



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERIA TEXTIL**

**TEMA:**

**“FABRICACIÓN DE UN FILTRO DE AIRE PARA MOTORES DE  
COMBUSTIÓN INTERNA A PARTIR DEL NO TEJIDO DE LANA.”**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERO TEXTIL**

**AUTOR: JEFFERSON REMIGIO IMBAQUINGO ERAZO**

**DIRECTOR: ING WILLAM RICARDO ESPARZA ENCALADA MSc.**

**IBARRA, 2020**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100398049-5		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	IMBAQUINGO ERAZO JEFFERSON REMIGIO		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:jrimbaquingoe@utn.edu.ec">jrimbaquingoe@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	2956428	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0993434656

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	“FABRICACIÓN DE UN FILTRO DE AIRE PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA A PARTIR DEL NO TEJIDO DE LANA.”
<b>AUTOR (ES):</b>	Jefferson Remigio Imbaquingo Erazo
<b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>	10/09/2020
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero Textil
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	ING Willam Ricardo Esparza Encalada Msc.

## 2. CONSTANCIAS

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

En la ciudad de Ibarra, 10 de septiembre del 2020

**EL AUTOR:**



Jefferson Remigio Imbaquingo Erazo

C.C: 100398049-5



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

**CERTIFICACION DEL ASESOR**

En mi calidad de Director del Trabajo de Grado presentado por el egresado **Jefferson Remigio Imbaquingo Erazo**, para optar el título de INGENIERA TEXTIL, cuyo tema es “**Fabricación de un filtro de aire para motores de combustión interna a partir del no tejido de lana**”, considero que el presente trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los opositores que se designe.

En la ciudad de Ibarra, 21 de septiembre del 2020

**MSC. WILLAM ESPARZA**

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO**

## **DEDICATORIA**

Les dedico a mis padres Arturo Imbaquingo y Miriam Erazo, por haber confiado en mí y por apoyarme siempre en cada decisión que he tomado en mi vida, por los consejos y valores que han inculcado desde muy pequeño para ser un hombre de bien y por enseñarme a salir adelante siempre, sin importar nada.

## **AGRADECIMIENTO**

Le agradezco a Dios por brindarme salud para poder finalizar mi carrera universitaria, también agradezco a mis padres por estar siempre conmigo en todo momento dándome ánimos para salir adelante y poder culminar esta meta en mi vida.

Agradezco también a mis hermanas por haberme apoyado en todo momento tanto, familiar como de estudiante y por darme ese gran ejemplo a seguir.

Agradezco a mi tutor el Master Willam Ricardo Esparza Encalada por el tiempo y la paciencia que me ha brindado para poder finalizar el tema del proyecto de investigación.

## INDICE

1.1 Descripción del tema .....	1
1.2 Antecedentes .....	1
1.3 Importancia del estudio .....	2
1.4 Objetivo general.....	3
1.5 Objetivos específicos a alcanzar .....	3
1.6 Características del sitio del proyecto .....	4
<b>Capítulo 2. ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>6</b>
2.1 Estudios Previos.....	6
2.1.1. Lana .....	6
2.1.2. Filtros De Aire.....	7
2.1.3. Partículas .....	9
2.1.4. Filtro de lana .....	10
2.2 Marco Legal .....	12
2.3 Marco Conceptual .....	14
2.3.1 Definición de la lana .....	14
2.3.2 Definición de poliéster .....	14
2.3.3 Función del filtro de aire.....	14
2.3.4 Función del medidor de flujo de aire .....	15
<b>Capítulo 3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>16</b>
3.1 Metodología Experimental.....	16
3.2 Metodología de campo .....	16
3.3 Flujograma general .....	17
3.4 Flujograma muestral.....	18
3.5 Construcción del módulo experimental.....	19
3.5.1 Instrumentos, elementos, equipo y materiales .....	19
3.6 Procedimiento Experimental .....	20
3.7 Proceso .....	20
3.7.1 Construcción del equipo medidor de flujo de aire .....	20
3.7.2 Procedimiento .....	21
<b>Capítulo 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>22</b>
4.1 Resultados .....	22
4.1.1 Disposición de equipo, materiales y herramientas .....	22
4.1.2 Densidad de las muestras de fieltro de lana enfieltado, fieltro de lana enfieltado y batanado y fieltro de poliéster .....	22
4.1.3 Aplicación experimental.....	24
4.2 Discusión de resultados .....	25

4.2.1 Análisis de la varianza.....	25
4.2.2 Normalidad de los datos.....	26
4.2.3 Análisis Matrix.....	27
4.2.4 Análisis Gluster.....	28
4.2.5 Gráfico General .....	29
4.2.6 Anova .....	30
<b>Capítulo 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>31</b>
<b>5.1 Conclusiones.....</b>	<b>31</b>
<b>5.2 Recomendaciones.....</b>	<b>33</b>
<b>Capítulo 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>34</b>
Bibliografía.....	34
<b>Capítulo 7. ANEXOS.....</b>	<b>36</b>



## RESUMEN

Este tema de investigación está basado en la fabricación de un filtro de aire para motores de combustión interna a partir del no tejido de lana de oveja.

La industria textil fue la primera industria en desarrollarse, realmente, la fabricación de hilos para la producción y comercialización de telas comenzó desde hace muchos siglos atrás, las mismas que eran fabricadas por fibras naturales. Conforme ha evolucionado la industria, la producción de tejidos con fibras artificiales también se ha incrementado de manera significativa, siendo un gran referente el petróleo y sus derivados que por métodos de obtención se ha obtenido el poliéster, una de las fibras artificiales más utilizadas actualmente.

En este tema de investigación se busca sustituir el material filtrante de poliéster del filtro de aire, uno de los elementos indispensables para el arranque de un automotor, por filtro de lana, aprovechando la capacidad filtrante que posee la fibra, la resistencia, la estructura y la forma de microsierras que presenta la fibra natural, mediante pruebas de flujo de aire entre los filtros de lana y el filtro comercial. Es importante mencionar que en este estudio no se ensayara el tamaño de la partícula que ingresa al proceso de combustión interna.

Utilizando un método experimental, se construye un equipo medidor de flujo de aire trabajando de manera conjunta con un compresor, esto con el fin de realizar pruebas en muestras de fieltro de poliéster, lana enfieltrada y lana enfieltrada y batanada, logrando medir el flujo de aire que ingresa y que sale del equipo mediante manómetros de presión.

Luego de realizar las pruebas se concluye que el filtro de poliéster es reemplazable por el filtro de lana enfieltrada ya que el flujo de aire es el mismo a la entrada y a la salida haciendo referencia con el filtro de poliéster, además; no afecta el rendimiento del automotor y tiene mayor durabilidad.

Para comprobar que los datos obtenidos mediante el proceso experimental son confiables se ha utilizado el programa Past 3.

**Palabras clave:** lana, poliéster, filtro de aire, medidor de flujo de aire

## **ABSTRACT**

This research topic focuses on the manufacture of an air filter for internal combustion engines from non-woven sheep's wool.

The textile industry was the first industry to develop the manufacture of threads for the production and commercialization of fabrics that began many centuries ago, which were manufactured with natural fibers. As the industry has evolved, the production of fabrics with artificial fibers has also increased significantly, being a great reference, the oil and its derivatives that by methods of obtaining has obtained the polyester, one of the most used artificial fibers nowadays.

In this research topic, the aim is to replace the polyester filtering material of the air filter, one of the indispensable elements for starting up a car, with a wool filter, taking advantage of the filtering capacity of the fiber, the resistance, the structure, and the shape of the micro saws that the natural fiber has, using airflow tests between the wool filters and the commercial filter. It is important to mention that in this study the size of the particle that enters the internal combustion process was not tested.

Airflow measurement equipment has been built using an experimental method, working in conjunction with a compressor, this to perform tests on samples of polyester felt, felt wool, and wool felt and beaten, managing to measure the flow of air entering and leaving the equipment through pressure gauges.

After carrying out the tests, it is concluded that the polyester filter is replaceable by the wool filter because the airflow is the same at the entrance and exit referring to the polyester filter, also; it does not affect the performance of the automobile and has greater durability.

To check that the data obtained through the experimental process are reliable, the program Past 3 has been used.

**Keywords:** wool, polyester, air filter, airflow meter.

## **Capítulo 1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Descripción del tema**

El tema objeto del proyecto es la fabricación de un filtro de aire para motores de combustión interna a partir del no tejido de lana. Este proyecto es muy relevante ya que es una de las innumerables soluciones para la contaminación ambiental, en el cual se ve una alternativa para no utilizar el poliéster en los filtros de aire comercial, componente que por lo general la mayoría de las casas comerciales utiliza para la fabricación de este elemento empleado para el funcionamiento de un automotor. Con el proyecto se busca reducir o eliminar la utilización de este elemento derivado del poliéster y reemplazarlo por fieltro de lana biodegradable, aprovechando las características de esta fibra textil natural. En el proceso de investigación se fabrica el filtro de aire, para proceder con las pruebas y procedimiento experimental partiendo de la densidad y propiedad filtrante, así como menciona ENCALADA (2016) y dice que : “Los filtros son procesados de distintas maneras, de acuerdo a su uso y propiedades. Estos según Montoya “son una barrera para dejar pasar algunos componentes de la mezcla (permeado) y evitar el paso de otros (retenido)” (Montoya, 2006:8).” (p. 22)

### **1.2 Antecedentes**

Las fibras textiles a lo largo de la historia, han tomado mucha importancia para el desarrollo de la civilización, ya que se ha logrado satisfacer la necesidad de vestir del ser humano. Obteniendo materia prima tanto de animales y plantas, sustrayendo de estos; la fibra para elaborar toda clase de prendas, mediante procesos de hilado y tejido. La industria textil toma importancia, ya que con el paso del tiempo se ha relacionado con diferentes áreas, en el cual se utiliza un tejido.

En la industria textil podemos encontrar fibras animales, naturales, minerales y sintéticas, las últimas derivados del petróleo, que con su utilización aumentamos la ofensa ambiental. Es por esto que la industria textil busca, ayudar a disminuir la contaminación. Así mismo; Rivera (2016) afirma que:

Los principales problemas medioambientales de la Industria textil están relacionados directamente con el vertido de aguas residuales con una alta carga contaminante. También son importantes los consumos energéticos, las emisiones a la atmósfera, los residuos sólidos y los olores los cuales llegan a ser molestos si provienen de determinados procesos. (p. 19)

Pero la industria textil no es la única industria que influye en la contaminación ambiental, la industria automotriz también lo hace en la fabricación de diversas piezas, elementos como es el filtro de aire, el mismo que se encuentra fabricado principalmente de poliéster y el líquido inflamable como es la gasolina, los dos últimos; derivados del petróleo, indispensables para el funcionamiento del automotor.

Es por esto que surge la idea de fabricación de un filtro de aire para motores de combustión interna a partir del no tejido de lana, utilizando de esta manera un material biodegradable, más que el poliéster, material por el que se encuentran constituidos la mayoría de los depuradores de aire. Tomando en cuenta a la fibra de lana como un reemplazo e iniciativa en el ingreso al comercio automotriz, para la fabricación del elemento filtro de aire; que ayuda a la retención de partículas ajenas al proceso de combustión.

### **1.3 Importancia del estudio**

La industria textil fue la primera industria en desarrollarse en vista de la necesidad que tenía el ser humano por cubrirse a ciertos fenómenos climáticos como es el frío, calor, invierno. De esta manera el vestido se considera como una necesidad de gran importancia, tan importante como es el espacio donde vivir y el alimento. El desarrollo económico que ha brindado la industria textil ha sido muy satisfactorio a nivel mundial.

Chàvez (2018) dice que: “Es importante mencionar que esta gran industria abarca un sin número de procesos químicos muy contaminantes para la naturaleza, sobre todo cuando hablamos de los procesos de obtención de las fibras sintéticas.” (p. 4) Es por

esto que se ha visto la importancia de realizar la fabricación de un filtro de aire para motores de combustión interna a partir del no tejido de lana, para que posteriormente la lana sea la materia prima fundamental para la fabricación de este elemento. Este proyecto se considera sustentable y amigable con el ambiente ya que se reemplazará el poliéster, material contaminante, con la lana; fibra natural biodegradable.

En el proyecto de investigación se fabricará un filtro de aire, elemento indispensable para el funcionamiento del automotor, que tiene como función proporcionar un aire limpio en la mayoría de su área, para mejorar el proceso de combustión. En el transcurso del proyecto se realizará investigaciones sobre la cantidad de aire que puede sobrepasar por la pared del fieltro de lana, esto lo podemos obtener mediante las diferentes pruebas y análisis que se realizará en el transcurso del desarrollo del tema, con la manipulación del equipo medidor de flujo de aire.

Este proyecto es uno de los primeros pasos hacia el mundo automotriz, que parte desde la industria textil. Además, esta investigación será una fuente de información, para las personas que se encuentran sumidas en la industria textil.

#### **1.4 Objetivo general**

Fabricar un filtro de aire para motores de combustión interna a partir del no tejido de lana.

#### **1.5 Objetivos específicos a alcanzar**

- Analizar la información bibliográfica mediante artículos, revistas para determinar los parámetros a medir de caudal de aire.
- Determinar el caudal mediante el equipo medidor de flujo de aire y los datos obtenidos para el mejor rendimiento del motor.
- Analizar los datos encontrados mediante gráficos, tablas, programas estadísticos, para determinar y concluir con el más óptimo.

## 1.6 Características del sitio del proyecto

El proyecto de investigación se desarrollará en la provincia de Imbabura, cantón Ibarra en los laboratorios de la planta Textil perteneciente a la Carrera de Ingeniería Textil de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica del Norte; Planta Textil que se encuentra ubicada en el barrio “Azaya” entre las calles Luciano Solano Sala y Morona Santiago, con Coordenadas Geodésicas 0.378673, -78.122237, tal como se muestra en la Figura 1.



*Figura 1: Planta Textil (Universidad Técnica del Norte)*

*Fuente: Jefferson Imbaquingo (Google Map)*

El laboratorio se encuentra constituido con equipos de última tecnología, los mismos que efectúan un buen servicio a estudiantes de la carrera de Ingeniería Textil, personas particulares, empresas públicas y privadas. Todos los equipos por los que se encuentra constituido el laboratorio se manejan bajo normas para efectuar el procedimiento en cada uno de los equipos de laboratorio, obteniendo al final de la práctica a realizar, resultados verídicos y confiables.

El equipo denominado medidor de flujo de aire, no se encuentra en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Textil, es por esto que; dicho equipo se construyó con materiales que se tiene de fácil acceso para realizar las pruebas que son parte de la investigación de este proyecto.

## **Capítulo 2. ESTADO DEL ARTE**

### **2.1 Estudios Previos**

#### **2.1.1. Lana**

En un estudio realizado por Mazza & Eleta (2009), determinó que: “La lana es una fibra natural que se obtiene de las ovejas y de otros animales mediante un proceso denominado esquila.” (p. 19)

Arrebola Molina, Valera Córdoba, & Molina Alcalá dicen que: “También se suele definir la lana, como la producción epidérmica de tipo fibroso del ganado ovino, cuyo conjunto – obtenido por esquileo – se denomina vellón.” (p. 24)

Gómez (2009) manifiesta que: “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.” (p. 74)

Con el paso del tiempo la fibra de lana tiene su ciclo de vida por medio del cual crece en forma de saco de órganos, conocido también como folículo para lo cual, LEMA ANDRADE (2014) dice lo siguiente:

La boca del folículo forma un pequeño agujero en la piel del animal, y la fibra de lana crece a través de ella desde un punto de crecimiento en la base del saco. La fibra de lana joven termina en punta, pero una fibra que ha sido cortada conserva la punta plana que dejan las tijeras. (p. 2)

Troncoso Pio (2012) menciona que Hollen (1992) dice que: “El componente principal de estas fibras es una proteína llamada queratina. La queratina está formada por carbono, hidrógeno, oxígeno y azufre.” (p. 41)

Con lo que respecta al método de obtención de la lana existen varios tipos tomando en cuenta la edad, al número de esquilas; de acuerdo a esto, Carrión Fité menciona que: “La lana de una trasquila o anual es la que se obtiene en la operación de esquileo y se le llama lana de trasquila total, es la forma común de obtención de la lana.” (p. 9,10)



Sin embargo, para la obtención de la lana se debe seguir unos pasos los mismos que González Eliçabe (2015) menciona lo siguiente:

Para la obtención de la lana, en primer lugar, se realiza una clasificación separando a los machos, las ovejas con cría, los carneros y los corderos. De esta manera se identifican grupos con distintos tipos de lana en cuanto a la finura y longitud de la misma. (p. 2)

Con lo que respecta a las características de la lana Gómez (2009) dice que: “Los vellones de ovinos criollos presentan características de finura, longitud muy variables, así como un bajo rendimiento al lavado. Tienen menores precios que las lanas de Corriedale y Junín, y son utilizadas en la elaboración de productos artesanales.” (p. 76)

Una de las características mas sobresalientes de la lana es su finura por lo cual, Pons Casacuberta (1972) menciona que: “La finura del diámetro de las fibras se expresa, en general, en micras ( $\mu$ ). Los valores entre los que oscilan las distintas lanas son de 16  $\mu$  para las más finas hasta 35  $\mu$  para las más gruesas.” (p. 27)

A lo largo del tiempo la lana también ha adquirido sus debidos usos, así como menciona Rosas, (2016) que: “La lana de ovino es un material de origen natural que se ha empleado básicamente como base de productos convencionales en la industria textil, tal como alfombras, cortinas, ropa de cama y prendas de vestir.” (p. 20)

### **2.1.2. Filtros De Aire**

Todas las partes mecánicas, elementos y dispositivos por las que se encuentra constituido un automóvil cumplen funciones importantes para el arranque y buen funcionamiento de un automotor, así como la función que tiene el filtro para el proceso de combustión. Se investiga sobre el tema y como resultado se obtiene en el artículo Motor (2019) e indica que: “Un filtro de aire es un dispositivo que elimina partículas sólidas como por ejemplo polvo, polen y bacterias del aire.”

De acuerdo al artículo propuesto por Castelan & Llewellyn (2009) mencionan la importancia que tiene el aire, más allá del proceso de combustión, hace referencia al costo que puede tener un vehículo o automotor si no posee aire de buena calidad y dice lo siguiente: “El aire es tan necesario para los motores de combustión interna, como es el combustible. La forma en que se utiliza el aire en un motor puede hacer mucha diferencia en los costos de operación.” (p. 1)

De igual manera BOSCH (2011) afirma que: “Los filtros de aire son utilizados en todos los motores de combustión interna para purificar el aire antes que entre en la cámara de combustión.” (p. 4 - 1)

Es importante mencionar que todas las partes, por las que se encuentra constituido un filtro de aire, retosan un papel muy importante en el proceso de combustión; sin embargo, el elemento filtrante es el órgano principal para que se produzca el proceso de depuración, de tal manera que BOSCH (2011) dice que: “Normalmente, los filtros de aire poseen un elemento filtrante de microfibra impregnada de resina y moldura de sellado.” (p. 4 - 2)

DELIVER (2017) menciona también que:

El aire que se necesita para la combustión se obtiene a través de la toma de aire, que suele encontrarse en el vehículo a la mayor altura posible. Esto es así para alejarlo lo máximo posible del polvo de la superficie de la carretera. (p. 3)

De tal manera que el aire que ingresará al proceso de depuración deberá de cumplir con ciertos parámetros, así como DELIVER (2017) menciona lo siguiente: “El aire que necesita el motor debe carecer de polvo, arena y demás partículas. Por lo tanto, es importante que el aire se limpie antes de entrar al motor.” (p. 3)

La calidad y cantidad del aire juegan un papel muy importante, ya que no siempre la misma cantidad de aire será para todos los procesos de combustión interna. Fleetguard (2015) menciona que: “Por cada litro de combustible consumido, un motor diésel moderno necesita por lo general 15.000 litros de aire. Por lo tanto, un aire de calidad

pobre puede tener un impacto significativo en el desgaste y rendimiento del motor.” (p. 1)

Castelan & Llewellyn (2009) también menciona que: “Estudios han demostrado que la limpieza de aire ingerida por el motor debe ser  $0.01 \text{ mg/m}^3$  para reducir satisfactoriamente el desgaste del motor.” (p. 4)

Así mismo una estampilla muy reconocida con lo que respecta a filtros de aceite, filtros de aire, filtros de cabina como es la marca BOSCH, Filtros Bosch (2008) dice que:

Los filtros Bosch son resistentes a las variaciones del aire aspirado, garantizan la entrada sólo de aire puro en la cámara de combustión, amortiguan el ruido del aire de admisión y garantizan el 100% de estanqueidad en toda su vida útil.

### **2.1.3. Partículas**

De acuerdo al estudio realizado por Arciniegas Suárez (2011) menciona que: “El material particulado (MP) es un conjunto de partículas sólidas y líquidas emitidas directamente al aire, tales como el hollín de diésel, polvo de vías, el polvo de la agricultura y las partículas resultantes de procesos productivos.” (p.198)

Un estudio realizado en la Sociedad Nuclear Española por Cobian (2018) dice que: “Postula la existencia de dos clases de partículas indivisibles de la materia: quarks y leptones, que en las proporciones adecuadas pueden constituir cualquier átomo y por lo tanto cualquier tipo de materia en el universo.” (p. 4)

Con lo que respecta a la caracterización de las partículas, un estudio realizado por Martin, Salcedo, & Font (2011) mencionan que: “El tamaño de las partículas sólidas esféricas queda perfectamente determinado por el valor de su diámetro.” (p. 3)

Dentro de la caracterización de la dimensión de las partículas se ha realizado un estudio por L, Valera, Pérez Morales, & Recarey Morfa (2017) y mencionan lo siguiente: “Las partículas pueden ser regulares (por ejemplo, esferas) o irregulares, y sus dimensiones se

pueden caracterizar usando su longitud, ancho y altura que son los parámetros más convencionales.” (p. 38)

L, Valera, Perez Morales, & Recarey Morfa (2017) también dicen que: “Otro método para medir el tamaño de partícula consiste en tamizar partículas con tamices de orificio cuadrado” (p. 38)

En un estudio realizado con lo que respecta a la evaluación de material pétreo utilizado para la elaboración de concreto, una de las propiedades de la partícula es la forma, de tal manera que los autores del artículo Consentino, Sota, & Abid (2011) dicen lo siguiente:

Debe ser lo más cúbica posible, con un mínimo de formas planas o trozos elongados, consecuencia de la presencia de clivaje cuando se somete al agregado a los aparatos de reducción de tamaño. Esta propiedad se evalúa determinando el cociente entre la dimensión máxima y la mínima en agregados gruesos. (p. 16)

La aireación es también importante, de esta manera la cantidad de aireación que tenga la partícula se encuentra relacionada con el tamaño, así mismo; un estudio realizado por: Vargas Tapia, y otros (2008) “Cuando el diámetro de partícula se reduce por debajo de 0.50 mm la capacidad de aireación se reduce significativamente. Los valores de espacio poroso total y porosidad ocluida se incrementan al aumentar el tamaño de partícula.” (p. 330)

#### **2.1.4. Filtro de lana**

De acuerdo a TEXPACK (2015) acerca del filtro de lana afirma que: “Es un fieltro batonado 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.” Tomando en cuenta las características que tiene la lana, materia prima para el filtro de la misma. Una de las más importantes a tomar en cuenta en el estudio es la capacidad filtrante que posee, gracias a su estructura conformada por tres capas y la forma de la lana.

El filtro de lana ha tenido innumerables usos, buscando dar solución a disminuir la utilización de materiales sintéticos como son los filtros de poliéster, resaltando en múltiples situaciones el tiempo reducido de biodegradabilidad que posee la lana en relación al material sintetizado. De acuerdo a esto ENCALADA (2016) ha encontrado una solución relacionando el filtro de lana con la filtración de aguas residuales y dice lo siguiente:

Por este motivo se realizó el estudio utilizando un fieltro de lana de oveja compactada (batanada) convirtiéndose en un filtro para retener la mayor cantidad de materia contaminante y al mismo tiempo por ser un producto natural de bajo costo en materia prima, que se encuentra en el medio y que adicionalmente es biodegradable. (p. 19)

Además, ENCALADA (2016) en su artículo nos indica los resultados positivos que se obtuvo en el transcurso de la investigación utilizando el filtro de lana como material filtrante en procesos de aguas residuales provenientes de la tintorería y dice lo siguiente:

Por estar compuesto el filtro de fibra natural proteínica, de excelente propiedad en su absorbencia, se aprovechó para filtrar los efluentes de la tintura de lana, logrando minimizar el impacto ambiental, ocasionado por las industrias dedicadas a la producción de artículos de lana. (p. 2)

En el transcurso de exploraciones de campo partiendo de las características de la lana, la industria textil y otras, han abierto numerosas aplicaciones que puede tener el fieltro de lana, de esta manera TEXPACK (2015) menciona algunas de las aplicaciones que se puede dar al filtro de lana y dice lo siguiente: “Placas para las industria del curtido, industria siderúrgica, industria automovilística, discos para pulido y lijado de mármoles y metales, industria del calzado, pirotecnia, fieltros de lubricación, sellos de aceite, elementos antipolvo y antivibración, separadores, humectadores de aceites.”

## 2.2 Marco Legal

El sistema integrado de Legislación Ecuatoriana (2004), expide la siguiente codificación de la ley de prevención y control de la contaminación ambiental, la misma que en el Capítulo I del documento nos indica sobre la prevención y control de la contaminación del aire y menciona los siguientes artículos:

Art. 1.- Queda prohibido expeler hacia la atmósfera o descargar en ella, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes que, a juicio de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, puedan perjudicar la salud y vida humana, la flora, la fauna y los recursos o bienes del estado o de particulares o constituir una molestia.

Art. 5.- Las instituciones públicas o privadas interesadas en la instalación de proyectos industriales, o de otras que pudieran ocasionar alteraciones en los sistemas ecológicos y que produzcan o puedan producir contaminación del aire, deberán presentar a los Ministerios de Salud y del Ambiente, según corresponda, para su aprobación previa, estudios sobre el impacto ambiental y las medidas de control que se proyecten aplicar.

Oficial (2017) menciona también que: “El artículo 15 de la Constitución de la República del Ecuador ordena 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.”

Ecuador también ha suscrito y ratificado varios convenios Internacionales que se relacionan con el medio ambiente, a continuación, se detalla uno de los acuerdos más importantes que ha sido dispuesto por la COP:

Protocolo de Kyoto, de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997, tiene como objetivo la estabilización gradual de las concentraciones de los gases que producen el efecto invernadero, de manera que los ecosistemas

puedan adaptarse a los cambios ya previstos, y permitir, al mismo tiempo, un desarrollo sostenible.

## **2.3 Marco Conceptual**

### **2.3.1 Definición de la lana**

Con respecto a la lana se encuentra que es una fibra proteínica derivada de los animales como lo detalla Chuga (2015) indicando que Según Semjonow J. (2004) afirma que:

La lana está constituida por proteínas, que son dos clases diferentes: las proteínas fibrosas y las globulares. Las proteínas fibrosas estas incluidas dentro del subgrupo de las queratinas, caracterizadas por tener un alto contenido de sulfuro. La macromolécula de queratina posee una gran cadena de aminoácidos y uno de los más importantes la cistina, quien define muchas de las propiedades en cuanto al comportamiento químico de la lana. (p.30)

### **2.3.2 Definición de poliéster**

Carrión Fité nos menciona la definición del poliéster:

Las fibras de poliéster se definen según las normas ISO y UNE como formadas a partir de un "polímero" de macromoléculas lineales cuya cadena contiene un 85% en peso de un éster de un diol y del ácido tereftálico. Por otro lado, la Federal Trade Commission de USA las define como "fibras químicas cuya sustancia formadora es un polímero sintético de cadena larga que contiene un mínimo del 85% en peso de un éster de un diol y del ácido tereftálico". (p. 3)

### **2.3.3 Función del filtro de aire**

Torres Moreno (2016) afirma que Alonso (2004) dijo que:

La función del filtro es purificar sometiendo al aire a bruscos cambios de dirección, para separar las partículas más gruesas. El aire es filtrado y las



impurezas quedan retenidas en la materia filtrante, para ser retiradas en las operaciones de desmontaje. (p. 17)

#### **2.3.4 Función del medidor de flujo de aire**

Fuseau Ayala, González Montero, & Proaño Jiménez (2016) señalan que cumple con la función de:

Informar a la unidad de comando, la cantidad y temperatura del aire admitido, para que las informaciones modifiquen la cantidad de combustible pulverizada. La medición de la cantidad de aire admitida tiene como base la fuerza producida por el flujo de aire aspirado, que actúa sobre la palanca sensora del medidor, contra la fuerza de un resorte. (p. 34)

## **Capítulo 3. METODOLOGÍA**

### **3.1 Metodología Experimental**

Para el progreso del proyecto de investigación se ha utilizado el método experimental, también conocido como científico – experimental, el mismo que Rodríguez (2020) afirma que: “Se caracteriza porque permite que el investigador manipule y controle las variables de una investigación tanto como pueda, con la intención de estudiar las relaciones que existen entre estas con las bases del método científico.”

Así como en este tema de investigación, se trabajará con las densidades de los diferentes tipos de fieltros textiles, las mismas que serán una variable para al final de la exploración concluir con el mejor, sin antes haber realizado las pruebas experimentales y analítica de flujo de aire a través de conducciones de tubo galvanizado tomando lecturas de presión del flujo a la entrada y la salida de la tubería, en el centro de la misma se encontrará el fieltro de lana cumpliendo con la función de filtro de aire.

### **3.2 Metodología de campo**

(Morales (2009) menciona que el levantamiento de información es el: “Proceso mediante el cual el analista recopila datos e información de la situación actual de un sistema, con el propósito de identificar problemas y oportunidades de mejora”.

El estudio del tema de análisis se efectúa en la Provincia de Imbabura, Cantón Ibarra, las muestras con dimensiones de 10\*10 cm serán obtenidas por medio de corte manual señalando las medidas en los fieltros de poliéster, lana enfieltrada y lana enfieltrada y batanada, para luego realizar las pruebas de flujo de corriente en el equipo medidor de aire que se encuentra constituido por tubo galvanizado, manómetros de presión, y bridas para realizar el ajuste del fieltro en medio de las mismas, utilizando un empaque de polímero para que no existan fugas de aire. Logrando de esta manera recolectar datos 100% confiables, los mismos que serán fundamentales para el análisis en el software past 3.

### 3.3 Flujograma general

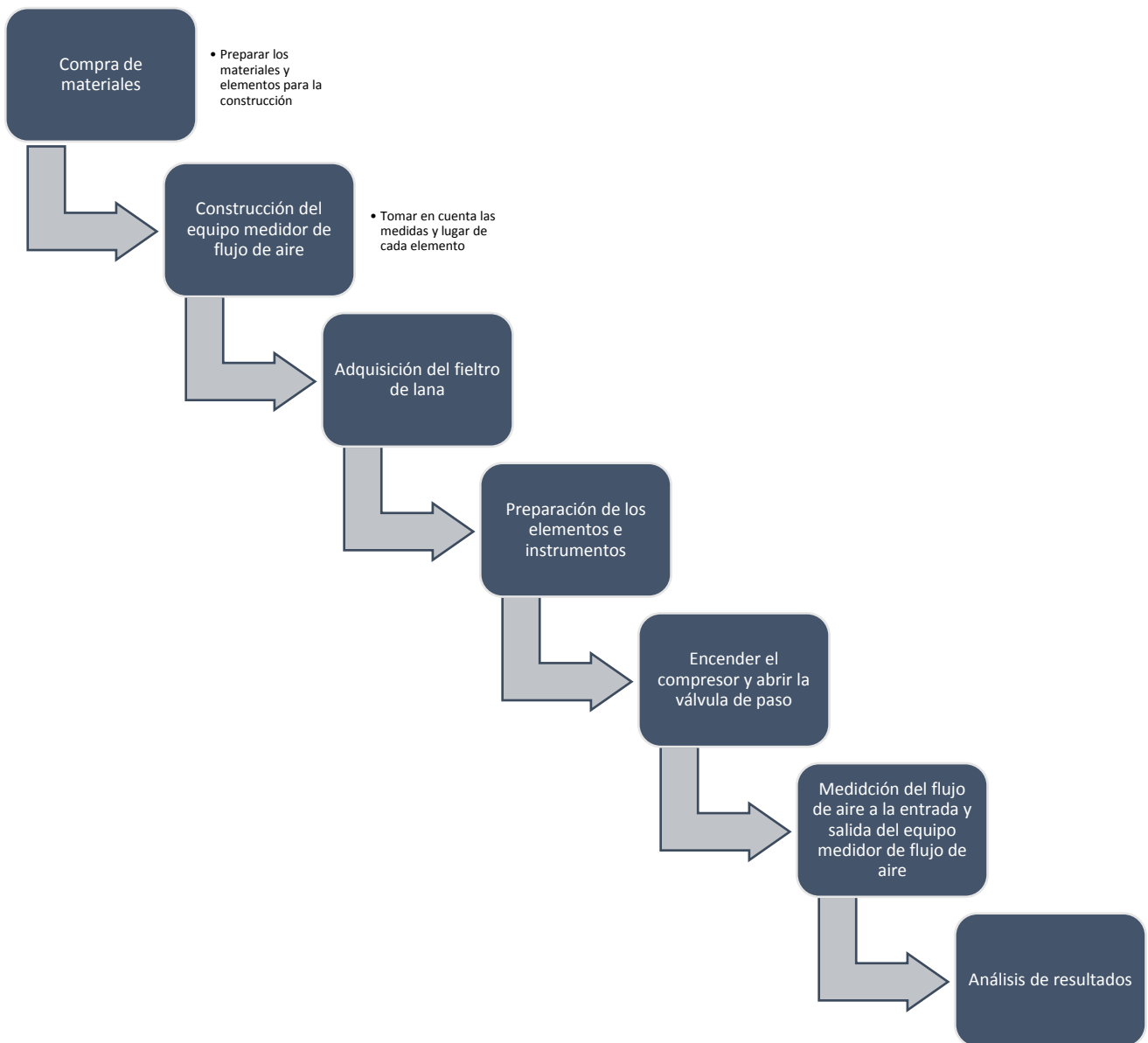


Figura 2: Flujograma Metodología General

Fuente: Imbaquingo (2020)

### 3.4 Flujograma muestral

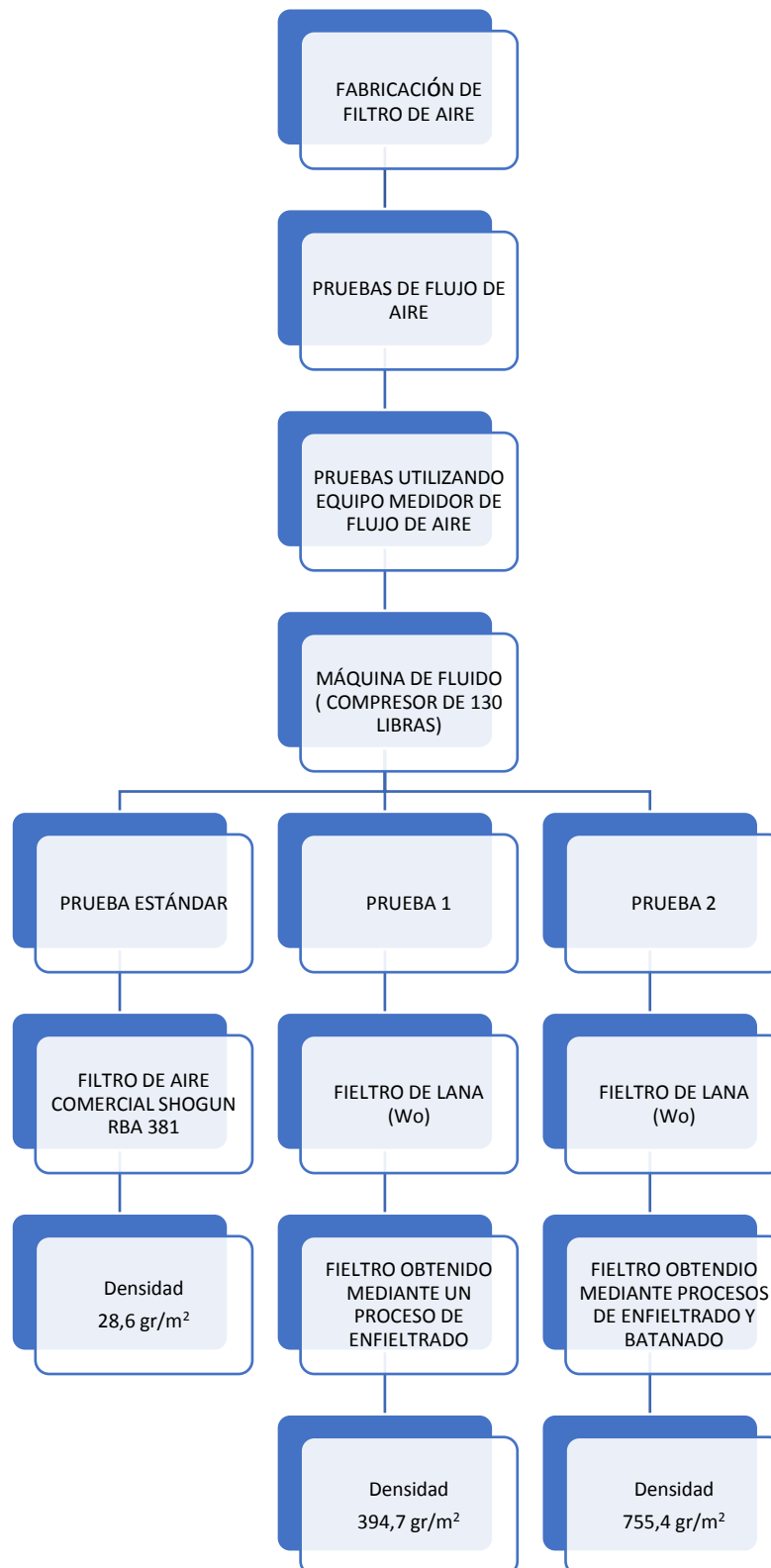


Figura 3: Flujograma Muestral

Fuente: Imbaquingo (2020)

### 3.5 Construcción del módulo experimental

#### 3.5.1 Instrumentos, elementos, equipo y materiales

1. Módulo experimental para flujo de aire.
2. 2 manómetros de presión.
3. Compresor de aire de 130 libras.
4. 2 nepló  $\frac{1}{2}$  \*20 CM HG
5. 2 nepló  $\frac{1}{2}$  \*25 CM HG
6. 2 TEE  $\frac{1}{2}$  HG
7. 2 manómetro 100 PSI
8. 1 reducción  $\frac{1}{2}$  \*  $\frac{1}{4}$  HG
9. 1 buching  $\frac{1}{2}$  \*  $\frac{1}{4}$  inoxidable
10. 1 recoros de bronce B 3  $\frac{1}{2}$  X
11. 2 uniones  $\frac{1}{2}$  HG
12. 1 llave de bola  $\frac{1}{2}$  FV
13. 2 nepló  $\frac{1}{2}$  X 4 cm HG corrido
14. 1 acople rápido macho con cintur
15. 1 tapón hembra  $\frac{1}{2}$  HG
16. 1 plancha metálica de 6 líneas (20\*20) cm
17. 4 pernos de 1" \*  $\frac{1}{4}$  con cabeza hexagonal
18. 8 rodela planas de  $\frac{1}{2}$
19. 4 rodela de presión de  $\frac{1}{2}$
20. Teflón  $\frac{1}{2}$  amarillo platinum – danu
21. 4 pernos de 1" \*  $\frac{1}{4}$  con cabeza hexagonal
22. 8 rodela planas de  $\frac{1}{2}$
23. Acople rápido macho  $\frac{1}{4}$  UN
24. Compresor de aire (capacidad 5 psi)
25. Fieltro de lana enfieltrado
26. Fieltro de lana enfieltrado y batanado
27. Filtro de aire SHOGUN RBA 381 (poliéster)

### 3.6 Procedimiento Experimental

1. Se construyó el equipo medidor de flujo de aire utilizando todos los elementos antes enunciados. [Véase el anexo 1.](#)
2. Se colocó el fieltro de lana entre las bridas para proceder con el medio, tal como nos indica el [anexo 2.](#)
3. Se encendió el compresor y esperar que se cargue, para obtener en el procedimiento un flujo de aire estable. [Véase el anexo 3.](#)
4. Se conectó la manguera de alta presión que sale del compresor al equipo medidor de flujo de aire.
5. Se procedió a abrir la válvula de paso del equipo medidor de flujo de aire.
6. Se verificó el flujo que marca el manómetro de entrada.
7. Se tomó datos del flujo que marca el manómetro de salida.

### 3.7 Proceso

#### 3.7.1 Construcción del equipo medidor de flujo de aire

1. Adquisición de los materiales como son: 2 niple  $\frac{1}{2}$  \*20 CM HG, 2 niple  $\frac{1}{2}$  \*25 CM HG, 2 TEE  $\frac{1}{2}$  HG, 2 manómetro 100 PSI, 1 reducción  $\frac{1}{2}$  \*  $\frac{1}{4}$  HG, 1 buching  $\frac{1}{2}$  \*  $\frac{1}{4}$  inoxidable, 1 recore de bronce B 3  $\frac{1}{2}$  X, 2 unión  $\frac{1}{2}$  HG, 1 llave de bola  $\frac{1}{2}$  FV, 2 niple  $\frac{1}{2}$  X 4 cm HG corrido, 1 acople rápido macho con cintur, 1 plancha metálica de 6 líneas (20\*20) cm, 4 pernos de 1" \*  $\frac{1}{4}$  con cabeza hexagonal, 8 rodela planas de  $\frac{1}{2}$ , 4 rodela de presión de  $\frac{1}{2}$ , Teflón  $\frac{1}{2}$  amarillo platinum – danu, 4 pernos de 1" \*  $\frac{1}{4}$  con cabeza hexagonal, 8 rodela planas de  $\frac{1}{2}$ , Acople rápido macho  $\frac{1}{4}$  UN para el ensamblaje del equipo medidor de flujo de aire.
2. Utilizando una moladora con disco de cisura, realizar el corte de la plancha metálica de 6 líneas, obteniendo como resultado cuadrado de plancha de 10\*10 cm.
3. Con la ayuda de un pedestal realizar el orificio en el centro de las dos placas metálicas con broca de media, sin antes realizar una guía con brocas más delgadas para no tener inconvenientes en el proceso.
4. Se realiza orificios en las esquinas de las placas metálicas utilizando un taladro manual y una broca de hierro para realizar esta operación.

5. Con una suelda para metal en este caso tuvo galvanizado se realizó el trabajo de unir tanto un neplo con la placa metálica, esta acción se refrendó dos veces para formar la brida con los dos neplos a los lados.
6. Se colocó teflón en todas las roscas de los elementos constitutivos para realizar el respectivo ajuste utilizando una llave de tubo mordaza y una llave de pico o llave número 22, para ajustar de la manera correcta pieza con pieza, repitiendo esta acción varias veces hasta que el equipo ya se encuentre terminado.
7. Conectar la manguera de aire hacia el acople del equipo.
8. Realizar una prueba del equipo para saber si tiene fugas de aire entre las piezas ensambladas del mismo.

### **3.7.2 Procedimiento**

1. Comprar el filtro de aire comercial constituido por fieltro de poliéster y sacar el fieltro con la ayuda de tijera. [Véase el anexo 4.](#)
2. Obtención de fieltros de lana de diferentes densidades.
3. Mediante el proceso de troquelado utilizando el equipo denominado “troqueladora” obtener las densidades de los tres tipos de fieltros: el fieltro de poliéster, el fieltro enfieltrado y el fieltro enfieltrado y batanado. [Véase el anexo 6.](#)
4. Recortar cuadrados de cada fieltro de 10 \* 10 cm, de acuerdo a la medida de las placas metálicas que cumplen la función de bridas, realizar esta acción 3 veces de cada fieltro. [Véase el anexo 5.](#)
5. Realizar las pruebas de flujo de aire en las muestras de fieltro de poliéster.
6. Realizar las pruebas de flujo de aire utilizando el equipo medidor de flujo de aire y el compresor con las muestras de fieltro enfieltrado.
7. Realizar las pruebas de flujo de aire en el fieltro enfieltrado y batanado utilizando el equipo y máquina antes mencionados.
8. Es necesario mencionar que para realizar cada una de las pruebas del fieltro de poliéster, de lana enfieltrada y de lana enfieltrada y batanada se realiza acciones repetitivas en el proceso como es el ensamblaje y desensamblaje de las bridas que se encuentran constituidas por pernos tuercas, rodela planas y rodela de presión.
9. Recolectar los datos de presiones de entrada y salida que nos indica en los manómetros que se encuentran en el equipo medidor de flujo de aire.

## **Capítulo 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En este capítulo se describe los resultados que se obtuvo en las pruebas realizadas con el fieltro de poliéster, fieltro de lana enfieltrada y fieltro de lana enfieltrada y batanada, utilizando el equipo medidor de flujo de aire. De igual manera se detallará las presiones de entrada y presiones de salida que se obtuvo en cada prueba que se realizó del fieltro antes mencionados. Posteriormente se realizará un análisis estadístico para verificar el grado de confiabilidad de los datos obtenido en el método experimental.

### **4.1 Resultados**

#### **4.1.1 Disposición de equipo, materiales y herramientas**

Para obtener los datos de presiones de aire a la entrada y salida del equipo que se detalla a continuación, fue necesaria la construcción de un equipo con la ayuda de materiales, equipos y herramientas.

#### **4.1.2 Densidad de las muestras de fieltro de lana enfieltrado, fieltro de lana enfieltrado y batanado y fieltro de poliéster**

Utilizando la troqueladora circular, realizando el proceso de troquelado de  $100\text{ cm}^2$  se obtuvo la densidad correspondiente a los tres tipos de fieltros, con los cuales se realizó las pruebas de flujo de aire.



Tabla 1: Descripción de las muestras con su densidad y presión de aire a la entrada y salida

<b>N° de Muestra</b>	<b>Material</b>	<b>Densidad (<math>gr/m^2</math>)</b>	<b>Presión de aire a la entrada (psi)</b>	<b>Presión de aire a la salida (psi)</b>
1	Fieltro de poliéster	28,6	94	92
2	Fieltro de poliéster	28,6	98	96
3	Fieltro de poliéster	28,6	96	94
4	Fieltro de lana enfieltrado	394,7	89	88
5	Fieltro de lana enfieltrado	394,7	90	89
6	Fieltro de lana enfieltrado	394,7	90	89
7	Fieltro de lana enfieltrado y batanado	755,4	92	90
8	Fieltro de lana enfieltrado y batanado	755,4	90	88
9	Fieltro de lana enfieltrado y batanado	755,4	90	88

Fuente: Imbaquingo (2020)

Para la obtención de la densidad se realizó por el procedimiento de troquelado utilizando una cortadora circular de  $100\text{ cm}^2$ , posterior a esto se realizó el proceso de pesaje utilizando una balanza digital, obteniendo el peso de las 9 muestras de diferente fieltro.

Para la obtención de las presiones de aire, se utilizó el equipo medidor de flujo de aire el mismo que se encuentra constituido por dos manómetros para marcar la cantidad de aire que ingresa y la cantidad de aire que sale del módulo experimental, aire que es

suministrado por un compresor marca AIR TANK X1. Es importante mencionar que, para realizar las pruebas, el compresor no se utilizó a su capacidad máxima, tomando en cuenta que la capacidad máxima del mismo es de 130 psi y para las pruebas se lo graduó para que tenga una salida de 90 psi, ya que los manómetros que se encuentran en el equipo medidor de flujo de aire son de 100 psi.

### **4.1.3 Aplicación experimental**

Luego de haber realizado las pruebas con el equipo medidor de flujo de aire utilizando como material muestral los filtros de: poliéster, lana enfieltrada, lana enfieltrada y batanada, se logra demostrar que en el filtro de lana enfieltrada el flujo de aire en el equipo fue continuo, en comparación del poliéster y lana enfieltrada y batanada que disminuye el flujo a la salida del equipo. Por lo tanto, al obtener resultados experimentales positivos en el filtro de lana enfieltrada se procede a realizar un filtro de aire utilizando el filtro antes mencionado y comprobar el rendimiento y durabilidad.

#### ***4.1.3.1 Construcción del filtro de aire***

Para la fabricación del filtro de aire se alcanzó los siguientes pasos:

1. Adquisición del filtro de lana enfieltrada y batanada
2. Plegado del filtro
3. Costura del filtro formando una figura rectangular
4. Al finalizar el filtro de aire de filtro de lana enfieltrada tiene el aspecto que se observa en el [anexo 7](#).

#### ***4.1.3.2 Aplicación del filtro de aire en un automotor***

Para realizar la aplicación experimental del filtro de aire compuesto por filtro de lana enfieltrada, se lo realizará en el automóvil Toyota Corolla año 2009 color blanco, el mismo que al momento de realizar el cambio de filtro de aire en el odómetro nos indica que el automóvil se encuentra con 213969 km recorridos tal como nos indica el [anexo 8](#). En el transcurso que el automóvil se encuentra funcionando con el filtro de aire fabricado, no se observa ninguna anomalía, de igual manera su rendimiento tanto en velocidad y fuerza no disminuye, llegando a los 227876 km de recorrido, [véase el anexo 9](#), es decir;

13907 km recorridos utilizando el filtro de aire fabricado, el mismo que podemos observar que en la parte externa se encuentra de color negro por la suciedad que se consolidó al momento de entrar el aire para realizar la combustión, [véase el anexo 7](#) sin embargo; en la parte interna no afecta el color de la lana ya que la suciedad o partículas de tierra no sobrepasaron el filtro de lana [Véase el anexo 10.](#)

## 4.2 Discusión de resultados

Una vez realizadas las pruebas de flujo de aire con las diferentes muestras de filtro utilizando el equipo medidor de flujo de aire, los datos obtenidos de presiones de entrada y salida del equipo se sometieron a procesos estadísticos para determinar la confiabilidad de los datos obtenidos como resultados. El programa estadístico utilizado es el Past 3 2013, el cual nos ayuda a determinar la confiabilidad de los datos.

### 4.2.1 Análisis de la varianza

En la tabla 2 podemos observar el análisis de la varianza que se obtiene al ingresar los datos de las pruebas realizadas.

Tabla 2: Análisis de la varianza

ANÁLISIS DE LA VARIANZA			
	Densidad	Presión aire entrada (psi)	Presión aire salida (psi)
N	9	9	9
Min	28,6	89	88
Max	755,4	98	96
Sum	3536,1	829	814
Mean	392,9	92,11111	90,44444
Std. error	104,9055	1,059932	0,973412
Variance	99046,49	10,11111	8,527778
Stand. dev	314,7165	3,179797	2,920236
Median	394,7	90	89
25 prcnil	28,6	90	88
75 prcnil	755,4	95	93
Skewness	-0,0110301	1,009859	1,098702
Kurtosis	-1,714286	-0,3342764	-0,02581005
Geom. mean	204,3008	92,06316	90,40327
Coeff. var	80,10092	3,452132	3,228762

Fuente: Imbaquingo (2020)

En la Tabla 2 podemos observar que el coeficiente de variación de acuerdo a las 9 muestras analizadas es de 3,45 esto nos indica que; las presiones de ingreso al equipo no fueron iguales para todos, sin embargo la presión de entrada mínima es de 88 y la máxima de 98, tomando en cuenta que el compresor tiene una capacidad de 130 psi, el mismo que en el momento de las pruebas se graduó a 100 psi de acuerdo a la capacidad de los nanómetros que se encuentran en el equipo. También podemos observar que el coeficiente de variación de las presiones de salida es de 3,22 psi, resultado de la deducción de flujo de aire de las muestras, logrando de esta manera determinar que el estudio es confiable.

#### 4.2.2 Normalidad de los datos

En la tabla 3, tenemos el test de confiabilidad el mismo que a través de métodos nos indican si el estudio es confiable para continuar con la investigación.

Tabla 3: Test de Normalidad

TEST DE CONFIABILIDAD			
	Densidad (gr/m <sup>2</sup> )	Presión aire entrada (psi)	Presión aire salida (psi)
N	9	9	9
Shapiro-Wilk W	0,823	0,8367	0,8339
p(normal)	0,03727	0,05301	0,04943
Anderson-Darling	0,6573	0,7128	0,6488
p(normal)	0,05694	0,04012	0,06006
p(Monte Carlo)	0,0576	0,0402	0,0629
Lilliefors L	0,2098	0,3022	0,2451
p(normal)	0,299	0,01836	0,1192
p(Monte Carlo)	0,2986	0,0174	0,1232
Jarque-Bera JB	0,8439	1,267	1,373
p(normal)	0,6558	0,5308	0,5032
p(Monte Carlo)	0,3396	0,1386	0,1215

Fuente: Imbaquingo (2020)

En el test de confiabilidad de la tabla 3 nos muestra que los datos obtenidos de las pruebas previamente realizadas, se sometieron a métodos estadísticos los cuales indican que los antecedentes analizados de presiones de entrada y salida son válidos, por lo tanto; nos revela que son normales ya que tienen una confiabilidad y normalidad del 95%.

### 4.2.3 Análisis Matrix

En la figura 4, nos indica la semejanza entre las tres densidades con la presión de entrada y salida.

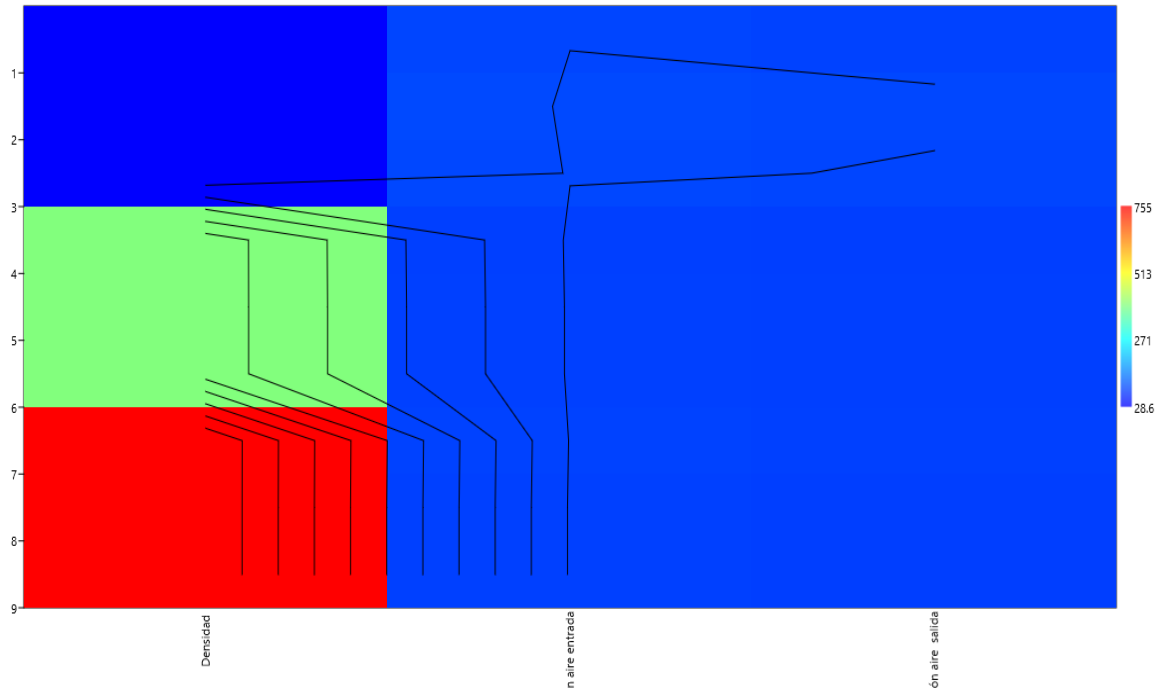


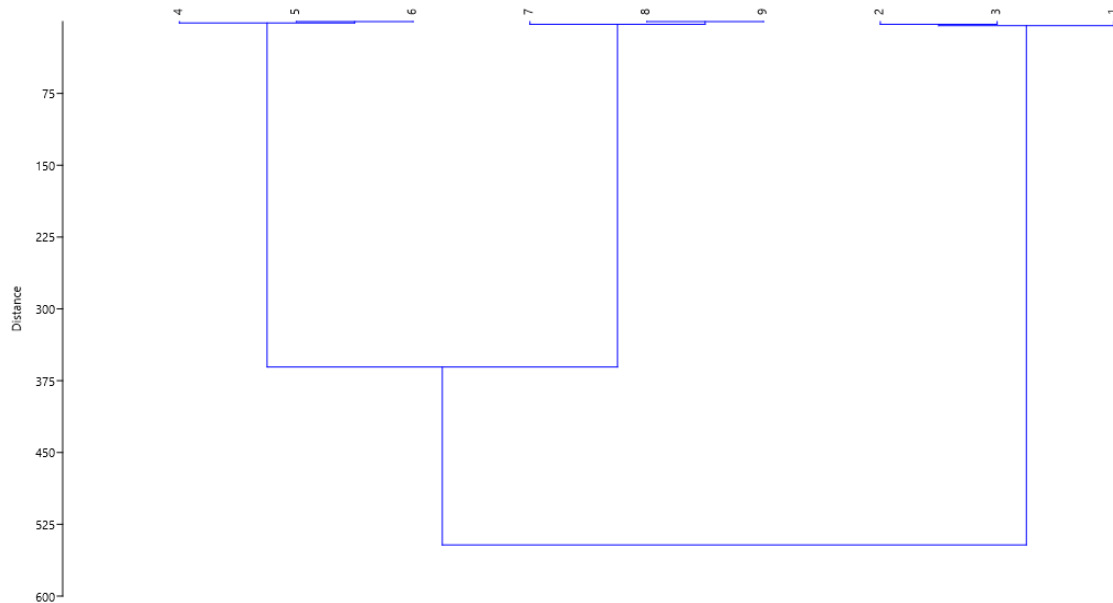
Figura 4: Análisis Matrix

Fuente: Imbaquingo (2020)

La figura 4, indica la similitud que tienen las 9 muestras, de acuerdo a los colores que nos presenta la imagen y haciendo relación con la densidad de las muestras, podemos identificar que el color rojo es para las muestras de fieltro de lana enfieltrada y batanada, el color verde es para el fieltro de lana enfieltrada y el color azul es para el filtro de poliéster (muestra estándar). Luego podemos identificar que las muestras de lana enfieltrada tienen una similitud con el filtro de aire comercial, también las muestras de lana enfieltrada y batanada presentan semejanza con las muestras de poliéster. De acuerdo a esto podemos sustituir el filtro de poliéster (material sintético), con la utilización de fieltro de lana enfieltrada (material biodegradable) ya que el flujo de aire a la salida es mayor en este tipo de fieltro.

#### 4.2.4 Análisis Gluster

El cuadro que se muestra en la figura 5, nos indica la relación y similitud que existe entre todas las muestras previamente estudiadas.



*Figura 5: Análisis Gluster*

*Fuente: Imbaquingo (2020)*

El cuadro de la figura 5, indica que; de acuerdo a las densidades que tienen el filtro de lana enfieltrada y filtro de lana enfieltrada y batanada se observa que tienen una gran similitud ya que son del mismo tipo de fibra y el procedimiento para adquirir un fieltro de lana es el mismo, de acuerdo con esto; se puede seguir realizando más estudios partiendo de esta investigación, ya que los filtros antes mencionados poseen una densidad aun mayor que el filtro de poliéster, esto es un agregado para los filtros de lana antes mencionados, ya que al tener más densidad, el filtro es más rígido y el ingreso de partículas al proceso de combustión es más difícil ya que la pared que deben atravesar es más robusta, en comparación con el filtro de aire comercial que la pared del mismo es muy fina, y es más fácil que las partículas ingresen al proceso de ignición.

## 4.2.5 Gráfico General

En el gráfico 6, podemos observar la tendencia que tienen los valores ingresados al programa tanto del filtro de poliéster, filtro de lana enfieltrada y filtro de lana enfieltrada y batanada.

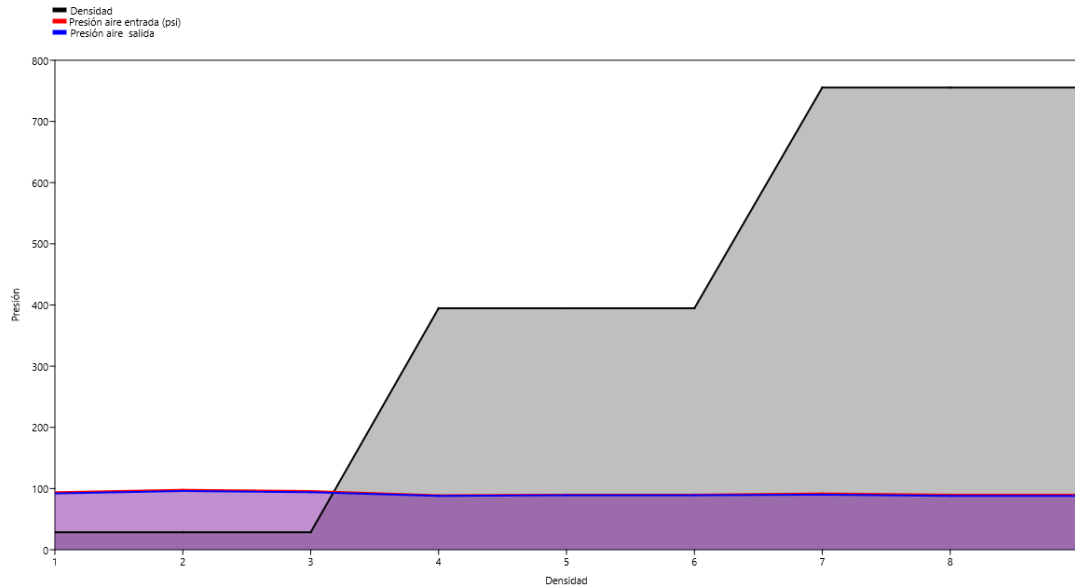


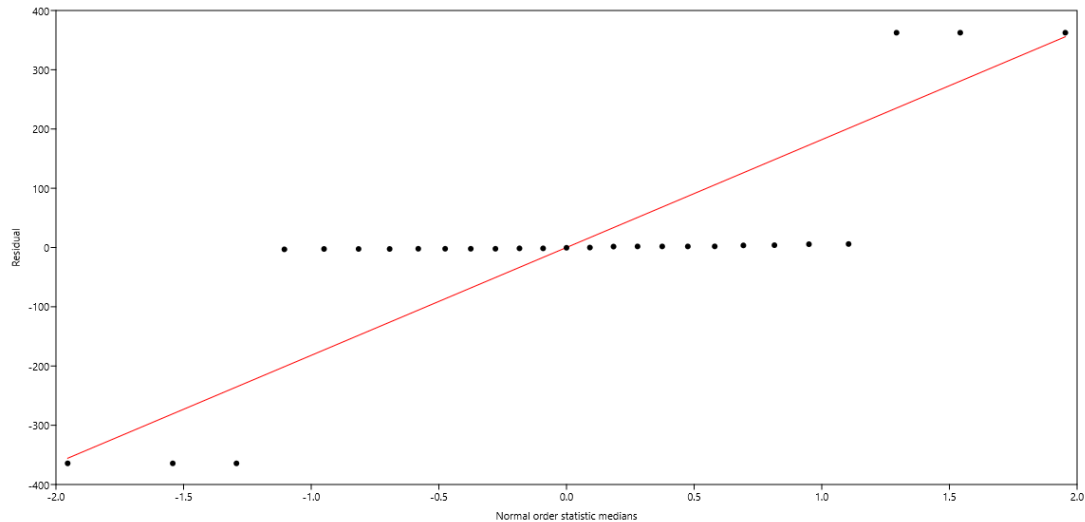
Figura 6: Gráfico General

Fuente: Imbaquingo (2020)

De acuerdo a la figura 6; podemos observar que se hace referencia la presión de entrada con la línea roja y la presión de salida con la línea azul, en las cuales no podemos ver un valor mayor a 100 psi, ya que la presión máxima de salida es de 96, también podemos ver que la línea negra representa la densidad para los tres tipos de muestra, siendo de esta manera el fieltro de poliéster la densidad mínima menor a 100 gr/m<sup>2</sup>, el fieltro de lana enfieltrada en el rango de hasta 400 gr/m<sup>2</sup> y el fieltro de lana enfieltrada y batanada en el rango de hasta 800 gr/m<sup>2</sup>. Por lo tanto con este gráfico se concluye que el filtro de lana enfieltrada es más factible y el más óptimo para reemplazar al filtro de poliéster para el proceso de encendido de motores de combustión interna, ya que el flujo de aire al igual que en el filtro estándar disminuye, logrando de esta manera la filtración de partículas y la entrada de flujo de aire limpio al motor a diferencia del filtro de lana enfieltrada y batanada ya que el flujo de aire que ingresa al sistema de combustión es menor en comparación con el flujo de aire que sale del filtro de lana enfieltrada y por lo tanto es menor el rendimiento del automotor.

#### 4.2.6 Anova

En el siguiente gráfico se puede visualizar la línea de tendencia que tienen los valores de flujo de aire previamente analizados.



*Figura 7: Anova*

*Fuente: Imbaquingo (2020)*

De acuerdo a la figura 7, se puede representar la gráfica de probabilidad normal de los residuos, en la cual los 27 datos numéricos ingresados son valores atípicos los mismos que se encuentran en el punto 0; esto es porque todos los datos son diferentes de acuerdo al tipo de material del fieltro, densidad y también lo que corresponde a las presiones de entrada y salida; sin embargo los valores atípicos se encuentran en línea recta en sentido horizontal, demostrando que si existe normalidad y también señalando que los datos ingresados son fiables para la investigación.



## Capítulo 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Para el estudio realizado para la fabricación de un filtro de aire, utilizando el fieltro de lana como material filtrante, para la retención de partículas no deseadas en el proceso de combustión interna de vehículos, se realizó pruebas de flujo de corriente de entrada y salida en el equipo medidor de flujo de aire, las mismas que proporcionaron datos y fueron analizados estadísticamente; a continuación, se señala las conclusiones que se obtuvo;

1. Para las pruebas de investigación se utilizó filtro de aire comercial marca SHOGUN RBA381 siendo este, el filtro estándar utilizado para su comparación con las presiones de entrada y salida como base para las pruebas. Con los valores obtenidos de flujo de aire de entrada y salida se llegó a obtener datos válidos que pueden ser tratados estadísticamente de acuerdo al software Past 3 2013, analizador de antecedentes científicos. Se logra determinar que los datos obtenidos en las pruebas de campo realizadas con el equipo medidor de flujo de aire, las presiones de entrada y salida de corriente son el 95% confiables; es decir los datos ingresados al programa son 100% reales en su totalidad.
2. En la aplicación experimental el filtro de aire de lana proporcionando 89 psi para el proceso de depuración de la combustión de un automóvil no disminuye el rendimiento e incluso la cantidad de aire que ingresa al proceso con el fieltro de lana es lo suficiente para que exista una mejor combustión, impidiendo el paso de partículas ajenas al proceso.
3. En relación a lo expuesto, es importante mencionar que la capacidad filtrante, la densidad, el rizo de la lana, hacen que el filtro producido con esta fibra sea más duradero en el momento de ser empleado como depurador, en comparación con el filtro comercial, al cumplirse el año, este depurador se nota muy gastado y con muchas impurezas, tal como se muestra en el [anexo 11](#) lo que no sucede con el filtro de lana. Además, se debe tener en cuenta que el costo de fabricación del filtro de aire de lana enfieltrada es menor y biodegradable con un costo de fabricación de diez dólares, haciendo referencia al filtro de aire comercial que tiene un costo de veintinueve dólares.

4. En la aplicación del filtro en el automóvil Toyota Corolla año 2009 el cual en el momento de cambio de filtro de aire comercial por el filtro de lana enfieltrada se encontraba con 213969 km de recorrido, y ya cuando adiciono 13907 km, es decir; cuando el odómetro nos marcó 227876 km de recorrido, se decide realizar el cambio de depurador; en donde se puede visualizar que en la parte externa del filtro de lana enfieltrada las partículas se retuvieron dando a notar por el color adquirido en la lana y en la parte interna se mantiene el color natural del filtro, logrando destacarse el filtro fabricado ya que tuvo más tiempo de uso y no se notaron ningún tipo de anomalías brindando un rendimiento eficaz para el encendido y puesta en marcha del automotor.
5. También se establece que el filtro de lana enfieltrada mantiene un flujo de aire continuo a la entrada y a la salida del equipo, el flujo de aire disminuye consiguiendo un flujo de aire de 89 psi, así como en las muestras piloto de poliéster, da como resultado que la presión de aire de salida reduce obteniendo 94 psi, logrando determinar que el filtro de lana enfieltrada es mejor y el más óptimo para reemplazar al filtro de poliéster ya que a la salida del equipo existe filtración por la disminución de presión de aire al igual que el filtro estándar.
6. Se concluye finalmente que el filtro de aire comercial de poliéster con una densidad de 28,6 gr/m<sup>2</sup> puede ser sustituido por el filtro de aire de lana enfieltrada ya que el rendimiento es mejor, retiene las partículas de polvo porque la densidad del filtro es mayor con un espesor de 394,7 gr/m<sup>2</sup>, de manera que el filtro de lana tiene mayor espacio para captar y detener las partículas por la característica que tiene la lana de oveja en forma de microsierras, el flujo de admisión al proceso de combustión interna de acuerdo a los datos obtenidos es mejor, ya que no disminuye en comparación al filtro comercial.

## 5.2 Recomendaciones

1. Se recomienda que cuando se realice equipos técnicos de laboratorio y se utilice equipos de alto riesgo que puedan producir limallas, corte o elevadas temperaturas se utilice todos los equipos de protección personal para no tener ningún tipo de accidentes.
2. En el momento de realizar las pruebas, verificar que la presión que ingresa al equipo medidor de flujo de aire sea semejante en todas las pruebas para que los datos de presión obtenidos sean similares y no exista variaciones, de igual manera verificar que antes de realizar las pruebas con los filtros de aire, no exista ninguna fuga de corriente de aire entre las partes constituyentes del equipo; siendo este el caso, utilizando las herramientas necesarias, ceder las partes y colocar más teflón para que cierre la fuga.
3. Algo muy importante es verificar que entre las bridas no exista fuga de aire, siendo este el caso fabricar un empaque de polímero para deshacer la fuga, tomando en cuenta que esto influye de manera significativa para la toma de datos de presión de salida de aire.
4. Se recomienda que en todo estudio en el cual se obtenga valores experimentales, verificar la confiabilidad de los datos obtenidos de las pruebas realizadas, en programas y software`s estadísticos, de esta manera el estudio será válido y confiable para estudios posteriores con dichas investigaciones.
5. Se sugiere realizar nuevas investigaciones para determinar el rendimiento total y el tamaño de la partícula que retiene el fieltro enfieltrado y batanado.

## Capítulo 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

### Bibliografía

- LEMA ANDRADE , Á. V. (2014). *USO DEL NO TEJIDO DE LANA COMO RETARDANTE DEL TIEMPO DE DESCARGA DE LAS BATERÍAS UTILIZADAS EN LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS PORTATILES*. Ibarra.
- Pons Casacuberta , J. (1972). *Finura y su dispersión*.
- Ambiente, S. d. (s.f.). *Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire*. Quito.
- Arciniègas Suárez, C. A. (2011). *DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE MATERIAL PARTICULADO: PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES Y FRACCIÓN RESPIRABLE PM10*. Manizales.
- Arrebola Molina, F. A., Valera Córdoba, M., & Molina Alcalá, A. (s.f.). *CARACTERIZACIÓN DE LA LANA DEL MERINO AUTOCTONO ESPAÑOL*.
- BOSCH. (2008). *Filtros Bosch*.
- BOSCH. (2011). *Filtros*.
- Carrion Fite. (s.f.). *MATERIAS TEXTILES LANA*.
- Carrion Fite, F. (s.f.). *MATERIALES PARA EL DISEÑO DE PRODUCTOS TEXTILES (POLIESTER)*. Catalunya.
- Castelan, M., & Llewellyn, A. (2009). *Sistema de Admisión de Aire*.
- Chàvez, N. M. (2018). *“DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN.”*. Ibarra.
- Chuga, A. R. (2015). *ELABORACIÓN DE ACCESORIOS A PARTIR DE MATERIALES TEXTILES E HILOS RECICLADOS UTILIZANDO LA TÉCNICA DEL ENFIELTRAMIENTO EN LANA*. Ibarra.
- Cobian, J. (2018). *EL MODELO ESTANDAR DE LA FÍSICA DE PARTÍCULAS*. España.
- Consentino, J. M., Sota, J. D., & Abid, F. A. (2011). *FORMA Y TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS Y SU INCIDENCIA EN EL RESULTADO DEL MÉTODO DE ENSAYO ASTM C-1260*.
- DELIVER, R. T. (2017). *CONOCIMIENTOS TECNICOS Y COMERCIALES*. Ecuador. (s.f.). *Marco Normativo Ambiental*.
- Ecuatoriana, S. i. (2004). *LEY DE PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL*.
- ENCALADA, W. R. (2016). *OPTIMIZACIÓN DEL FIELTRO DE LANA DE OVEJA COMO FILTRO POR GRAVEDAD EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE LA TINTURA DE LANA*. Quito.
- Fleetguard. (2015). *Filtración de aire*.
- Fuseau Ayala, D. A., González Montero, J. L., & Proaño Jiménez, D. F. (2016). *Construcción de un banco de pruebas y limpieza de inyectora a gasolina*. Quito.
- Gómez, Ó. T. (2009). *Cadena productiva de lana de oveja en el sector textil y de confecciones*.
- González Elicabe, X. (2015). *LA LANA*. Argentina.

- L, R., Valera, R., Perez Morales, I. P., & Recarey Morfa, C. A. (2017). *Caracterización y evaluación sistémica de empaquetamientos de partículas como conjuntos iniciales para simulaciones con elementos discretos*. Villa Clara - Cuba.
- Lema Andrade, V. (2014). "USO DEL NO TEJIDO DE LANA COMO RETARDANTE DEL TIEMPO DE DESCARGA DE LAS BATERÍAS UTILIZADAS EN LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS PORTÁTILES". Ibarra.
- Martin, I., Salcedo, R., & Font, R. (2011). *MECANICA DE FLUIDOS: Transporte cantidad movimiento solido - fluido*.
- Mazza , B., & Eleta , M. (23 de Noviembre de 2009). *Panelería de Fieltro para acustizar oficinas*. Buenos Aires.
- Morales, M. (06 de mayo de 2009). *Levantamiento de informacion*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/mmiutirla/levantamiento-de-informacin#:~:text=Proceso,problemas%20y%20oportunidades%20de%20mejora%20>.
- Motor, M. (2019). *Filtro De Aire, Tipos, Funcionamiento, Cómo y Cuándo Cambiarlo*. Obtenido de <https://www.mundodelmotor.net/filtro-de-aire/>
- Navacerrada, M., Díaz, C., Pedrero, A., Isaza, M., Fernández, P., Álvarez-Lopez, C., & Restrepo-Osorio, A. (2016). *CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA Y TÉRMICA DE NO TEJIDOS BASADOS EN FIBRAS NATURALES* . Medellín.
- Oficial, R. (2017). *CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE*. Quito.
- Rivera, K. C. (2016). *Guia de procesos para la fabricacion de objetos textiles para generar fuentes de trabajo desde una conciencia social medioambiental*. Cuenca.
- Rodriguez, D. (2020). *lifeder.com*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/metodo-cientifico-experimental/>
- Rosas Rivera, A. A. (2016). *LA LANA DE OVINO COMO MATERIAL AISLANTE: NATURAL, RENOVABLE Y SOSTENIBLE*.
- Ruano, P. F. (2017). "DESARROLLO DE LA TÉCNICA ECO PRINT EN ACCESORIOS DE FIELTRO DE FIBRA DE LANA, UTILIZANDO PRODUCTOS NATURALES". Ibarra.
- TEXPACK. (2015). *FILTRO EN LANA*. Obtenido de [https://texpack.it/wp-content/uploads/2015/12/3294\\_ES.pdf](https://texpack.it/wp-content/uploads/2015/12/3294_ES.pdf)
- Torres Moreno, E. (2016). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS, UTILIZANDO UN CONTROL ELECTRÓNICO, PARA VERIFICAR EL FLUJO DE AIRE ANTES Y DESPUÉS DE UN FILTRO DE AIRE, CON EL OBJETO DE DETERMINAR LA CALIDAD FILTRANTE*. Quito.
- Troncoso Pio, M. C. (2012). *SITUACION DE CALLE Y LA NECESIDAD DE ABRIGO*. Valparaiso.
- Unidos, P. A. (s.f.). *Codigo de Relaciones Federales*.
- Vargas Tapia, P., Castellanos-Ramos, J. Z., Muñoz-Ramos, J., Sánchez-García, P., Tijerina Chavez, L., López-Romero, R. M., . . . Ojodeagua-Arredondo, J. L. (2008). *EFEECTO DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL TEZONTLE DE GUANAJUATO, MÉXICO*. Mexico.

## Capítulo 7. ANEXOS



Anexo 1: [Equipo Medidor de flujo de aire](#)

Fuente: (Propia)



Anexo 2: [Filtro entre bridas](#)

Fuente: (Propia)



Anexo 3: [Compresor de aire \(AIR TANK XL\)](#)

Fuente: (Propia)



Anexo 4: [Filtro de aire comercial](#)

Fuente: (Propia)



Anexo 5: [Fragmentos de fieltro de 10 \\* 10 cm](#)

Fuente: (Propia)



Anexo 6: [Troqueladora Circular](#)

Fuente: (Propia)



Anexo 7: Filtro de aire de lana enfieltrada

Fuente: (William Esparza, 2017)



Anexo 8: Marcación del odómetro antes de realizar el cambio del filtro de aire.

Fuente: (William Esparza, 2017)



Anexo 9: Marcación del odómetro luego de realizar el cambio de filtro de aire de lana.

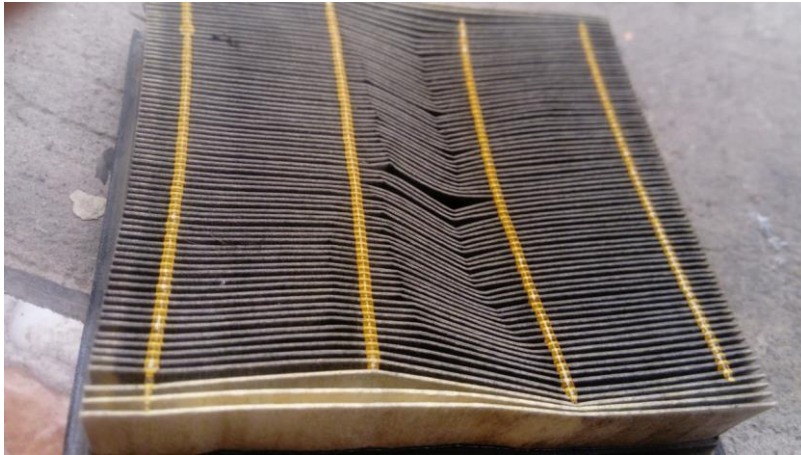
Fuente: (William Esparza, 2017)





Anexo 10: Parte interna del filtro de aire de lana.

*Fuente: (William Esparza, 2017)*



Anexo 11: Filtro de aire comercial utilizado

*Fuente: (William Esparza, 2017)*