



Tabla 12 Datos de entrada y salida del material particulado (MP)

<b>Medición De Material Particulado (MP)</b>						
<b>Nº de</b>	<b>Datos</b>	<b>Datos</b>	<b>Datos</b>	<b>Datos</b>	<b>Datos</b>	<b>Datos</b>
<b>muestras</b>	<b>entrada</b>	<b>salida F1</b>	<b>salida F2</b>	<b>salida F3</b>	<b>salida F4</b>	<b>salida F5</b>
	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>
<b>1</b>	80,940	69,843	66,360	64,846	63,889	60,838
<b>2</b>	84,646	68,315	66,301	64,079	63,680	60,543
<b>3</b>	82,968	67,200	66,168	63,134	62,741	60,320
<b>4</b>	83,220	67,187	66,082	62,606	61,679	58,544
<b>5</b>	79,692	67,582	65,054	62,412	60,884	57,332
<b>6</b>	81,370	67,345	64,628	61,908	58,455	56,614
<b>7</b>	76,552	66,279	64,332	59,740	57,042	54,935
<b>8</b>	80,552	66,021	63,722	59,192	56,976	53,148
<b>9</b>	85,674	65,457	63,708	58,323	55,568	51,269
<b>10</b>	86,370	64,513	63,686	58,088	54,214	50,326
<b>Promedio</b>	82,1984	66,9742	65,0041	61,432	59,512	56,2869
<b>Retiene</b>	31,5231197	15,9573388				
<b>MP</b>						

Fuente: Autor

Nota: Las siglas µg/m<sup>3</sup> se refieren a los microgramos/metros cúbicos de material particulado, además F1 corresponde al filtro comercial, F2 al filtro de lana enfieltrada y batanada, F3 filtro de lana y carbón activado en un 5%, F4 filtro de la lana y carbón activado en un 10% y F5 filtro de lana y carbón activado en un 15%.

#### 4.4.4. Gráficos

Con ayuda del software estadístico PAST 4 se logró tabular los datos que se obtuvieron luego de las mediciones durante el proceso de filtrado y mediante el gráfico que se presenta en la **Figura 16**, se logra observar que los datos obtenidos después del proceso de filtrado en los filtros F3, F4 y F5 los cuales corresponden a los filtros hecho de lana 100% y carbón activado en concentraciones

del 5%, 10% y 15% respectivamente muestran no solo que sus valores se encuentran por debajo de lo que la norma de calidad de aire respirable en el Ecuador (TULSMA) establece, la cual menciona que la exposición a material particulado (MP) en tamaños correspondientes a PM10 y PM2,5, no debe superar los 65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (microgramos metro cúbico) en un año, sino también que la efectividad en cuanto al filtrado es representativa, ya que el nivel de retención de partículas en los filtros de lana y carbón activado son mayores a los del filtro comercial.

Ahora bien, todo este análisis permite establecer que los niveles de filtrado son directamente proporcionales a la cantidad de carbón activado que se les impregnó, ya que a mayor cantidad de carbón la capacidad para filtrar aumenta, por lo que se puede determinar que los valores entre cada uno de los filtros y consecutivos mantendrá una tendencia de crecimiento continuo.

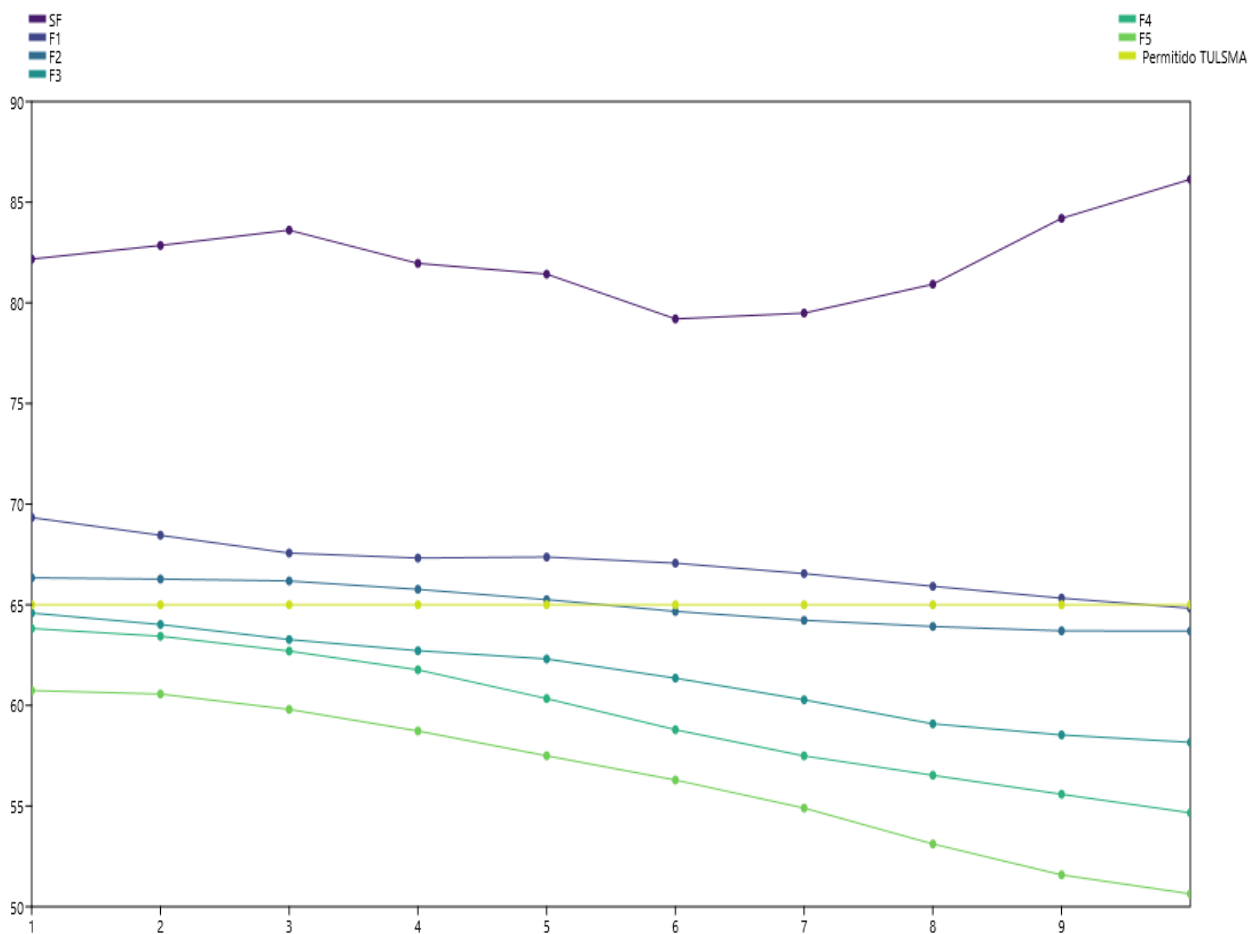


Figura 16 Representación gráfica Graph

Fuente: Past 4

En **Figura 17**, del Matrix Plot permite analizar de manera gráfica los resultados desde otra perspectiva ya que en esta ilustración se logra observar cambios de color mayores y leves en ciertas partes de la imagen, lo que indica en primera instancia que la variación de color significativa en relación con el resto de la figura indica todos los datos que se obtuvieron luego de la medición del material particulado inicial FS, el cual corresponde a los valores que no se aplicó ningún tipo de filtros, mientras que en la zona donde presenta un cambio de color menor son todos los análisis correspondientes a los filtros: comercial F1, de lana enfieltrada y batana F2, de lana y carbón activado al 5% F3, lana y carbón activado F4 y lana y carbón activado F5, mostrando que entre ellos no hay mayor variabilidad y la mayor diferencia se muestra entre los valores de los filtros F1 y F2, mientras que en los filtros restante el color se mantiene, estableciendo así que el nivel de retención de partículas en estos tres últimos es mayor y constante.

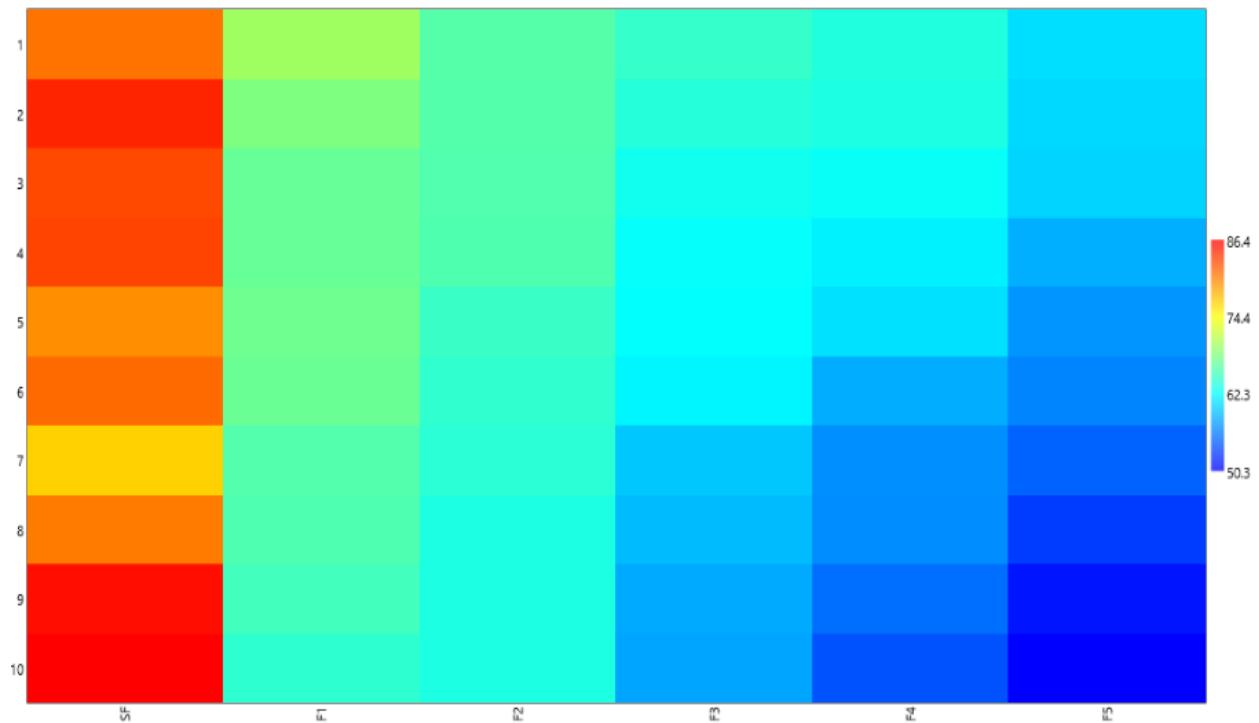


Figura 17 Representación gráfica Matrix Plot.

Fuente: Past 4

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- Con ayuda del contador de partículas Aerocet 531S, se logró determinar que las condiciones iniciales de material particulado (MP) son de  $82,1984 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , por lo que se definen como muy elevados y sobrepasan lo que instaura la norma la cual menciona, en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), establece en la norma que la calidad de aire permisible en el Ecuador sobre el total de los especímenes de material particulado al que se debe estar expuestos en partículas menores a 10 micras PM10 no deberá sobrepasar los  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  al año. Mientras que el material particulado PM2.5 es decir partícula de tamaño de 2,5 micrones en el promedio de sus muestras no deberá sobrepasar los  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  anuales (Ministerio del Ambiente, 2015)
- Para la propuesta del diseño de los filtros se utilizó la fibra de lana como principal medio filtrante, material que presenta elevadas capacidades de retención de material particulado (MP), donde dichas propiedades se logran conseguir a partir de procesos mecánicos, húmedos y térmicos a los que es expuesta la fibra, logrando así, obtener un no tejido compactado que presenta la capacidad de retener en su estructura, cantidades elevadas de material particulado (MP) presente en el aire, adicional a eso se le aplicó carbón activado en concentraciones del 5%, 10% y 15 %, el cual se lo utilizó debido a que este producto se presenta como medio de fácil adsorción de sustancias.
- Se determinó al final del estudio y del análisis de resultados, que los filtros con carbón activado en concentraciones de 5%, 10% y 15%, presentan un nivel de efectividad elevado en comparación con el filtro comercial debido a que los valores obtenidos al final del filtrado están por debajo de lo permitido, es decir que se encuentran con valores promedio de  $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente.
- Finalmente se establece que el filtro número 5 (enfieltrado- batanado y carbón activado al 15%) en comparación con los valores de entrada, retiene MP en un 31,52%, mientras que con el filtro comercial un 15,95%, como se muestra en la **Tabla 12**.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Es recomendable que durante las tomas de medida del material particulado (MP) inicial y final, se utilice todos los equipos de seguridad necesario para evitar problemas y riesgos en la salud.
- Es importante conocer la funcionalidad y vida útil que presenta el filtro de cabina de manera que se realice los cambios y mantenimientos necesarios para mantener un ambiente saludable y cómodo dentro del vehículo.
- Se sugiere continuar con el estudio de forma que se logre sofisticar el diseño de los filtros y que se consigan implementar dentro de la industria automotriz como un diseño de filtrado, económico, ecológico y sustentable.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acedo, M. (2014). *Mantenimiento de sistemas de climatización. TMVG0209* (Primera Ed). IC Editorial.  
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=f1UpEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=esquema de funcionamiento del filtro antipolen&ots=kO-VNngMjlc&sig=H3044oGuh78YMHMSaekROS7agg&fbclid=IwAR26mbgVFSjpRgJJe-VGP118nMZTatxgchEQxab7WI8PqH9E-prbikUOSUc#v=onepage&q&f=false>
- Arciniégas, C. (2011). *Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable pm 10 \**.
- Ardanuy, M. (2010). Aplicaciones de las fibras naturales en los textiles de uso técnico. In *Revista de Química e Industria Textil* (Vol. 11, Issue 197, pp. 46–53). [www.aeqct.org/pdf/QuimicaTextil-197.pdf%5Cnhttp://hdl.handle.net/2117/9045](http://www.aeqct.org/pdf/QuimicaTextil-197.pdf%5Cnhttp://hdl.handle.net/2117/9045)
- Baena Paz, G. M. E. (2014). *Metodología de la Investigación* (Grupo Editorial Patria (ed.)).  
[https://books.google.com.ec/books?id=6aCEBgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=metodologia+experimental+pdf&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi084eP0\\_b6AhV2RzABHY\\_mCpcQ6AF6BAgKEAI#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=6aCEBgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=metodologia+experimental+pdf&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi084eP0_b6AhV2RzABHY_mCpcQ6AF6BAgKEAI#v=onepage&q&f=false)
- Bastidas, M., Buelvas, L. M., Márquez, M. I., & Rodríguez, K. (2009). Producción de Carbón Activado a partir de Precursores Carbonosos del Departamento del Cesar, Colombia. *Información Tecnológica*, 21(3), 87–96. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642010000300010>
- Canals, C. (2005). Estudio de las propiedades superficiales y del post-suavizado de tejidos de lana y poliamida 6 tratados con plasma. *TDX (Tesis Doctorals En Xarxa)*.  
<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/93805>
- Car and Drive. (2022, April 13). *¿Conduces con alergia? ¿te afecta?: Opel tiene la solución*.  
<https://www.caranddriver.com/es/movilidad/a35934968/alergia-conduccion/>
- Carrera, D., & Paredez, A. D. (2020). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para filtros de aire de distintas marcas de vehículos*.
- Carriazo, J. G., Saavedra, M. J., & Molina, M. F. (2010). Adsorption properties of an activated

- carbon and determination of Langmuir's equation using low cost materials. *Educación Química*, 21(3), 224–229.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-893X2010000300007&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2010000300007&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador. *Registro Oficial*, 449(20). <https://www.cosedec.gob.ec/wp-content/uploads/2019/08/CONSTITUCION-DE-LA-REPUBLICA-DEL-ECUADOR.pdf>
- Diario El Comercio. (2016, May 28). *Seis urbes en Ecuador se exceden en contaminación ambiental, según OMS - El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/tendencias/ciudades-ecuador-polucion-enfermedades-contaminacion.html>
- Diario El Comercio. (2017, November 4). *La polución, amenaza de salud pública - El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/tendencias/ambiente/polucion-amenaza-saludpublica-muertes.html>
- Domínguez, E. J., & Ferrer, J. (n.d.). *Elementos amovibles*. Editex. Retrieved September 16, 2022, from [https://books.google.com.ec/books?id=vQrFAwAAQBAJ&pg=PA289&dq=filtros+de+habitaculo&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjMhcmulpr6AhXxsDEKHQ7KDZYQ6AF6BAgIEAI#v=onepage&q=filtros de habitáculo&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=vQrFAwAAQBAJ&pg=PA289&dq=filtros+de+habitaculo&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjMhcmulpr6AhXxsDEKHQ7KDZYQ6AF6BAgIEAI#v=onepage&q=filtros%20de%20habitaculo&f=false)
- 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*.
- Gómez-Luna, E., Fernando-Navas, D., Aponte-Mayor, G., Luis, &, & Betancourt-Buitrago, A. (2014). Literature review methodology for scientific and information management, through its structuring and systematization Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *DYNA*, 81(184), 158–163. <http://dyna.medellin.unal.edu.co/>
- González, M. Á., Mas, J. J., & Vidal, F. J. (2022). *Sistemas de seguridad y confortabilidad*.

Editex.

<https://books.google.com.ec/books?id=gZFzEAAAQBAJ&pg=PA223&dq=filtros+de+habit+áculo&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjMhcmulpr6AhXxsDEKHQ7KDZYQ6AF6BAgHEAI#v=onepage&q=filtros de habitáculo&f=false>

Google Maps. (2022, October 31). *Estadio Universitario UTN*.

<https://www.google.com/maps/place/Estadio+Universitario,+Av.+Padre+Aurelio+Espinosa+Polit,+Ibarra+100112/@0.3771718,-78.123191,1548m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8e2a2335c2146ed5:0xf0f1df0dd784a7f6!8m2!3d0.3470695!4d-78.1060158?hl=es>

Laverde, W. G. E., Erazo, L. Q., Jarrín, H. P., & Loja, V. Y. (2017). Análisis del flujo de aire acondicionado en el habitáculo del vehículo híbrido toyota prius mediante elementos finitos. *Infociencia*, 11(1), 61–66.

<https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/Infociencia/article/view/1005/xml%0Ahttps://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/Infociencia/article/view/1005>

Lockuán, F. (2012). *IV. La industria textil y su control de calidad. Tejeduría* (C. Commons (ed.)).

[https://books.google.com.ec/books?id=lmHP7oAunq8C&printsec=frontcover&dq=fidel+loc kuan+tejidos+la+industria+textil+y+su+control+de+calidad+IV&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiKjLXD39\\_2AhUbRTABHfvrAm8Q6AF6BAgEEAI#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=lmHP7oAunq8C&printsec=frontcover&dq=fidel+loc kuan+tejidos+la+industria+textil+y+su+control+de+calidad+IV&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiKjLXD39_2AhUbRTABHfvrAm8Q6AF6BAgEEAI#v=onepage&q&f=false)

Lockuán, F. (2013). *La industria textil y su control de calidad II. Fibras textiles*. Creative Commons.

[https://books.google.com.ec/books/about/II\\_La\\_industria\\_textil\\_y\\_su\\_control\\_de\\_c.html?id=a19HRXxdx6kC&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/II_La_industria_textil_y_su_control_de_c.html?id=a19HRXxdx6kC&redir_esc=y)

López Velandia, C. (2013). *Adsorción de ácidos carboxílicos de cadena corta sobre carbón activado: estudio en una reacción de esterificación*.

Marín, L., & Salazar, A. (2006). *Obtención del carbón activado por tratamiento químico a partir del zuro de maíz*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/800>

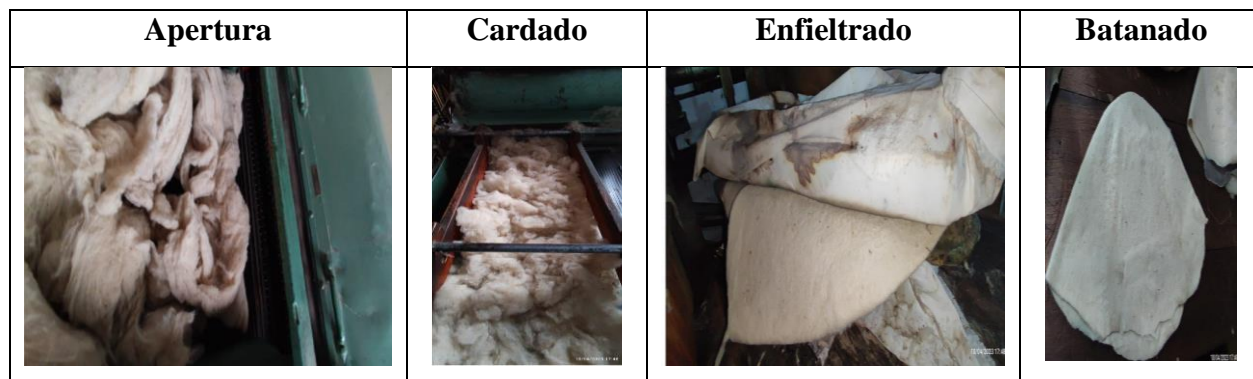


- Masel, R. I. (1996). *Principles of adsorption and reaction on solid surfaces*.  
[https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=cf9bR3MqgIIC&oi=fnd&pg=PR13&ots=CTzg0F2dOx&sig=E-1Az9vcXorOyT1uIPO7OByh\\_xA](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=cf9bR3MqgIIC&oi=fnd&pg=PR13&ots=CTzg0F2dOx&sig=E-1Az9vcXorOyT1uIPO7OByh_xA)
- Mathis. (n.d.). *Foulard horizontal*. Retrieved November 7, 2022, from  
<http://mareintex.com.ar/wp-content/uploads/mathis/Modelo-HFR.pdf>
- Met One Instruments, I. (2014). *Aerocet 531S manual*. [www.metone.com](http://www.metone.com)
- Ministerio de Ciencia e Innovación; Consejo Superior de Investigaciones Científicas. (2020).  
*Informe sobre filtros de aire en diferentes sectores industriales y posibilidad de eliminación del virus Sars-COV-2*.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente*. [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2022, September 22). *Calidad del aire ambiente (exterior)*. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Peñañiel, P. (2010). ¿Qué es un filtro de carbón activado? *Revista Vinculando*.  
[https://vinculando.org/microblogging/que\\_es\\_un\\_filtro\\_de\\_carbon\\_activado.html](https://vinculando.org/microblogging/que_es_un_filtro_de_carbon_activado.html)
- Reascos, K. (2016). *Trabajo de grado previo a la obtención del título de ingeniera en diseño textil y modas . Tratamiento en tejido 100% algodón como repelente de los mosquitos aedes aegypti*. [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7967/1/04 DTM 011 TRABAJO GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7967/1/04%20DTM%20011%20TRABAJO%20GRADO.pdf)
- Rodríguez, D. (2019). *Composición Iónica del Material Particulado Atmosférico (TFG)*.  
[https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/24487/RodriguezRodriguez\\_David\\_TFG\\_2019.pdf](https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/24487/RodriguezRodriguez_David_TFG_2019.pdf)
- Ruiz Ruiz, L., & García Sanz, M. (2015). *Calidad del ambiente interior*.  
<https://docplayer.es/14601785-Calidad-del-ambiente-interior.html>
- Salini, G. (2014). Particulate Matter Analysis from Mid-sized Cities in the South of Chile. *Junio*, 10(1), 97–108.

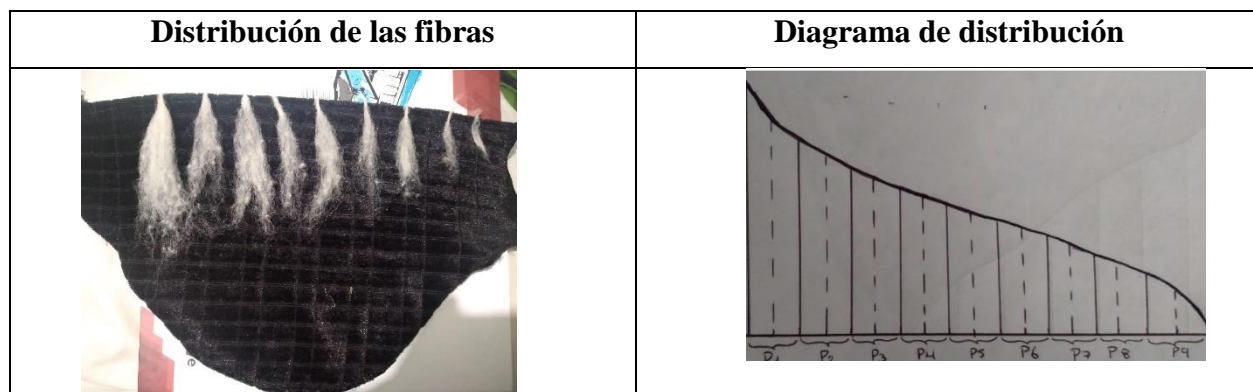
- Suárez, C. A. (2017). *Evaluación y análisis de productos auxiliares que intervienen en la reproducibilidad del color en fibras de poli algodón*.  
<http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/13591/1/T-UCE-0017-0079-2017.pdf>
- TEXPACK. (2015). *Filtro en lana*. [https://texpack.it/wp-content/uploads/2015/12/3294\\_ES.pdf](https://texpack.it/wp-content/uploads/2015/12/3294_ES.pdf)
- Tinoco, Ó. (2009, December 15). *Cadena productiva de lana de oveja en el sector textil y de confecciones*. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81620150010.pdf>
- Universidad Técnica del Norte. (2020). *Universidad Técnica del Norte*.  
<https://legislacion.utn.edu.ec/wp-content/uploads/2021/09/Reglamento-de-investigacion.pdf>
- Useros, J. L. (2013). El cambio climático: sus causas y efectos medioambientales. *Anales de La Real Academia de Medicina y Cirugía de Valladolid, ISSN 0210-6523, N°. 50, 2013, Págs. 71-98, 50, 71-98*.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4817473&info=resumen&idioma=ENG>
- Vásquez, M. (n.d.). *Análisis y Caracterización del Material Particulado Atmosférico*.

## ANEXOS

### Anexo 1: Obtención del no tejido.

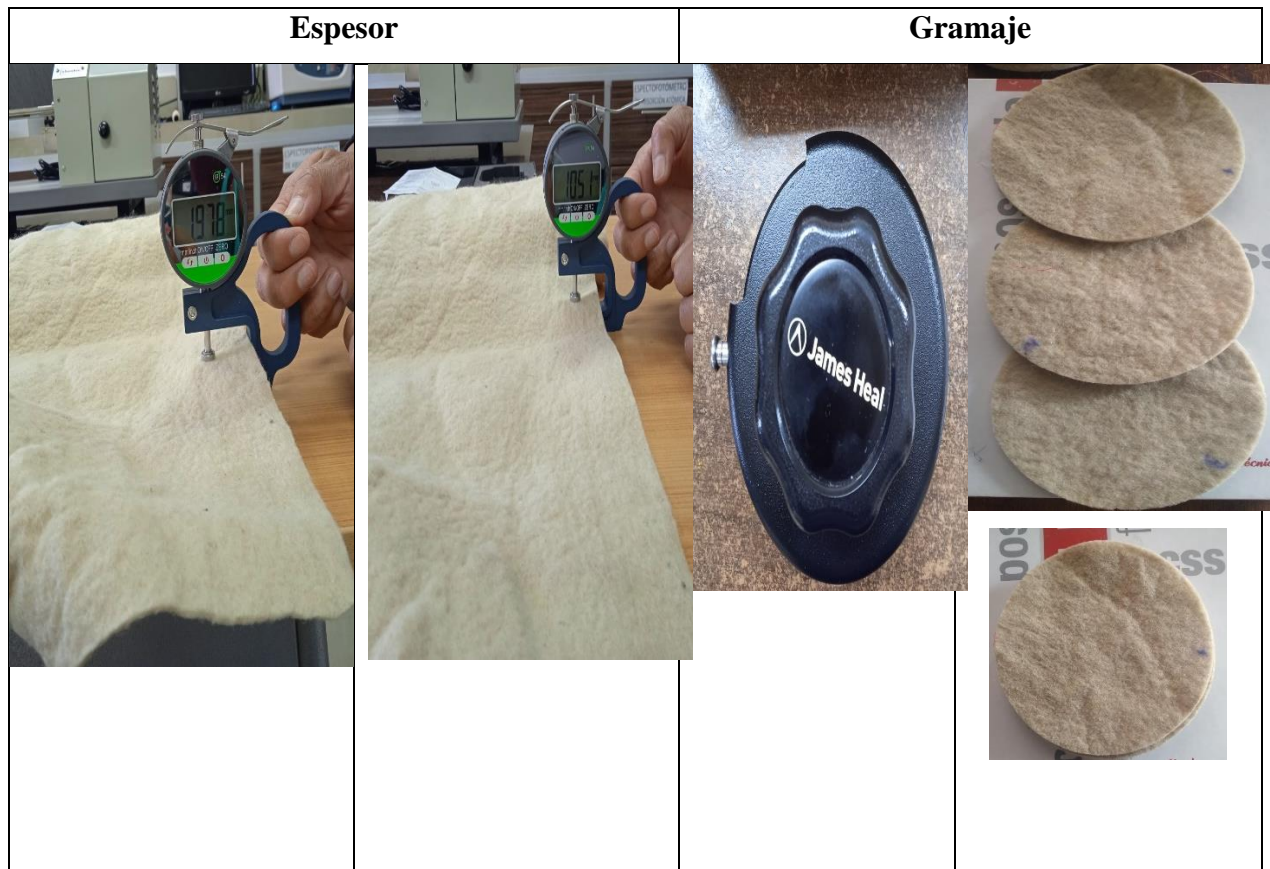


### Anexo 2: Longitud de la fibra de lana.



Pesos Muestra (mechón)	0,6 g									Total
<b>N</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	
<b>Altura (mm)</b>	90	75	64	55	50	43	32	22	16	
<b>I</b>										
<b>Pesos (mg) p</b>	109	96	92	83	79	58	42	23	18	600mg
<b>P x I</b>	9810	7200	5888	4565	3950	2494	1344	506	288	36045
<b>P / I</b>	1,21	1,28	1,42	1,51	1,58	1,35	1,31	1,05	1,13	11,84

**Anexo 3: Caracterización del no tejido; espesor y gramaje.**




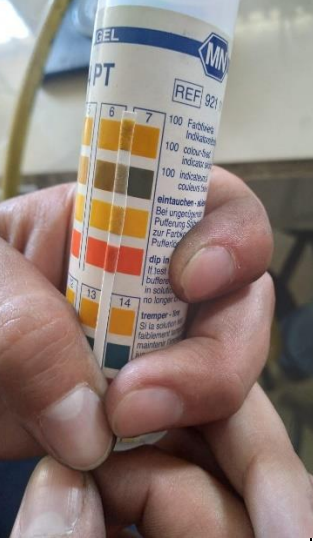


**Anexo 4: Impregnación de carbón activado en el foulard.**








**Anexo 5: pH de la solución que se usó para impregnar.**

Colocar Resina Patch	Colocar Carbón Activado	Disolver	Medir pH
			




**Anexo 6: Secado de fieltros en el túnel de secado.**

Encender y regular máquina	Colocar no tejidos	Salida del túnel desecado
		

**Anexo 7: Proceso de elaboración del prototipo simulador.**

<b>Construcción del Prototipo de madera</b>	<b>Colocación de los ventiladores</b>
	

**Anexo 8: Elaboración de los filtros.**






<b>Acomodar el no tejido</b>	<b>Pegar el no tejido al marco</b>	<b>Dar forma de filtro</b>
		



**Anexo 9: Toma de medidas iniciales y finales de material particulado (MP).**

Encender equipo y configurar	Medidas Iniciales	Medidas Finales
		

**Anexo 10: Filtros después del filtrado**

Comercial	Lana	Carbón 5%	Carbón 10%	Carbón 15%
				

## Anexo 11: Ficha técnica de la Resina Patch.



# RESINA PATCH

## RESINA PARA COLAGEM DE TECIDOS TIPO PATCH EM PEÇAS CONFECCIONADAS

### ÁREAS DE APLICAÇÃO:

Lavanderia Industrial.

### DESCRIÇÃO:

RESINA PATCH é uma resina especial para colagem de retalhos em forma de PATCH em peças confeccionadas em artigos de JEANS E PT.

### CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS:

Aspecto: Semi pastoso

Cor: Branco

Odor: Característico

pH tal qual: 6,0 a 8,0

Caráter iônico: Aniónico

### INSTRUÇÕES DE USO:

APLICAR COM UMA TRINCHA, PINCEL E/OU ESPÁTULA;

- 1- Cortar tecidos de Jeans, PT ou de misturas sintéticas;
- 2- Aplicar com uma trincha, pincel e ou espátula a RESINA PATCH;
- 3- Deixar curar ao ar por no mínimo 02 horas;
- 4- Recortar o PATCH de acordo com o formato do puido, rasgado e ou deltonado;
- 5- É necessário usar uma prensa tipo abaulada e estar na temperatura de 180°C;
- 6- Pressar por 01 minuto cada PATCH, e a prensa com bastante pressão;
- 7- Em casos de peças clareadas, é necessário o uso de um tecido branco sobre a peça para não ocorrer amarelecimento da mesma;
- 8- Deixar a peça estirar totalmente para depois fazer testes de aderência;
- 9- Pode lavar aplicar corrosão, fazer neutralização e amaciamento depois da colagem PATCH.



### VANTAGENS:

RESINA PATCH é pronta para uso e de fácil aplicação.

RESINA PATCH agrega maior valor a peça.

OBS: As informações contidas neste documento foram elaboradas com base nas pesquisas realizadas no Hi-TechLab, que não isenta os clientes de realizarem testes prévios antes de colocar o produto em produção, portanto a Hi-tech não se responsabiliza por danos causados por uso indevido do produto tais como: Dosagem, temperatura ou tempo de processo inadequados, tecidos inapropriados para o processo.

### MANUSEIO E ESTOCAGEM:

Utilize recipientes sempre limpos. Não use o mesmo recipiente para vários produtos. Produto estável por um ano com a embalagem fechada. Deve ser estocado em local fresco e seco, sem incidência de luz solar direta. Temperatura Máxima de 40°C. Produto para uso profissional. Recomendamos o uso de equipamentos de proteção individual.

### EMBALAGENS:

RESINA PATCH é apresentado em bombona plástica de 5 e 25 Kg.

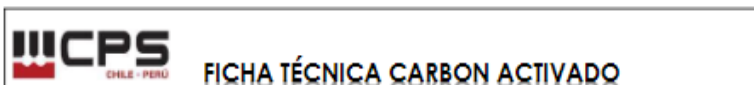
### MANUSEIO E SEGURANÇA:

Dados de segurança, ecológicos e toxicológicos, vide ficha de informações de segurança (FISPQ).

LIG INDUSTRIAL LTDA - ESTRADA UNIÃO INDÚSTRIA, Nº 128, KM 130-GI.  
CEP 23070-000 - COMENDADOR LEVY GASPARIAN - RJ - BRASIL.  
TEL: +55(24) 2254-4000 - [www.lig-tecquimica.com.br](http://www.lig-tecquimica.com.br)



## Anexo 12: Ficha técnica del carbón activado.



### 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.)	

### 3.- ESPECIFICACIONES

#### Empaque

El producto es empacado en súper sacos de 500 kg neto de contenido.

#### Condiciones de Manejo y almacenamiento

Debe evitarse el contacto del producto con oxidantes fuertes, como ozono, oxígeno líquido, y permanganato de potasio. Almacénese en lugar seco y libre de solventes

#### Biodegradable

El carbón activado de origen vegetal es un producto orgánico y totalmente biodegradable; el producto también puede ser reutilizado después de un proceso de reactivación térmica con vapor.

#### Precauciones

El Carbón Activado no es un producto peligroso; sin embargo, cuando se encuentra pulverizado debe utilizarse protección respiratoria y gafas de seguridad.

### 4.- APLICACIONES

Recuperación de metales preciosos, incluyendo extracción en pilas (Heap Leach), carbón en pulpa (CIP) y carbón en lixiviación (CIL).

## Anexo 13: Ficha técnica del dispersante

### AV-DISPERSE NF

DISPERSANTE CONCENTRADO PARA FIBRAS NATURALES Y SINTETICAS

AV-DISPERSE NF es un polvo pardo de reacción levemente aniónica y prácticamente neutra. Es estable al agua dura, a los ácidos, a los álcalis y a los electrolitos

En la tintura de fibras sintéticas con colorantes de dispersión, tiene un excelente poder dispersante sobre los colorantes, manteniéndolos finamente dispersos, impidiendo así los depósitos sobre el material, no solo a ebullición sino también presiones exigidas en tinturas a alta temperatura.

Ha dado también buenos resultados en la tintura de material mezclado.

Cantidad de aplicación: 0.5 - 1.0 g/l

AV-DISPERSE NF es compatible con productos aniónicos y no-iónicos. Si se emplea con productos catiónicos hay que asegurarse antes de su compatibilidad.

La ventaja del AV-DISPERSE NF es su empleo simple. No se necesita diluir previamente el producto, pudiéndose agregar éste directamente en los baños de tratamiento.

Ejerce una excelente acción dispersante sobre una escala de pH extendida. No influye negativamente el tacto del material.

#### CARACTER QUIMICO

Ácidos sulfónicos aromáticos.

#### OTRAS APLICACIONES

##### *Tintura de fibras poliamidas con colorantes de complejo metálico 1:2*

Se empieza la tintura preferiblemente en medio ligeramente alcalino y se acidifica al final del tratamiento. Se emplea AV-DISPERSE NF en combinación con el igualante usado, para frenar la gran velocidad de subida de los colorantes de complejo metálico 1:2.

Se emplean: 0.5 - 1.0 g/l de AV-QUEST PLF  
0.5 - 1.0 g/l de AV-DISPERSE NF  
0.5 - 1.0 g/l de Igualante

Se empieza a 40 - 50° C y después de 10 minutos se agrega el colorante bien disuelto. Se calienta entonces lentamente el baño de tintura hasta la ebullición y se tiñe a esta temperatura 60 - 90 minutos.

Para tonos medios y oscuros se agrega al baño después de 30 minutos de ebullición:  
1.0 - 2.0 % de ácido acético a 60% bien diluido para agotar el baño.

Para tipos de fibra con afinidad elevada esta adición no es necesaria.

##### *Tintura de lana con colorantes de complejo metálico 1:2 en pH de 5-6,5*

AV-DISPERSE NF es afín a las fibras y retarda la subida de colorantes de complejo metálico 1:2. Al final de la tintura no quedan cantidades notables de colorantes en el baño de tintura.

En la tintura sobre aparatos o sobre barca se aprecia particularmente que AV-DISPERSE NF sea libre de espuma, evitándose de esta manera inclusión de aire y flotamiento del material. Se prepara el baño con:

1.0 - 2.0 % de acetato amónico  
1.0 - 1.5 g/l de AV-DISPERSE NF

Se agrega el colorante bien disuelto después de un breve tratamiento a 40-50° C. Se calienta en 30-45 minutos hasta temperatura de ebullición y se tiñe a esta temperatura como es costumbre 30-60 minutos.

El matizado se efectúa en un baño a 70-80° C. En lugar del acetato amónico se puede utilizar ácido acético y amoniaco. En este caso se regula el pH del baño de tintura a 5.5-6.5 con:

0.5 - 1.0 % de ácido acético a 60%

y se agrega después de un corto tratamiento 1 g/l de AV-DISPERSE NF

Después se neutraliza con amoniaco. Sólo en los casos en los cuales la igualación no es de primera importancia se trabaja con ácido acético solamente (por Ej. mechón de lana).

##### *Tintura con colorantes de tina*

Si se tiñe según el procedimiento de tina ácida la adición de:

2.0 - 3.0 g/l de AV-DISPERSE NF

es necesaria para conseguir una dispersión fina de los colorantes de tina.

Para conferir a las tinajas madres una estabilidad superior se agregan:

3.0 - 5.0 g/l de AV-DISPERSE NF

En tina madre especialmente cuando se trabaja con grandes concentraciones de colorantes.

En la oxidación de choque de los colorantes de tina se recomienda agregar:

1.0 - 3.0 de AV-DISPERSE NF

de esta manera se mejora considerablemente la solidez al frote de las tinturas.

## Anexo 14: Certificado uso de laboratorio.

REPÚBLICA DEL ECUADOR



### UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



Ibarra, 31 de enero del 2023

### CERTIFICADO DE USO DE LABORATORIO

Yo, Ingeniera Lissette Revelo C. en calidad de Técnico Docente del laboratorio de Investigación en Ergonomía e Higiene Ocupacional de la Carrera de Ingeniería Industrial:

#### CERTIFICO

Que, la señorita LADY PAMELA SIMBAÑA ARCINIEGAS, portadora de la cédula de ciudadanía N° 1004321863, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Proyecto de Trabajo de Grado denominado: **"ELABORACIÓN DE UN FILTRO DE AIRE CON UN NO TEJIDO DE LANA 100% Y CARBÓN ACTIVADO PARA REDUCIR EL INGRESO DE MATERIAL PARTICULADO Y MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CABINA DE LOS VEHÍCULOS."**, el equipo utilizado en el laboratorio es:

- Contador de Partículas Aerocet 531S

Además, cabe mencionar que se le brindó las asesorías necesarias para cumplir a cabalidad la metodología establecida en cada una de los análisis.

Atentamente:



LISSETTE GISSSELLA  
REVELO CONFORME

Ing. Lissette Revelo C.  
TÉCNICO DOCENTE  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

---

Ciudadela Universitaria Barrio El Olivo  
Av. 17 de Julio 5-21 y Gral. José María Córdova  
Ibarra-Ecuador  
Teléfono: (06) 2997-800 RUC: 1060001070001  
[www.utn.edu.ec](http://www.utn.edu.ec)

Página 1 de 1